

PASSIONI CONDIVISE, SOGNI CONCRETI: 20 INGEGNERI PRONTI A COSTRUIRE IL DOMANI

Oggi Lauree Magistrali nel Campus di Cremona

Dopo la recente sessione di laurea triennale, oggi nel Campus di Cremona hanno conseguito il **titolo magistrale in Ingegneria 20 giovani**, che hanno affrontato con passione e impegno il loro percorso di studi.

Con un grande e accresciuto bagaglio di conoscenze, competenze, abilità ma soprattutto esperienze questi laureati hanno discusso davanti alla Commissione di Laurea i progetti che li hanno impegnati negli ultimi mesi sia in Italia che all'estero, in aziende private o in altre università.

Anche in questo appello di laurea, la stretta collaborazione con le aziende si conferma un elemento chiave: progetti innovativi e all'avanguardia hanno contribuito in modo decisivo non solo alla stesura delle tesi, ma anche a favorire l'ingresso degli studenti nel mondo del lavoro.

Esperienze all'estero, tra progetti di scambi internazionali e ricerche, hanno arricchito ulteriormente il percorso di alcuni di loro.

In particolare, un laureato iscritto ad un programma di Doppia Laurea con l'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées di Parigi ha conseguito al Politecnico di Milano - Polo di Cremona il primo dei due titoli accademici sostenendo la sua tesi dal titolo "Optimization of electroacoustic methodologies for sound improvement in the low band frequencies" in videocollegamento direttamente dalla Francia.

Cinque sono i laureati in **Ingegneria dell'Agricoltura**, pronti a mettere al servizio del sistema agroindustriale le loro conoscenze multidisciplinari, coniugando innovazione tecnologica, sostenibilità e sicurezza alimentare.

Hanno aperto questa importante giornata presentando i loro elaborati a partire dalle ore 09.30 e sono stati celebrati con la tanto attesa cerimonia di proclamazione alle ore 12.00.

Hanno completato invece il loro percorso in **Music and Acoustic Engineering 15 studenti**, 8 dei quali hanno scelto il **track Acoustic** e 7 hanno preferito una preparazione sul **track Music**, maggiormente legato all'informatica musicale e all'elaborazione del suono.

Per loro, i futuri tecnici e progettisti del suono, le discussioni delle tesi sono iniziate alle ore 13.30. A seguire, alle ore 16.30, si è svolta la cerimonia di proclamazione, alla presenza di amici e parenti.

Tra questi laureati, **Nicolò**, musicista di Lecco, spiega la motivazione che due anni fa lo ha portato a scegliere questa Laurea Magistrale: *"La passione per la musica e la curiosità verso il mondo del suono sono state le motivazioni principali che mi hanno spinto a scegliere questo corso. Cercavo un percorso*

universitario che potesse rispecchiare anche i miei interessi più autentici, e questo corso rappresentava un punto d'incontro ideale tra formazione accademica e passione personale.”.

Sempre di passione si tratta, ma questa volta per l'agricoltura, unita all'etica, la cura e la tutela dell'ambiente per un futuro più sostenibile, quella che ha guidato la scelta degli ingegneri dell'agricoltura.

Ilenia, che ha scelto di concludere il suo percorso con una tesi condotta alla Wageningen University & Research sulla produzione del riso nei Paesi Bassi, evidenzia *“Ho scelto questo corso perché ho capito che non volevo sfruttare le mie competenze, raggiunte dopo la laurea triennale in ingegneria, per qualcosa che non avesse uno scopo etico o ambientale. L'agricoltura e la produzione alimentare per me hanno un valore in più rispetto ai motori e alle macchine, producono cibo per consentire la vita all'uomo. Inoltre, sono sempre stata legata alla natura e l'idea di lavorare nella natura mi ha motivato ancora di più nell'intraprendere questo percorso.”* E parlando di futuro aggiunge *“Il mio sogno è di produrre qualcosa di mio: avere un'azienda alimentare con produzione agricola.”.*

Stefano, originario della Calabria, racconta con trasporto *“Ho deciso di intraprendere questo percorso per conciliare le mie due grandi passioni: la tecnologia e l'agricoltura. Mio padre è un frantoiano e un agricoltore, motivo per cui trascorrevi gli inverni da bambino nel frantoio e mi trovavo sempre circondato da mezzi agricoli di ogni tipo. Allo stesso tempo, sono sempre stato un appassionato di tecnologia, il che mi ha portato a studiare Ingegneria Informatica e a lavorare nel settore informatico. Avevo intenzione di riprendere a studiare qualcosa di più inerente alle scienze agrarie e, quando ho scoperto l'esistenza di questo corso, ho pensato che fosse stato creato apposta per me.”*

Nicolò, Ilenia e Stefano, così come tutti gli altri studenti fuori sede, hanno trovato a Cremona un ambiente in cui coltivare queste passioni, un terreno fertile alla nascita di legami profondi e duraturi, amicizie sbocciate grazie a interessi in comune o nei gruppi di studio che resteranno per sempre nel cuore, anche una volta ottenuto lo status di Alumnus del Politecnico di Milano.

“A Cremona ho trovato un ambiente molto accogliente e a misura d'uomo.” sottolinea Ilenia *“Nel contesto di un'università come quella di Cremona fare amicizia è stato molto più facile rispetto a Milano, dove ho frequentato la triennale. L'università era per me una seconda casa, volti familiari, chiacchiere con il personale, tanti amici.”*

Anche **Nicolò** ricorda con affetto i compagni di corso *“Qui a Cremona ho incontrato molti compagni di corso altrettanto appassionati di musica e spesso anche musicisti come me. Condividere questa passione ci ha legato fin da subito, creando un clima di collaborazione e confronto davvero stimolante. Con alcuni ragazzi, Rocco e Federico che saluto, ho avuto anche l'occasione di poter produrre delle canzoni e porto con affetto il ricordo di quei momenti.”*

E in merito ai contenuti di Music and Acoustic Engineering dichiara *“Nel complesso ho trovato il percorso molto stimolante e coinvolgente. La cosa che ho apprezzato di più è stata la varietà degli argomenti trattati: permette di esplorare il suono da diverse prospettive, sia fisiche che digitali. Questo approccio multidisciplinare ti dà la possibilità di sviluppare competenze in ambiti anche molto diversi tra loro, dalla produzione musicale, all'insonorizzazione, fino al processing di segnali digitali.”*

Pensando invece alle sfide che sta affrontando ora il settore dell'agricoltura, **Stefano** sostiene *“Ritengo che il corso ci abbia permesso di riflettere e di acquisire consapevolezza sulle sfide che ci attendono, come ad esempio la comprensione profonda di cosa significhi cambiamento climatico. L'agricoltura è un settore delicato, perché deve affrontare le conseguenze del cambiamento climatico, ma è anche una delle principali cause di questo fenomeno. Per questo motivo, ho compreso che l'innovazione tecnologica debba essere considerata una risorsa per aiutare a raggiungere un equilibrio e permettere alla natura di riprendere il controllo, cercando di essere il meno invasivi possibile.”*

Gli interessati a intraprendere uno di questi stimolanti percorsi formativi, in possesso di una laurea triennale conseguita in Italia, potranno presentare **domanda di ammissione fino al 27 agosto**. Le **immatricolazioni** resteranno aperte **fino al 12 settembre**.

Per i migliori studenti di questi corsi, unici nel panorama italiano, sono previste borse di studio da 2.000 euro ciascuna a sostegno del merito e dell'eccellenza. Richieste **dal 1° settembre al 31 ottobre 2025**.

Segue l'elenco dei laureati con il titolo della tesi e l'abstract, di chi ha dato il consenso all'invio, divisi per corso di studio:

AGRICULTURAL ENGINEERING

1.MARCO BROZZETTI

Titolo tesi: An ML-based approach for wheat yield forecasting and agronomic interpretation

Abstract

La previsione accurata delle rese agricole è un elemento cruciale per la gestione della sicurezza alimentare e la sostenibilità economica in un contesto di crescenti sfide climatiche. Questa tesi documenta il processo di sviluppo di un prototipo di modello di Machine Learning per la stima della resa del frumento duro (*Triticum durum*) in Italia, con un duplice obiettivo: costruire un framework predittivo robusto e sfruttarlo per interpretare i principali fattori agro-climatici che influenzano la produttività. Partendo da un dataset iniziale che include dati agro-climatici e satellitari per 371 appezzamenti di frumento, sia duro che tenero, distribuiti sul territorio italiano, lo sviluppo del modello si è concentrato esclusivamente sul sottoinsieme di dati relativo al solo grano duro, a seguito di un'analisi preliminare che ne ha evidenziato la maggiore robustezza statistica. Per questo sottoinsieme è stato sviluppato un modello basato sull'algoritmo Random Forest, per il quale sono state confrontate due strategie di ingegneria delle feature: una basata su aggregati stagionali e una, più granulare, basata sulle fasi fenologiche della coltura. L'interpretabilità del modello è stata analizzata tramite tecniche avanzate come SHAP e Partial Dependence Plots. I risultati hanno dimostrato la validità dell'approccio data-driven, con il modello basato su aggregazione fenologica che ha raggiunto una performance predittiva leggermente superiore (R^2 medio = 0.682) rispetto a quello stagionale (R^2 medio =

0.656). Tuttavia, il valore aggiunto più significativo del modello fenologico risiede nella drastica crescita dell'interpretabilità. L'analisi ha permesso di identificare finestre temporali critiche, evidenziando l'impatto positivo delle precipitazioni durante l'accestimento (Fase 2) e quello negativo legato a piogge eccessive durante la levata (Fase 3). Inoltre, il modello si è dimostrato capace di apprendere complesse dinamiche non lineari e di utilizzare alcune variabili (es. umidità tardiva) come potenti proxy per caratterizzare i diversi contesti agro-ecologici del territorio. Il prototipo sviluppato, sebbene limitato dai dati disponibili, pone le basi per futuri Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) in grado di guidare una gestione agricola più precisa e proattiva.

2. STEFANO LENTINI

Titolo tesi: Olive Tree Crowns Detection and Segmentation from UAV Imagery: A Comparative Study

Abstract

Come per tutti i prodotti agricoli, anche la produzione di olio di oliva nel mondo è messa a dura prova dal cambiamento climatico. Inoltre, analizzando, ad esempio, il caso italiano, si devono affrontare anche altre sfide legate alla filiera produttiva. È necessario un ricambio generazionale, un'ottimizzazione del processo produttivo e l'adozione di nuove tecnologie che portino innovazione e sostengano la filiera per renderla più sostenibile. Le tecnologie che si possono adottare sono molteplici e tutte giocano un ruolo fondamentale nel sostegno al settore agricolo, e quindi anche a quello olivicolo. Una di queste è la Computer Vision. In questo lavoro sono stati utilizzati due dataset di immagini di uliveti già esistenti in letteratura e raccolti tramite UAV. Sono stati addestrati e messi a confronto modelli deep learning rappresentativi dello stato dell'arte, sia per la detection della chioma degli ulivi che per la segmentation. In particolare, è stato effettuato un primo confronto per la detection della chioma con bounding box tra modelli addestrati sul primo dataset ed un modello già esistente fornito con lo stesso dataset. Questi ultimi sono stati quindi messi alla prova sul secondo dataset, che presentava condizioni di terreno differenti. Successivamente alcuni dei modelli sono stati riaddestrati su un dataset combinato dei due dataset di partenza, per migliorare la capacità di riconoscimento in entrambe le condizioni. Infine, a partire dal dataset combinato, è stato creato un nuovo dataset di instance segmentation, sempre per la chioma degli ulivi, tramite SAM. Su tale dataset sono stati poi addestrati dei modelli appositi per la instance segmentation, che sono stati successivamente confrontati. I risultati ottenuti hanno dimostrato che è possibile impiegare modelli di piccole dimensioni come YOLOv12 e YOLOv12-seg, che richiedono minori risorse di elaborazione, restituiscono tempi di inferenza ottimali per un uso in tempo reale e riescono comunque ad ottenere un'elevata accuratezza nel caso d'uso considerato.

3. ILENIA LO IACONO

Titolo tesi: A win-win solution for rice and peatlands: identifying cold-tolerant cultivars and assessing weather suitability in the Netherlands

Abstract

I Paesi Bassi affrontano significative sfide ambientali a causa dell'esteso drenaggio delle torbiere per scopi agricoli, che porta a emissioni di gas serra, abbassamento del suolo e perdita di biodiversità. Le pratiche agricole tradizionali su questi terreni non sono sostenibili al livello ambientale, rendendo necessarie soluzioni innovative per la riumidificazione delle torbiere. La presente tesi indaga la fattibilità dell'introduzione del riso come forma di paludicoltura nei Paesi Bassi, con l'obiettivo di promuovere pratiche sostenibili di gestione delle torbiere ed esplorare nuove opportunità per la produzione alimentare locale. La ricerca mira a valutare l'idoneità climatica e la performance di specifiche cultivar di riso, fornendo una comprensione più approfondita della loro tolleranza al freddo e della loro produttività per identificare quelle adatte alle condizioni climatiche olandesi. Lo studio si basa sull'analisi di dati meteorologici storici (1989-2023) forniti dal Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), integrata da esperimenti condotti in ambiente controllato. L'analisi climatica ha esaminato i Gradi Giorno (DD), i Gradi Giorno di Raffreddamento (CDD) e i modelli di temperatura nelle regioni costiere, intermedie e continentali dei Paesi Bassi. Gli esperimenti in ambiente controllato hanno quantificato i requisiti termici ottimali (DD) per le cultivar di riso selezionate e hanno valutato l'impatto dello stress da freddo durante l'accestimento e la fioritura sulla resa in granella, in condizioni di specifici regimi termici. Le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando il software R. I risultati hanno chiarito l'idoneità termica per la coltivazione del riso in diverse regioni olandesi, con le tendenze di riscaldamento climatico che indicano una crescente idoneità entro il 2030-2050. Lo studio ha identificato 17 cultivar promettenti in grado di maturare all'interno della finestra termica osservata e ha rivelato che lo stress da freddo durante le fasi critiche di sviluppo ha avuto un impatto significativo sulla resa in granella, confermando la fioritura come la fase più sensibile al freddo in termini di impatto sulla resa. Inoltre, sono state osservate significative variazioni nella tolleranza al freddo tra le cultivar testate, portando ad una classificazione che evidenzia cultivar promettenti per la coltivazione del riso nei Paesi Bassi, basata sulla resa e sulla tolleranza al freddo. Questa ricerca offre una prospettiva innovativa sul potenziale della paludicoltura del riso nei Paesi Bassi, fornendo informazioni sulla performance delle cultivar e sui limiti climatici. Contribuendo alla limitata conoscenza attuale sulla coltivazione del riso in quest'area geografica, lo studio getta le basi per future ricerche sulla sua integrazione con la gestione delle torbiere, evidenziando potenziali percorsi verso un'agricoltura più sostenibile, la produzione alimentare locale e la riumidificazione delle torbiere.

4. LUDOVICO MONDINELLI

Titolo tesi: Coverage path planning algorithm for non-homogeneous multi-UAV systems

Abstract

Il monitoraggio e la gestione di vaste superfici agricole rappresentano una delle principali sfide nell'ambito dell'agricoltura di precisione. L'impiego di sistemi multi-UAV non omogenei offre un'opportunità concreta per ottimizzare le operazioni di copertura del territorio, riducendo i tempi e i costi delle attività. Questa tesi presenta l'implementazione di un sistema di coverage path planning (un approccio volto a generare percorsi che permettano a un drone di coprire completamente una determinata area) utilizzando l'algoritmo DARP (Divide Areas based on Robots' initial Positions), particolarmente adatto per attività di monitoraggio e di distribuzione di sostanze chimiche in contesti agricoli. Il lavoro include inoltre una valutazione critica di altri algoritmi di coverage path planning trovati in letteratura. L'algoritmo DARP è stato testato attraverso simulazioni su campi di diversa complessità geometrica e presenza di ostacoli, confrontandolo con l'algoritmo Popcorn (un altro algoritmo per coverage path planning trovato in letteratura). I risultati mostrano che DARP, soprattutto nella modalità "better coverage", garantisce una buona copertura, minori tempi di calcolo, meno cambi di direzione e la possibilità di gestire sciame eterogenei e no-fly zones, rendendolo una soluzione efficace e scalabile per l'agricoltura di precisione.

5. NICOLA SARTORI

Titolo tesi: Novel hydrogel substrates for soilless agriculture: synthesis, characterization, and plant growth assessment

MUSIC AND ACOUSTIC ENGINEERING

1. GABRIELE BAROLI

Titolo tesi: Echolocation for the RO-BAT Platform: Biomimetic Autonomous Mobile Robot Navigation Exploiting Ultrasonic Echoes

Abstract

Gruppi numerosi di pipistrelli sono in grado di muoversi in modo coordinato sfruttando solamente l'ecolocalizzazione nonostante siano sottoposti al Problema del Cocktail Party: per ecolocalizzare devono necessariamente percepire gli echi del proprio richiamo, ma in gruppo questi sono spesso sovrapposti a

richiami di altri pipistrelli, e agli echi derivanti. Questi segnali possono mascherare o disturbare la ricezione dei propri echi. Non è ancora stato spiegato del tutto come i pipistrelli riescano a destreggiarsi in condizioni simili. Per approfondire la ricerca su meccanismi di coordinazione in ambienti affollati, biologi ed esperti di robotica riuniti in un team hanno progettato la piattaforma Ro-BAT come un modello robotico di uno sciame di agenti che percepiscono in maniera attiva. Lavori precedenti si sono concentrati sulla realizzazione di un primo prototipo di Ro-BAT in grado di localizzare passivamente sorgenti sonore. In questa tesi io presento una seconda versione del Ro-BAT in grado di ecolocalizzare, equipaggiato con un trasduttore elettrostatico per l'emissione di ultrasuoni e con una schiera di microfoni MEMS specificamente ideati per la registrazione di ultrasuoni. Ho anche implementato una catena di processamento dei segnali che permette al robot di stabilire la posizione relativa di ostacoli nei dintorni, in termini di distanza e angolo, tramite gli echi percepiti. Ho testato tre diversi algoritmi per la stima della Direzione di Arrivo in condizioni statiche, i quali sono Delay and Sum (DAS), il metodo di Capon, e Multiple Signal Classification (MUSIC). Il più efficiente dei tre, DAS, è stato integrato nel comportamento di evitamento degli ostacoli impiegato. Il robot è stato poi messo alla prova in esperimenti di laboratorio, testando la sua capacità di navigare autonomamente un'arena con ostacoli riflettenti solamente sfruttando l'ecolocalizzazione. I risultati ottenuti nei test indicano che il mio robot bioispirato, assemblato in gran parte con materiali di qualità per il consumatore, è capace di localizzare ostacoli con un buon grado di accuratezza tramite gli echi della sua emissione. La soluzione proposta può quindi essere considerata come un punto di partenza per scalare verso un intero sciame di agenti che percepiscono in maniera attiva. Il risultante modello robotico può quindi essere usato per studi di controllo per approfondire la conoscenza del comportamento collettivo mediato tramite l'acustica in sciame di agenti biologici e robotici.

2. DJAVAN BORJUS

Titolo tesi: Optimization of electroacoustic methodologies for sound improvement in the low band frequencies

Abstract

Lo scopo della tesi è quello di trovare una soluzione per le aziende, i professionisti o i privati per la costruzione di casse acustiche valide ed efficienti, con particolare attenzione alle basse frequenze. Abbiamo affrontato la tesi nell'ambito di un'azienda elettroacustica, Sagemcom, che cerca una soluzione innovativa per montare woofer di dimensioni ridotte in una piccola scatola. Pur mantenendo prestazioni competitive nella banda delle basse frequenze. Per rispondere al problema abbiamo dovuto prima elencare le soluzioni esistenti per migliorare le basse frequenze di un altoparlante. In questa prima parte abbiamo anche dettagliato

le idee e le soluzioni scientifiche che ci aiuteranno a rispondere al problema. Durante la stesura della tesi abbiamo pensato che il luogo e i dispositivi utilizzati per la misurazione acustica fossero unici e richiedessero una spiegazione. Infatti, la soluzione trovata è così particolare da richiedere una metodologia chiara e dettagliata. Infine, la soluzione trovata si concentra sull'innovazione digitale con l'uso di un processore acustico digitale. Grazie a diverse misure siamo riusciti a calibrare i filtri del processore e a migliorare le basse frequenze di un altoparlante fissato in una scatola di poco volume.

3. PIO FRANCESCO CALOGERO

Titolo tesi: On the Application of Subwavelength Corrugated Surfaces for Sound Field Manipulation

Abstract

Questa tesi indaga i principi teorici e le applicazioni pratiche delle superfici corrugate sublunghezza d'onda (SCS), una classe di metasuperfici acustiche in grado di manipolare i fronti d'onda riflessi in modo compatto ed efficiente. Il lavoro si apre con una rassegna degli sviluppi più recenti nel campo dei metamateriali e delle metasuperfici, sia in ambito elettromagnetico che acustico, evidenziando la crescente versatilità di queste strutture. Ricostruendo la geometria della SCS introdotta da Zhu et al. (2015), sono stati riprodotti i risultati originali, inclusi fronti d'onda riflessi planari e di tipo caustico. Lo studio si è poi focalizzato sulla capacità di focalizzazione delle SCS, mediante simulazioni numeriche volte ad analizzare come diverse configurazioni geometriche influenzino la risposta in frequenza e l'efficienza della riflessione acustica. È stato sviluppato un algoritmo numerico per progettare superfici in grado di generare fronti d'onda riflessi arbitrari, senza la necessità di una descrizione analitica del profilo desiderato. Sebbene il metodo presenti un certo costo computazionale, ha dimostrato un buon potenziale per applicazioni a banda stretta che richiedono un controllo acustico preciso. L'ultima parte del lavoro esplora l'impiego delle SCS in sistemi audio realistici, attraverso simulazioni tridimensionali realizzate con COMSOL Multiphysics. Un caso studio riguardante il controllo dell'onda posteriore in altoparlanti a cassa chiusa mostra come le metasuperfici focalizzanti possano ridurre le riflessioni interne, migliorare l'area d'ascolto utile e diminuire la necessità di trattamenti acustici aggiuntivi. Questo lavoro contribuisce alla comprensione dei meccanismi alla base della manipolazione dei fronti d'onda tramite SCS e fornisce indicazioni concrete sulla loro integrazione in sistemi acustici applicati.

4. NICOLÒ CHILLÈ

Titolo tesi: Loudspeaker Spider: Mechanical characterization and topology optimization

Abstract

Le simulazioni basate sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM) rivestono un ruolo cruciale nella fase di progettazione degli altoparlanti, consentendo un'ottimizzazione efficiente e predittiva delle loro prestazioni. Lo spider può influenzare significativamente il comportamento del loudspeaker, rendendo fondamentali le scelte in termini di geometria e materiali per garantirne elevate prestazioni acustiche. Questa tesi propone un approccio sperimentale e numerico volto sia a caratterizzare meccanicamente il centratore sia a sviluppare un modello FEM in grado di ottimizzarne la geometria durante la fase di progettazione. È stata condotta una campagna di misurazioni ad hoc su un set selezionato di campioni, progettati specificamente per isolare l'influenza del materiale dagli effetti geometrici nella risposta meccanica. Sono stati analizzati due tra i materiali più comuni per la realizzazione dei centratori, Cotone e Meta-Aramide (NOMEX®), mantenendo costante la geometria in tutti i campioni. Tale approccio si è rivelato efficace nel valutare l'impatto della scelta del materiale sul comportamento dello spider. Si è in seguito sviluppato un modello FEM parametrico finalizzato all'ottimizzazione della geometria dello spider con l'obiettivo di ottenere una curva di rigidezza simmetrica utilizzando un comportamento del materiale come elastico lineare (condizioni stazionarie). È stata poi implementata un'estensione tempo dipendente del modello per valutare l'effetto del comportamento viscoelastico sulla risposta della geometria ottimizzata. Dal confronto si è attestata la validità e l'efficacia dell'uso di simulazioni elastico lineari per l'ottimizzazione della geometria nella fase di pre-design. Sviluppi futuri potrebbero ampliare il dataset delle misurazioni per consentire una validazione statistica, oltre ad investigare materiali e geometrie differenti per ottenere una comprensione più approfondita del comportamento meccanico del centratore. Ulteriori miglioramenti al modello FEM potrebbero essere introdotti consentendo una maggiore flessibilità geometrica e l'adozione di differenti modelli reologici, permettendo così una più ampia varietà di progettazione e rappresentazione dei materiali.

5. GUIDO ELLI

Titolo tesi: NetMusic3D: Implementation and test of an Immersive Networked Music Performance system

Abstract

I sistemi di Immersive Network Music Performances (INMP) permettono collaborazioni remote tra musicisti in ambienti audio 3D. Una trasmissione a bassa latenza e la conservazione dell'audio spaziale sono necessarie per garantire esperienze realistiche e immersive ai musicisti. Questa tesi presenta NetMusic3D, un nuovo framework INMP che consente la trasmissione di audio multicanale e spazializzato - compresi i formati Ambisonics - con bassa latenza ed elevata configurabilità. Implementato utilizzando il framework Corelink e l'ambiente di sviluppo JUCE, il sistema supporta fino a 64 canali audio, diversi metodi di compressione (LZMA, Opus), buffering dinamico del jitter e compensazione della deriva del clock tramite

ricampionamento in tempo reale. Un'interfaccia grafica basata sul web facilita la configurazione, la selezione dei parametri e il monitoraggio. Il software è stato convalidato attraverso una serie di test tecnici (misurazioni della latenza, gestione del jitter in configurazioni remote e compensazione della deriva del clock) e uno studio di valutazione percettiva in condizioni di rete controllate che ha coinvolto due musicisti. I risultati dimostrano che il sistema è in grado di mantenere una latenza software unidirezionale inferiore a 5ms in scenari ideali e offre una sincronizzazione accettabile a latenze inferiori a 30-50ms, allineandosi con le ricerche esistenti nel campo. Con sviluppi futuri che potrebbero concentrarsi su tecniche di mitigazione della perdita di pacchetti, sulla regolazione adattiva dei parametri e su ulteriori ottimizzazioni per la scalabilità, questa tesi propone un framework INMP versatile che può servire come base per studi futuri sulla collaborazione musicale a distanza e sui sistemi audio immersivi.

6. RICCARDO IACCARINO

Titolo tesi: Model-Based Active Noise Manipulation of an Acoustic System through the Dependent Modal Space Control

7. CHIARA LUNGHİ

Titolo tesi: Acoustic modeling and auralization of historic performance spaces for courtly song

Abstract

Questa tesi trae ispirazione dal progetto \New Perspectives on Medieval and Renaissance Courtly Song\, condotto in collaborazione tra il dipartimento ESAT presso l'università KU Leuven e Alamire Foundation. Il lavoro si inserisce in un contesto di ricerca interdisciplinare volto alla riscoperta, documentazione e valorizzazione del patrimonio musicale e architettonico del Medioevo e Rinascimento nei Low Countries, con particolare attenzione all'esperienza acustica degli ambienti storici. L'obiettivo principale è lo studio e la riproduzione acustica di una stanza del Palazzo di Margherita d'Austria a Mechelen (Belgio), residenza utilizzata nel XVI secolo per esecuzioni musicali di corte. A tal fine, è stato adottato un metodo di rappresentazione compatta di Room Impulse Responses basato sul modello Common Acoustical Pole and Zero (CAPZ), in grado di separare le componenti modali e direzionali della risposta acustica. Il modello è stato validato teoricamente e sperimentalmente attraverso un confronto tra segnali registrati e approssimati, analizzandone le caratteristiche spettrali, la direzionalità del suono e la resa a livello di auralizzazione. I risultati ottenuti dimostrano che il modello CAPZ, combinato con lo Spatial Decomposition Method, è in grado di restituire una rappresentazione fedele e coerente del comportamento acustico della stanza,

mantenendo accuratezza sia nella distribuzione dei modi principali sia nella direzione di arrivo dell'energia sonora. Considerando il percorso metodologico seguito, il lavoro si inserisce nel più ampio ambito degli studi sull'acustica e sull'auralizzazione di ambienti storici di piccole dimensioni, con potenziali applicazioni nei settori della documentazione sonora, della valorizzazione culturale e della ricerca musicologica.

8. WENJIA LUO

Titolo tesi: Beyond the Console: A Gesture-Driven Mobile Spatial Audio System in Cross-Domain Collaboration

Abstract

La presente tesi introduce un sistema di controllo leggero e basato sui gesti che consente a performer e tecnici di gestire grandi orchestre di altoparlanti Acousmonium senza dover affrontare i complessi menu delle console di missaggio. Il lavoro sul campo svolto presso l'Auditorium San Fedele di Milano ha evidenziato che i banchi digitali tradizionali rendono l'esecuzione di movimenti spaziali in tempo reale lenta e soggetta a errori. In risposta, un'app mobile multiplatforma riduce il controllo a un intuitivo pad XY per i gesti "Sound Move", affiancato da semplici comandi di livello e mute, mentre un server Raspberry Pi converte ogni tocco in precisi messaggi SysEx Yamaha LS9 con latenza impercettibile. Un algoritmo ibrido di panning Vector-Base / Distance-Based amalgama un'immagine sonora dai bordi definiti con una diffusione omogenea all'interno, mantenendo costante la loudness ed evitando i salti udibili del VBAP classico. Simulazioni acustiche, misurazioni con array di microfoni, test di ascolto e studi di usabilità confermano che il sistema preserva accuratezza spaziale e immersione, riducendo al contempo in modo significativo l'onere di apprendimento e pratica rispetto al solo uso della console. Basato su hardware e software open-source, rappresenta uno strumento pratico per le esecuzioni elettroacustiche dal vivo e un metodo replicabile per future collaborazioni tra ingegneri e artisti nel campo dell'audio spaziale.

9. GIOVANNI PALMISANO

Titolo tesi: Interpreting Neural Audio Embeddings Through Structured Feature Analysis

Abstract

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale ha trasformato radicalmente il modo in cui analizziamo e generiamo contenuti audio. Dai sistemi di raccomandazione musicale automatica ai modelli generativi capaci di comporre brani originali, il deep learning è diventato una pietra miliare dell'elaborazione audio moderna. Tuttavia, nonostante le loro prestazioni impressionanti, questi modelli rimangono in gran parte opachi. Le

reti neurali, come le CNN o i transformer, operano attraverso spazi latenti ad alta dimensionalità, producendo embedding che codificano informazioni ricche ma la cui struttura interna e il significato semantico sono raramente compresi. Questa tesi affronta la sfida dell'interpretabilità analizzando gli embedding latenti generati da un modello audio preaddestrato (VGGish) e confrontandoli con un insieme di feature audio interpretabili e progettate manualmente. L'obiettivo è identificare associazioni stabili tra singole dimensioni degli embedding e specifici descrittori audio—come gli MFCC, le feature di forma spettrale, l'altezza tonale, la complessità ritmica e dinamica—per comprendere meglio la struttura semantica dello spazio latente e il comportamento interno del modello. Utilizzando strumenti statistici come la divergenza di Kullback-Leibler, la similarità coseno e la correlazione di Pearson e Spearman, questo lavoro cerca di colmare il divario tra embedding opachi e proprietà musicali interpretabili dall'uomo, contribuendo al crescente campo della Explainable AI (XAI) applicata all'audio.

10. SILVIA PASIN

Titolo tesi: Clipping Prevention in Time-Varying Parametric Equalizers Based on First-Order Allpass Filters

Abstract

I filtri tempo-varianti sono ampiamente utilizzati nell'elaborazione audio, in applicazioni quali effetti sonori, riverbero, modellazione spettrale ed equalizzazione parametrica. Tuttavia, variazioni dinamiche dei parametri possono spesso introdurre transienti indesiderati, con il conseguente rischio di clipping e la comparsa di artefatti udibili. Questa tesi affronta il problema del clipping negli equalizzatori parametrici tempo-varianti, concentrandosi in particolare sugli equalizzatori shelving di tipo midpoint-gain, basati su filtri allpass del primo ordine. Viene proposto un metodo per prevenire il clipping causato da variazioni improvvise dei coefficienti, vincolando dinamicamente l'entità della variazione dei coefficienti del filtro allpass. A partire dall'equazione alle differenze finite del filtro allpass, si ricava una disuguaglianza che consente di stimare l'ampiezza del transiente introdotto dalla modifica del coefficiente. Tale disuguaglianza fornisce un criterio utilizzabile in tempo reale per aggiornare il coefficiente, garantendo che l'uscita del filtro rimanga entro l'intervallo di ampiezza digitale consentito, prevenendo così il clipping. Il metodo è stato valutato su un filtro allpass del primo ordine e su un equalizzatore shelving di tipo midpoint-gain basato su filtro allpass del primo ordine, sia nel dominio del tempo che in quello della frequenza. È stato inoltre confrontato con due implementazioni di riferimento di filtri allpass: la forma diretta standard e la struttura energy-preserving di Bilbao. I test effettuati confermano che il metodo proposto previene efficacemente il clipping, limitando con successo i transienti più significativi osservati nella forma diretta, e ottenendo un comportamento paragonabile, e in alcuni casi migliore, rispetto alla struttura di Bilbao.

11. MARCO PELAZZA

Titolo tesi: Characterization and performance improvement of a mid-high frequency source for acoustic FRF measurements

Abstract

L'importanza crescente degli studi di NVH (Noise, Vibration and Harshness) nel settore automobilistico, in particolare nel contesto dei veicoli elettrici, ha posto nuova enfasi sulla necessità di caratterizzare accuratamente il comportamento acustico alle alte frequenze all'interno dei veicoli. Questa tesi analizza le limitazioni della sorgente Simcenter Qsources Q-MHF, comunemente utilizzata per misure di funzioni di risposta in frequenza (FRF), con particolare riferimento alla ridotta potenza erogata a partire da 8 kHz. L'obiettivo del lavoro è caratterizzare le prestazioni della sorgente, individuare i fattori critici che influenzano la qualità delle FRF ad alte frequenze e proporre soluzioni migliorative che siano pienamente compatibili con le procedure industriali consolidate, in particolare con l'ambiente Simcenter Testlab. È stata sviluppata una metodologia completa che combina modellazione teorica, simulazioni numeriche con COMSOL Multiphysics, tecniche di analisi spettrale e test sperimentali. Il comportamento non lineare della sorgente è stato indagato tramite simulazioni nel dominio del tempo (basate sull'equazione di Westervelt) e misure dedicate, evidenziando la presenza di distorsioni armoniche e formazione di onde d'urto in prossimità dell'ugello. Sono stati inoltre testati diversi segnali di eccitazione alternativi che consentano di ottenere migliori metriche di valutazione della qualità delle FRF. I risultati mostrano un miglioramento significativo degli indicatori di qualità delle FRF—quali coerenza e deviazione standard—adottando segnali di eccitazione specifici e livelli di potenza più elevati. La soluzione proposta mantiene la compatibilità con i flussi di lavoro industriali e si dimostra robusta in diverse condizioni operative. Questo lavoro contribuisce all'evoluzione delle tecnologie per test in ambito NVH, con particolare attenzione all'ottimizzazione acustica in alta frequenza nei veicoli elettrici.

12. NICOLO' PISANU

Titolo tesi: Automated Underwater Bioacoustic Event Detection via Spectrogram Object Analysis

Abstract

Il paesaggio sonoro subacqueo offre preziose informazioni sugli ecosistemi marini e sulle attività antropiche, ma l'analisi manuale degli spettrogrammi risulta lenta e impegnativa. In questa tesi viene presentata una pipeline automatica che trasforma l'audio grezzo in spettrogrammi tramite FFmpeg e utilizza YOLOv11 per il rilevamento degli eventi acustici. Il modello è stato perfezionato attraverso una strategia di annotazione

assistita dall'esperto (human-in-the-loop) articolata in quattro iterazioni, che ha permesso una curazione efficiente dei dati e un miglioramento progressivo delle prestazioni. Il sistema finale riconosce sei classi acustiche, tra cui le vocalizzazioni dei delfini (fischi, click, buzz), il rumore delle imbarcazioni, i segnali di ecoscandaglio e i suoni dei gamberetti alpheididi, raggiungendo una precisione media (macro) dell'85,0% e una sensibilità (recall) del 90,5%. Il punteggio F_β ($\beta = 0,8$), pesato secondo la rilevanza ecologica, è pari all'84,8%, privilegiando i suoni dei delfini e limitando i falsi positivi. Il sistema riporta sia il punteggio F_β non pesato sia quello pesato per la conservazione, riflettendo l'importanza ecologica delle diverse classi acustiche. Questo approccio consente il monitoraggio su larga scala delle popolazioni di tursiope mediterraneo e degli impatti antropici, supportando la conservazione marina tramite una sorveglianza acustica automatizzata. La metodologia proposta dimostra inoltre il potenziale per applicazioni di monitoraggio in tempo reale in aree marine protette e su unità di ricerca. Il lavoro è stato sviluppato in stretta collaborazione con biologi marini, garantendo che il sistema di rilevamento sia allineato con le priorità di conservazione e le esigenze di monitoraggio ecologico.

13. RICCARDO POMARICO

Titolo tesi: Development of a Pipeline for Product Logic Management in 3D Model Configurators

Abstract

Lo sviluppo di contenuti 3D altamente realistici per configuratori è diventato cruciale per offrire agli utenti esperienze interattive e personalizzabili su diverse piattaforme tecnologiche. Questi modelli 3D consentono agli utenti di selezionare caratteristiche come colori, accessori e configurazioni in tempo reale, esplorando una vasta gamma di possibilità prima di prendere una decisione finale. Questa tesi nasce dalla collaborazione con il team di Accenture specializzato in CGI. Il ruolo del team è quello di creare modelli 3D di prodotti in modo che siano interattivi e altamente realistici, supportando settori come l'automotive, l'architettura e il design di prodotto. L'obiettivo di questa pipeline è migliorare l'efficienza nella gestione delle risorse 3D, ridurre l'intervento manuale nella creazione della logica del prodotto e nella gestione dei dati tecnici relativi ai modelli. Fasi chiave, come il collegamento dei componenti ai codici prodotto e l'identificazione delle varianti mutuamente esclusive tra loro, vengono automatizzate per garantire un flusso di lavoro più rapido e accurato.

14. RICCARDO SEBASTIANI CROCE

Titolo tesi: A PINN-Based Approach for Displacement Reconstruction in Thin Orthotropic Plates

Abstract

Questa tesi presenta un approccio basato su Physics-Informed Neural Networks (PINNs) per la ricostruzione dello spostamento trasversale di una piastra ortotropa sottile soggetta a un carico impulsivo localizzato. Il metodo affronta il problema diretto nel caso di limitazioni dell'acquisizione di dati sperimentali nel ricostruire un set di dati completo, combinando una rete neurale data-driven con vincoli fisici derivati dalla teoria della piastra di Kirchhoff. Il modello di PINN proposto è basato su un'architettura SIREN, che utilizza funzioni di attivazione sinusoidali per garantire compatibilità con l'equazione alle derivate parziali (PDE) del quarto ordine che governa il sistema. Per validare il metodo, il modello viene addestrato e testato su dati generati tramite COMSOL Multiphysics e le sue prestazioni sono confrontate con quelle di una rete neurale standard e di due metodi di interpolazione: le Radial Basis Functions (RBF) e la Plane Wave Decomposition (PWD). I risultati mostrano che la PINN produce ricostruzioni più accurate e fisicamente coerenti nel dominio spaziale. Tuttavia, permangono criticità nella capacità del modello di generalizzare su istanti temporali non visti in fase di addestramento, probabilmente a causa della limitata variabilità nei dati e della complessità delle dinamiche temporali. Nel complesso, lo studio dimostra il potenziale delle PINN come strumento efficace per la ricostruzione di grandezze fisiche a partire da misure limitate. Questo approccio risulta particolarmente rilevante per applicazioni in acustica strutturale, come l'analisi di piastre vibranti in strumenti musicali, dove una ricostruzione ad alta risoluzione dello spostamento è essenziale e i dati sperimentali sono tipicamente insufficienti.

15. FEDERICO VESCOVI

Titolo tesi: On the Application of Subwavelength Corrugated Surfaces for Sound Field Manipulation

Abstract

Questa tesi indaga i principi teorici e le applicazioni pratiche delle superfici corrugate sublunghezza d'onda (SCS), una classe di metasuperfici acustiche in grado di manipolare i fronti d'onda riflessi in modo compatto ed efficiente. Il lavoro si apre con una rassegna degli sviluppi più recenti nel campo dei metamateriali e delle metasuperfici, sia in ambito elettromagnetico che acustico, evidenziando la crescente versatilità di queste strutture. Ricostruendo la geometria della SCS introdotta da Zhu et al. (2015), sono stati riprodotti i risultati originali, inclusi fronti d'onda riflessi planari e di tipo caustico. Lo studio si è poi focalizzato sulla capacità di focalizzazione delle SCS, mediante simulazioni numeriche volte ad analizzare come diverse configurazioni geometriche influenzino la risposta in frequenza e l'efficienza della riflessione acustica. È stato sviluppato un algoritmo numerico per progettare superfici in grado di generare fronti d'onda riflessi arbitrari, senza la necessità di una descrizione analitica del profilo desiderato. Sebbene il metodo presenti un certo costo computazionale, ha dimostrato un buon potenziale per applicazioni a banda stretta che richiedono

un controllo acustico preciso. L'ultima parte del lavoro esplora l'impiego delle SCS in sistemi audio realistici, attraverso simulazioni tridimensionali realizzate con COMSOL Multiphysics. Un caso studio riguardante il controllo dell'onda posteriore in altoparlanti a cassa chiusa mostra come le metasuperfici focalizzanti possano ridurre le riflessioni interne, migliorare l'area d'ascolto utile e diminuire la necessità di trattamenti acustici aggiuntivi. Questo lavoro contribuisce alla comprensione dei meccanismi alla base della manipolazione dei fronti d'onda tramite SCS e fornisce indicazioni concrete sulla loro integrazione in sistemi acustici applicati.