

Documentazione per esposizione orale

Progetto: Sistema di rilevamento del plagio musicale multi-rappresentazione

1. Introduzione generale al progetto

Il progetto che presento consiste nella realizzazione di un **sistema informatico per l'analisi di similarità e il rilevamento del plagio musicale**. L'obiettivo non è stabilire se due brani siano identici dal punto di vista dell'ascolto, ma **verificare se condividono una struttura musicale profonda**, anche quando una melodia è stata modificata tramite trasposizione, variazioni ritmiche o cambi di tonalità.

Il progetto nasce dall'unione di **tre ambiti fondamentali**: - **musica**, come fenomeno sonoro strutturato - **matematica**, come linguaggio per descrivere relazioni e trasformazioni - **informatica**, come strumento per automatizzare l'analisi

L'intero lavoro si basa sui concetti teorici studiati nella dispensa di **musimatica**, in particolare sulle **nozioni basilari di suono, nota, altezza, durata, intervallo e rappresentazione matematica della musica**.

2. Inquadramento teorico: la musica come oggetto matematico

2.1 Suono e frequenza

Dal punto di vista fisico, il **suono** nasce da una vibrazione che si propaga sotto forma di onda. Dal punto di vista percettivo, invece, il suono è il risultato dell'elaborazione di queste onde da parte del cervello.

Ogni suono è caratterizzato principalmente da: - **frequenza** → percepita come altezza (grave/acuto) - **intensità** → percepita come volume - **forma d'onda** → percepita come timbro

Nel progetto ci concentriamo soprattutto su **frequenza e durata**, perché sono le grandezze più facilmente traducibili in dati numerici.

2.2 Nota musicale

Una **nota** è un evento sonoro ben definito nel tempo, dotato di: - altezza - durata - inizio e fine

Dal punto di vista matematico, una nota può essere vista come una **coppia (f, t)**, dove: - f rappresenta la frequenza - t rappresenta la durata

Questa visione è fondamentale perché permette di rappresentare una melodia come una **sequenza ordinata di eventi**.

2.3 Altezza, frequenza e sistema MIDI

L'altezza di una nota è direttamente legata alla sua frequenza. Tuttavia, lavorare direttamente con le frequenze reali sarebbe scomodo dal punto di vista computazionale.

Per questo motivo il progetto utilizza il **sistema MIDI**, che assegna a ogni nota un numero intero. Questo sistema: - discretizza il continuo delle frequenze - rende le note confrontabili matematicamente

Ad esempio, il La centrale (440 Hz) corrisponde a un valore MIDI specifico. Due note distanti un semitono differiscono di 1 nel valore MIDI.

2.4 Ottava e trasposizione

Un concetto chiave della teoria musicale è l'**ottava**: due note a distanza di un'ottava hanno una frequenza in rapporto 2:1 e vengono percepite come "equivalenti".

Dal punto di vista matematico: - una trasposizione è una **somma costante** applicata a tutte le altezze

Nel progetto questo concetto è centrale: due melodie possono essere considerate simili anche se una è trasposta rispetto all'altra.

3. Rappresentazione matematica della melodia

Secondo la dispensa, una melodia può essere rappresentata su un piano cartesiano: - asse orizzontale → tempo - asse verticale → altezza

Ogni nota è un segmento orizzontale che occupa un intervallo temporale.

Nel progetto questa idea viene tradotta in strutture dati: - liste - sequenze - vettori

Questo passaggio dalla musica alla matematica è ciò che rende possibile l'analisi algoritmica.

4. Parte musicale del progetto: le rappresentazioni

4.1 Estrazione delle note

Attraverso la libreria *music21*, il programma legge file MIDI o MusicXML e ricava una lista ordinata di note.

Ogni nota è descritta da: - pitch (altezza MIDI) - duration (durata) - note_name (nome simbolico)

Questa struttura riflette direttamente la teoria studiata.

4.2 Le cinque rappresentazioni musicali

Il progetto utilizza cinque rappresentazioni, ognuna delle quali isola un aspetto teorico della musica:

1. NOTE

- 2. Sequenza dei nomi delle note
- 3. Dipende dalla tonalità
- 4. È la rappresentazione più semplice ma anche la meno robusta

5. INTERVAL

- 6. Differenze tra pitch consecutivi
- 7. Rappresenta il concetto di **intervallo musicale**
- 8. È indipendente dalla tonalità

9. DURATION

- 10. Sequenza delle durate
- 11. Analizza esclusivamente il ritmo

12. PITCH_DA

- 13. Coppie (intervallo, durata)
- 14. Unisce profilo melodico e struttura ritmica

15. PITCH_ND

- 16. Direzione del movimento melodico (+, -, 0) e durata
- 17. Rappresentazione astratta, ispirata alla percezione umana

Questa molteplicità deriva direttamente dall'idea teorica che **la musica è un fenomeno multidimensionale**.

5. Parte matematica: confronto e similarità

5.1 Trasposizioni

Il sistema prova tutte le trasposizioni da -12 a +12 semitoni, cioè un'intera ottava.

Questo deriva dal fatto che l'orecchio umano percepisce come equivalenti le melodie che differiscono solo per ottava.

5.2 Distanza di Levenshtein

Per confrontare due sequenze viene utilizzata la **edit distance**.

Matematicamente, è una funzione che misura il costo minimo per trasformare una sequenza in un'altra tramite: - inserimenti - cancellazioni - sostituzioni

La distanza viene poi normalizzata per ottenere un valore comparabile.

5.3 Pesi e media ponderata

Ogni rappresentazione ha un peso diverso, che riflette la sua importanza musicale.

Gli intervalli hanno peso maggiore perché descrivono la struttura melodica, mentre le note assolute hanno peso minore.

Il punteggio finale è una **media ponderata**, concetto matematico fondamentale.

6. Parte informatica: progettazione del sistema

6.1 Struttura modulare

Il progetto è diviso in moduli: - rappresentazione - confronto - interfaccia grafica

Questa divisione segue i principi dell'ingegneria del software.

6.2 Uso dei file `__init__.py`

I file `__init__.py` indicano a Python che una cartella è un pacchetto.

La loro presenza permette: - importazioni corrette - organizzazione del codice - estendibilità futura

7. Interfaccia grafica

L'interfaccia rende il sistema utilizzabile anche senza conoscenze di programmazione.

Mostra: - verdetto - percentuale di similarità - confidenza - trasposizione - dettagli per rappresentazione

8. Conclusione

Il progetto dimostra che la musica può essere: - descritta matematicamente - analizzata alitmicamente - interpretata informaticamente

Rappresenta un esempio concreto di applicazione della musimatica, dove teoria musicale, matematica e informatica convergono in un unico sistema.