ITALIANO

Argomento/Titolo

Sviluppo di metodi di intelligenza artificiale per la morfometria geometrica

Proponente (Tutor)

Prof. Pasquale RAIA

Proposta di ricerca[1]

La morfometria geometrica è un potente approccio quantitativo utilizzato in diverse discipline scientifiche, tra cui la biologia evolutiva, l'antropologia e la medicina, per studiare la variazione della forma e le sue cause sottostanti. Si basa sull'acquisizione e l'analisi precise delle coordinate di landmark e semilandmark su forme biologiche. Sebbene i metodi tradizionali abbiano fatto progressi significativi nella nostra comprensione della forma, persistono sfide nella ricostruzione accurata ed efficiente di superfici 3D complesse e nell'inferenza di forme complete da resti parziali. Le attuali tecniche per la ricostruzione di superfici 3D, come l'algoritmo del "ball pivoting", possono essere computazionalmente intensive e foteente influenzate dalla qualità dei dati, richiedendo spesso un denso campionamento di landmark non facilmente raggiungibile, e impossibile con i resti fossili. Inoltre, la ricostruzione della forma della testa dei tessuti molli da resti cranici scheletrici rimane un processo complesso e spesso soggettivo.

Nonostante i recenti progressi nelle tecniche di scansione 3D e nell'acquisizione dei dati, la conversione dei dati di scansione grezzi in set di dati di morfometria geometrica analizzabili presenta ancora delle limitazioni. L'attuale dipendenza da

[1] *Progetto eventualmente finanziabile con altri fondi di ricerca*

algoritmi come il "ball pivoting" per la ricostruzione di superfici da nuvole di punti può essere inefficiente, in particolare quando si tratta di dati rumorosi o incompleti e non sfrutta intrinsecamente la vasta quantità di informazioni sulla forma contenute nei set di dati morfologici esistenti. Allo stesso tempo, la previsione della forma della testa di un individuo da resti cranici frammentati o parziali, un compito cruciale in antropologia forense e paleontologia, dipende in gran parte da tecniche manuali laboriose che mancano di validazione scientifica. C'è un'urgente necessità di metodi più robusti, automatizzati e intelligenti in grado di inferire e ricostruire le forme con maggiore accuratezza ed efficienza.

Questo progetto di dottorato propone lo sviluppo e l'applicazione di nuove metodologie basate sull'Intelligenza Artificiale (AI) e sul Machine Learning (ML) per affrontare le sfide sopra menzionate nella morfometria geometrica.

La ricerca si concentrerà su due obiettivi primari:

1. Ricostruzione della Forma basata sull'AI da Posizioni Inferite di Landmark e Semilandmark. Questo obiettivo mira a sviluppare un modello AI in grado di inferire le precise coordinate 3D di landmark e semilandmark densi dalla configurazione di landmark. L'approccio proposto basato sull'AI apprenderà complesse relazioni anatomiche da grandi set di dati di forme conosciute, permettendogli di prevedere e ricostruire superfici complete o parziali con maggiore precisione rispetto ai metodi convenzionali. In particolare, questo metodo indagherà architetture di deep learning, come PointNet o reti neurali a grafo, per elaborare direttamente i dati grezzi delle nuvole di punti. L'obiettivo è superare le limitazioni di algoritmi come il "ball pivoting" sfruttando le informazioni contestuali apprese sulla variabilità della forma, consentendo così una ricostruzione robusta della forma anche con dati di input sparsi o rumorosi.

2. Machine Learning per lo Sviluppo della Forma della Testa da Resti Cranici. Questo obiettivo esplorerà e svilupperà algoritmi di machine learning per la ricostruzione e la previsione automatizzate della forma completa della testa dei tessuti molli da resti cranici scheletrici. Sfruttando i progressi nell'imaging 3D dei crani e i dati corrispondenti dei tessuti molli, il progetto addestrerà sofisticati modelli ML (es. reti neurali convoluzionali, reti generative avversarie o architetture basate su trasformatori) per mappare la complessa relazione tra la morfologia ossea cranica e le caratteristiche facciali esterne. L'algoritmo sviluppato imparerà a generare forme della testa plausibili e anatomicamente accurate, offrendo un miglioramento significativo rispetto ai metodi di ricostruzione statistici o artistici esistenti, fornendo un approccio basato sui dati e potenzialmente più individualizzato. Ciò avrà profonde implicazioni per l'identificazione forense, le ricostruzioni paleoantropologiche e le applicazioni mediche.

La ricerca è destinata a produrre framework AI innovativi che miglioreranno significativamente le capacità della morfometria geometrica. Lo sviluppo riuscito di metodi di ricostruzione della forma basati sull'AI fornirà un'alternativa più efficiente e accurata agli algoritmi esistenti, facilitando studi morfologici su larga scala. Inoltre, l'algoritmo di machine learning per lo sviluppo della forma della testa da resti cranici offrirà uno strumento rivoluzionario per la scienza forense e la ricerca antropologica, consentendo approssimazioni facciali più affidabili e precise. Il progetto contribuirà al campo interdisciplinare dell'AI nella scienza, dimostrando il potenziale trasformativo dell'intelligenza artificiale nel decifrare forme biologiche complesse.

Programma di ricerca

I° Anno

1. ***Acquisizione delle conoscenze di base dei neural network e del deep learning***
2. ***Algoritmi CNN, GAN, PointNet***
3. ***Algoritmi di morfometria geometric***

II° Anno

1. ***Applicazione di Graph Neural Network per la ricostruzione della mesh 3D***
2. ***Sviluppo del machine learning per la ricostruzione dei tessuti molli***

III° anno

- ***Applicazione del machine learning per la ricostruzione dei tessuti molli***
- ***Stima complessiva dei modelli***
- ***Stesura tesi***