

Progetto di Ricerca

ENGLISH VERSION

PROJECT TITLE

Variational and deep learning based methods for 3D imaging and geometry registration.

PROJECT DESCRIPTION

Surface/Volume registration aims to find meaningful point-wise correspondence between two surfaces embedded in the 3D real space. It has important applications in various fields, such as in computer graphics, computer vision and medical imaging.

Very often, a desirable registration map should be much more complex than a global rigid or affine motion. Due to its importance, various registration models have been proposed. Existing approaches usually assume a global bijection between the two surfaces to be registered.

In this project we address the problem of registering two surfaces/volumes, of which a natural bijection between them does not exist. More precisely, only a partial subset of the source surface is assumed to be in correspondence with a subset of the target surface. We call such a problem an inconsistent surface registration (ISR) problem. This problem is challenging as the corresponding regions on each surface/volume and a meaningful bijection between them have to be simultaneously determined.

In this project, we study a variational model to solve the ISR problem by minimizing various mapping distortions. Mapping distortions are described by the Beltrami coefficient as well as the differential of the mapping. Registration is then guided by feature landmarks and/or intensities, such as curvatures, defined on each surface or other properties of the voxels. An idea is to control angle and scale distortions via quasiconformal theory as well as minimizing landmark and/or intensity and properties mismatch.

Deep neural networks (DNNs) have shown to be a powerful tool in a wide range of applications. Once successfully trained, DNNs can achieve satisfactory results comparable to the state-of-the-art mathematical models. However, most existing DNNs are unexplainable, which blindly learn from a big training dataset. Besides, the geometry of the training data are usually not carefully considered. In this project we try to improve the variational model by using DNNs and insert geometric structures of the training data and a priori geometric knowledge.

A fast computational solution method will be studied and the whole model will be compared with other approaches and validated on real data.

ACTIVITY PLAN

The activity plan will include:

- Literature review on methods and software available;
- Study of the proposed variational model and deep learning methods;
- Numerical implementation for 3D imaging and 3D geometry processing;
- Validation and comparison with the state of the art techniques.

Given the nature of the research and the going on of pandemic emergency, if agreed with the supervisor, the activities can also be carried out remotely, without the need to be at UNIBO premises.

VERSIONE ITALIANA

TITOLO del PROGETTO

Metodi variazionali e deep learning per la registrazione di immagini e geometrie 3D.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La registrazione di superfici/volumi mira a trovare una corrispondenza puntuale significativa tra due superfici/volumi dello spazio reale 3D. Ha importanti applicazioni in vari campi, come la computer grafica, la computer vision e l'imaging medico. Molto spesso, una trasformazione di registrazione dovrebbe contenere movimenti più complessi rispetto ad un movimento globale rigido o affine. Data la sua importanza, sono stati proposti vari modelli di registrazione. Gli approcci esistenti di solito presuppongono una biiezione globale tra le due superfici/volumi.

In questo progetto affronteremo il problema della registrazione di due superfici/volumi, di cui non esiste una naturale biiezione tra loro. Più precisamente, si assume che solo un sottoinsieme della superficie di origine sia in corrispondenza ad un sottoinsieme della superficie di destinazione.

Tale problema viene indicato con il nome di registrazione inconsistente di superfici (ISR). Questo problema è molto impegnativo poiché devono essere determinate simultaneamente sia le regioni corrispondenti su ciascuna superficie/volume che una biiezione significativa tra di esse. In questo progetto, studieremo un modello variazionale per risolvere il problema ISR minimizzando varie distorsioni nelle trasformazioni. Le distorsioni delle trasformazioni sono descritte dal coefficiente di Beltrami e dal differenziale della trasformazione. La registrazione può essere guidata da punti e caratteristiche di riferimento, come le curvatures, definite su ciascuna superficie o altre proprietà locali del volume. Un'idea che sarà esplorata, è quella di controllare le distorsioni, angolo e scala, seguendo la teoria delle trasformazioni quasi-conformi, nonché minimizzare la distanza dei punti o caratteristiche di riferimento.

Le reti neurali (Deep Neural Networks - DNN) hanno dimostrato di essere uno strumento potente in un'ampia gamma di applicazioni. Una volta addestrate con successo, le DNN possono ottenere risultati soddisfacenti paragonabili ai modelli matematici all'avanguardia. Tuttavia, la maggior parte delle DNN esistenti vengono addestrate con un grande set di dati. Inoltre, la geometria dei dati usati in addestramento di solito non viene considerata con attenzione.

In questo progetto cercheremo di migliorare il modello variazionale utilizzando DNN e tenendo conto delle strutture geometriche dei dati di addestramento e altre proprietà della struttura note a priori. Verrà studiato ed implementato un metodo numerico per una soluzione veloce e l'intero modello sarà confrontato con altri approcci e validato su dati reali.

PIANO DI ATTIVITA'

Il piano di attività include:

- Analisi dello stato dell'arte dei metodi e software disponibili:
- Studio del modello variazionale e deep learning
- Implementazione numerica per il trattamento di immagini ed oggetti 3D
- Validazione e confronto con altri modelli disponibili

Considerata la natura della ricerca da svolgere e la situazione di pandemia globale, previa autorizzazione del tutor dell'assegnista, le attività potranno anche essere svolte da remoto, senza bisogno di trovarsi presso le sedi UNIBO.