

MAGIC-V

Aggiornamenti sull'analisi delle forme 3D

E. Catanzariti - F. Isgrò - S. Masecchia

ViNe Lab - Università degli Studi di Napoli Federico II

03 dicembre 2009

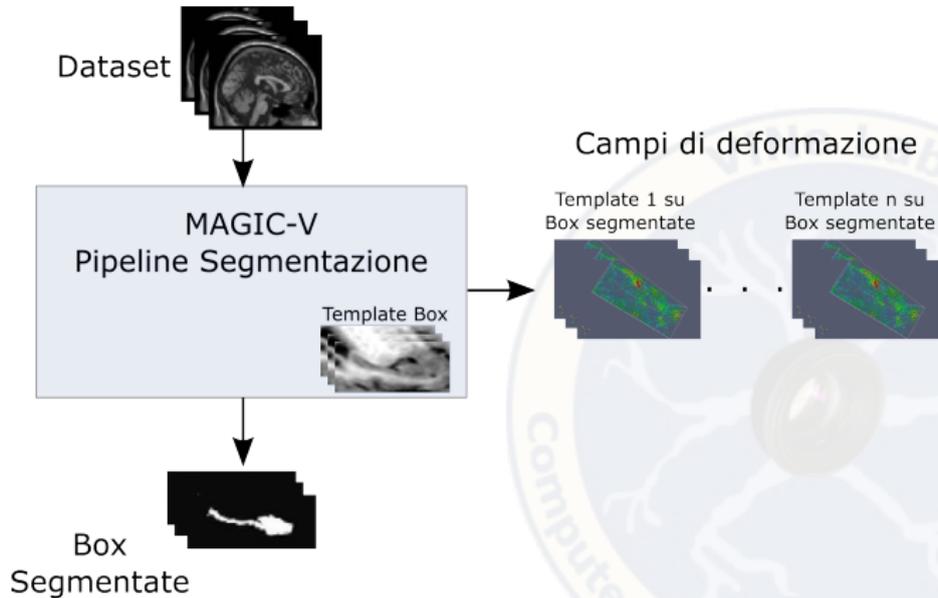


Sommario

- 1 Primo approccio
- 2 Approccio attuale

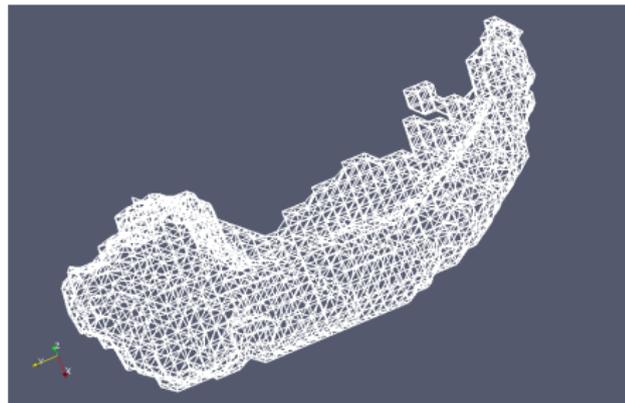


Architettura della pipeline



Approccio generazione dataset

- 1 Generazione della mesh sul template (2132 landmark)
- 2 Decimazione della mesh (1352 landmark)
- 3 Selezione dei campi di deformazione del template sulle segmentazioni
- 4 Deformazione della mesh attraverso i campi di deformazione

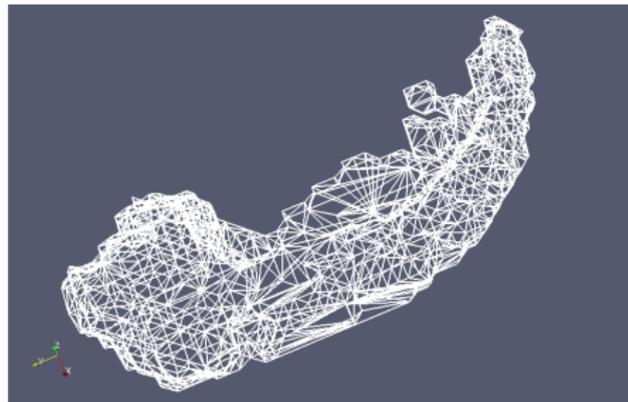


Lorensen W. E et al. (1987).

“Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm”

Approccio generazione dataset

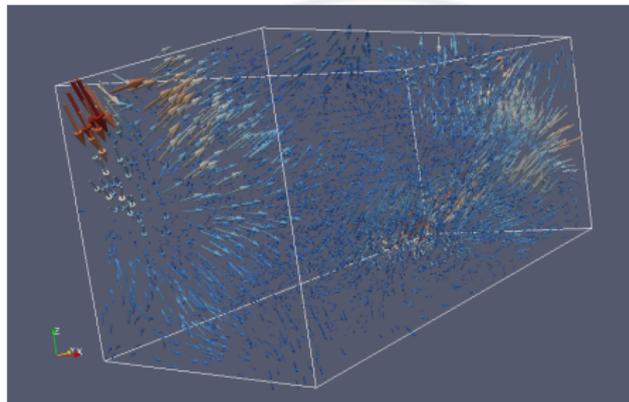
- 1 Generazione della mesh sul template (2132 landmark)
- 2 Decimazione della mesh (1352 landmark)
- 3 Selezione dei campi di deformazione del template sulle segmentazioni
- 4 Deformazione della mesh attraverso i campi di deformazione



Schroeder W. J. et al. (1992).
"Decimation of triangle meshes"

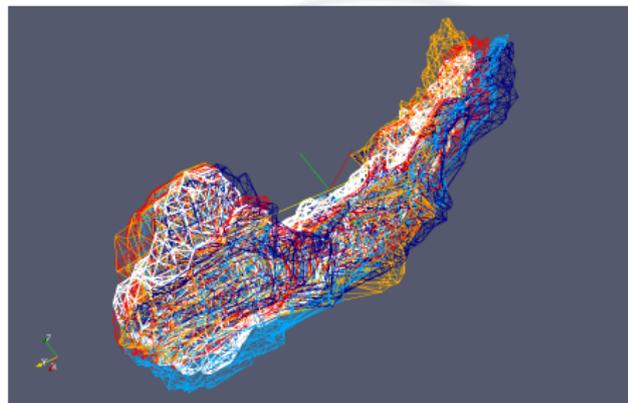
Approccio generazione dataset

- 1 Generazione della mesh sul template (2132 landmark)
- 2 Decimazione della mesh (1352 landmark)
- 3 Selezione dei campi di deformazione del template sulle segmentazioni
- 4 Deformazione della mesh attraverso i campi di deformazione

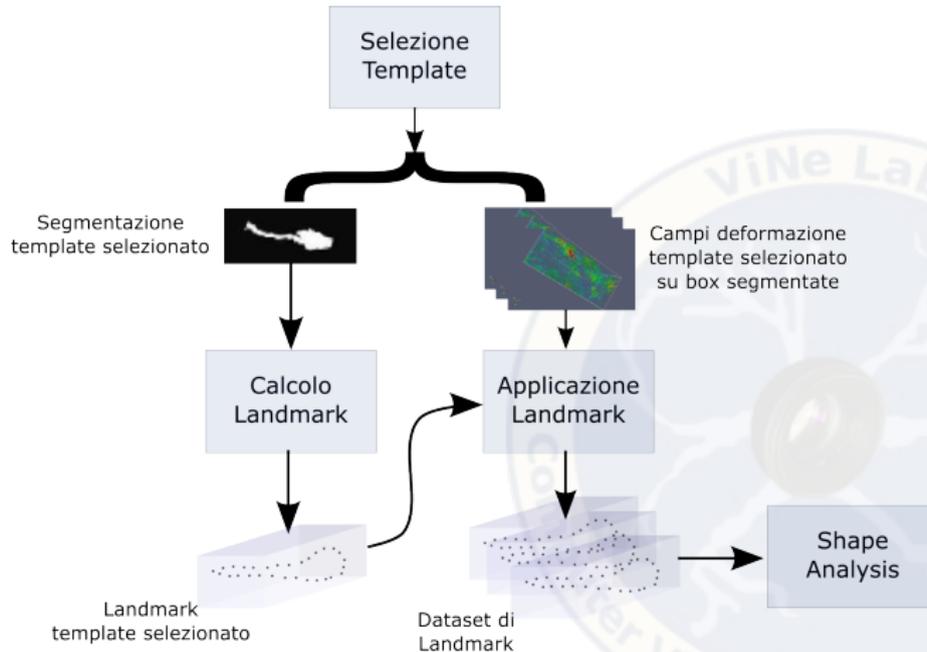


Approccio generazione dataset

- 1 Generazione della mesh sul template (2132 landmark)
- 2 Decimazione della mesh (1352 landmark)
- 3 Selezione dei campi di deformazione del template sulle segmentazioni
- 4 Deformazione della mesh attraverso i campi di deformazione



Approccio generazione dataset



Decomposizione della forma (SPCA)

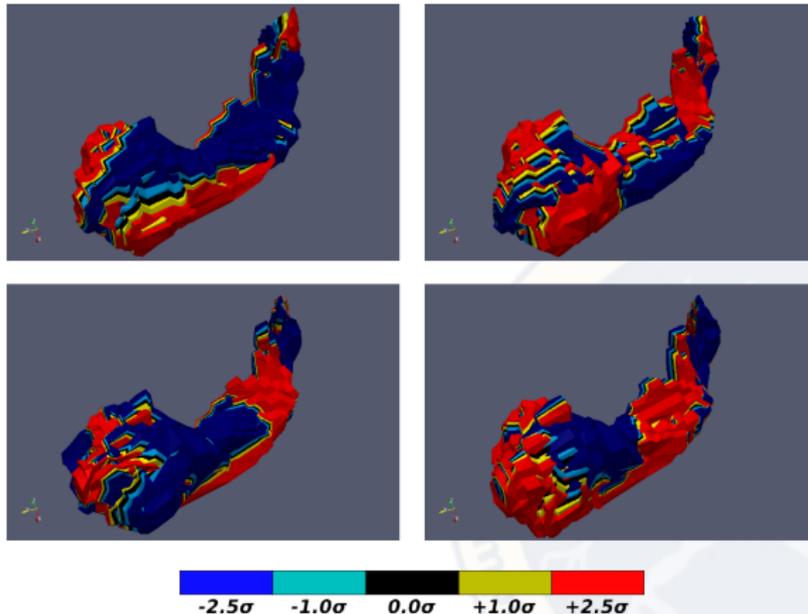
```

function SPCA(X,  $k$ ,  $\lambda_2$ ,  $\{\lambda_{1,j}\}_{j=1\dots k}$ )
  PC  $\leftarrow$  PCA(X)
   $\Theta$   $\leftarrow$  PC[:, 1 :  $k$ ]
  repeat
    for  $j \leftarrow 1, \dots, k$  do
      y  $\leftarrow$  X $\theta_j$ 
       $\mathbf{v}_j \leftarrow \operatorname{argmin}\{\|\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{v}_j\|^2 +$ 
         $\lambda_2\|\mathbf{v}_j\|^2 +$ 
         $\lambda_{1,j}\|\mathbf{v}_j\|_1\}$ 
    end for
    A, D, BT  $\leftarrow$  SVD(XTX $\mathbf{v}_k$ )
     $\Theta$   $\leftarrow$  ABT
  until  $\mathbf{V}_k$  converge
  for  $j \leftarrow 1, \dots, k$  do
     $\hat{\mathbf{v}}_j = \mathbf{v}_j / \|\mathbf{v}_j\|$ 
  end for
  return  $\hat{\mathbf{V}}_k$ 
end function

```

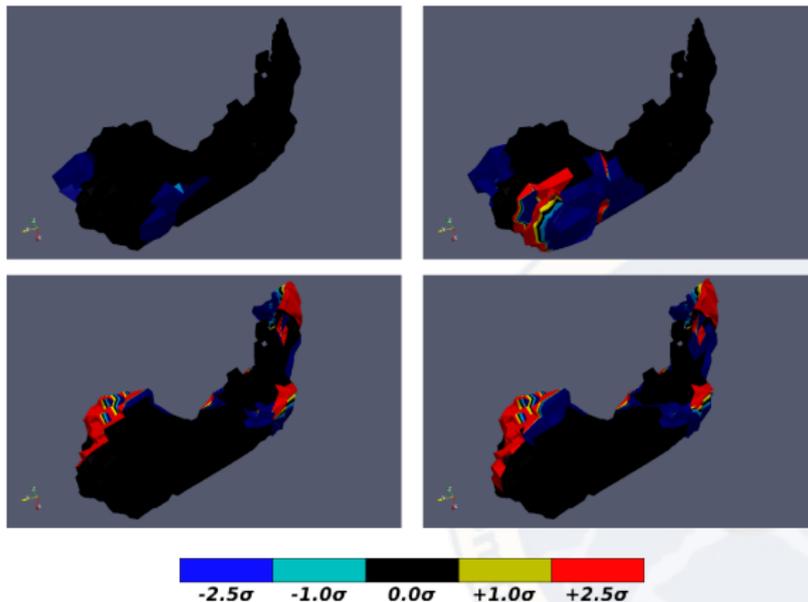
- Inizializziamo Θ con le prime k componenti principali ordinarie
- Fissando Θ si minimizza in \mathbf{V}_k risolvendo k indipendenti problemi Elastic Net
- Fissando \mathbf{V}_k si minimizza in Θ decomponendo la matrice $\mathbf{X}^T\mathbf{X}\mathbf{v}_k = \mathbf{A}\mathbf{D}\mathbf{B}^T$ e aggiornando $\Theta = \mathbf{A}\mathbf{B}^T$

Decomposizione dei modi di variazione (PCA)



- Dataset di 21 segmentazioni
- Ogni forma è descritta da 1352 landmark in 3D (4056 variabili)

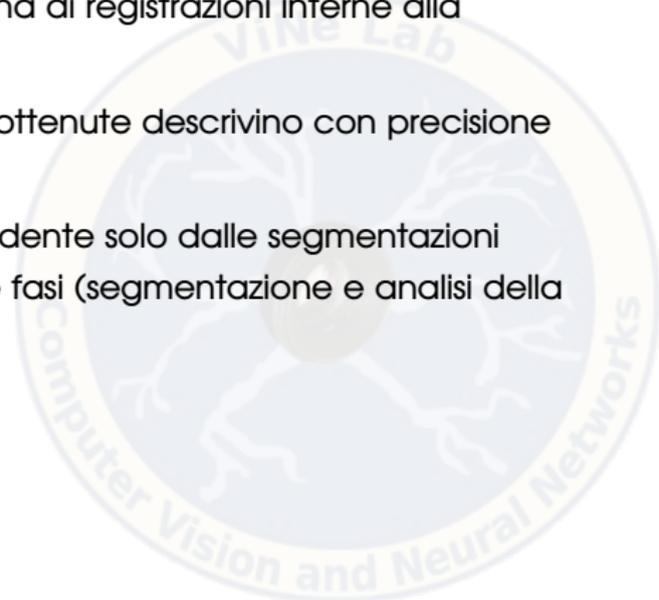
Decomposizione sparsa dei modi di variazione (SPCA)



Prima componente principale sparsa utilizzando
dal 5% al 20% delle variabili (passo 5%)

Problematiche

- Dataset dipendente dalla catena di registrazioni interne alla pipeline
- Nessuna sicurezza che le mesh ottenute descrivono con precisione le segmentazioni
- Necessario un approccio dipendente solo dalle segmentazioni stesse per disaccoppiare le due fasi (segmentazione e analisi della forma)



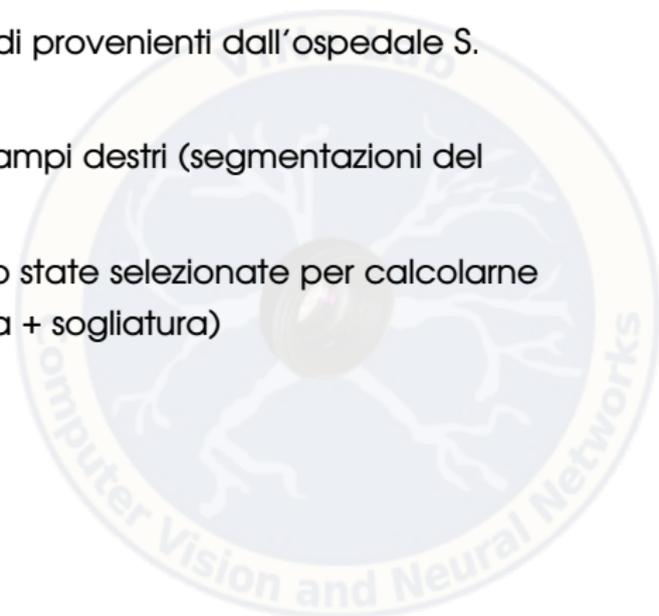
Sommario

- 1 Primo approccio
- 2 Approccio attuale

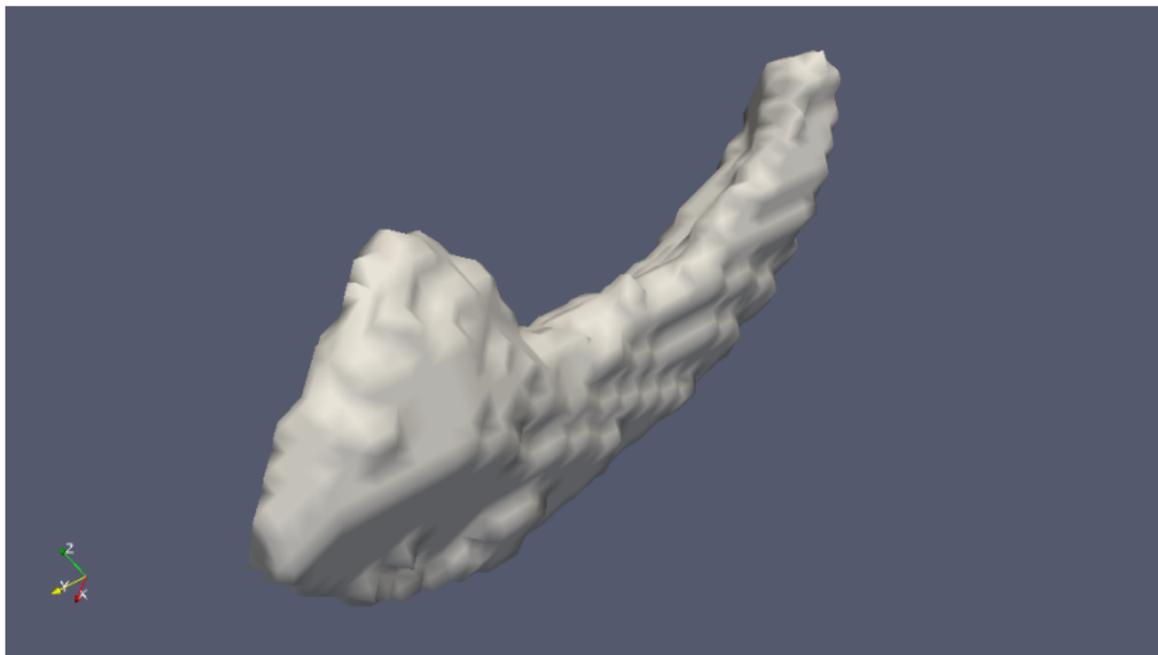


Dati utilizzati

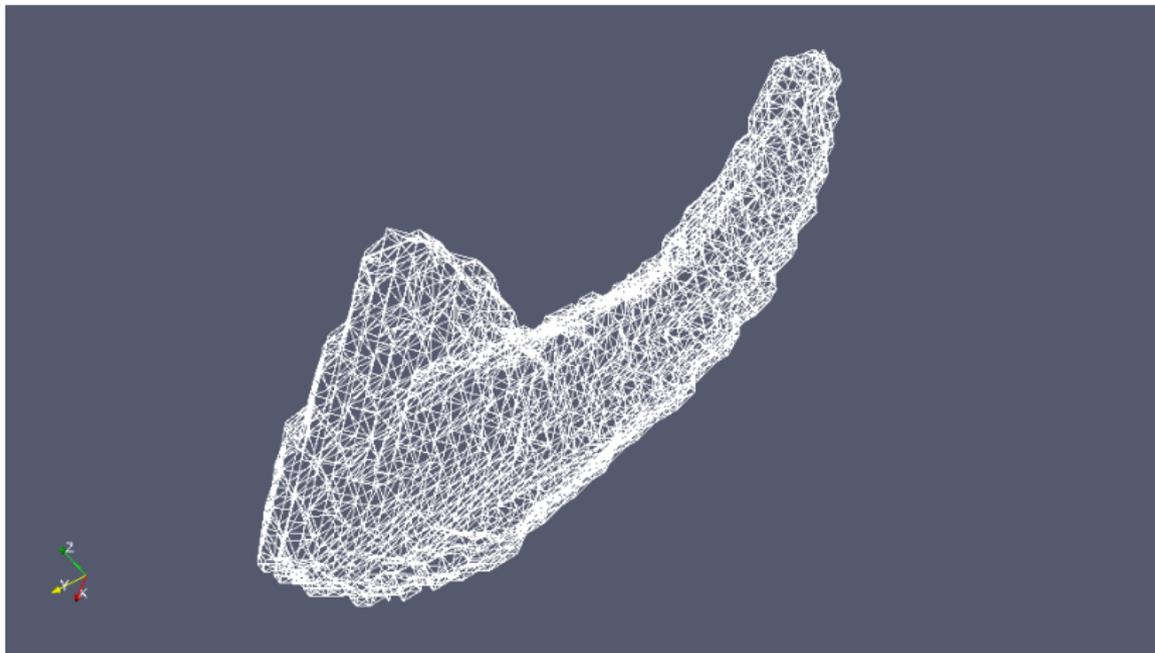
- Segmentazioni effettuate su studi provenienti dall'ospedale S. Martino
- Sono stati selezionati 117 ippocampi destri (segmentazioni del 26/05/2008)
- 14 delle 117 segmentazioni sono state selezionate per calcolarne un ippocampo "moda" (media + soglia)



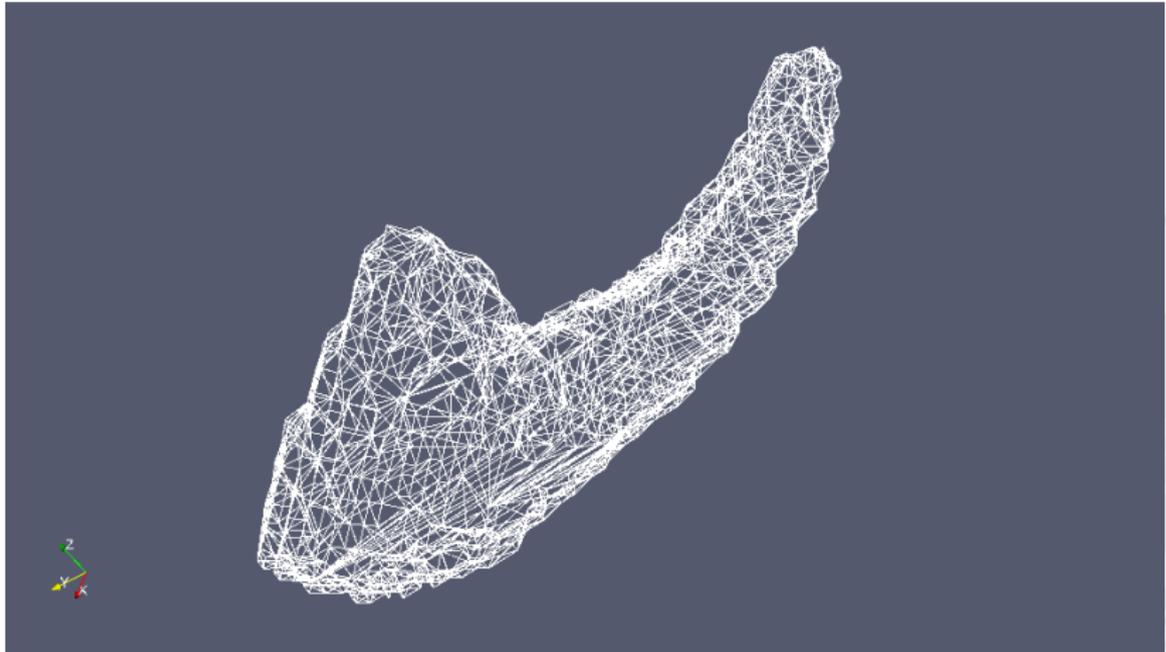
Ippocampo di riferimento



Mesh di riferimento (2348 landmark)

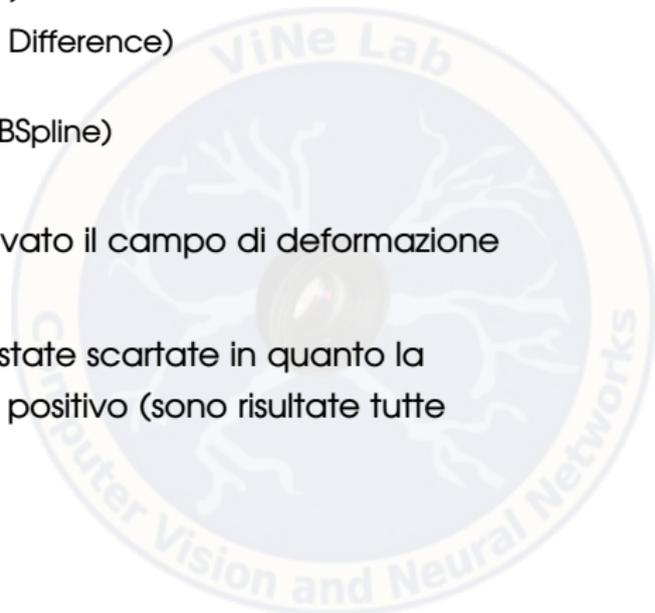


Mesh decimata di riferimento (1644 landmark)

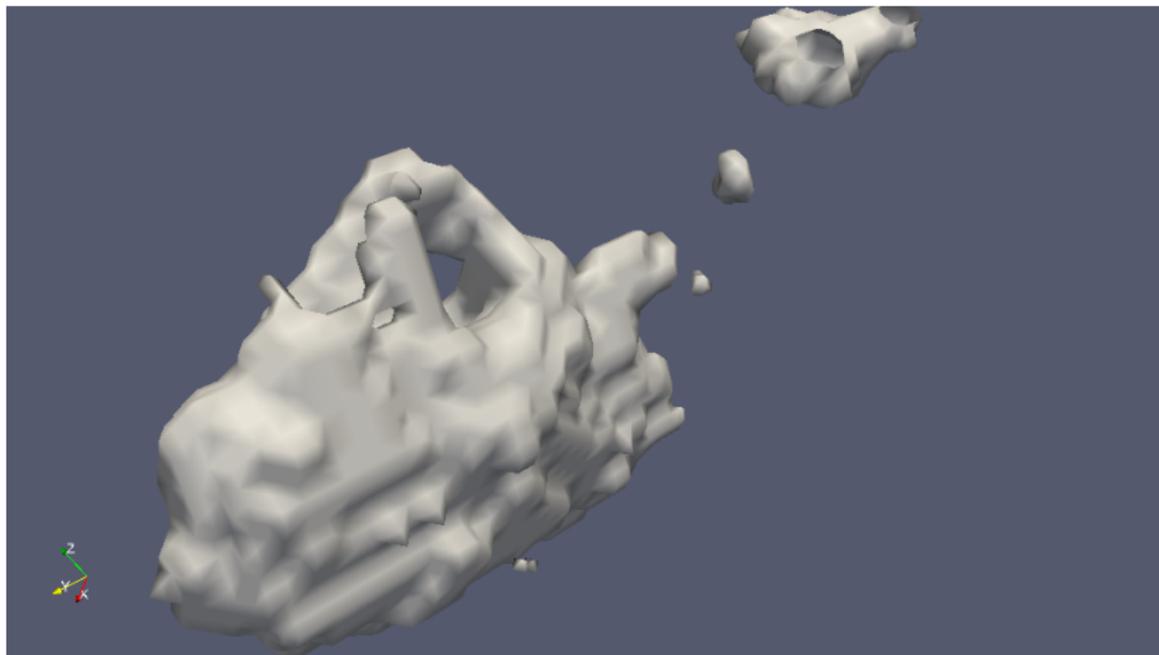


Generazione dei campi di deformazione

- L'ippocampo di riferimento è stato registrato sulle 103 segmentazioni restanti (117 – 14)
 - Metrica SSD (Sum of Squared Difference)
 - Interpolatore Lineare
 - Trasformazione Deformabile (BSpline)
 - Ottimizzatore L-BFGS-B
- Per ogni registrazione è stato salvato il campo di deformazione corrispondente
- 8 delle 103 segmentazioni sono state scartate in quanto la registrazione non ha avuto esito positivo (sono risultate tutte segmentazioni errate)

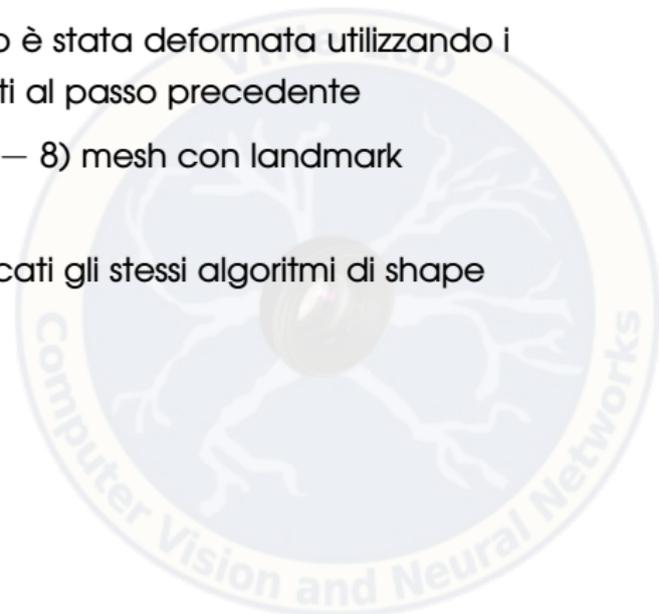


Esempio di segmentazione scartata

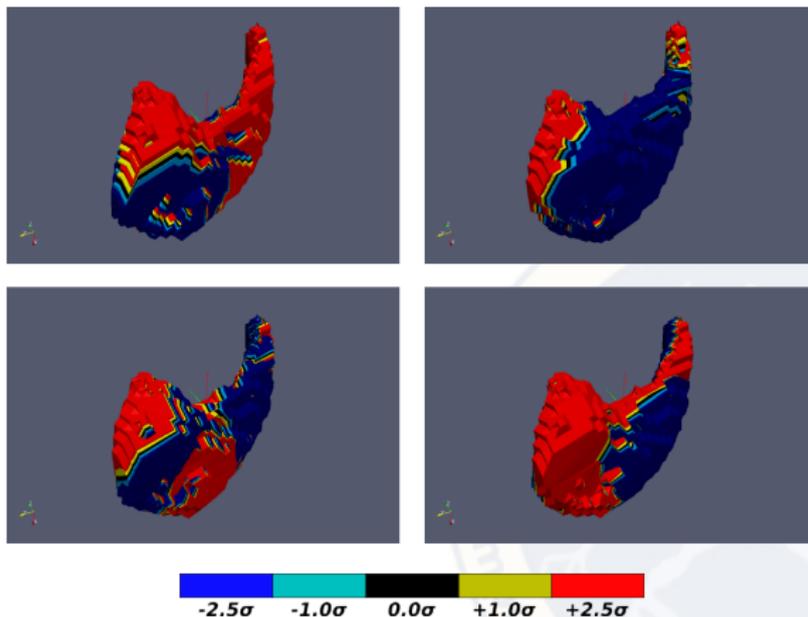


Deformazione della mesh decimata di riferimento

- La mesh decimata di riferimento è stata deformata utilizzando i campi di deformazione calcolati al passo precedente
- Abbiamo così ottenuto 95 ($103 - 8$) mesh con landmark corrispondenti
- Su queste mesh sono stati applicati gli stessi algoritmi di shape analysis utilizzati in precedenza

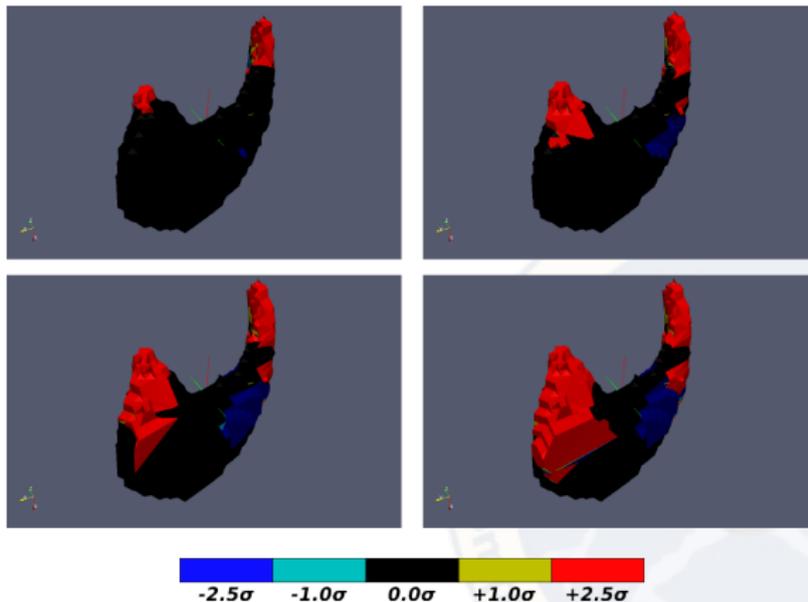


Decomposizione dei modi di variazione (PCA)



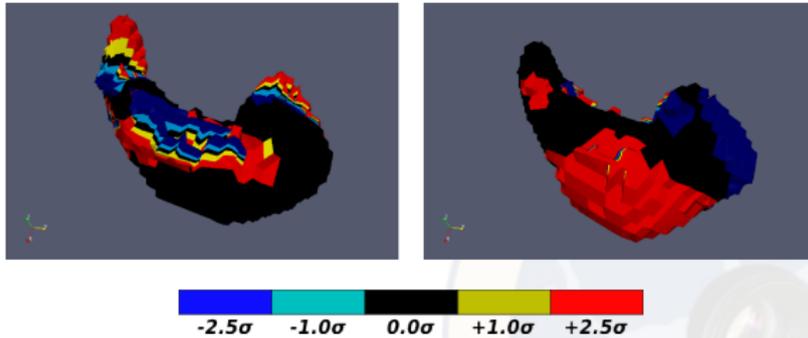
- Dataset di 95 segmentazioni
- Ogni forma è descritta da 1644 landmark in 3D (4932 variabili)

Decomposizione sparsa dei modi di variazione (SPCA)



Prima componente principale sparsa utilizzando
dal 5% al 20% delle variabili (passo 5%)

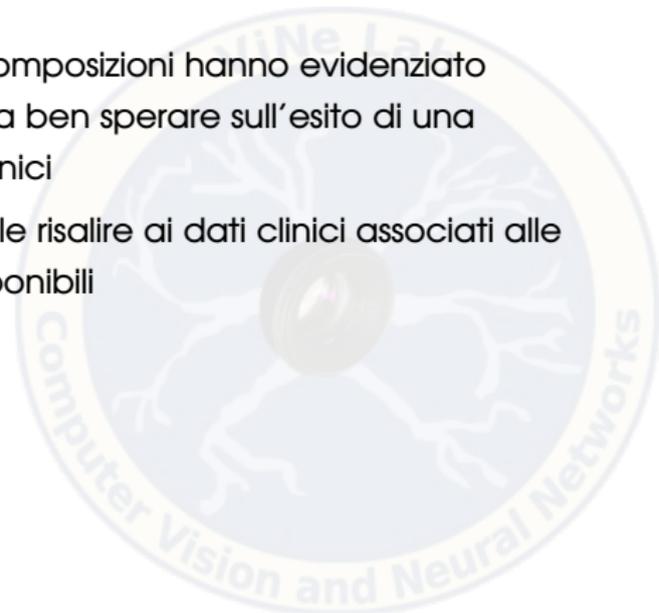
Decomposizione sparsa dei modi di variazione (SPCA)



Prime due componenti principali sparse al 15%

Risultati

- In entrambi gli approcci le decomposizioni hanno evidenziato delle variabilità attese, questo fa ben sperare sull'esito di una futura correlazione con i dati clinici
- Attualmente non è stato possibile risalire ai dati clinici associati alle segmentazioni attualmente disponibili



Codice Sviluppato

Tutte le fasi descritte sono state implementate in moduli separati in modo da poterli facilmente integrare nella pipeline e permetterne una evoluzione indipendente

- Creazione ippocampo medio (C++, ITK)
- Creazione (e decimazione) della mesh (C++, ITK, VTK)
- Generazione dei campi di deformazione (C++, ITK)
- Applicazione dei campi di deformazione alla mesh (C++, ITK)
- Shape Analysis (Procrustes + SPCA) (Python)