

# La Congruenza Geometrica tra Blocchi Orientati Direttamente acquisiti con il Sensore Multispettrale Parrot Sequoia

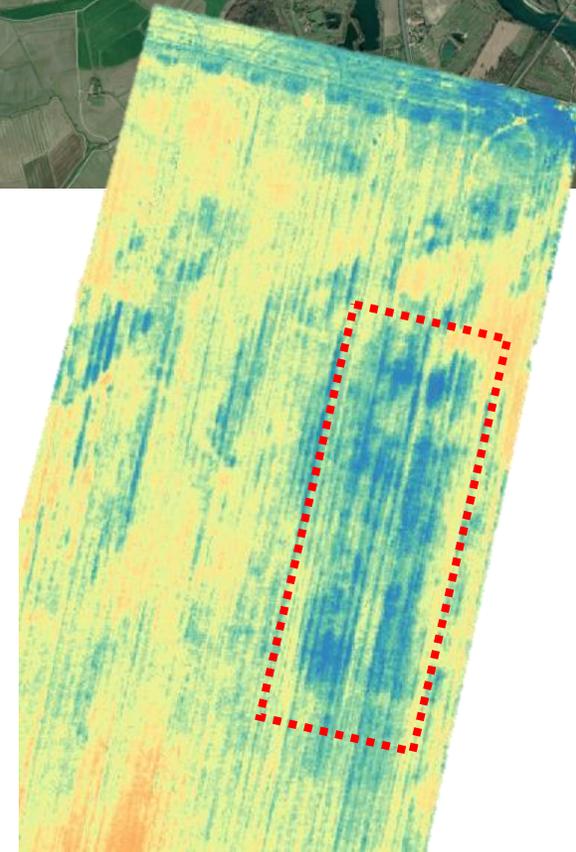
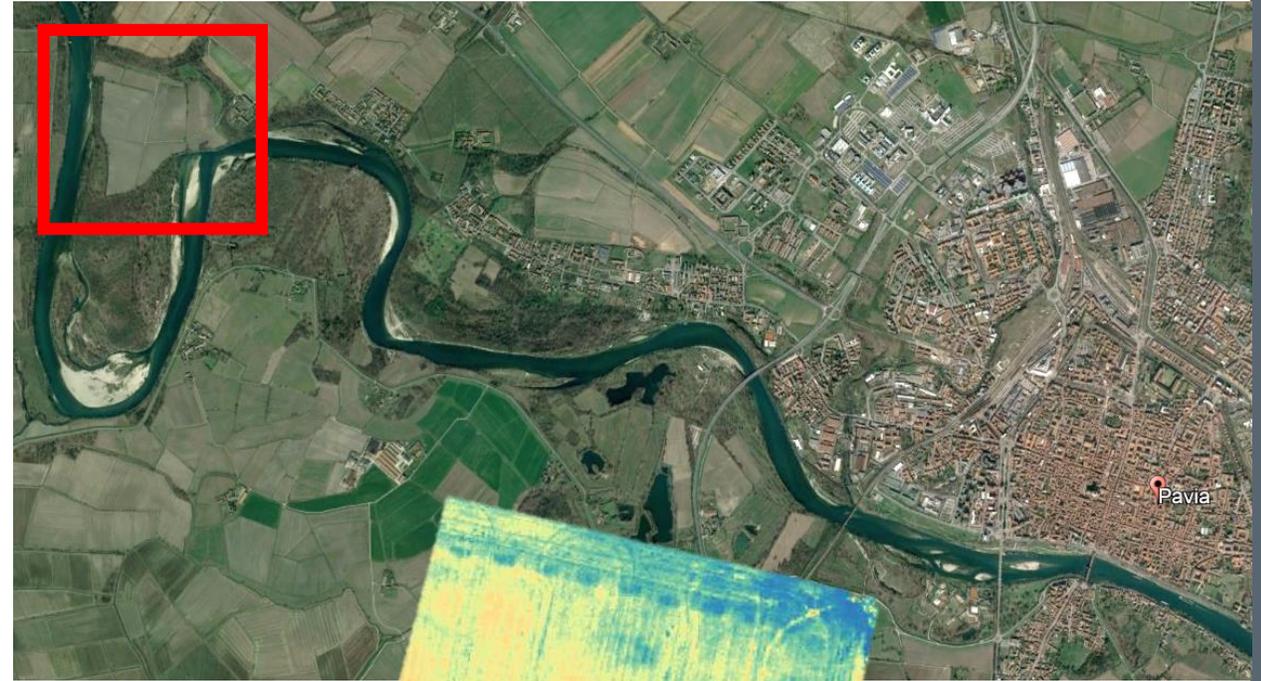
Vittorio Casella, Marica Franzini  
Laboratorio di Geomatica, Università di Pavia





# La Genesi del Lavoro - 1

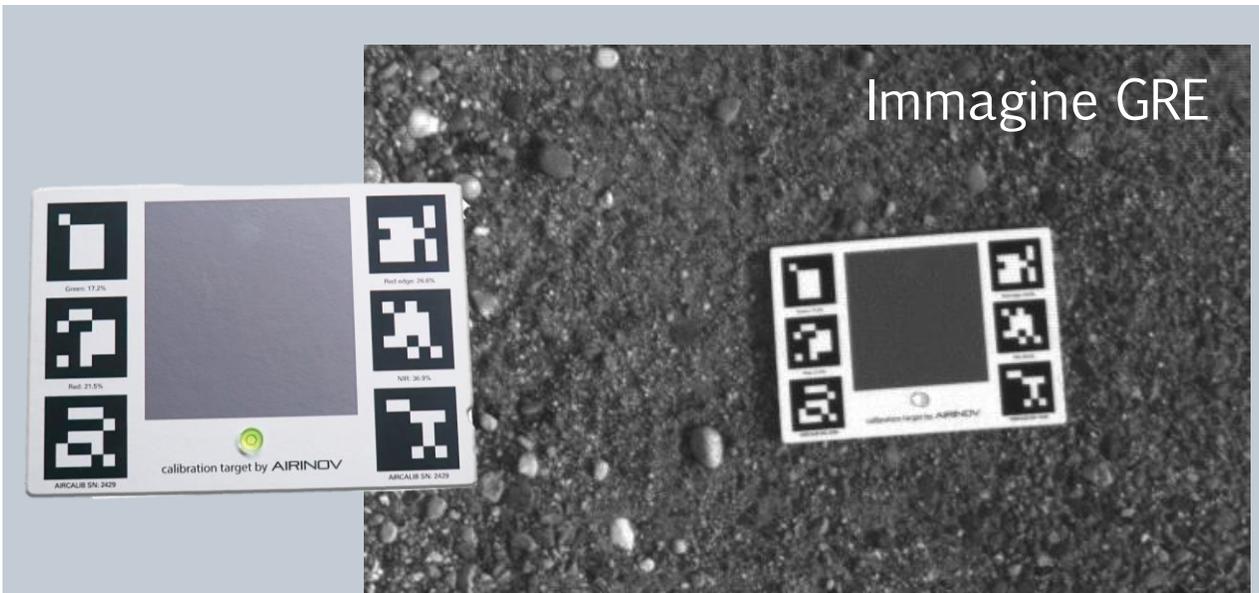
- › Nel settembre 2017 sono stati acquisiti 5 blocchi fotogrammetrici con una camera Parrot Sequoia nell'area di Cascina Santa Sofia, ad Est di Pavia
- › Il sensore ha la capacità di acquisire 4 immagini nelle bande del verde, blu, rosso vicino e infrarosso vicino
- › I voli avevano come principale scopo l'analisi delle componenti multispettrali sia per fini archeologici che di *precision farming*



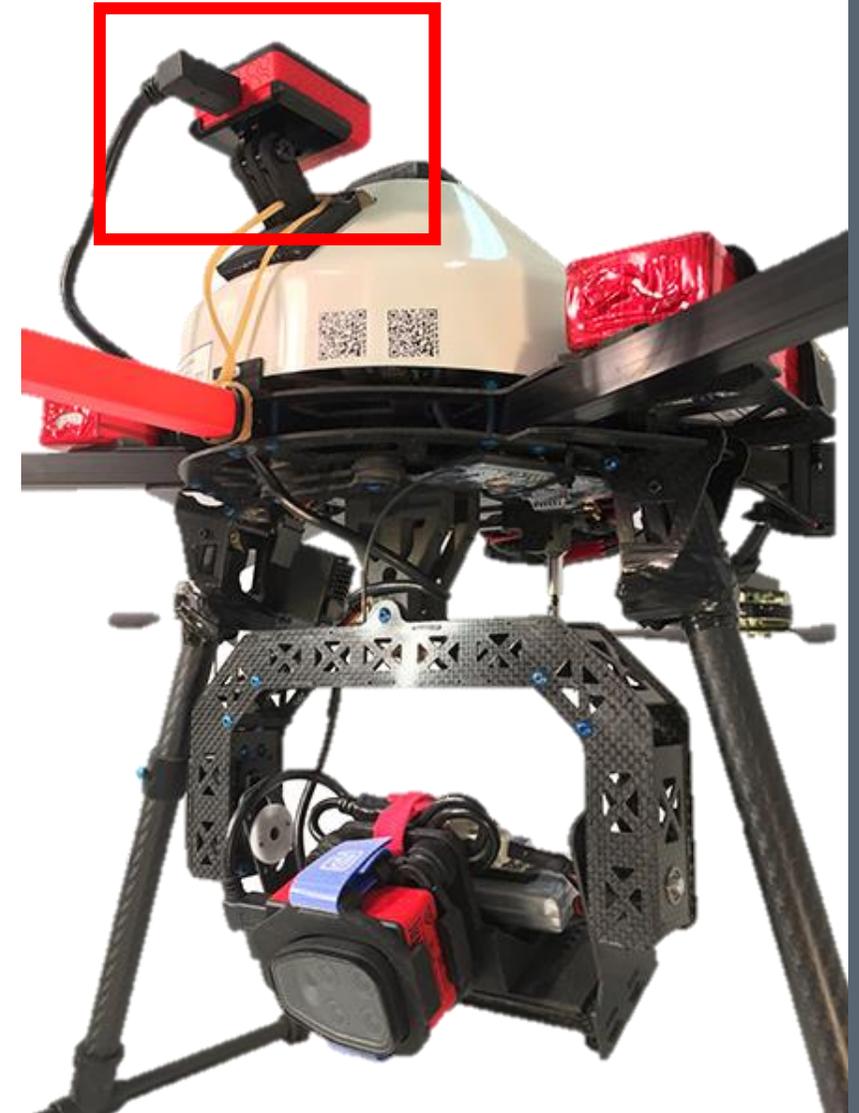


# La Genesi del Lavoro - 2

- › La camera è venduta con una sensore di irraggiamento (+ ricevitore GNSS) e un target radiometrico di calibrazione le cui immagini vanno acquisite prima (e dopo) ogni volo
- › Per il processamento, Parrot suggerisce l'uso di Pix4D poiché implementa in modo automatico la calibrazione radiometrica per la generazione delle ortofoto di riflettanza



Sensore irradianza +  
ricevitore GNSS





# La Genesi del Lavoro - 3

- › **Problema:** Pix4D non gestisce set di immagini di calibrazione multipli in un unico progetto
  
- › **Possibile soluzione:** effettuare un'elaborazione a due passi
  1. orientare i fotogrammi di ogni singolo blocco
  2. effettuare il merge dei progetti e procedere alla generazione dell'ortofoto di riflettanza – con questa procedura Pix4D genera una camera diversa per ogni blocco consentendo di usare i singoli set di calibrazione

La nuova **Sequoia+** supera questo problema fornendo direttamente i parametri di calibrazione radiometrica per ogni sensore

# Il Test-Site

- › L'area rilevata è di circa **30 ha** ed è stata acquisita con 5 voli separati
- › L'altezza relativo di volo è **70 m**, con ricoprimento 80/60 e GSD pari a **8.6 cm**
- › **12 GCP** fotogrammetrici rilevati con metodologia GNSS-NRTK



# Orientamento a blocchi singoli

1. Utilizzando i GCP
2. Utilizzando i centri di presa memorizzati dal ricevitore GNSS e il certificato della camera fornito dal produttore tramite file EXIF in un'ottica di georeferenziazione diretta

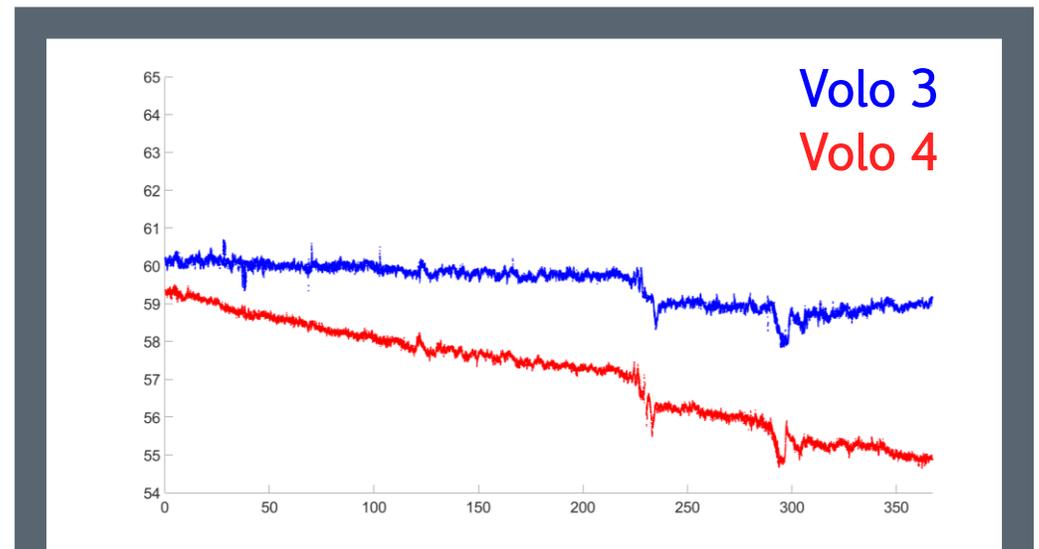
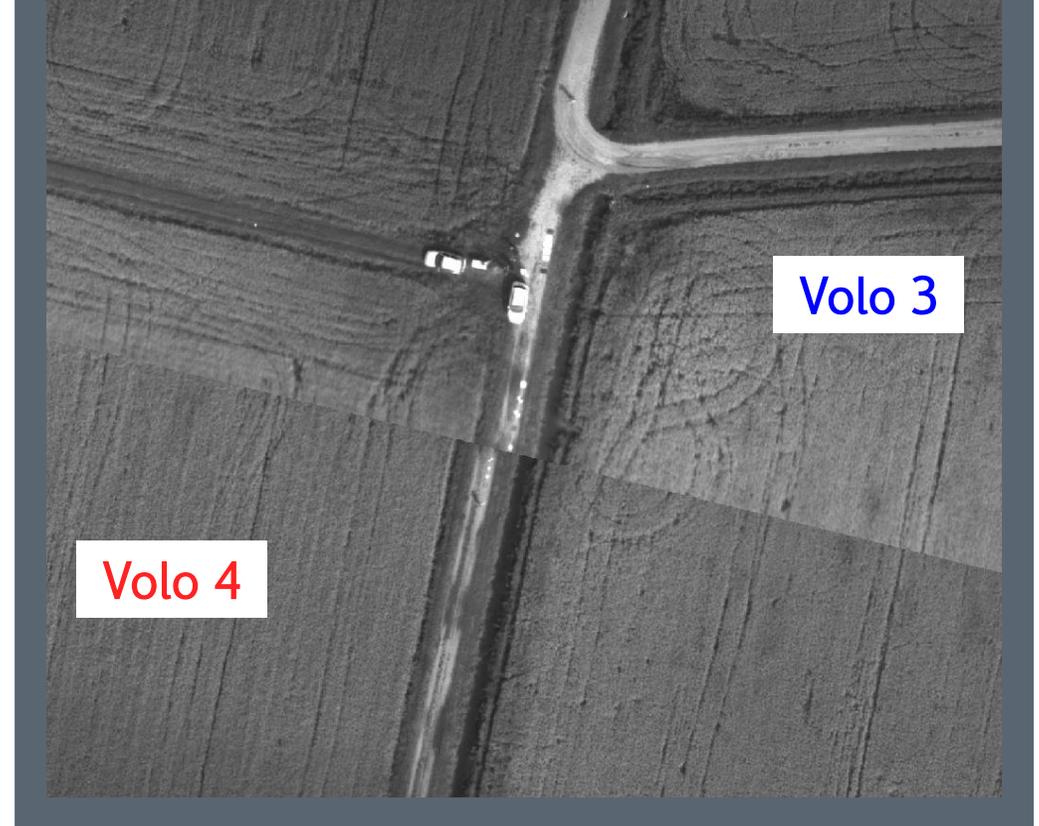
La presentazione sarà incentrata sui risultati ottenuti per i blocchi 3 e 4





# Congruenza - 1

- › Verifica visiva:
  - › tra le ortofoto
  - › tra le nuvole dense tramite profili
- › Il confronto mostra traslazioni e rotazioni significative

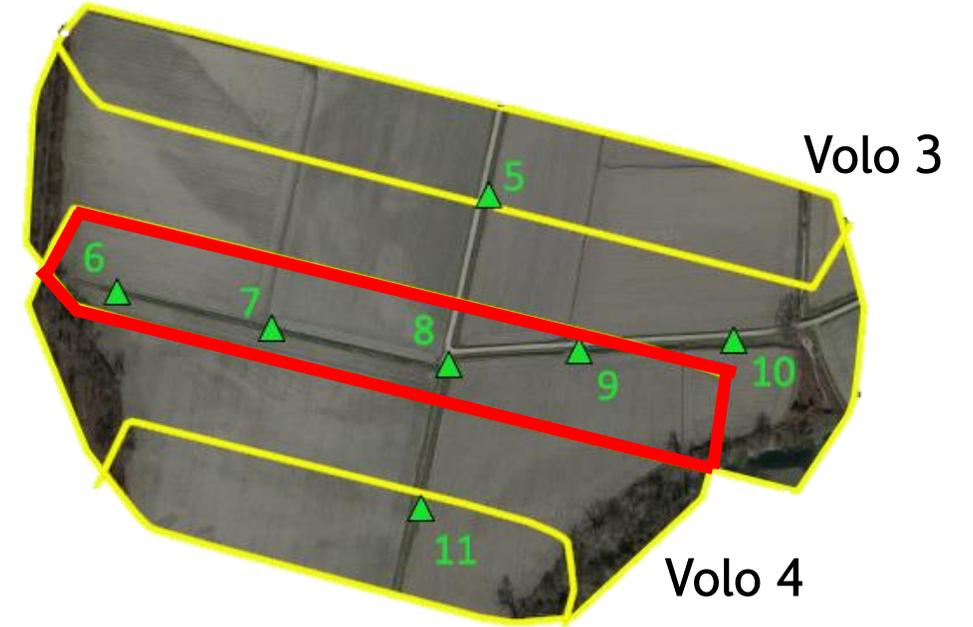




# Congruenza - 2

- › Confronto tra le coordinate fotogrammetriche dei GCP per i due voli

#CP	Residui		
	dE [m]	dN [m]	dH [m]
6	0.666	-0.419	1.161
7	1.197	-0.360	2.137
8	1.921	-0.227	2.785
9	2.361	-0.192	3.194
media	1.536	-0.256	2.319
rms	0.753	0.177	0.886
rmse	1.711	0.312	2.483



- › Scostamenti significativi in E e H
- › Scostamenti non costanti

# Stima della congruenza

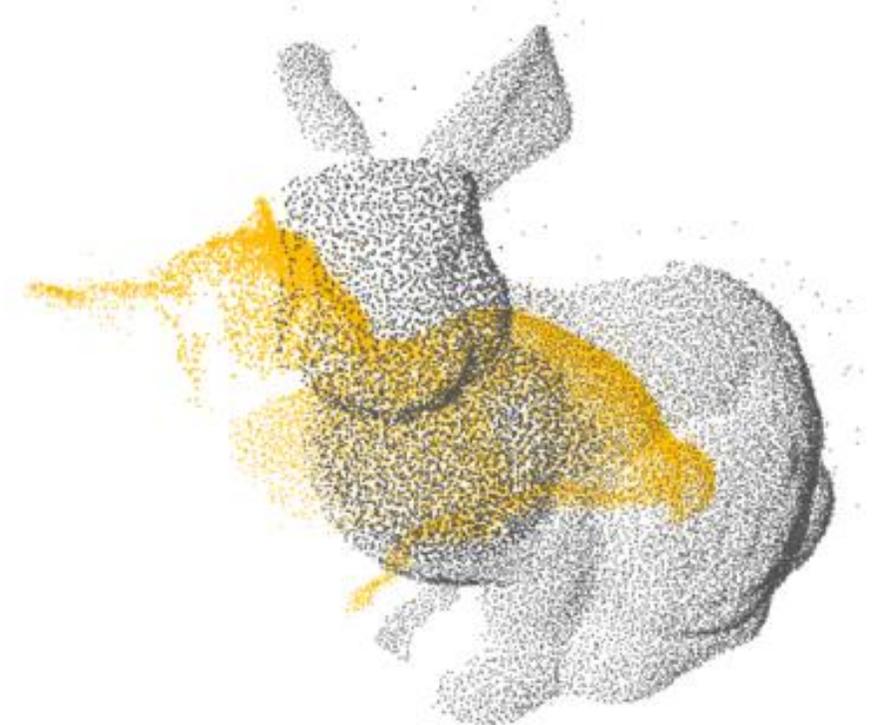
- › Volevamo un metodo per stimare la congruenza tra i blocchi anche laddove non vi fosse la presenza di un numero sufficiente di GCP
- › Abbiamo deciso di utilizzare ICP





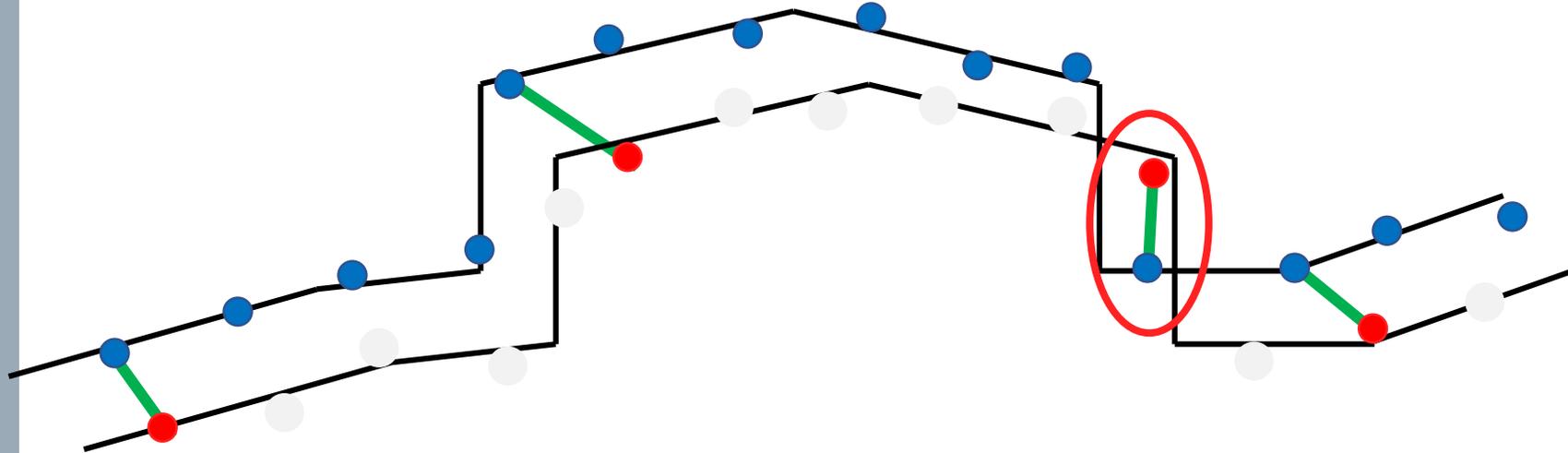
# ICP – Iterative Closest Point

- › ICP è un metodo iterativo il cui scopo è minimizzare le discrepanze tra due nuvole utilizzando i punti presenti nelle aree di sovrapposizione
- › Una nuvola viene mantenuta ferma mentre l'altra viene mossa fino a minimizzare la distanza tra i punti comuni
- › La trasformazione applicata è rigida:
  - › 3 traslazioni
  - › 3 rotazioni





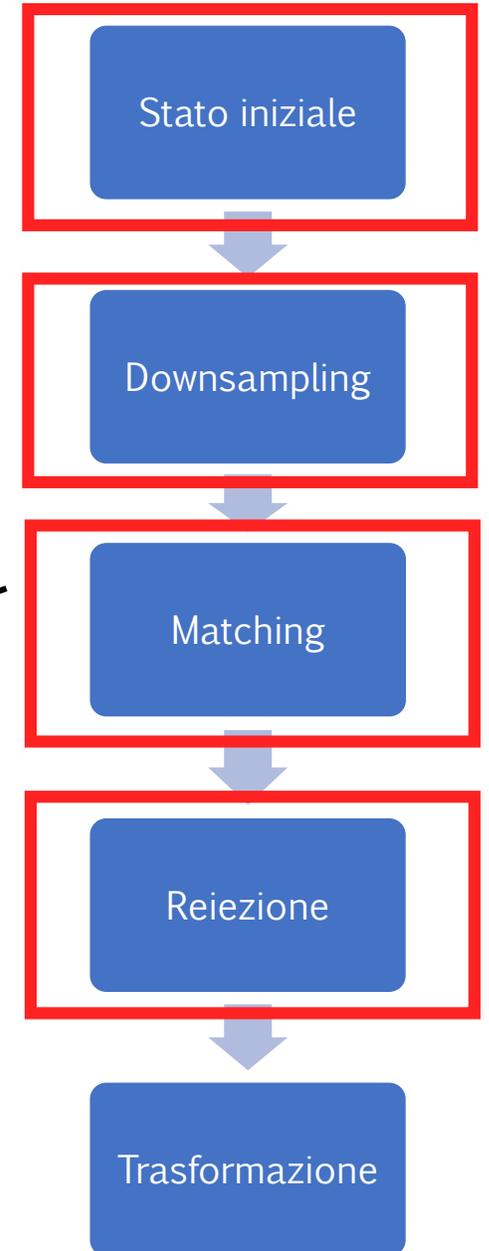
# Workflow



$$d(p_1, p_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

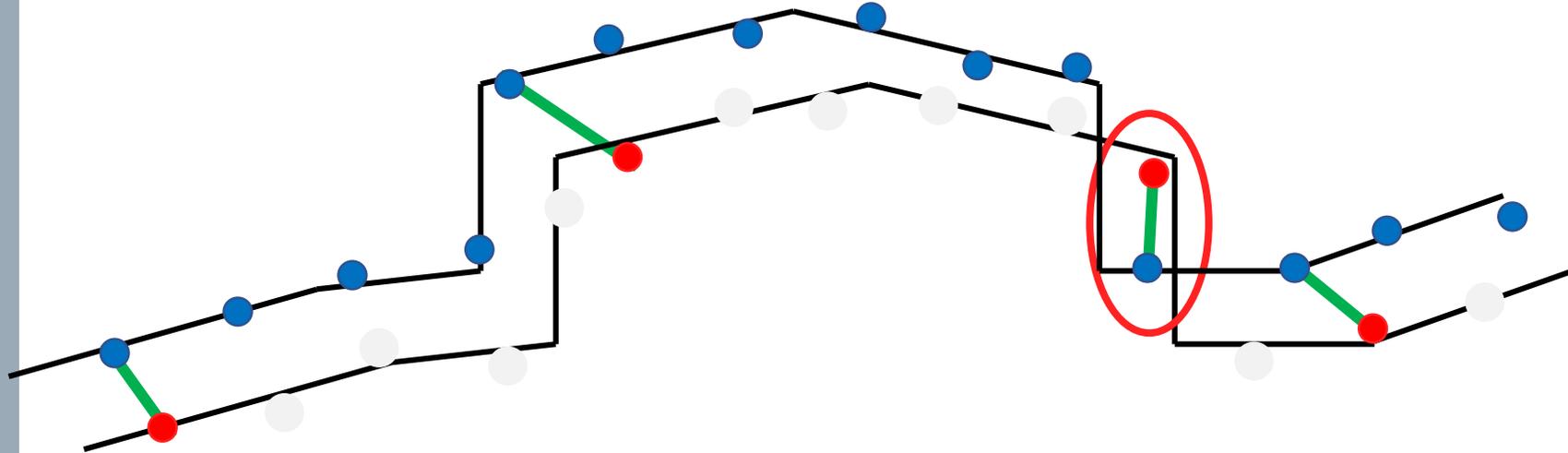
$$d(p_1, p_2) = \min_{i \in 1 \dots n} d(p_1, p_2)$$

- › Criteri di reiezione: distanza, divergenza delle normali, colore, riflettanza, ...





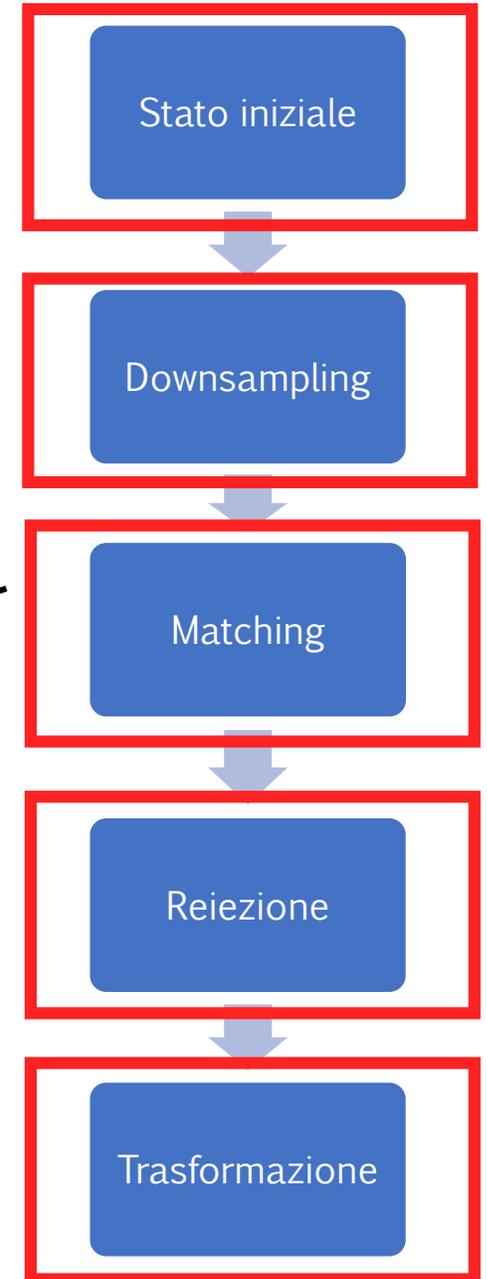
# Workflow



$$d(p_1, p_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$d(p_1, p_2) = \min_{i \in 1 \dots n} d(p_1, p_2)$$

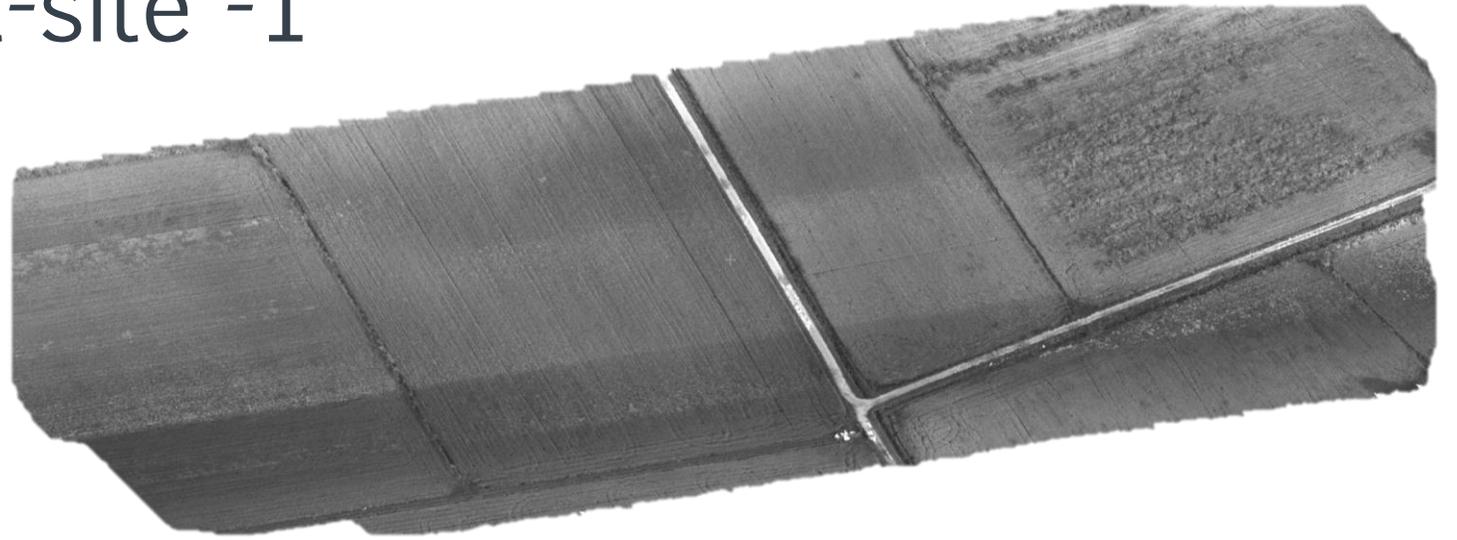
- › Criteri di reiezione: distanza, divergenza delle normali, colore, riflettanza, ...





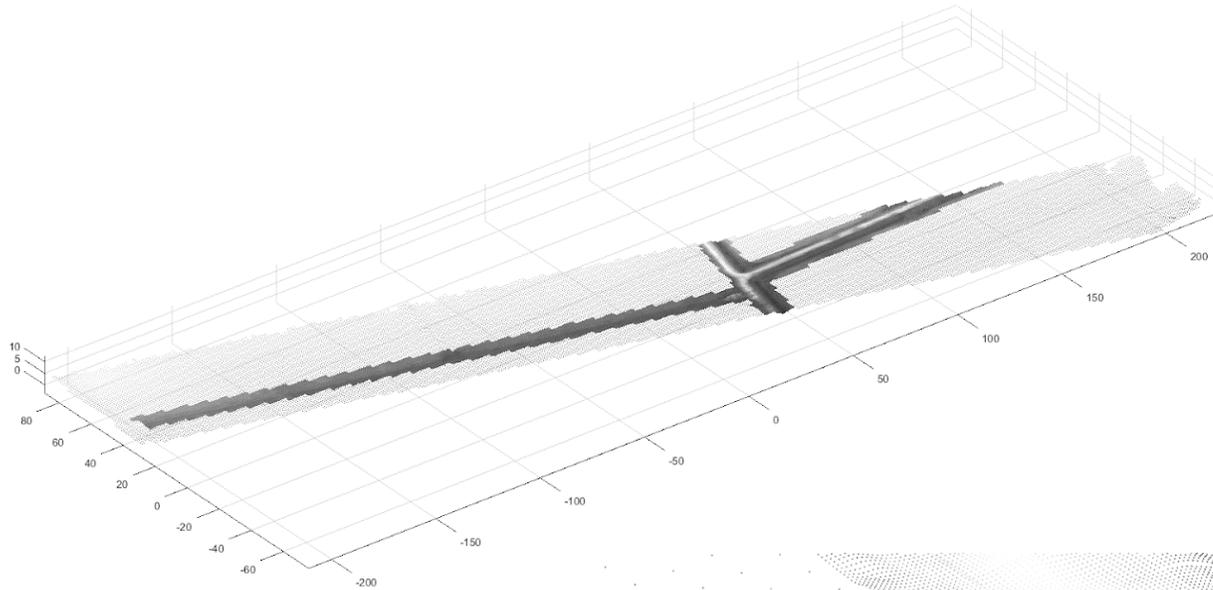
# Risultati su test-site -1

- › Contesto difficile:
  - › Superfici piane
  - › Singolarità lineari

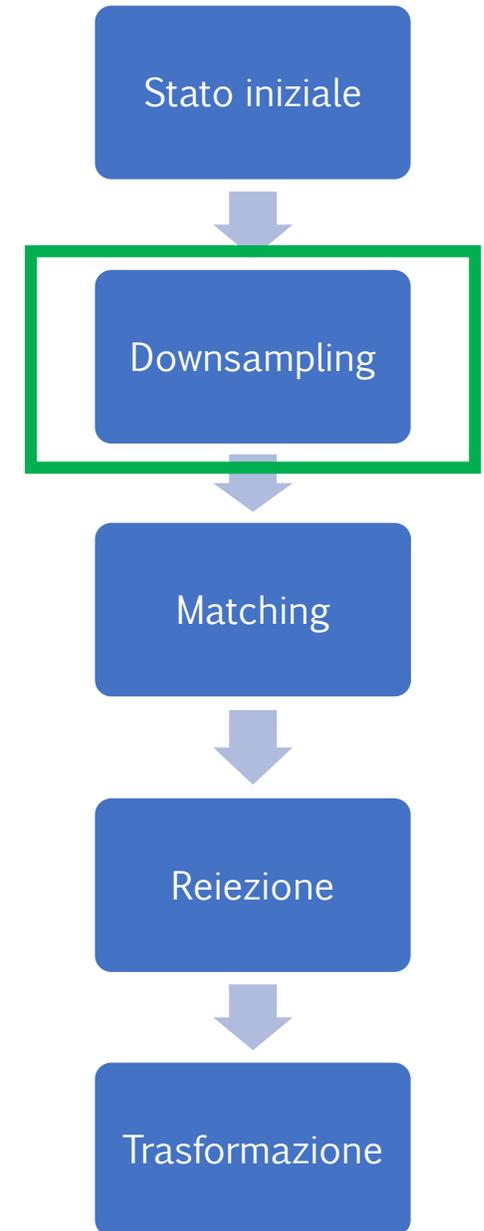




# ICP@Unipv - 1



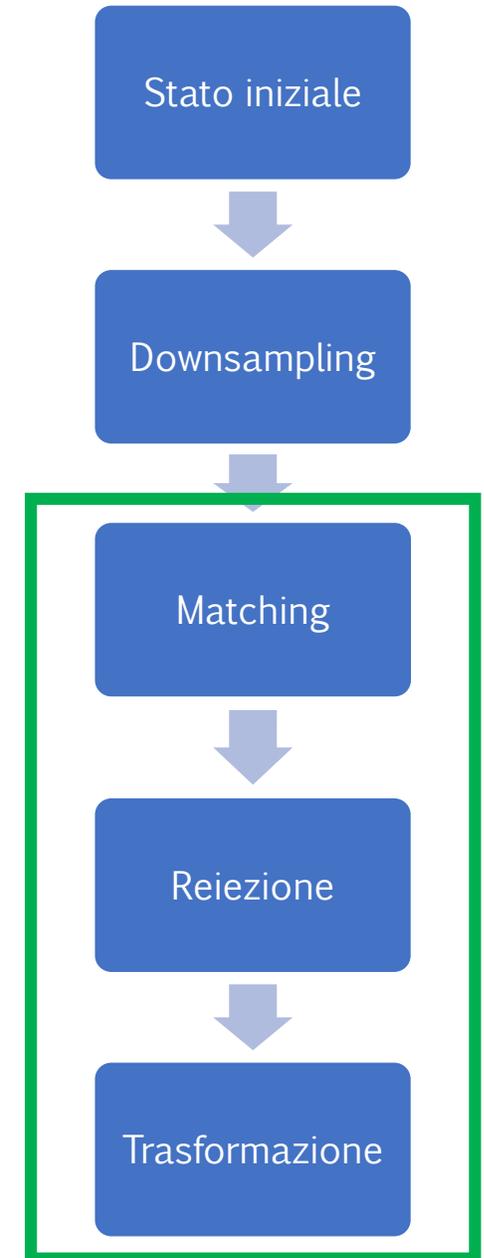
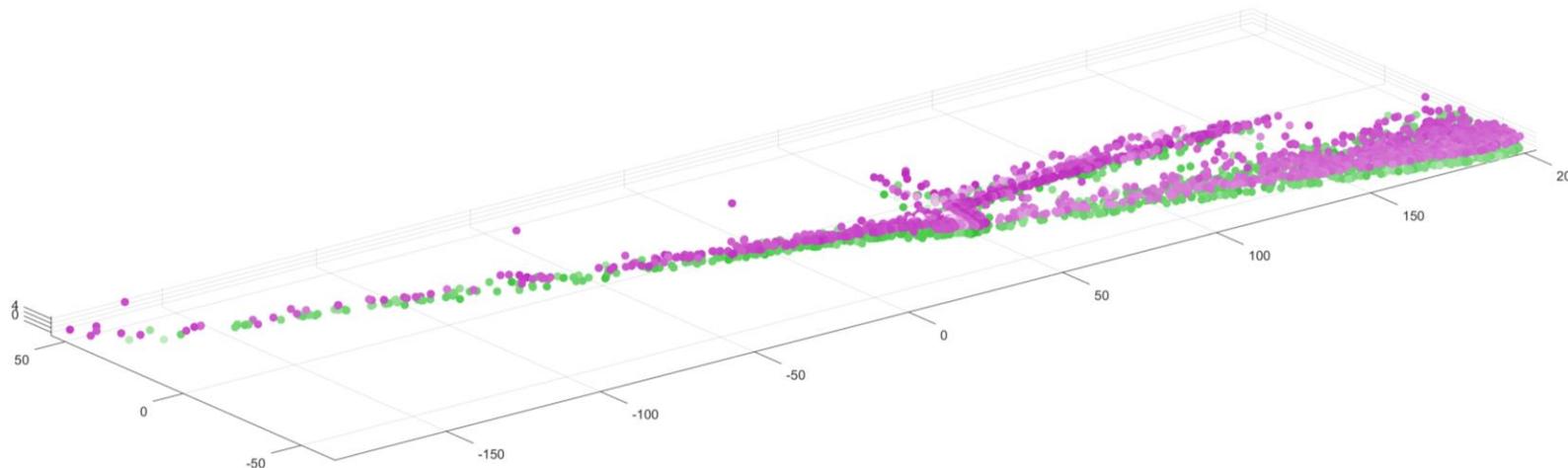
- › Downsampling a passo variabile imponendo una griglia di spaziatura diversa in relazione alla morfologia del terreno
- › Semi-automatico





# ICP@Unipv - 2

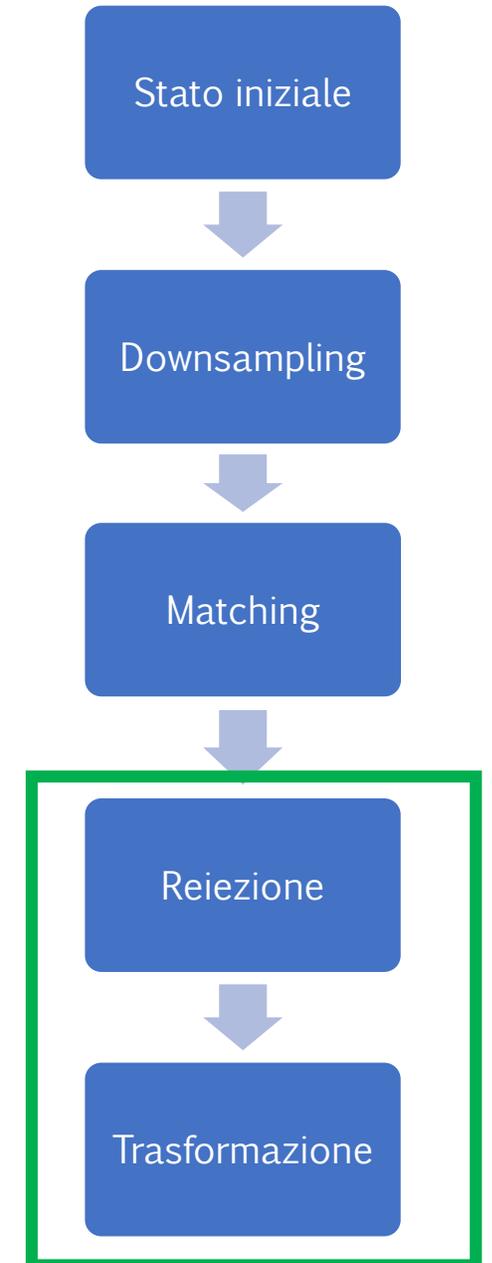
- › Poiché il disallineamento iniziale è significativo è stata implementata una procedura a due passi:
  - › Pre-ICP in cui vengono associati unicamente alcuni punti notevoli (aventi una normale divergente dalla verticalità sopra un certa soglia)
  - › ICP sull'intera nuvola pre-allineata per determinare la trasformazione finale raffinata





# ICP@Unipv - 2

- › Reiezione basata su:
  - › distanza
  - › deviazione tra le normali
  - › colorimetria
- › Stima di una trasformazione robusta



# Consistenza della trasformazione

Direzione	Componenti di traslazione [m]			Angoli di rotazione [deg]		
	dE	dN	dH	d $\omega$	d $\varphi$	d $\kappa$
3to4	1.848	-0.398	2.519	-0.4521	-0.2653	0.1041
inv(3to4)	-1.859	0.421	-2.507	0.4526	0.2645	-0.1062
4to3	-1.819	0.425	-2.515	0.4701	0.2580	-0.1040
	-0.040	-0.004	0.008	-0.0175	0.0065	-0.0022

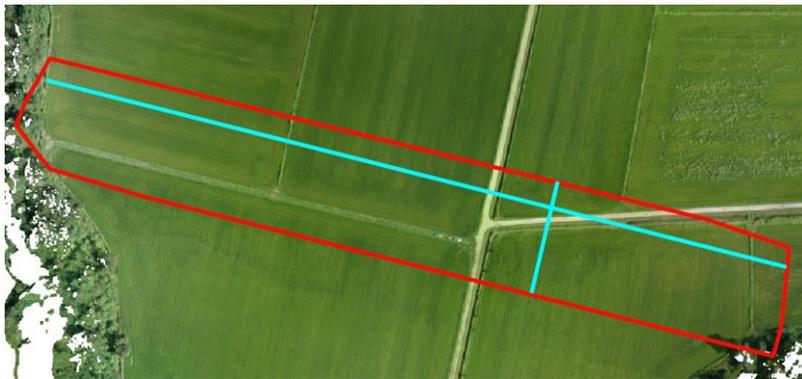
- › E' stata valutata la consistenza dell'algoritmo implementato confrontando i parametri della trasformazione nelle due direzioni
- › Esiste un buon accordo





# Profili

- › La trasformazione è stata verificata anche tramite profili, longitudinali e trasversali
- › Buon accordo
- › Presenza di effetti di bordo

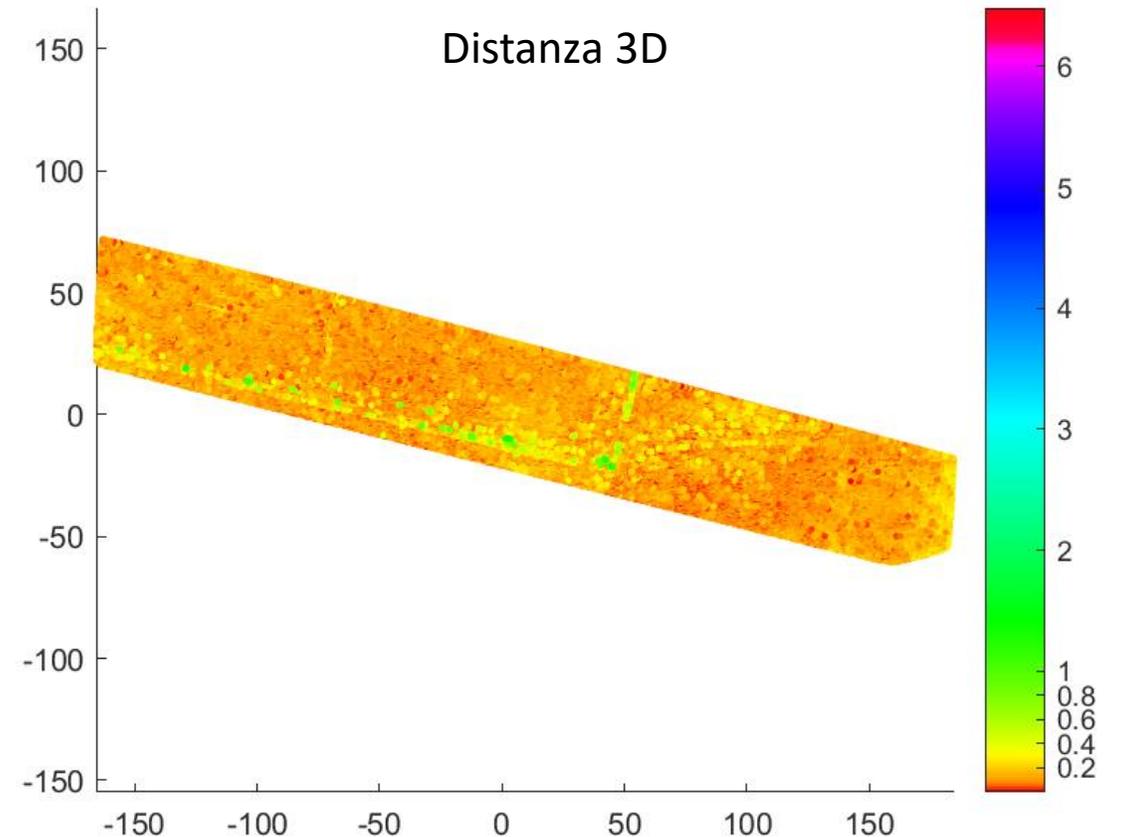




# Distanza tra le nuvole – dopo ICP

- › ICP minimizza la distanza tra i punti accoppiati delle due nuvole - è possibile valutare la qualità della trasformazione anche in base a tale valore
- › N. punti: 4 948 979
- › Ottimo accordo finale (GSD 8.6 cm)

	Distanza dopo ICP			
	dE[m]	dN[m]	dh[m]	3D[m]
min	-0.437	-0.451	-0.459	0.000
max	0.441	0.454	0.457	0.459
media	0.000	-0.001	-0.036	0.105
rms	0.046	0.046	0.109	0.080
rmse	0.046	0.046	0.115	0.132

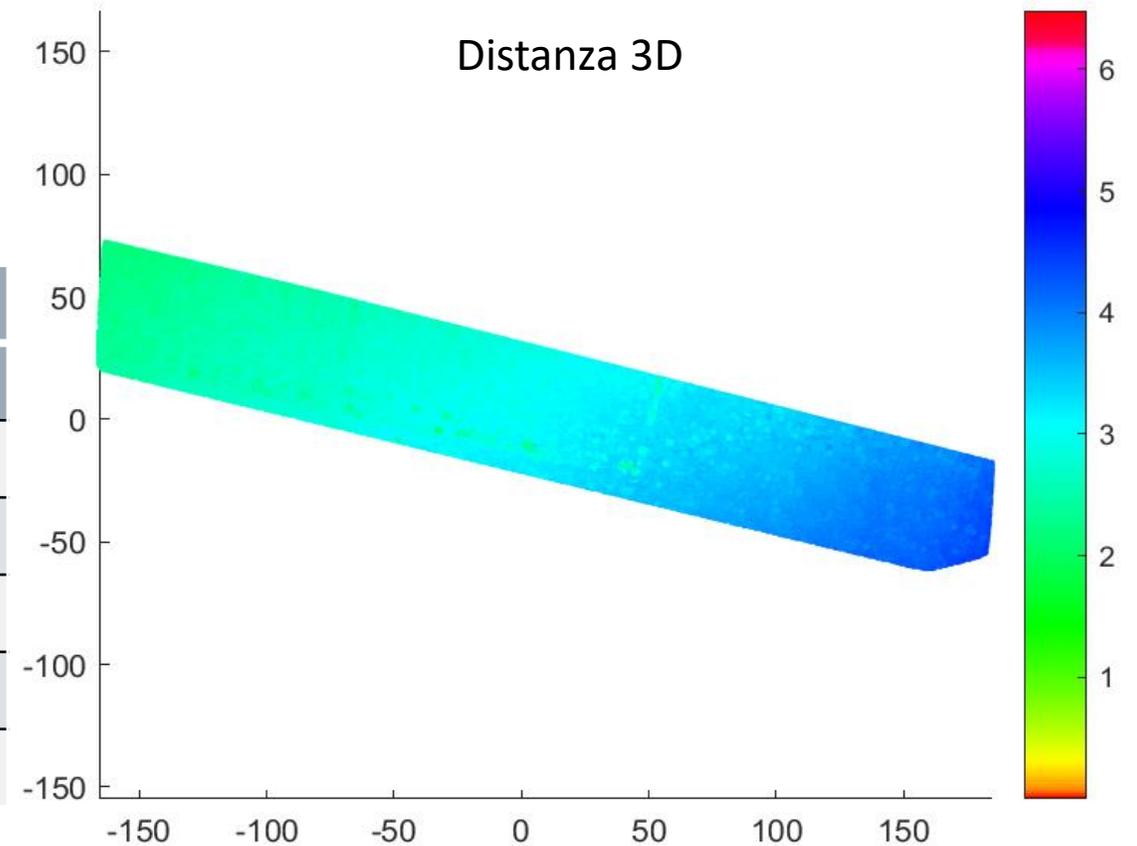




# Distanza tra le nuvole – prima di ICP

- › L'implementazione di ICP in Matlab ha permesso di tenere traccia dell'indice dei punti accoppiati e determinare la loro distanza originaria

	Distanza prima di ICP (originaria)			
	dE [m]	dN [m]	dh [m]	3D [m]
min	-2.359	-0.344	-4.391	1.854
max	-1.340	1.177	-0.766	4.849
media	-1.845	0.394	-2.556	3.220
rms	0.078	0.204	0.797	0.642
rmse	1.848	0.444	2.677	3.283





# Conclusioni

- › E' stata valutata la congruenza geometrica di alcuni blocchi acquisiti dal sensore Sequoia nel caso di georeferenziazione diretta con il ricevitore interno
- › L'analisi è evidenziato la presenza di significative traslazioni e rotazioni
- › Per la valutazione di congruenza è stato utilizzato ICP che, nella versione implementata, ha prodotto ottimi risultati di allineamento anche in presenza di geometrie difficili (terreno piatto con elementi lineari)

# Grazie per l'attenzione!

Marica Franzini – [marica.franzini@unipv.it](mailto:marica.franzini@unipv.it)

