



**Laboratorio di Geomatica  
Politecnico di Milano - Polo Regionale di Como  
via Valleggio, 11 - 22100 COMO**

# **Controllo della qualità del DTM LiDAR nelle aree urbanizzate della costa della Sardegna da Porto Rotondo a San Teodoro**

**Luigi Barazzetti, Maria Antonia Brovelli, Giuseppina Vacca**  
[luigi@geomatica.como.polimi.it](mailto:luigi@geomatica.como.polimi.it) , [maria.brovelli@polimi.it](mailto:maria.brovelli@polimi.it),  
[vaccag@unica.it](mailto:vaccag@unica.it)

# L'area del rilievo



# La strumentazione e i dati acquisiti

**Optech ALTM 3100** montato su un Cessna 404

$$\sigma_H = h / 2000$$

$\sigma_V$  = variabile con h : < 15 cm se h=1.2 km  
< 35 cm se h=3 km

Frequenza acquisizione 70 kHz



## Area oggetto del rilievo:

Superficie 59.3 km<sup>2</sup> , N. aree 28

N. punti classificati come primo impulso	143.316.253	
N. punti classificati come ultimo impulso	143.597.733	(100%)
N. punti classificati come <b>terreno</b>	<b>97.764.187</b>	<b>(68.1%)</b>
N. punti classificati come <b>vegetazione</b>	<b>37.013.406</b>	<b>(25.8%)</b>
N. punti classificati come <b>edifici</b>	<b>8.820.140</b>	<b>(6.1%)</b>
Densità media	2.4 punti/m <sup>2</sup>	
Densità media punti terreno	1.6 punti/m <sup>2</sup>	

# I controlli eseguiti:

- la validazione della calibrazione del sensore;
- il controllo delle traiettorie;
- il controllo della coerenza altimetrica delle strisciate;
- il controllo della classificazione;
- il controllo relativo del DTM;
- il controllo relativo del DSM;
- il controllo assoluto del DTM;
- il controllo assoluto del DSM.

# La validazione della calibrazione del sensore

La posizione e l'assetto del telemetro LASER vengono determinati tramite il processamento dei dati GPS ed INS. In tal caso, essendo le frequenze di campionamento differenti è necessario interpolare i dati alla frequenza del telemetro (70 kHz) e quindi assai più elevata di quella del GPS (1 Hz) e dell'INS (100 Hz)

Il controllo è stato eseguito comparando i valori di quota del rilievo LiDAR con dei valori misurati mediante GPS in 5 poligoni di calibrazione

Poligono	P1	P2	P3	P4	P5
media (m)	0,017	-0,051	0,014	0,016	-0,038
sqm (m)	0,032	0,022	0,031	0,012	0,016
RMS (m)	0,036	0,056	0,034	0,020	0,041

# Il controllo delle traiettorie

## Verifica condotta secondo due modalità

1. Controllo del PDOP: in tal caso il valore è generalmente inferiore a 3
- 

2. Controllo della coerenza di una strisciata calcolata rispetto a due diverse master station.

In tal caso sono state misurate differenze massime pari a:

**X = 4 cm**

**Y = 4 cm**

**Z = 4 cm**

# Il controllo della coerenza altimetrica delle strisciate

Il controllo è stato eseguito in 20 zone di sovrapposizione, qui se ne riporta solo un particolare essendo i risultati ottenuti piuttosto simili

## AREA 5 - SAN TEODORO

strips 23-41 41-24 24-25 25-42

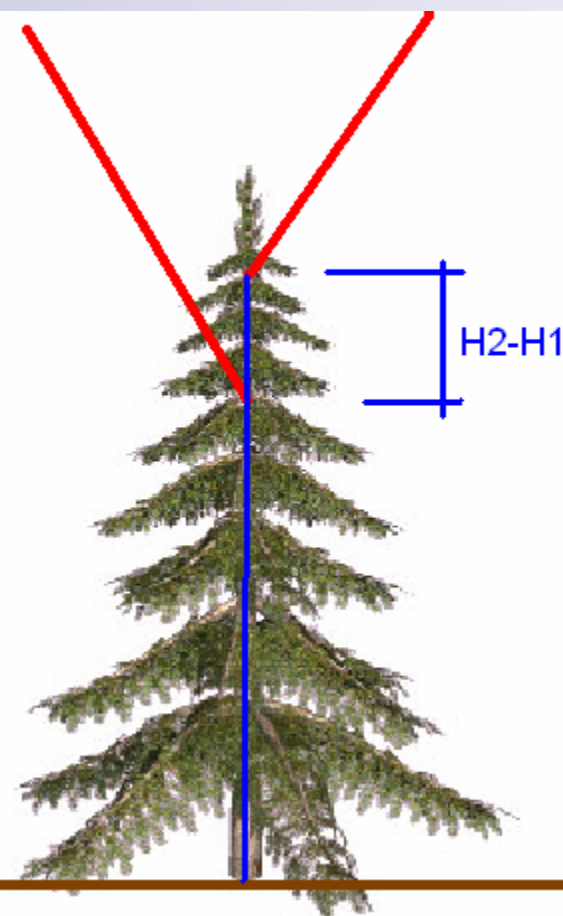
### stat sul fist pulse

num	131000	363593	369673	327596
mean	-0,048	0,062	-0,017	0,015
std	0,766	0,611	0,629	0,719
mean of abs	0,255	0,19	0,213	0,234
median	-0,02	0,059	-0,02	0,029
90th percentile	0,15	0,19	0,14	0,17

### stat sul ground

num	94082	285466	276989	226761
mean	-0,019	0,059	-0,018	0,024
std	0,089	0,085	0,095	0,089
mean of abs	0,063	0,08	0,068	0,062
median	-0,02	0,059	-0,02	0,025
90th percentile	0,069	0,15	0,079	0,11

Risultati in metri



# Il controllo della classificazione

Il Laboratorio di Geomatica ha realizzato degli algoritmi di classificazione automatica di dati LiDAR, disponibili gratuitamente in rete con il software GIS GRASS:

*v.lidar.edgedetection*: individuazione dei bordi degli oggetti;  
*v.lidar.growing*: riempimento delle aree degli oggetti;  
*v.lidar.correction*: correzione finale alla classificazione.

Come vengono classificati i dati?

**TopScan** → Terreno, edifici, vegetazione

**GRASS** → Terreno, oggetto

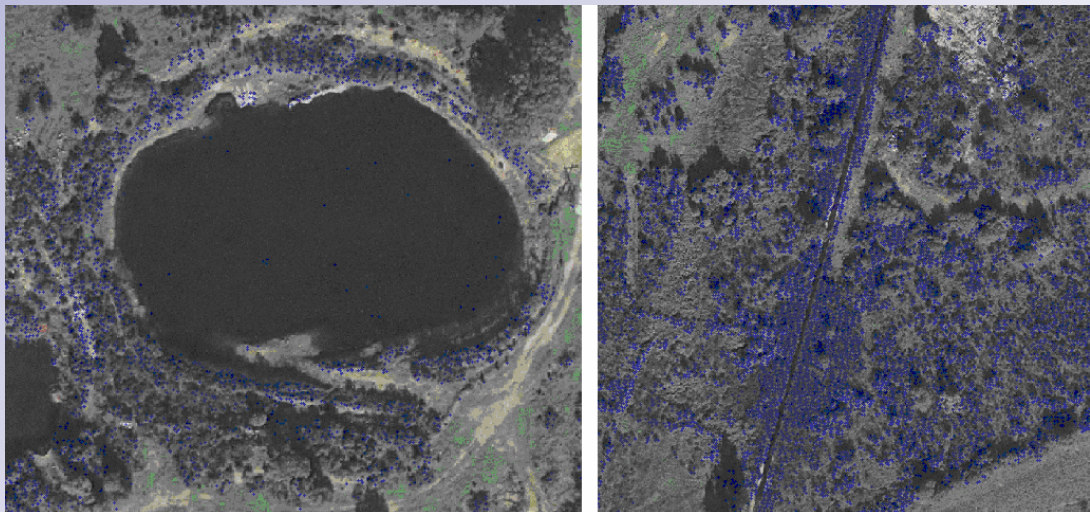
Considerando che i punti di interesse per la realizzazione del DTM sono i soli punti terreno e che vengono individuati da entrambi i metodi, le verifiche sono state eseguite su di essi

L'analisi è stata eseguita su un campione corrispondente all' 8% dei dati

AREA	area 8	area 14	area 16	area 23	area 25
<b>First pulse</b>	2856668	2250790	4005581	728888	1550308
<b>Last pulse</b>	2861842	2253878	4008225	729011	1550749
<b>Topscan terrain points</b>	1885229	1655103	3289329	568432	1214066
<b>GRASS terrain points</b>	2184190	1830501	3664729	636919	1408589
<b>Common points</b>	1676170	1577317	3233053	525629	1159922
<b>% Topscan / GRASS</b>	86,31	90,42	89,76	89,25	86,19
<b>% Common / Topscan</b>	88,91	95,30	98,29	92,47	95,54

### Alcune considerazioni sui risultati:

- i punti in comune ai metodi corrispondo in gran parte con quelli di TopScan
- GRASS trova sempre più punti, circa un 10%. Perché?



Sono punti in corrispondenza della vegetazione ma a livello del suolo

# Il controllo relativo del DTM

E' stato calcolato un DTM con la classificazione di GRASS e quindi comparato con quello di TopScan

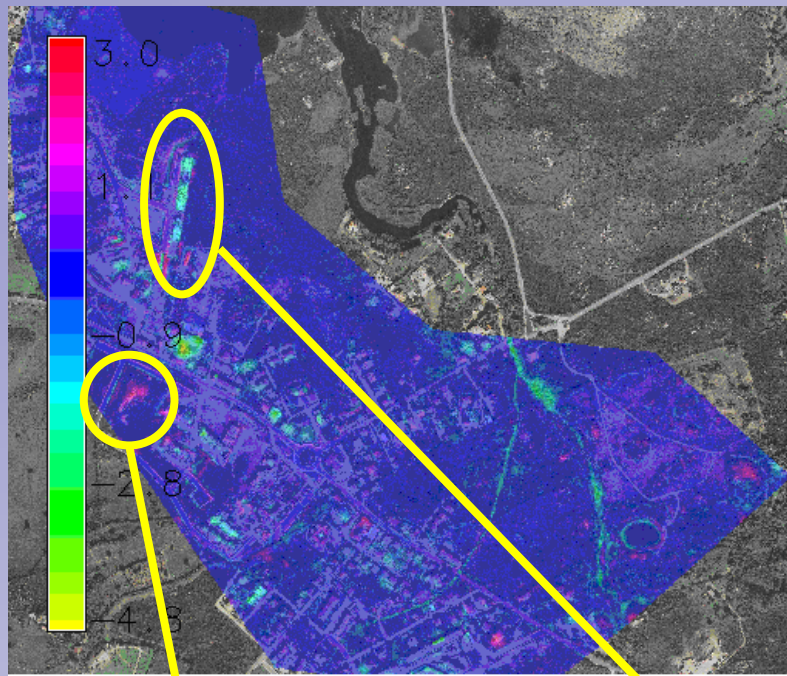
## Statistiche delle differenze tra DTM TopScan e DTM GRASS

	superficie (km <sup>2</sup> )	media (m)	sqm (m)	min (m)	max (m)
<b>area 14</b>	3,011	-0,11	0,35	-4,79	3,02
<b>area 16</b>	6,58	-0,08	0,27	-3,88	1,69

## Distribuzione in termini percentuali dell'errore

	• < 0,5m	0,5m ≤ • < 1m	1m ≤ • < 2m	2m ≤ • < 3m	• ≥ 3m
<b>area 14</b>	90,73%	6,82%	2,03%	0,35%	0,07%
<b>area 16</b>	93,81%	4,80%	1,22%	0,16%	0,01%

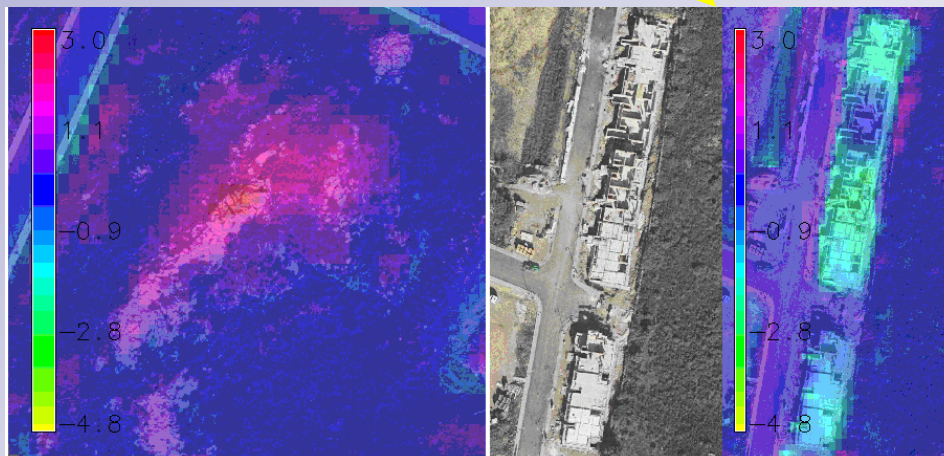
**A cosa sono dovuti i picchi d'errore?**



### Carta delle differenze:

Le discrepanze si verificano in corrispondenza di particolari situazioni quali fondazioni, rocce, pontili ...

L'algoritmo in GRASS non è ancora in grado di gestire tali situazioni



# Il controllo relativo del DSM

E' stato calcolato con GRASS un DSM mediante interpolazione dei primi impulsi, e quindi comparato con quello di TopScan

	media (m)	sqm (m)	• < 1m	1m ≤ • < 2m	2m ≤ • < 3m	• ≥ 3m
<b>area 14</b>	0,03	0,84	87,70%	8,17%	2,66%	1,47%
<b>area 16</b>	0,04	0,52	94,91%	3,63%	0,96%	0,50%

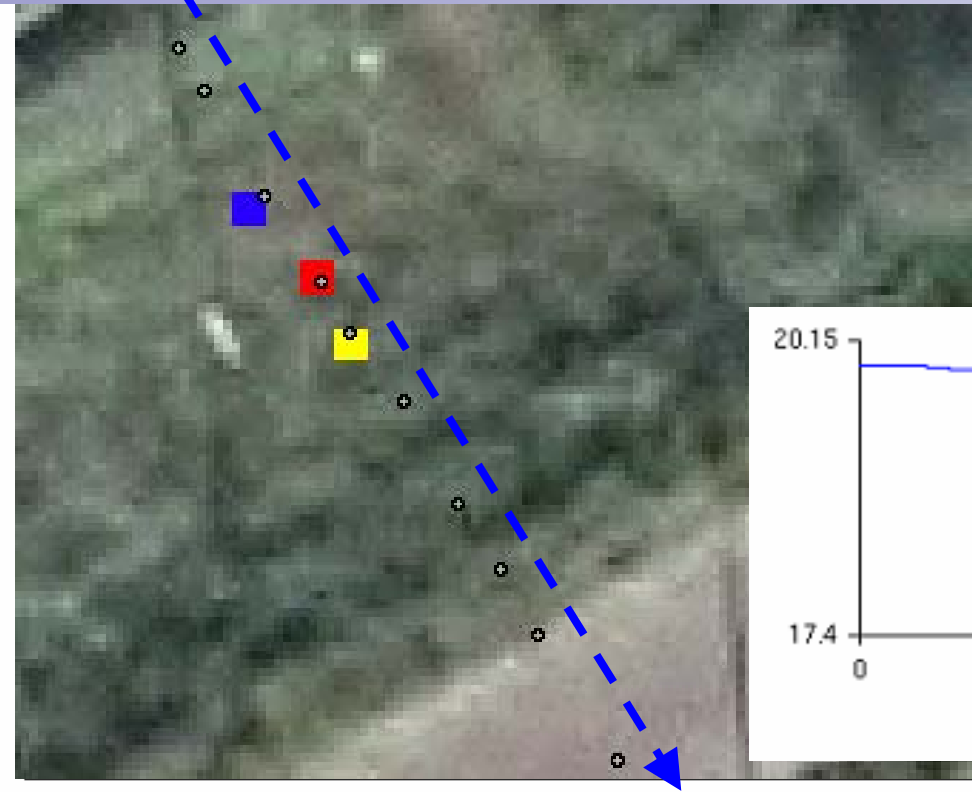
In tal caso le differenze sono dovute al solo metodo di interpolazione:

- TopScan
- GRASS = splines



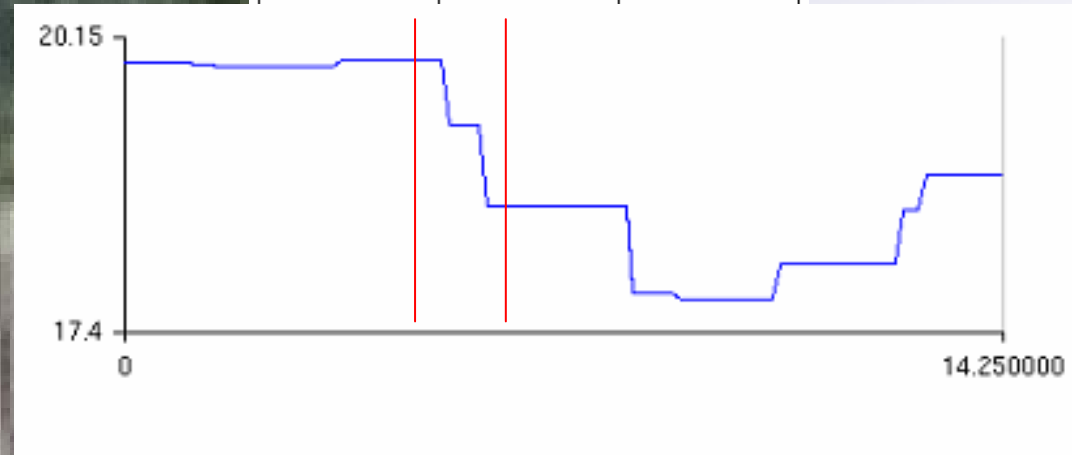
# Il controllo assoluto del DTM e del DSM

Sono state calcolate le differenze in quota tra il DTM e alcuni punti sul terreno



sqm (m)	max (m)	min (m)
0,112	0,467	-0,326
0,113	0,097	-0,396
0,19	0,592	-1,18

rimosso  
1 punto



... e le differenze in quota tra DSM e punti su edifici

	media (m)	sqm (m)	min (m)	max (m)
area A	-0,35	0,33	-0,81	0,17
area B	0,11	0,39	-0,46	1,46





Collaudo: tre giorni di misure  
Grazie a tutti i partecipanti!