



GIOVANNI BATTISTA ATTENE

# RILIEVI TOPOGRAFICI DA DRONE E STAMPA IN 3D

IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO DA DRONE,  
CON RESTITUZIONE TOPOGRAFICA CLASSICA, MODELLAZIONE,  
VISIONE STEREOSCOPICA E STAMPA 3D DEL MODELLO



 **PRONTO  
GRAFILL** 

Clicca e richiedi di essere contattato  
per **informazioni** e **promozioni**



**WEBAPP INCLUSA**  
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

Redatto con il contributo di  
ALESSANDRO MURGIA e MICHELE VICENTINO

**GRAFILL**

Giovanni Battista Attene

## RILIEVI TOPOGRAFICI DA DRONE E STAMPA IN 3D

Ed. I (06-2022)

ISBN 13 978-88-277-0332-8

EAN 9 788827 7 03328

Collana **MANUALI** (279)



**Licenza d'uso da leggere attentamente  
prima di attivare la WebApp o il Software incluso**

Usa un QR Code Reader  
oppure collegati al link <https://grafill.it/licenza>

**Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill** aprire un ticket su <https://www.supporto.grafill.it>

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 - 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 - Fax 091/6823313 - Internet <http://www.grafill.it> - E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

**CONTATTI  
IMMEDIATI**



**Pronto GRAFILL**  
Tel. 091 6823069



**Chiamami**  
[chiamami.grafill.it](http://chiamami.grafill.it)



**Whatsapp**  
[grafill.it/whatsapp](http://grafill.it/whatsapp)



**Messenger**  
[grafill.it/messenger](http://grafill.it/messenger)



**Telegram**  
[grafill.it/telegram](http://grafill.it/telegram)

Finito di stampare presso **Tipografia Publistampa S.n.c. - Palermo**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**PRONTO  
GRAFILL**



**CLICCA per maggiori informazioni  
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

# SOMMARIO

<b>RINGRAZIAMENTI</b> .....	p.	9
<b>PREFAZIONE</b> .....	"	11
di <i>Giancarlo Fiori</i> .....	"	11
<b>INTRODUZIONE</b> .....	"	13
di <i>Giambattista Attene</i> .....	"	13
<b>1. INFORMAZIONI GENERALI</b> .....	"	17
<b>1.1.</b> Caratteristiche dei sistemi a pilotaggio remoto ( <i>SAPR-droni</i> ) .....	"	18
<b>1.2.</b> Caratteristiche dei droni per fotogrammetria e le sue dotazioni .....	"	18
<b>1.3.</b> Regolamento ENAC droni e abilitazioni .....	"	19
<b>1.4.</b> Verifica delle zone interdette al volo .....	"	21
<b>2. IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO COL DRONE</b> .....	"	23
<b>2.1.</b> Come pianificare il rilievo .....	"	23
<b>2.2.</b> Predisposizione del rilievo di appoggio: posizionamento dei target .....	"	24
<b>2.3.</b> Rilievo topografico finalizzato alla restituzione aerofotogrammetrica .....	"	25
<b>2.4.</b> Rilievo con stazione totale .....	"	25
<b>2.4.1.</b> La stazione totale .....	"	25
<b>2.4.2.</b> Il rilievo con la stazione totale .....	"	26
<b>2.5.</b> Rilievo con GPS .....	"	29
<b>2.6.</b> Come preparare un piano di volo .....	"	30
<b>2.6.1.</b> Settaggio parametri <i>Pix4Dcapture</i> .....	"	31
<b>2.6.2.</b> Scelta del tipo di volo .....	"	31
<b>2.6.3.</b> Progettazione preliminare delle "strisciate" ( <i>corridor</i> ) .....	"	34

2.6.4.	Definizione del valore di GSD ( <i>Ground Sampling Distance</i> ) .....	p.	36
2.6.5.	Sovrapposizione dei fotogrammi ( <i>front overlap</i> e il <i>side overlap</i> ) .....	"	37
2.6.6.	Esecuzione del piano di volo e scatto delle foto .....	"	38
<b>3.</b>	<b>GENERAZIONE DI NUVOLE DI PUNTI E MODELLI 3D</b>		
	Capitolo redatto con il contributo di <i>Michele Vicentino</i> .....	"	39
3.1.	<i>GeoSDH</i> : la piattaforma <i>cloud</i> di <i>GEOWEB</i> .....	"	40
3.1.1.	Il Catalogo dei Servizi <i>GeoSDH</i> .....	"	40
3.1.2.	L'area di memorizzazione in <i>cloud</i> : lo <i>Storage GeoSDH</i> .....	"	41
3.1.3.	Il lavoro di gruppo in <i>GeoSDH</i> : lo <i>Sharing</i> .....	"	41
3.1.4.	L'accesso al portale <i>GeoSDH</i> .....	"	41
3.1.5.	Le aree applicative del portale <i>GeoSDH</i> .....	"	42
3.2.	Dalle immagini ai modelli 3D: <i>3DCapture</i> .....	"	45
3.2.1.	La web app per la gestione del rilievo: il Progetto <i>3DCapture</i> .....	"	52
3.2.2.	Le immagini di un progetto <i>3DCapture</i> .....	"	54
3.2.3.	Il <i>Bundle Adjustment</i> di un progetto <i>3DCapture</i> .....	"	55
3.2.4.	La Registrazione <i>Bundle</i> in un progetto <i>3DCapture</i> .....	"	61
3.2.5.	La densificazione della nuvola di punti 3D di un progetto <i>3DCapture</i> .....	"	65
3.3.	L'approccio alla visione stereoscopica di <i>ImageTrack</i> .....	"	66
3.3.1.	La costruzione del modello stereoscopico in <i>GeoSDH</i> .....	"	68
3.3.2.	L'utilizzo del modello stereoscopico nella applicazione <i>ImageTrack</i> .....	"	70
3.3.3.	Il disegno e l'editing CAD in <i>ImageTrack</i> .....	"	74
<b>4.</b>	<b>GESTIONE DELLA NUVOLE DEI PUNTI (SOFTWARE OPEN SOURCE)</b> .....	"	78
4.1.	Introduzione al <i>software open source CloudCompare</i> .....	"	78
4.1.1.	La nuvola di punti .....	"	79
4.1.2.	Come importare la nuvola di punti <i>CloudCompare</i> .....	"	79
4.1.3.	Semplificare e alleggerire una nuvola di punti .....	"	81
4.1.4.	Come creare la <i>mesh</i> con <i>CloudCompare</i> .....	"	84
4.1.5.	Estrarre una sezione con <i>CloudCompare</i> .....	"	86
4.2.	<i>Meshmixer</i> programma di modellazione 3D .....	"	89
4.2.1.	Chiudere la <i>mesh</i> per la stampa 3D .....	"	90

4.3.	<i>MeshLab</i> programma per l'elaborazione e la modifica di <i>mesh</i> 3D.....	p.	91
4.3.1.	Acquisizione 3D: allineamento .....	"	92
4.3.2.	Visualizzazione e presentazione.....	"	92
4.3.3.	Acquisizione 3D: ricostruzione .....	"	93
4.3.4.	Elaborazione del colore.....	"	94
4.3.5.	Acquisizione 3D: mappatura dei colori e texturizzazione .....	"	94
4.3.6.	Stampa 3D: compensazione, svuotamento, chiusura .....	"	95
4.3.7.	Pulizia di modelli 3D .....	"	96
4.3.8.	Confronto dei modelli.....	"	96
4.3.9.	Ridimensionamento, posizionamento e orientamento .....	"	97
4.3.10.	Conversione e interscambio di modelli 3D .....	"	98
4.3.11.	Semplificazione, affinamento e <i>remeshing</i> .....	"	98
4.3.12.	Livelli raster: integrazione con le immagini .....	"	99
4.3.13.	Misurazione e analisi .....	"	100
5.	<b>SOFTWARE DI POST-ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI</b> .....	"	101
5.1.	<b>IMMAGINA</b> .....	"	101
5.1.1.	Che cosa è possibile realizzare con <i>IMMAGINA</i> .....	"	101
5.1.2.	Caratteristiche tecniche .....	"	102
5.1.3.	Restituzione degli elaborati grafici .....	"	103
5.1.4.	Assistenza e consulenza .....	"	104
5.2.	<i>Agisoft Metashape</i> .....	"	105
5.2.1.	Come funziona .....	"	105
5.3.	<i>PIX4DMapper</i> .....	"	106
5.4.	<i>Autodesk ReCap Pro</i> .....	"	108
6.	<b>STAMPA 3D</b>		
	Capitolo a cura di <i>Alessandro Murgia</i> .....	"	111
6.1.	Storia delle stampanti 3D .....	"	111
6.1.1.	Introduzione alla stampante 3D.....	"	112
6.2.	Tecnologie di stampa 3D .....	"	112
6.2.1.	DLP ( <i>Digital Light Processing</i> ) .....	"	112
6.2.2.	SLA - Stereolitografia .....	"	113
6.2.3.	SLS ( <i>Selective Laser Sintering</i> ) .....	"	114
6.2.4.	DMLS ( <i>Direct Metal Laser Sintering</i> ) o DMP ( <i>Direct Metal Printing</i> ) .....	"	114
6.2.5.	LOM ( <i>Laminated Object Manufacturing</i> ).....	"	114

6.2.6.	CJP ( <i>Color Jet Printing</i> ).....	p.	115
6.2.7.	FFF ( <i>Fused Filament Fabrication</i> ).....	"	115
6.3.	Stampanti 3D FDM o FFF.....	"	116
6.3.1.	Cartesiane.....	"	116
6.3.2.	Delta.....	"	116
6.3.3.	Stampanti 3D polari.....	"	117
6.4.	Componenti delle stampanti 3D.....	"	117
6.4.1.	Telaio.....	"	118
6.4.2.	Estrusore.....	"	118
6.4.2.1.	<i>Hot end</i> .....	"	119
6.4.2.2.	<i>Nozzle</i> .....	"	119
6.4.3.	Motore e spingi filo.....	"	120
6.4.4.	<i>Fanduct</i> .....	"	121
6.4.5.	Piatto di stampa ( <i>o bed</i> ).....	"	121
6.4.6.	Movimenti.....	"	121
6.4.6.1.	Motori passo-passo.....	"	122
6.4.6.2.	Pulegge, cinghie, barre filettate.....	"	122
6.4.7.	Elettronica.....	"	123
6.4.8.	<i>Firmware</i> .....	"	124
6.5.	<i>Slicer</i> .....	"	124
7.	<b>RILIEVO VERSANTE SA CORONA</b>		
	<b>(PRIMO CASO PRATICO)</b> .....	"	134
7.1.	Rilievo versante Sa Corona e restituzione topografica classica.....	"	134
7.2.	Inquadramento del sistema di riferimento e punti di controllo (G.C.P.).....	"	135
7.3.	Tipo di drone utilizzato per il volo.....	"	136
7.4.	Scelta del tipo di volo.....	"	136
7.4.1.	Programmazione della missione del volo.....	"	136
7.4.2.	Programmazione del volo (prima missione a griglia semplice).....	"	137
7.4.3.	Programmazione del volo (seconda missione a doppia griglia).....	"	138
7.4.4.	Sviluppo della nuvola di punti (con il software <i>Agisoft Metashape</i> ).....	"	140
7.4.5.	Georeferenziazione della nuvola di punti.....	"	143
7.4.6.	Ortofotomosaico.....	"	147
7.5.	Realizzazione delle curve di livello, profili e DTM.....	"	149
7.5.1.	Trasformazione della nuvola di punti da file <i>.LAS</i> a file <i>.RCP</i> .....	"	149

7.5.2.	Importare il file RCP in AutoCAD.....	p. 150
7.5.3.	Creazione libretto dei punti e del modello con <i>Analist Project</i> .....	" 151
7.5.4.	Triangolazione modello del terreno.....	" 151
7.5.5.	Creazione curve di livello e DTM.....	" 153
7.5.6.	Reazione dei profili del terreno .....	" 154
<b>8.</b>	<b>RILIEVO NURAGHE LUCCHE (SECONDO CASO PRATICO) .....</b>	<b>" 157</b>
8.1.	Rilievo aerofotogrammetrico del nuraghe di Lucche e stampa 3D del modello architettonico .....	" 157
8.2.	Rilievo dei punti a terra e inquadramento del sistema di riferimento.....	" 159
8.3.	Programmazione della missione del volo .....	" 159
8.4.	Sviluppo della nuvola di punti (con il portale <i>GeoSDH</i> ) .....	" 162
8.5.	Disegni della pianta, della sezione e dei prospetti .....	" 197
8.6.	Stampa 3D del modello architettonico.....	" 199
8.6.1.	Realizzazione della <i>mesh</i> .....	" 199
8.6.2.	Modellazione e chiusura della <i>mesh</i> (con <i>Meshmixer</i> ) .....	" 201
8.6.3.	Preparazione e stampa 3D del modello architettonico .....	" 205
<b>9.</b>	<b>CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP .....</b>	<b>" 210</b>
9.1.	Contenuti della WebApp.....	" 210
9.2.	Requisiti hardware e software .....	" 211
9.3.	Attivazione della WebApp .....	" 211

## INFORMAZIONI GENERALI

Oggi, con un semplice volo del **drone**, siamo in grado di ottenere modelli digitali del terreno (DTM)<sup>1</sup>, monitorare il dissesto del territorio, documentare un sito archeologico, monitorare lo stato di salute di un campo coltivato, e tanto ancora. L'apertura a informazioni spaziali digitali crea grandi opportunità di trasferimento della conoscenza e lo sviluppo di servizi e collegamenti per i professionisti.

Oltre alla restituzione classica del rilievo topografico da drone, oggi la realizzazione di un prototipo per le presentazioni o le simulazioni è alla portata di tutti. Stampare un modello del terreno o un modello architettonico con una stampante 3D è una funzionalità molto interessante e sempre più richiesta dal mercato professionale.

L'utilizzo dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR), meglio conosciuti come droni, costituisce la più moderna evoluzione della fotogrammetria digitale e consente di rilevare ampie zone di territorio con un grado di precisione e di dettaglio paragonabile a quello ottenibile da misure topografiche tradizionali, ma in tempi molto più rapidi e acquisendo una quantità significativamente superiore di dati. Dotati di specifico equipaggiamento e di *software* di elaborazione, permettono di restituire l'orografia territoriale mediante modelli ad altissima precisione, al fine di ricavare DTM, DSM<sup>2</sup>, profili, sezioni, curve di livello e qualsiasi misura richiesta.

La popolarità dei droni è dovuta soprattutto alla possibilità di ottenere immagini aeree delle zone da investigare con numerosi vantaggi quali: rapidità nell'esecuzione del rilievo aereo, possibilità di riprendere aree difficilmente accessibili, risoluzione maggiore delle immagini rispetto alla tradizionale fotogrammetria aerea con *pixel* inferiori al centimetro, costi contenuti delle fasi di acquisizione, disponibilità di diverse soluzioni *software* gratuiti e/o a basso costo per sviluppare dati raccolti. Inoltre, la possibilità di usufruire di servizi in *cloud*, consentono di passare dalle immagini ai modelli 3D in pochi *click*; ciò rappresenta una valida opportunità per quanti, in situazione di attività lavorativa discontinua, dovendo, ad esempio, gestire le nuvole di punti, non vi è l'esigenza di acquistare *pc* molto potenti e/o dotarsi dei relativi *software* talvolta costosi.

<sup>1</sup> DTM sta per *Digital Terrain Model* (Modello Digitale del Terreno).

<sup>2</sup> DSM sta per *Digital Surface Model* (Modello Digitale della Superficie – o delle superfici).



Il presente manuale esamina principalmente gli argomenti sulle operazioni tecnico-topografiche, con un sintetico richiamo ai regolamenti di volo e alle assicurazioni dei droni; per un maggiore approfondimento si rimanda alla sezione ENAC presente nella *WebApp* inclusa.

### 1.1. Caratteristiche dei sistemi a pilotaggio remoto (SAPR-droni)

Prima di addentrarci nello specifico di come eseguire un rilievo, è necessario fornire varie definizioni per meglio comprendere alcuni concetti che di seguito verranno esposti.

Nelle varie edizioni dei Regolamenti ENAC<sup>3</sup> (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), che negli ultimi anni sono state redatte per disciplinare l'attività di questi sistemi, è possibile fare una prima distinzione:

- con la terminologia di **APR** (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) si indicano tutti i velivoli caratterizzati dall'assenza del pilota a bordo e dalla possibilità di volare in volo automatico, pre-impostando un piano di volo, o sotto il controllo remoto di un pilota che lo comanda da terra;
- con la sigla **SAPR** (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto) si indica l'insieme costituito dal mezzo aereo (Aeromobile a Pilotaggio Remoto), dai relativi componenti necessari per il controllo e comando (stazione di controllo) da parte di un pilota remoto e dai sensori utilizzati per acquisire dati di varia natura.

### 1.2. Caratteristiche dei droni per fotogrammetria e le sue dotazioni

Non tutti i droni *consumer* sono adatti ad acquisire i dati necessari alla produzione di rilievi fotogrammetrici di alta qualità.

Quando ci si appresta ad effettuare un rilievo fotogrammetrico da drone è importante tenere in considerazione le caratteristiche del mezzo, che dev'essere equipaggiato di una fotocamera da almeno *20 mpx* per ottenere degli scatti fotografici ben definiti. Devono essere noti i parametri dell'ottica (lunghezza o distanza focale, lunghezza focale equivalente, angolo di vista o di ripresa), nonché la risoluzione del CCD (sensore digitale). La fotocamera dev'essere montata su un supporto mobile stabilizzato dotato di giunti cardanici sui 3 assi (*gimball*) e deve avere l'obiettivo puntato verso il basso con direzione ortogonale al terreno (*nadirale*) con la possibilità di poterlo inclinare per le riprese *full 3D*.

Una volta conosciuti i parametri della fotocamera e stabilita la quota di volo del drone, si può calcolare l'area di ripresa a terra.

Le dimensioni dell'area di ripresa sono importanti per programmare la sessione di volo e per stabilire la risoluzione delle foto a terra ( $GSD = \text{Ground Sampling Distance}$ )<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> L'ENAC agisce come autorità unica di regolazione tecnica, certificazione, vigilanza e controllo nel settore dell'aviazione civile in Italia nel rispetto dei poteri derivanti dal Codice della Navigazione.

<sup>4</sup> La GSD (Ground Sampling Distance) si esprime in cm/pixel

# IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO COL DRONE

Questo capitolo ha lo scopo di fornire i consigli pratici per un corretto e preciso rilievo aereo-fotogrammetrico con l'ausilio del drone. Sarai guidato passo dopo passo nello sviluppo delle fasi di pianificazione delle operazioni del rilievo:

- lo studio dell'area con la relativa perimetrazione;
- la predisposizione e il rilievo dei punti a terra;
- la programmazione del piano di volo;
- l'esecuzione del piano di volo con le relative riprese fotografiche.

## 2.1. Come pianificare il rilievo

La pianificazione del rilievo è uno degli aspetti fondamentali per ottenere un corretto e preciso rilievo da drone. I rilievi possono essere di medie o grandi estensioni ed essere finalizzati ad un determinato progetto dove occorre una specifica precisione: è quindi fondamentale acquisire preliminarmente queste informazioni.

Esaminare la conformazione del terreno oggetto del rilievo è fondamentale per stabilire la quota di volo, perché da questa dipende la risoluzione della nuvola di punti. Per un rilievo di piccola e media estensione è auspicabile avere una buona risoluzione (inferiore a 5 cm/pixel) pertanto è utile lavorare con quote di volo non troppo elevate (variabili tra 30 e 80 metri), mentre per un rilievo di grande estensione, la risoluzione può essere anche maggiore per cui la quota di volo può essere elevata anche a 100 m.

Ricorrendo ad un esempio pratico, si può ritenere ottimale, per un rilievo di piccole e medie dimensioni tra 1 ha e 5 ha, adottare quote di volo comprese tra i 30 e 50 m. Ovviamente più aumenta la quota di volo e più diminuisce la risoluzione delle foto, con la conseguente diminuzione del livello di dettaglio della nuvola di punti.

In zone con elevati dislivelli ed orografia molto variabile anche su aree limitate, per avere un'elevata risoluzione della nuvola di punti si pone il problema che il rilievo dei punti con quote più elevate genera un decadimento della risoluzione dei punti a quota più bassa. In questi casi particolari, giova eseguire più voli a quote differenti (gradoni) che consentono di ottenere risoluzioni adeguate.

Una volta stabilita la quota o le quote di volo correlate all'estensione del terreno da rilevare, possiamo pianificare il volo, operando in studio con l'ausilio di software dedicati.

Il risultato finale dell'elaborazione in studio, consente di stabilire la durata del volo. L'argomento sarà affrontato in modo esaustivo nel paragrafo 2.5.

## 2.2. Predisposizione del rilievo di appoggio: posizionamento dei target

L'operazione fondamentale per una corretta calibrazione (georeferenziazione) della nuvola di punti è il rilievo di appoggio su dei punti di controllo a terra (GCP: *Ground Control Point*). I punti da rilevare devono essere scelti con determinate caratteristiche:

- 1) devono appartenere alla zona del rilievo;
- 2) devono essere visibili e identificabili dall'alto.

Si consiglia di rilevare punti con contrasti cromatici elevati, ed esempio una zona di passaggio tra asfalto (cemento) e erba, la differenza elevata di colorazione lo rende facilmente identificabile dalle quote di volo durante la missione di rilievo del drone, in alternativa è possibile utilizzare dei target topografici di adeguate dimensioni.

Devono essere distribuiti in maniera abbastanza omogenea nell'intera area del rilievo, sia in planimetria che in altimetria (punti alti e punti bassi). Si consiglia di utilizzare dei target in PVC morbido, realizzati con colori ad alto contrasto (gialli e neri), con motivo triangolare che ne permettano la localizzazione anche da foto aeree scattate a diversi metri di altezza. Per una visibilità ottimale nelle foto, la grandezza dei target deve essere almeno di cm 50x50 per voli fino a 70 m di quota e cm 80x80 per voli fino a 150 m di quota.

Per calibrare una nuvola nello spazio servono minimo 4 punti noti ( per eventuali verifiche e consigliabile posizionarne tra 6 e 10), ma come sempre è necessario rilevare un numero sovrabbondante in modo da valutare gli scarti e la precisione del rilievo.

Il rilievo di appoggio potrà essere eseguito con qualsiasi strumentazione (stazione totale o GPS) basta che sia un rilievo tridimensionale (3D), tutti i punti devono essere provvisti di quota (o distlivello).

Il rilievo di appoggio a terra, deve essere eseguito, preferibilmente prima delle operazioni di volo. Sarebbe auspicabile che il rilievo e il volo siano eseguiti nella medesima giornata. Se si utilizzano dei target mobili questi devono essere posizionati, rilevati, fotografati e poi rimossi dopo le operazioni di volo.

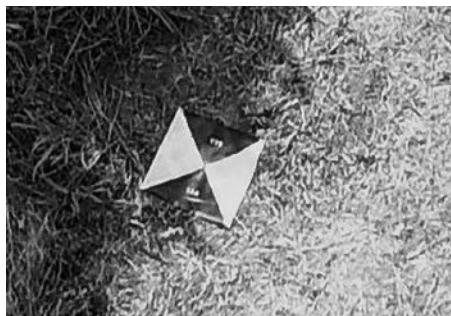


Figura 2.1. Immagine foto target

## GENERAZIONE DI NUVOLE DI PUNTI E MODELLI 3D

Capitolo redatto con il contributo di *Michele Vicentino*

Tante e diverse sono le aziende che hanno sviluppato soluzioni complete per i professionisti, con l'obiettivo di semplificare e ottimizzare le operazioni di rilievo, elaborazione e restituzione degli elaborati grafici.

In questo capitolo verrà presa in considerazione la proposta tecnica e commerciale offerta dal portale GeoSDH, la piattaforma dei *servizi di elaborazione in cloud* della GEOWEB S.p.A.<sup>1</sup>.

GeoSDH costituisce una opportunità particolarmente adatta per i tecnici che intendono sviluppare modelli 3D senza l'obbligo di acquistare personal computer che offrano le prestazioni necessarie a questo particolare tipo di elaborazioni (per le quali risultano critiche, in particolare, la quantità di RAM e la disponibilità di una scheda grafica – GPU – di ultima generazione), a cui si aggiungono i costi di acquisto del software necessario per "fare fotogrammetria". GeoSDH, che si presenta come una web App ed è quindi fruibile attraverso un browser Internet, integra un help in linea che consente al professionista di avere tutte le informazioni e le indicazioni utili a raggiungere il risultato finale desiderato; inoltre, è possibile anche avvalersi di un supporto tecnico attraverso la corrispondenza tramite un indirizzo mail dedicato a GeoSDH.

In relazione agli scopi del presente manuale, entreremo nei dettagli dell'offerta degli strumenti che fanno parte della **Suite 3DCapture**, che è quella che appunto ci consente di tradurre riprese fotografiche in modelli 3D, mentre descriveremo solo brevemente delle specificità che connotano comunque l'offerta tecnica e commerciale complessiva di GeoSDH o degli aspetti necessari a comprenderne il paradigma d'utilizzo. Si ritiene opportuno però, già in questa introduzione, anticipare una delle funzionalità presenti nella Suite 3DCapture che, in termini assolutamente esclusivi consente all'utente di avvicinarsi con immediatezza e semplicità al mondo della *stereoscopia*.

**ImageTrack** – è questo il nome utilizzato in GeoSDH – consente di individuare tra le immagini acquisite durante il rilievo fotogrammetrico l'insieme delle *coppie stereosco-*

<sup>1</sup> GEOWEB S.p.A. nasce nel 2000 da un'iniziativa del Consiglio Nazionale Geometri e Geometri Laureati e Sogei S.p.A. per lo sviluppo e la diffusione di servizi basati sull'*Information Technology* rivolti ai professionisti. L'offerta dei servizi spazia da quelli inerenti alle consultazioni catastali e ipotecarie oltre che all'invio telematico degli atti di aggiornamento del catasto terreni e fabbricati, a quello inerente alla formazione professionale in *e-learning*, sino ai servizi del portale GeoSDH che qui verranno illustrati.

*piche valide*, indicato con il nome di *modello stereoscopico*, che importato in una applicazione desktop – disponibile per il Sistema Operativo Windows e scaricabile gratuitamente dal portale GeoSDH<sup>2</sup> – sempre denominata ImageTrack, permette di interagire in modo semplice e intuitivo, con la quale è possibile eseguire ispezioni, tracciamenti grafici e misure 3D di grande accuratezza utilizzando la visione stereoscopica.

Grazie ad un ricchissimo insieme di funzionalità CAD integrate nella stessa applicazione, con ImageTrack è possibile ottenere foto-restituzioni di qualità professionale, di tipo sia cartografico che architettonico.

A ImageTrack è dedicato un paragrafo ad hoc, proprio per l'importanza e le potenzialità che offre.

### 3.1. GeoSDH: la piattaforma *cloud* di GEOWEB

GeoSDH è la piattaforma tecnologica di GEOWEB S.p.A. per l'erogazione dei "Servizi Innovativi di Elaborazione in Cloud", che come detto si presenta come una applicazione web – a cui ci si riferirà con il termine portale GeoSDH – e che come tale è fruibile attraverso un browser Internet<sup>3</sup>.

#### 3.1.1. Il Catalogo dei Servizi GeoSDH

Il cuore di GeoSDH è dato dal suo **Catalogo Servizi** che, operando con diverse tecnologie e in differenti settori applicativi, grazie ai processi di elaborazione sottostanti consente la trasposizione della realtà fisica nella corrispondente realtà digitale, quindi di ottenere *modelli digitali*.

Il Catalogo Servizi offre, altresì, un insieme di funzionalità strumentali alla visualizzazione, analisi, trasformazione e misurazione dei modelli, ottenuti direttamente dal rilievo o dai processi di elaborazione disponibili in GeoSDH stessa.

Il Catalogo Servizi di GeoSDH comprende, al momento della pubblicazione di questo manuale, tre macro aree:

- **GeoDaC** (Geospatial Data Cloud) – Gestire le nuvole di punti nel *cloud*;
- **3DCapture** – Dalle immagini ai modelli 3D in pochi click;
- **Strumenti** – I tool di elaborazione GeoSDH che consentono di navigare, analizzare, trasformare ed esportare dati e informazioni dei modelli 3D.

Ogni servizio di elaborazione del Catalogo Servizi GeoSDH, indipendentemente dalla macro area a cui appartiene, è associato ad un proprio modello di costo che fa riferimento sempre ai parametri di *quantità e qualità* dei dati ad esso forniti in input, oltre ad eventuali *parametri di esecuzione* valorizzati dall'utente stesso per la specifica elaborazione richiesta.

<sup>2</sup> L'applicazione ImageTrack può essere scaricata, insieme al suo manuale, anche nella applicazione web.

<sup>3</sup> I browser Internet con i quali è garantita la piena compatibilità con GeoSDH sono Google Chrome, Mozilla Firefox, Apple Safari e Microsoft Edge.

## GESTIONE DELLA NUVOLA DEI PUNTI (SOFTWARE OPEN SOURCE)

In questo capitolo verranno trattati alcuni *software open source* che consentono l'elaborazione delle "nuvole di punti" risultanti da rilievi effettuati con fotogrammetria da drone. Si tratta dei *software* **CloudCompare**, **Meshmixer** e **MeshLab**:

- **CloudCompare** è un *software* gratuito (Licenza GNU) potente e molto diffuso che processa nuvole di punti e *mesh* triangolari;
- **Meshmixer** è un programma gratuito di Autodesk utile per lavorare con le *mesh* che sono delle superfici tridimensionali; con questo programma è possibile modificare file .STL e .OBJ;
- **MeshLab** è un *software open source* nato per la gestione di *mesh* triangolari 3D.

### 4.1. Introduzione al *software open source* CloudCompare

Si tratta di un *software open source* molto potente, che consente l'elaborazione delle "nuvole di punti" risultanti da rilievi effettuati con fotogrammetria da drone e *laser scanner*. Consente di processare un elevato numero di punti che va da 150 milioni, per schede grafiche di medie prestazioni, fino ad oltre 4 miliardi per schede grafiche di qualità superiore. Nasceva per confrontare nuvole di punti da rilievi *laser scanner* e, successivamente, è stato implementato in un *software* che permette di fare tantissime elaborazioni sulle nuvole di punti.

Con *Cloud Compare* si può:

- aprire il file e ispezionare la nuvola di punti tridimensionale ruotandola nei tre assi dello spazio;
- disegnare linee e polilinee sul modello tridimensionale per evidenziare aspetti o parti importanti;
- generare ed esportare le curve di livello;
- generare ed esportare profili longitudinali e sezioni;
- misurare distanze e superfici per stimare volumi e interventi;
- interrogare le coordinate dei punti e tante altre funzioni.

In questo capitolo saranno trattate solo alcune elaborazioni che riguardano la topografia; in modo particolare saranno esaminati i seguenti argomenti:

- come importare la nuvola di punti;

- semplificare e alleggerire una nuvola di punti;
- creare la *mesh*;
- estrarre una sezione con *CloudCompare* ed esportare in CAD.

Per quanto riguarda tutte le altre funzioni del programma, si rimanda al manuale d'uso presente nella *WebApp*<sup>1</sup>.

#### 4.1.1. La nuvola di punti

Si definisce nuvola di punti un insieme non ordinato di punti, ognuno dei quali è caratterizzato da differenti coordinate spaziali (X, Y, Z) appartenenti ad un sistema di riferimento cartesiano prefissato.

Ad ogni punto è possibile associare un colore (in scala RGB) ed un campo scalare. La nuvola di punti si presenta, quindi, come una matrice avente un numero di righe pari al numero di punti costituente la nuvola e un numero di colonne pari al numero di informazioni che si vuol assegnare ad ogni punto.

#### 4.1.2. Come importare la nuvola di punti CloudCompare

Dopo aver installato *CloudCompare*<sup>2</sup> e lanciato il programma, con il comando *open* si sceglie il file della nuvola di punti da importare, normalmente si tratta di file *las/laz*, nella prima videata il *software* chiederà due conferme: la prima riguarda le informazioni da caricare insieme ai punti, la seconda è relativa ad una traslazione, che è consigliabile fare per evitare errori nell'elaborazione di coordinate troppo grandi (tipiche nel caso di un rilievo georeferenziato).

Di fatto la traslazione non è reale ma fittizia, esclusivamente funzionale al lavoro del *software*. Si conferma tutto con un "Apply all" e "Yes to all".

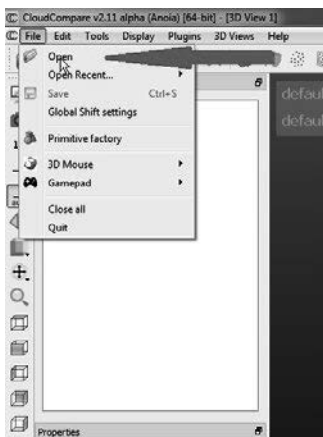


Figura 4.1.

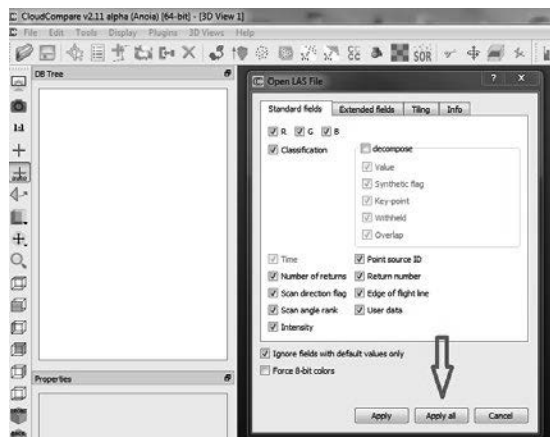


Figura 4.2.

<sup>1</sup> Nella sezione software Open Source.

<sup>2</sup> Sito ufficiale per scaricare la versione aggiornata di CloudCompare: <https://www.danielgm.net/cc/>

## SOFTWARE DI POST-ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI

Il capitolo tratta alcuni tra i *software* di post-elaborazione delle immagini più diffusi sul mercato quali:

- **IMMAGINA**, sviluppato dalla Topoprogram: *software* prodotto in Italia, pensato per i topografi, che non necessita l'utilizzo di altri *software* per produrre tutti gli elaborati della topografia classica.
- **Agisoft Metashape**: è una soluzione avanzata di modellazione 3D, volta a creare contenuti e oggetti 3D di qualità professionale da immagini fisse.
- **PIX4DMapper**: *software* utilizzato per generare da immagini nuvole di punti.
- **ReCap Pro**: *software low cost*, sviluppato da Autodesk per la trasformazione da file *.las* in file *.rcp*, consente di caricare la nuvola di punti in AutoCAD.

### 5.1. IMMAGINA

Il *software* IMMAGINA<sup>1</sup> è sviluppato dalla Topoprogram<sup>2</sup>; progettato, realizzato ed ora assistito, è stato pensato esclusivamente all'attività del topografo. Di fatto è l'unico *software* italiano che nasce, cresce e risolve i problemi quotidiani del topografo con un approccio familiare a quanti eseguono o desiderano realizzare topografia attraverso la fotogrammetria da DRONE.

#### 5.1.1. Che cosa è possibile realizzare con IMMAGINA

Il topografo, non dovrà cambiare mentalità né abitudine lavorativa, continuerà a battere i punti che rappresentano il DTM, non in campo ma comodamente sul modello 3D creato in pochi minuti con IMMAGINA grazie alle foto scattate da DRONE.

Sappiamo che una delle problematiche più importanti per fare vera e precisa topografia è di rappresentare il reale Terreno (DTM) e non quello che si vede dall'alto (DSM), che comprende la vegetazione, i fabbricati, ecc..

<sup>1</sup> Si può scaricare un trial dal link <https://dronetopoprogram.it/topografia-con-drone/>

<sup>2</sup> Da oltre 30 anni, guidata dal suo fondatore "pinomangione, detto anche geometra con gli stivali", si dedica ogni giorno con grande passione alla materia topografica, realizzando in Italia ed all'estero lavori topografici speciali e distribuendo su larga scala oltre 30 *software* che offrono soluzione a tutte le problematiche della materia topografica non solo. Il *software* più famoso è TABULA 2000 di cui attualmente ci sono oltre 10.000 installazioni in Italia.



IMMAGINA ha risolto la questione con molteplici funzioni automatiche, semiautomatiche e manuali, con le quali il topografo potrà passare dal modello della superficie (DSM) a quello del terreno (DTM), in modo molto preciso per ottenere quanto desiderato, lavorando con le sue peculiarità, le sue abitudini, senza la necessità di cambiare mentalità; l'unica differenza sta nel rilevare su un modello digitale e non in campo.

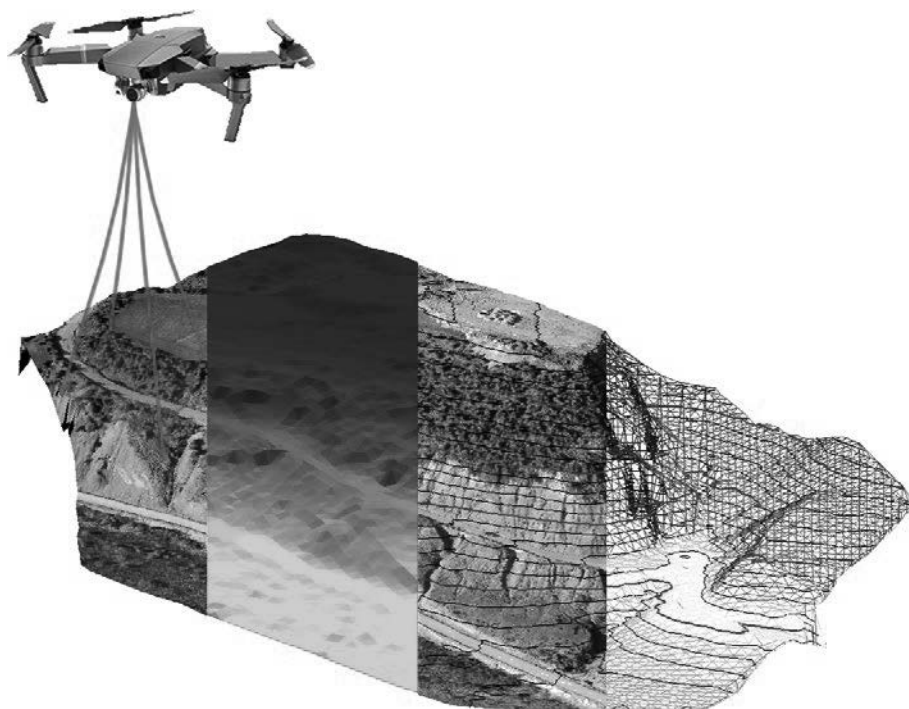


Figura 5.1.

### 5.1.2. Caratteristiche tecniche

Per utilizzare IMMAGINA occorre un PC con le seguenti caratteristiche: Windows 7, 8, 10, 11 a 64 bit - CPU: Intel i7 quad-core - 16 GB RAM - 100 GB libero su HD - Scheda video dedicata da 4 GB con processore Cuda.

Le prestazioni del software sono:

- nessun limite di foto da utilizzare;
- nessun limite di punti a terra da creare;
- elabora voli nadirali, con fotocamera inclinata, da voli circolari e misti;
- possibilità di eseguire la nuvola con 2 procedimenti diversi:
  - o fotogrammetria classica: molto accurata, con GSD noto, ma senza particolari verticali;
  - o computer vision, con la restituzione anche delle pareti verticali;

## STAMPA 3D

Capitolo a cura di *Alessandro Murgia*

### 6.1. Storia delle stampanti 3D

La storia della stampa 3D ha inizio tra il 1982 e il 1986 quando Chuck Hull (ingegnere, inventore e imprenditore statunitense) inventò la *stereo litografia* e il formato di file *.stl*. La stereo litografia è una tecnologia di stampa 3D che permette di realizzare dei modelli tridimensionali mediante un polimero liquido fotosensibile che si solidifica strato su strato quando viene colpito da luce ultravioletta. I file *.stl* rappresentano le superfici di un modello solido mediante dei triangoli; questa tipologia di file è diventata negli anni il formato *standard* di trasmissione dei dati nel settore della prototipazione rapida.

Nel **1986** Carl Deckard, Joe Beaman e Paul Forderhase (ed altri ricercatori), svilupparono la tecnica *Selective Laser Sintering (SLS)*, basandosi sulle idee di Chuck Hull, ma, invece di servirsi di un polimero liquido fotosensibile, utilizzarono il *Nylon*, ovvero una polvere che, se investita da un laser, si solidificava generando il modello tridimensionale.

Nel **1988** Crump brevettò la tecnologia *Fused Deposition Modeling (FDM)* e cioè la tecnologia di stampa 3D più diffusa al giorno d'oggi, ovvero la stampa 3D a deposizione di materiale fuso.

Nel **1993**, al MIT di Boston, venne concepita una tecnologia di stampa che permette di **stampare a colori** chiamata *Three Dimensional Printing*.

Nel **1995**, al Fraunhofer Institute, venne inventato il metodo del *Selective Laser Melting (SLM)*; questa tecnologia di stampa ha la possibilità di produrre oggetti con una densità molto vicina ai sistemi di produzione dell'industria tradizionale, infatti con questo procedimento si possono fondere polveri di metallo e ottenere oggetti con una densità del 98%.

Nel **2002** venne inventato l'*Electron Beam Melting*, ossia una tecnologia di fusione a fascio di elettroni, in questo processo una sorgente di elevata energia composta da un fascio di elettroni concentrato e accelerato colpisce un materiale in forma "*microgranulometrica*" provocandone la fusione completa.

Nel **2005**, in Irlanda, la *Mcor Technologies Ltd* inventa il metodo *Paper 3D Laminated Printing* che consiste nel sovrapporre fogli di carta e incollarli strato su strato. Sui fogli di carta che compongono il modello è anche possibile stampare a colori, ottenendo così degli oggetti con stampata la *texture* desiderata.

Nel **2010**, grazie alle collaborazioni tra NASA e il mondo della stampa 3D, nasce il *Contour Crafting*, cioè la stampa 3D che utilizza il cemento come materiale di stampa.

### 6.1.1. Introduzione alla stampante 3D

La stampa 3D è un metodo di produzione di oggetti tridimensionali solidi partendo da un "modello digitale". La produzione dell'oggetto desiderato avviene per strati sovrapposti ossia viene posizionato uno strato di materiale sopra l'altro. Sia il termine **stampa 3D** che il termine **manifattura additiva** indicano un processo produttivo basato su una "tecnica additiva" che produce oggetti tramite l'aggiunta di materiale.

Le tecnologie di stampa 3D si differenziano tra loro per meccanica, funzionamento e anche per tipo di materiali utilizzati. In alcuni casi le tecnologie utilizzate, così come il metodo di funzionamento e i materiali usati, sono molto diversi tra loro, mantenendo però come comune denominatore la realizzazione di un oggetto per strati sovrapposti.

## 6.2. Tecnologie di stampa 3D

Come detto nel paragrafo precedente, le tecnologie di stampa 3D sono varie e molto diverse tra loro. In questo capitolo cercheremo di riassumere le principali tecnologie di manifattura additiva per poi concentrarci più approfonditamente sulla tecnologia di stampa FDM o FFF, che è quella che useremo per realizzare i nostri modelli.

### 6.2.1. DLP (Digital Light Processing)

Il *Digital Light Processing* o elaborazione digitale della luce è un processo di stampa 3D che utilizza come materiale alcune tipologie di resine.

Le stampanti 3D basate su resina sono molto diffuse per la realizzazione di parti e prototipi ad alta precisione perché garantiscono la realizzazione di modelli con dettagli molto precisi ed una finitura superficiale liscia. Un tempo queste tecnologie erano molto costose mentre oggi le stampanti 3D *DLP desktop* di piccolo formato consentono di produrre parti di notevole qualità ad un prezzo accessibile a tutti.



Figura 6.1. Stampante DLP

La realizzazione di un modello mediante stampa 3D DLP avviene quando una resina (liquida e fotosensibile), contenuta all'interno di un serbatoio o vasca, viene esposta in

## RILIEVO VERSANTE SA CORONA (PRIMO CASO PRATICO)

### 7.1. Rilievo versante Sa Corona e restituzione topografica classica

Il caso pratico in esame riguarda un rilievo eseguito, con metodologia S.A.P.R. (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) Drone, integrato con ausilio del GPS, di una zona interessata dalla realizzazione di una protezione con barriere e reti paramassi in località Sa Corona, sita a monte dell'abitato di Bottidda. Prima della programmazione effettiva del volo di rilievo, vista la natura impervia della località, sono stati effettuati dei voli preliminari di ricognizione per le riprese aeree dello stato dei luoghi con lo scatto di un adeguato numero di immagini fotografiche ad alta risoluzione. Lo scopo dei voli preliminari era proprio quello di individuare le zone d'intervento soggette a frane e rotolamento di massi, in considerazione del pericolo accentuato da un incendio che ha recentemente interessato la zona. Dopo aver eseguito i voli preliminari, avendo acquisito e visionato le riprese e le foto, è stato fissato un incontro con il gruppo di lavoro (del quale fanno parte un ingegnere e un geologo) incaricato della progettazione delle opere di protezione con barriere e reti paramassi. Nell'incontro sono state visionate le riprese ed individuata con maggior precisione la zona da rilevare. L'area individuata per il rilievo aveva un'estensione superficiale di circa 10 ettari con una quota s.l.m. variabile tra i 510 metri nella parte più elevata a monte – coincidente con il nuraghe Sa Corona – e i 300 metri a valle – coincidente con la periferia dell'abitato di Bottidda.



Figura 7.1. Panoramica zona da rilevare



Figura 7.2. Particolare

La riunione preliminare con la committenza è servita anche per stabilire la tipologia degli elaborati da fornire, che sostanzialmente dovevano essere: nuvola di punti, ortofotomosaico, curve di livello; n. 7 profili, DTM e il modello digitale di elevazione morfologi-

ca. In considerazione del tipo d'intervento, la committenza, non ha richiesto una risoluzione molto spinta per cui è stato possibile volare a quote relativamente alte – intorno ai 120 m dalla superficie topografica.

## 7.2. Inquadramento del sistema di riferimento e punti di controllo (G.C.P)

Il rilievo è stato inquadrato nel sistema di riferimento Roma 1940 (Monte Mario 3003) e Proiezione Gauss-Boaga. Per l'inquadramento sono stati posizionati dei punti di controllo a terra (G.C.P. – *Ground Control Point*) costituiti da *target* a croce di dimensione un metro per un metro, al fine di ottenere una perfetta visibilità anche a diversi metri di altezza (in considerazione del fatto che si era deciso di volare a circa 120 m di quota), e materializzati a terra con vernice azzurra, che si dissolve in circa 30 giorni. Si è deciso di materializzare i punti a terra con segni che dovevano rimanere visibili per tutta la durata dei rilievi, considerata la necessità di eseguire altri voli nei giorni successivi e di utilizzare i medesimi punti di controllo.



Figura 7.3. Croce verniciata su strada

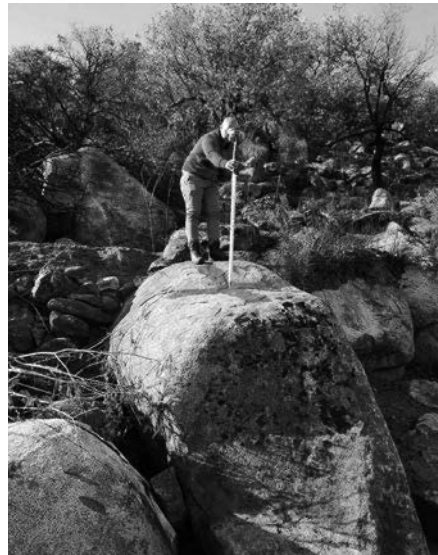


Figura 7.4. Croce verniciata su roccia

Il rilievo dei punti è stato eseguito mediante l'utilizzo del ricevitore GPS "HI TARGET Modello V30", 220 utilizzando le correzioni RTK della rete permanente Italpos che utilizza le costellazioni GPS + GLONASS. La connessione era ottima: il rilievo è stato eseguito con 8 satelliti, status Fixed e il PDOP tra 2.010 e 2.200.

L'inquadramento del rilievo è nel sistema di riferimento Roma 1940 (Monte Mario 3003) e "Proiezione Gauss-Boaga", Fuso Ovest rilevate dal GPS. Il file contenente le coordinate dei punti è stato scaricato sul PC, pronto per essere utilizzato nella fase di adeguamento di scala e georeferenziazione della nuvola di punti.

## RILIEVO NURAGHE LUCCHE (SECONDO CASO PRATICO)

### 8.1. Rilievo aerofotogrammetrico del nuraghe di Lucche e stampa 3D del modello architettonico

Il rilievo aerofotogrammetrico con SAPR (*Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto*) è stato commissionato dal Comune di Illorai, come fase propedeutica ai fini della progettazione dei lavori di messa in sicurezza del nuraghe di Lucche nel Comune di Illorai (SS). La scelta di utilizzare l'aerofotogrammetria da drone è stata dettata dalla complessità dell'oggetto da rilevare, in particolar modo nella parte crollata del nuraghe, con l'individuazione di tutte le fratture nei grossi blocchi in pietra del paramento esterno, dove è urgente l'analisi metodica e puntuale per il successivo consolidamento.

L'incarico si è svolto operativamente in due fasi:

- La prima caratterizzata dalla fase progettuale ove i tecnici incaricati richiedevano gli elaborati classici, costituiti dalla pianta del nuraghe, con una sezione ed i quattro prospetti fondamentali, arricchita dalla nuvola di punti e del prototipo del nuraghe realizzato con la stampante 3D.
- La seconda fase operativa si svolgerà in corso di esecuzione dei lavori, con la necessità di realizzare almeno 5 voli per riprese video e scatti fotografici di alta qualità per documentare le fasi lavorative con lo stato di avanzamento, ricavando per ogni volo la relativa nuvola di punti. Una volta terminati i lavori, si procederà ad un rilievo aerofotogrammetrico con lo sviluppo della relativa nuvola di punti; la stampa 3D del modello in fase successiva chiuderà la fase operativa consentendo il raffronto tra il prototipo prima e dopo i lavori.

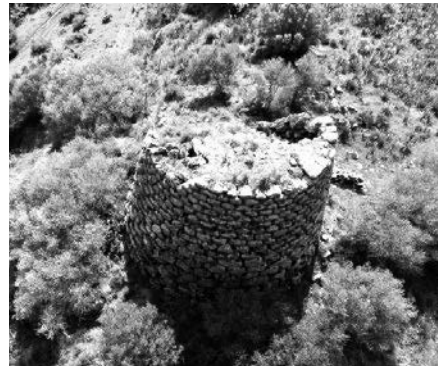
Quest'ultima fase ha lo scopo di fornire al gruppo di lavoro una corposa documentazione, con tutti i dati necessari per la redazione della relazione scientifica finale. Al momento della stesura del manuale è stata realizzata solo la prima parte, con la fase progettuale completata e tale da garantire all'Amministrazione comunale di procedere con la fase di appalto.

Il nuraghe di Lucche sorge su una rosseggiante piattaforma trachitica, si tratta di un monotorre con *tholos* integra e pianta circolare. Il diametro misura 12.75 m al piano di inserimento e 10 m allo sveltamento in direzione Est - Ovest. La torre sventa ad un'altezza massima di 10.40 m su diciannove filari nel lato nord. Ad Est si registra un'altezza di 8.60 m su 14 filari. Il paramento murario esterno è realizzato con grossi blocchi per lo più

subquadrati di trachite che presentano una caratteristica doratura per la presenza di licheni. Vengono a formare filari quasi regolari legati raramente da zeppe e malta di fango. È datato Bronzo Medio, Recente e Finale (1600 – 1000 a.C.)<sup>1</sup>.



**Figura 8.1.** Nuraghe Luche, lato Sud



**Figura 8.2.** Nuraghe Luche, lato Nord

Raggiunta la località Luche, ritenuto di non dover effettuare il sopralluogo preliminare, stante l'approfondita conoscenza del sito da parte dell'autore -originario del luogo (Illorai)- e vista l'esiguità dell'area da rilevare, si procede al posizionamento di 4 punti a terra (GCP – *Ground Control Points*), distribuiti in modo uniforme attorno al nuraghe, necessari per scalare e georeferenziare la nuvola di punti.

Vengono utilizzati dei *target* in PVC morbido della dimensione di 60cmx60cm, caratterizzati da colori ad alto contrasto (gialli e neri), con motivo triangolare, così da permetterne la localizzazione anche con foto aeree scattate a diversi metri di altezza. Al centro di ogni *target* si realizza un foro per il fissaggio dei picchetti in ferro, che rimarranno stabili fino al termine dei lavori, data la necessità di eseguire altri voli per i quali si utilizzeranno i medesimi punti di controllo.



**Figura 8.3.** Target in PVC morbido



**Figura 8.4.** Punti a terra  
(G.C.P. *Ground Control Points*)

<sup>1</sup> Sara Mameli, *ILLORAI Archeologia e territorio*, Cagliari 2020, p. 74.

## CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP

### 9.1. Contenuti della WebApp

La **WebApp inclusa** consente l'accesso alle seguenti aree tematiche:

- **GEOSDH** – La piattaforma in *cloud* dei servizi di elaborazione per la gestione e la creazione delle nuvole di punti 3D.
  - Come generare la tua nuvola di punti da un insieme di immagini con 3DCapture Suite.
  - La fotorestituzione con ImageTrack attraverso la visione stereoscopica.
  - Il CloudViewer per la gestione delle nuvole di punti 3D nel web con GeoSDH.
- **ENAC** – Guide e collegamenti dell'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile che certifica, regola e vigila il settore dell'aviazione civile, nella quale ricadono anche i sistemi UAS.
  - Attestati di pilota per operazioni di UAS e procedure per le entità riconosciute in attuazione del Reg. (UE) 2019/947.
  - Corso online a cura della direzione centrale regolazione aerea ENAC per la formazione dei piloti UAS nelle categorie Open A1/A3.
  - Come si diventa Pilota UAS (drone) Open A1/A3.
  - Procedura completa per la prova di completamento della formazione online per pilota.
- **Stampa 3D** – Sistemi software per la modellazione 3D e per la stampa 3D.
  - Cura Ultimaker è uno slicer potente, gratuito e *open source*, integrato con i sistemi CAD, sviluppato dal produttore di stampanti 3D Ultimaker.
  - Tinkercad è una raccolta gratuita di strumenti software, on line, che consente di realizzare qualsiasi progetto 3D, dai modelli di prodotti alle parti stampabili, anche a chi non conosce a fondo le tecniche di modellazione 3D tipiche degli strumenti del CAD.
  - SketchUp Free è un ottimo strumento per coloro che desiderano avere uno strumento di modellazione, più complesso rispetto a Thinkcad, ma più flessibile e quindi più "potente", ma allo stesso tempo offrendo strumenti dedicati sia ai principianti che agli utenti più avanzati.
  - FreeCAD è uno strumento CAD di progettazione parametrica, *open source*, che consente di creare modelli specificando primitive geometriche parame-



trizzate, editabili, che rende la progettazione semplice e efficace. Inoltre, è dotato di strumenti di analisi agli elementi finiti per le simulazioni di tipo ingegneristico.

- Guida completa alla stampa 3D (stampa3Dforum.it).
- **Link utili** – Il software e la documentazione per lavorare con le nuvole di punti 3D e con le mesh.
  - Manuale Cloud Compare.
  - Link per scaricare Cloud Compare.
  - Link per scaricare Meshmixer.
  - Link per scaricare MeshLab.

## 9.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- Accesso ad internet e browser web con Javascript attivo;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

## 9.3. Attivazione della WebApp

- Collegarsi al seguente indirizzo internet:

**[https://www.grafill.it/pass/0332\\_8.php](https://www.grafill.it/pass/0332_8.php)**

- Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**;
- Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** a fianco del prodotto acquistato;
- Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**;
- Accedere alla WebApp abbinata alla presente pubblicazione cliccando sulla relativa immagine di copertina presente nello scaffale **Le mie App**.

