

# **STUDIO PER UNA METODOLOGIA DI RILIEVO IN CAMPO ARCHEOLOGICO CON UTILIZZO DI PALLONE FRENATO E FOTOGRAMMETRIA DIGITALE**

VALENTINA BONORA

La metodologia di rilievo proposta è destinata specificamente al rilievo di scavi archeologici, con particolare attenzione alla possibilità di documentarne la stratigrafia.

Come è ben noto, l'attività di ricerca all'interno di un sito è sempre distruttiva e, per questo stesso motivo, non ripetibile. La necessità di rimuovere il materiale che via via si incontra rende quindi di fondamentale importanza la sua preventiva documentazione. Tradizionalmente tale documentazione richiede l'interruzione dell'attività di scavo: a periodi dedicati alle indagini se ne alternano quindi altri in cui gli stessi operatori, o altri maggiormente specializzati in questo settore, rilevano lo stato dello scavo.

La metodologia di rilievo che si è cercato di approntare intende far fronte all'esigenza di limitare il tempo di occupazione dello scavo (e quindi le energie umane ed economiche dedicate), la quantità di dati che vanno inevitabilmente dispersi e di consentire agli archeologi di procedere ad analisi interpretative e classificatorie contemporaneamente all'avanzare dei lavori.

La maggiore specializzazione tecnica inevitabilmente richiesta evidenzia l'importanza di collaborazioni tra competenze differenti e complementari, come sono quelle di storici-archeologi e architetti-rilevatori. I continui processi di feedback tra descrizione ed interpretazione che costituiscono il rilievo stesso si possono realizzare soltanto all'interno di progetti integrati, che sviluppino le potenzialità del dialogo tra cultura umanistica e scientifica.

### *La strumentazione impiegata*

Il pallone frenato, ed il relativo cestello, della Scuola Normale hanno dovuto essere parzialmente modificati. L'esigenza di attenersi ad un progetto di presa elaborato a tavolino richiede un controllo dei movimenti del pallone e la possibilità di mantenerlo in una posizione predeterminata; all'unico cavo di ancoraggio usato precedentemente ne sono stati aggiunti, per questo motivo, altri due (tav. IX, 1-2).

Per la realizzazione delle prese si è impiegata una macchina fotografica di tipo amatoriale: un corpo macchina Yashica 109 con obiettivo Vivitar 24 mm. La geometria della camera utilizzata per prese fotogrammetriche deve essere stabile: un grano inserito nella ghiera di messa a fuoco dell'obiettivo ha permesso di mantenere costante il valore di distanza principale (approssimativamente coincidente con quello di lunghezza focale).

Per le operazioni di inquadramento e appoggio topografico, descritte nel seguito, è stata impiegata una stazione totale Nikon NPL820, con relativi prismi riflettenti.

Come si è accennato, uno dei principali vantaggi del rilievo fotogrammetrico da pallone è il limitato tempo di occupazione dell'area di indagine.

Le tecniche di rilievo tradizionali, come pure la celerimensura, consentono di ottenere informazioni relative solo a singoli punti ritenuti significativi dell'oggetto in esame. Per questo motivo necessitano dell'immediata realizzazione di schizzi di rilievo, se non di vere e proprie rappresentazioni in scala, redatte spesso *in situ*. Queste operazioni, condotte oltretutto nelle poco confortevoli condizioni operative offerte da uno scavo archeologico, richiedono, come è ben noto, tempi di realizzazione che, sommati a quelli per l'esecuzione delle misure vere e proprie, incidono pesantemente sull'economia dello scavo.

La fotogrammetria è invece una tecnica di rilievo che consente di ottenere informazioni affidabili su oggetti fisici e sull'ambiente attraverso il processo di registrazione, misura ed interpretazione di immagini fotografiche, quindi permette di

operare misure sull'oggetto fotografato senza venire in contatto con esso. Questo significa che le fasi di registrazione della consistenza geometrica e materica dello scavo e la loro quantificazione attraverso la misura possono essere, a differenza del rilievo tradizionale, disgiunte:

- con la fotografia si realizza la registrazione delle condizioni dello scavo, con un livello di dettaglio ovviamente superiore a quello offerto da un pur abile disegnatore;

- con la restituzione si effettuano, sulle fotografie stesse, tutte le misurazioni che si ritengono necessarie.

È allora ovvio che il tempo per cui è necessario interrompere le attività di indagine nello scavo è limitato esclusivamente alla realizzazione delle prese fotografiche. Considerato anche l'approntamento del pallone e dell'attrezzatura si può quantificare indicativamente in qualche ora il tempo necessario per la completa documentazione di un'area di 10 m x 10 m, equivalente ad una maglia di *quadrillage* (tav. VIII, 1-2).

Le fotografie costituiscono una forma di archivio, completa e dettagliata, delle successive condizioni in cui lo scavo si è venuto a trovare, e che possono poi essere andate perse. Anche a distanza di tempo sarà quindi possibile utilizzarle come strumento per nuove interpretazioni, per integrazioni, per verifiche.

La completa indipendenza tra la fase di presa e quella di restituzione fa sì che quest'ultima si possa condurre in un momento successivo e, presumibilmente, in un luogo differente.

L'approntamento di un progetto fotogrammetrico costituito da 4-6 foto (generalmente sufficienti per documentare un'area di 10 m x 10 m) richiede, indicativamente e comprendendo anche il tempo necessario per la digitalizzazione delle immagini, non più di mezza giornata di lavoro, per un operatore con esperienza.

La quantificazione dei tempi necessari per completare la restituzione è invece piuttosto difficile, in quanto strettamente legata alla scala degli elaborati grafici finali e quindi al loro livello di dettaglio, nonché alla natura ed alla consistenza delle emergenze da rappresentare (tav. XI).

Occorre evidenziare che la fotogrammetria tradizionale consente di ottenere elevati livelli di precisione, ma richiede, per contro,

l'uso di costose apparecchiature, tanto per la presa (macchine metriche) che per la restituzione (stereo-restitutori, analitici o digitali) e tempi di formazione per gli operatori piuttosto lunghi. Questi inconvenienti possono essere però superati ricorrendo alla cosiddetta fotogrammetria non stereoscopica e non convenzionale, un sistema semplificato che, seppur a fronte di precisioni più limitate, consente di operare senza i rigorosi vincoli della fotogrammetria tradizionale e di pervenire ai risultati cercati in modo più economico e con tempi più rapidi. La sola attrezzatura necessaria per la restituzione con un sistema di fotogrammetria non stereoscopica e non convenzionale è infatti un elaboratore dotato di un opportuno software. Per l'applicazione a Cecina (San Vincenzino) si è scelto di impiegare Elcovision 10, della Leica, ma i programmi di questo genere disponibili sul mercato sono ormai piuttosto numerosi.

Accanto alle fotografie, elementi indispensabili per un rilievo fotogrammetrico sono le coordinate di un certo numero di punti, detti punti d'appoggio. Esse sono infatti necessarie per determinare le condizioni geometriche esistenti al momento della presa (orientamento) e, a partire da queste ultime, calcolare le coordinate di tutti i punti dell'oggetto che si ritengono significativi (restituzione) (tav. X).

I punti d'appoggio sono abitualmente segnalizzati con mire per migliorarne la visibilità e la riconoscibilità. È inoltre importante che il maggior numero possibile di essi sia ripreso nelle fotografie che si intendono inserire nel progetto.

Un'altra importante funzione dei punti d'appoggio è quella di consentire il corretto collegamento tra rappresentazioni successive dello stesso scavo. Ogni campagna di rilievo registra, tendenzialmente, un'unità stratigrafica; per consentire una corretta lettura della loro sovrapposizione sono necessari alcuni punti in comune: i punti d'appoggio.

Sull'area di 10 x 10 m utilizzata come test a Cecina sono stati disposti 10 punti d'appoggio, ma è verosimile ipotizzare risultati soddisfacenti anche impiegandone un numero inferiore. Per quanto riguarda la loro distribuzione sul sito, è opportuno che sia tendenzialmente uniforme: questo significa che non è possibile concentrarli tutti in un angolo e lasciare parte dello scavo

scoperta, ma non è assolutamente necessario procedere ad alcuna operazione di tracciamento (come avviene invece per i vertici del *quadrillage*). Sarà invece importante scegliere il loro posizionamento in modo che, almeno alcuni di essi (3 o 4), non vengano rimossi nelle successive operazioni di indagine e di scavo, proprio per consentire di svolgere la funzione di collegamento tra rilievi consecutivi ricordata sopra.

Condizione indispensabile perché siano confrontabili i prodotti delle campagne di rilievo successive o i rilievi provenienti, per esempio, da saggi distanti tra loro è la realizzazione di una rete topografica di inquadramento. La geometria della rete di inquadramento è, anch'essa, piuttosto libera. A Cecina è stata realizzata una poligonale chiusa di tre lati, che contiene all'interno l'area da rilevare. Ma la configurazione e l'estensione della rete devono, in linea generale, essere progettate in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area, dell'estensione della zona di scavo, delle presumibili direzioni di espansione delle indagini. Da almeno uno dei suoi vertici devono infatti essere visibili, e quindi misurabili per via topografico-celerimetrica, i punti per l'appoggio fotogrammetrico.

### *Precisioni*

Quando si adottano tecniche di rilievo che, attraverso misure sovrabbondanti, consentono di effettuare più determinazioni della stessa grandezza (in genere si tratta delle coordinate di punti) è possibile applicare sistemi di compensazione rigorosa, ottenendo non solo la stima dei valori medi, ma anche indicazioni relative alla qualità delle misure effettuate.

I risultati ottenuti impiegando il sistema di fotogrammetria da pallone per il primo test presso lo scavo di San Vincenzino sono i seguenti:

- la determinazione topografica dei punti d'appoggio è avvenuta con s. q. m. inferiori al centimetro;
- gli scarti plano-altimetrici relativi agli stessi punti, al termine della compensazione globale del progetto fotogrammetrico, non superano mai il mezzo centimetro.

Tale esuberanza di precisione evidenzia la validità metrica del metodo proposto. Va comunque ricordato che precisioni così elevate non possono essere assicurate per tutti i punti restituiti: i punti d'appoggio sono stati infatti opportunamente segnalizzati con mire che ne facilitano il riconoscimento e la collimazione. La restituzione di tutti gli altri punti è sicuramente più difficoltosa: l'oggetto esaminato non presenta infatti spigoli vivi e ben definiti, le murature sono in parte sgretolate ed in parte interrato e la pavimentazione, al momento delle prese, era ricoperta di muschio e foglie secche. Quest'ultimo problema non dovrebbe presentarsi nel caso di uno scavo 'in corso'; operando in altre aree archeologiche occorrerà comunque essere pronti ad affrontare difficoltà analoghe a quelle sopra ricordate.

In ogni caso è stato possibile contenere gli scarti sui punti oggetto restituiti in valori inferiori a  $\pm 2$  cm, valore decisamente soddisfacente.

Ringrazio per la disponibilità e la fattiva collaborazione la prof.ssa Maria Cecilia Parra ed il geometra Cesare Cassanelli della Scuola Normale Superiore di Pisa, e gli architetti Luca De Bernardi e Fabrizio Goggi del Politecnico di Torino.

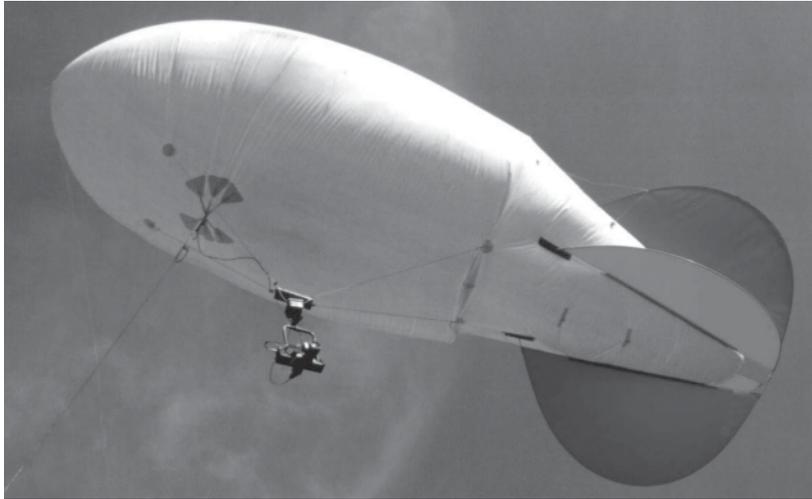
TAV. VIII



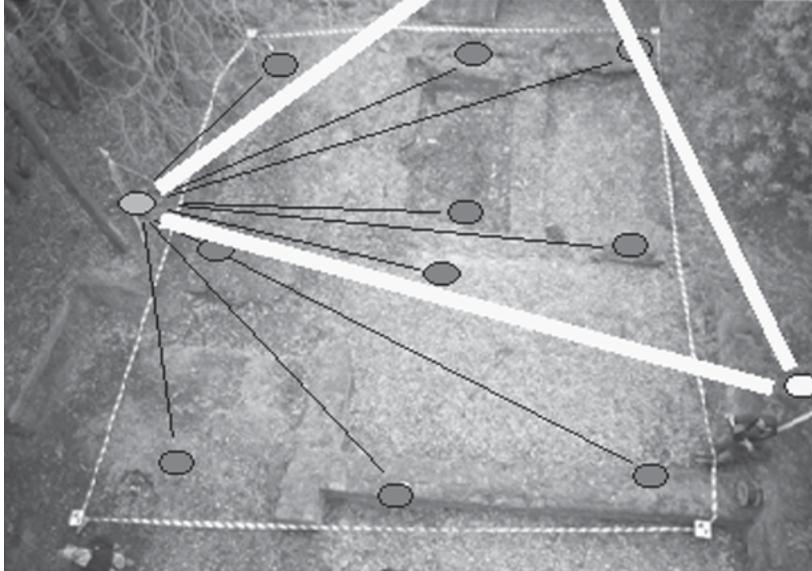
1. Area di applicazione sperimentale della metodologia descritta.



2. Delimitazione della zona test (San Vincenzino, Cecina).

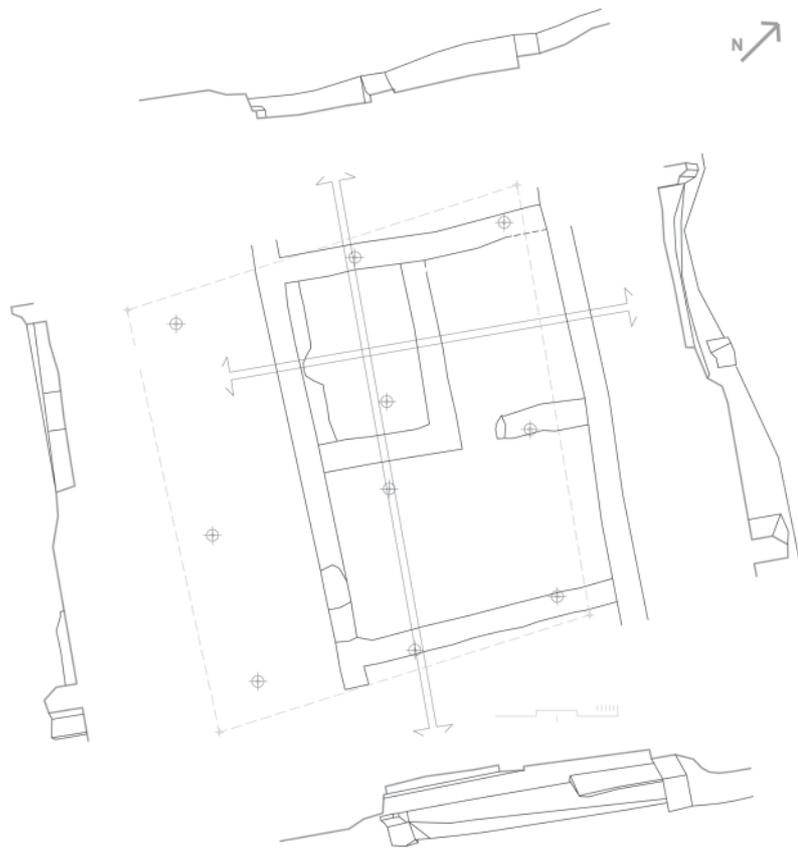


1. Pallone frenato, con il cestello per l'alloggiamento della camera fotografica (strumentazione messa a disposizione dal Laboratorio di Storia, Archeologia e Topografia del Mondo Antico della Scuola Normale Superiore di Pisa).

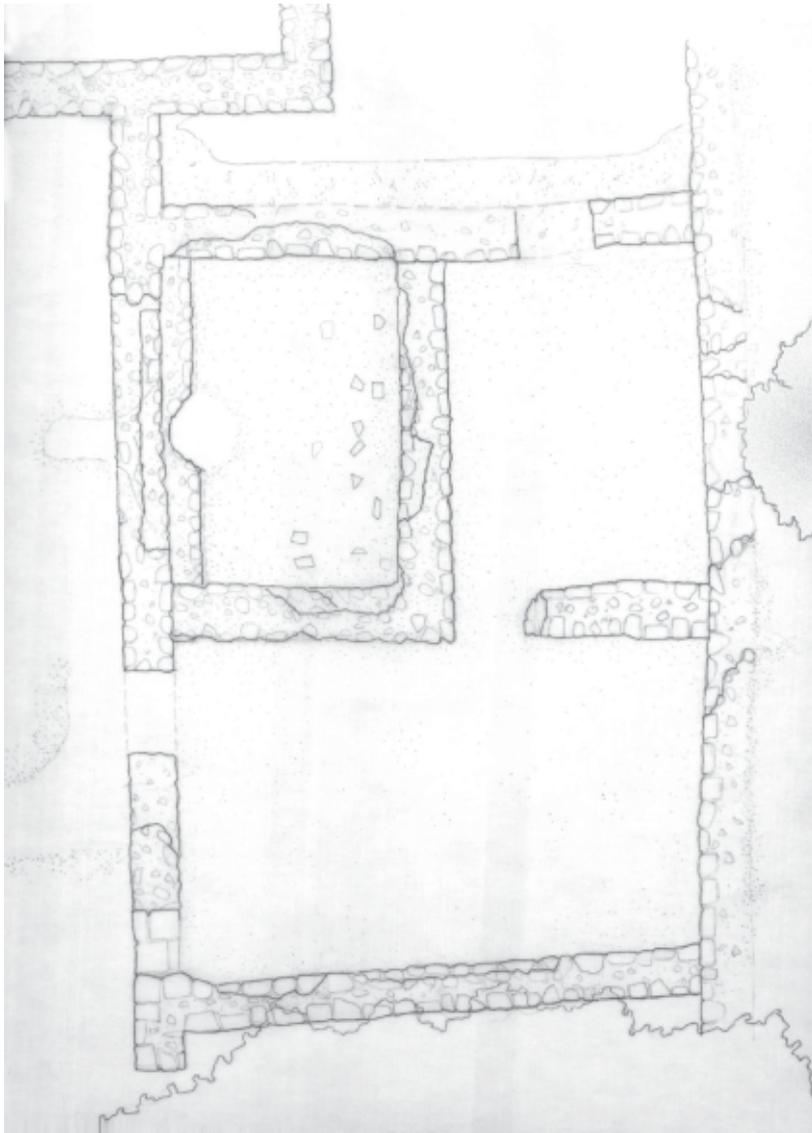


2. Area di lavoro, con evidenziato l'inquadramento topografico ed i punti d'appoggio.

TAV. X



Restituzione fotogrammetrica: piante e sezioni. Scala originale 1:50.



Elaborato finale - pianta. Scala originale 1:50.