

# Punti di vista dall'alto e tecnologie per la misura dei territori

Elia Di Nardo

L'uomo ha sempre nutrito l'esigenza di esplorare e rappresentare il territorio che lo circonda per conoscerne le qualità (fra le quali la misura) e, laddove possibile, condividerne i dati raccolti. Nel corso dei secoli sia le tecniche che le modalità di acquisizione e restituzione delle informazioni sono mutate e ciò risulta estremamente evidente dalla correlazione fra le diverse modalità di rappresentazione degli elaborati grafici e le epoche in cui essi sono stati prodotti, tant'è che l'analisi cronologica rende lapalissiana la seguente riflessione: lo scopo per cui questi elaborati venivano realizzati mutava a seconda di cultura e società.

La ricerca di metodi e tecniche di misura al fine di registrare il proprio punto di osservazione dall'alto è una costante nella storia dell'umanità. Le prime testimonianze di rappresentazioni del territorio risalgono al III millennio

a.C. e sono riferite a piccole porzioni di centri urbani e rurali della Mesopotamia. In questi elaborati si manifesta la volontà di documentare la conformazione dei luoghi secondo un concetto ben diverso, per esempio, da quello di comunità indigene che, per seguire la mandria da cacciare, avevano l'esigenza di rappresentare dall'alto i luoghi del tragitto da percorrere. L'avvento successivo di società fondate su un'economia commerciale fra paesi distanti (si pensi alla Cina o alle Americhe) segna l'avvio della rappresentazione di territori lontani, spesso dedotti sulla sola base di testimonianze orali raccolte dai viaggi di navigatori e mercanti. Alla metà del Seicento, l'esigenza di rappresentare quanti più territori possibile segna l'inizio della cartografia scientifica anche se, a causa dei limiti tecnologici degli strumenti di misura utilizzati, i rilievi dall'alto erano spesso approssimativi. Per secoli, infatti, i rappresentanti

*Articolo a invito per inquadramento del tema del focus, non sottoposto a revisione anonima, pubblicato con responsabilità della direzione.*

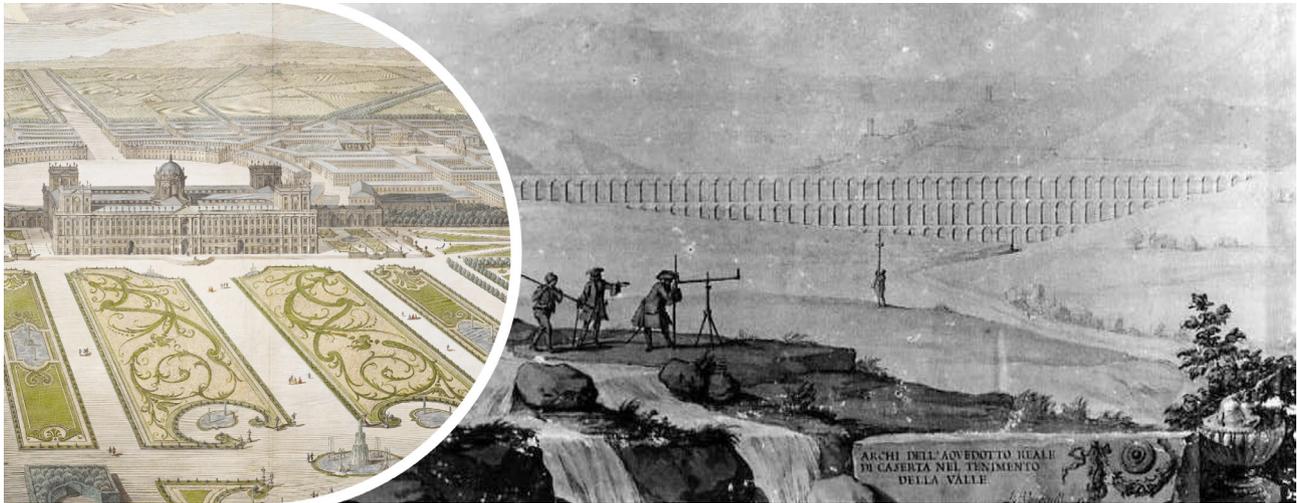


Fig. 1. A destra: disegno di acquedotto carolino per la misura a distanza. A sinistra: Veduta del gran Parterre del Giardino secondo la prima idea, con il Palazzo in lontano, Giardini pensili, e Città nuova. In: Vanvitelli, L. (1756). Dichiarazione dei Disegni del Reale Palazzo di Caserta. Napoli: Regia Stamperia, tav. XIV.

della "misura" dei territori sono ricorsi all'uso della propria memoria e immaginazione e, in assenza di strumenti capaci di "avvantaggiare" il rilevamento, per meglio ispezionare il contesto ambientale hanno privilegiato punti di stazione (naturali e/o artefatti) connotati da una notevole altezza al fine di ricavare osservazioni visive e trascrizioni grafiche più performanti.

Nel tempo, i rappresentanti hanno sperimentato strumenti e tecniche per raccogliere informazioni geografiche e territoriali il più possibile corrispondenti alla realtà, e il progresso tecnologico è stato protagonista di cambiamenti epocali circa l'accuratezza della misura e il rilevamento dall'alto. Difatti, la ricerca di metodi, tecniche e strumenti per innalzare sempre più il punto di vista senza che l'osservatore fosse ancorato a terra, compì un significativo passo in avanti con l'avvento dei primi mezzi aerei leggeri (pallone aerostatico o mongolfiera), che consentivano agli operatori di staccarsi fisicamente da terra, esperire quote più alte e dirigere lo sguardo verso il basso; tuttavia, seppure si riusciva a rappresentare le proporzioni del reale, era ancora impossibile ricavarne la misura precisa.

La svolta decisiva arrivò con l'avvento della fotografia e il suo connubio con i velivoli. Inizialmente, il rilievo fotografico

del territorio si affiancò al rilievo tradizionale topografico per punti, fino alla sua completa sostituzione grazie al perfezionamento del rilievo aerofotogrammetrico e della successiva restituzione fotogrammetrica, che costituiva un'accurata rappresentazione in scala di riduzione delle caratteristiche planimetriche e altimetriche. Più della metà del XX secolo è stato caratterizzato dall'uso preminente dell'aerofotogrammetria ma, con l'avvento della tecnologia satellitare e la conseguente possibilità di scattare immagini riprese da posizioni che si trovano oltre l'atmosfera terrestre, si accrescono le potenzialità prestazionali soprattutto in merito al rapporto fra punto di vista e rilievo dall'alto, e alla possibilità di acquisire una grande quantità di dati in relazione ai più svariati aspetti.

A partire dalla seconda metà del XX secolo, la nostra società sta assistendo a un fenomeno di rapida innovazione della tecnologia digitale, che appare smisuratamente veloce nelle sue nuove acquisizioni e trasformazioni al punto da interessare l'opinione pubblica e disciplinare circa la possibilità di doverne temere l'autonomia; a tal proposito, si pensi ai tanti articoli degli ultimi mesi sull'Intelligenza Artificiale e ai timori che questa tecnologia sta suscitando in termini di possibilità di controllo dei processi decisionali.

Fig. 2. Fotografia da drone della Reggia di Caserta e dell'Acquedotto Carolino.



Riprendendo il tema del rilevamento dall'alto del territorio, le attuali tecnologie elettroniche e informatiche basate sulla miniaturizzazione dei sensori offrono prospettive inimmaginabili e ricoprono un ruolo significativo non soltanto per le attività di raccolta dei dati ma anche per la loro visualizzazione. Infatti, mentre le fasi di acquisizione e processamento dei dati sono realizzate osservando apposite metodologie, la scelta delle tecnologie da impiegare è funzione dell'obiettivo e dell'oggetto di studio nonché delle capacità intrinseche dello strumento in previsione di possibili integrazioni e/o inserimento di tutti i prodotti in un unico database. Il valore aggiunto da questa tecnologia è la predisposizione di una piattaforma digitale grafica dove unire e sovrapporre i rilievi e i dati esistenti per ricavare visualizzazioni territoriali tematiche, aggiornabili, interoperabili e interrogabili.

Tuttavia, di fronte alla molteplice e variabile combinazione di metodi, tecniche e strumenti, per attuare una scelta consapevole diventa fondamentale ricorrere all'aspetto critico della questione e, pertanto, interrogarsi sulla corretta comprensione e piena consapevolezza dei vantaggi che queste nuove tecnologie integrate possono offrire nell'ambito del rilevamento dei territori. Per esempio, i sistemi UAS (*Unmanned Aircraft System*), gli aereomobili (in particolar modo, elicotteri) e le costellazioni satellitari (SAR, *Synthetic Aperture Radar*) sono fra quelli più utilizzati nelle operazioni di misurazione territoriale indiretta e dall'alto. Questi sistemi sono accomunati dalla possibilità di rilevare i dati tramite camere fotografiche e/o sensori LiDAR (*Light Detection And Ranging*). In quest'ultimo caso la distanza da edifici e/o superfici è determinata dalla misura del tempo di riflessione dell'impulso laser (ToF, *Time of Flight*, principio del tempo di volo). Inoltre, le differenti grandezze e tipologie dei sensori LiDAR fungono da discriminante laddove, nel caso di piccole dimensioni o di sensori più grandi, siano installate su droni o aeromobili. Di contro, la strumentazione fotogrammetrica cattura scatti ad alta risoluzione per ricreare porzioni del territorio indagato; poi, tramite software specifici, gli scatti sono elaborati e assemblati per creare modelli 3D (georeferenziati e misurabili) e/o dettagliate mappe 2D del mondo reale.

Al momento attuale, un'altra riflessione critica riguarda la definizione di precisione assoluta come rapporto tra centimetri e pixel. È noto che, mediante scansione diretta, i sistemi LiDAR sono in grado di generare nuvole di punti iper-dettagliate, consentendo accurate visualizzazioni del

terreno e delle sue caratteristiche. A differenza del rilevamento con camera fotogrammetrica, questa tecnica è più performante nel misurare e catturare oggetti piccoli e stretti (si pensi ai cavi di alimentazione o a condutture ed elementi con spigoli vivi). Inoltre, mentre la fotogrammetria tradizionale non consente di restituire una rappresentazione accurata in aree di rilevamento con elevata copertura vegetale, il LiDAR risulta più efficace perché gli impulsi penetrano negli spazi tra foglie e rami, e raggiungono il livello del suolo. Al contempo, altro aspetto che va contro l'uso di camere fotografiche è la scarsa illuminazione (soprattutto notturna), che influenza notevolmente i risultati di un volo con drone soprattutto se influenzati da polvere o copertura nuvolosa.

Le differenze tra le due tecniche di rilevamento sono date anche dall'*effort* necessario al raggiungimento degli obiettivi. Per esempio, gli investimenti in attrezzature variano da sensore a sensore in base alla precisione, valutata sulla mole di dati rilevati e generati. In tal senso, essendo la sensoristica installata su sistemi UAS di più modeste dimensioni, la *performance* è parimenti ridotta. Al contrario, l'*effort* espresso in ore lavorative è maggiore nel rilievo fotogrammetrico poiché richiede di acquisire i cosiddetti "punti a terra" con sistemi GPS (*Global Positioning System*) necessari per correggere il dato GPS del drone e orientare le foto realizzate, anche nel caso dei più recenti velivoli dotati di GPS RTK (*Real Time Kinematics*). Inoltre, nel caso del LiDAR le risorse di tempo necessarie all'elaborazione dei dati sono notevolmente ridotte perché, a differenza delle foto, si tratta di nuvole di punti che vanno prima trasformate e poi georiferite.

Fra le tecnologie digitali più recenti, il sistema di rilevamento dall'alto è rappresentato dal SAR, *Synthetic Aperture Radar* (radar ad apertura sintetica), che consente di ottenere immagini ad alta risoluzione da una grande distanza. Il sistema SAR invia lateralmente gli impulsi radar e, grazie a ciò, il radar restituisce al sensore i segnali che colpiscono i diversi oggetti sulla Terra in momenti differenti. Questo consente di distinguere gli oggetti mentre gli impulsi laterali del radar formano le linee dell'immagine; pertanto, la dimensione in *azimuth* viene formata dal movimento e dalla direzione del sensore, che invia e riceve continuamente gli impulsi radar. L'interferometria SAR Satellitare è dunque una tecnica di telerilevamento attraverso la quale è possibile ricavare mappe di spostamento di processi attuali e passati; essa si basa sul confronto tra

Fig. 3. Aydın Büyüктаş, fotografie multidimensionali ispirate al romanzo Flatland di Edwin Abbot: <<https://www.collater.al/flatland-le-fotografie-multidimensionali-di-aydin-buyuktas/>> (consultato il 17 giugno 2013).





due immagini radar (acquisite in tempi differenti), sulla stessa area dallo stesso sensore, normalmente installato su satelliti in orbita polare intorno alla Terra.

In conclusione, la nostra contemporaneità impone ai rilevatori di territori la comprensione delle potenzialità mutevoli di tecniche e tecnologie che, da decenni, non arrestano il loro sviluppo soprattutto in relazione al mutamento della ricerca che, nel corso dei secoli, si è

sempre più diretta verso metodiche che “ampliassero” la veduta. Se, inizialmente, gli studi si incentravano più su metodiche adoperate per raggiungere fisicamente i punti di vista notevoli, con il tempo ci si è rivolti verso approfondimenti sulla trasposizione di ciò che è possibile vedere, tramite mezzi tecnologici, e come restituire queste informazioni. Non più immaginare, ma documentare ciò che è il reale al fine di raggiungere la massima accuratezza.

#### **Autore**

*Elia Di Nardo*, Campania Sistemi Srl, [edinardo@campaniasistemi.it](mailto:edinardo@campaniasistemi.it)