

IL CONTRIBUTO DELLA SCANSIONE LASER ALL'INGEGNERIA INTEGRATA

Di Alessandro Negrini – Ingegnere libero professionista, esperto di sicurezza

Benché le tecnologie di scansione laser abbiano alle proprie spalle una storia consolidata, l'ultimo decennio è stato accompagnato dall'ottimizzazione di attività e processi che hanno saputo offrire nuovo slancio ad un settore tradizionalmente legato al rilievo topografico e architettonico andando ad interessare anche l'ambito dell'ingegneria integrata con particolare riguardo al recupero (revamping) all'adeguamento normativo di risorse altrimenti destinate alla dismissione.

IL LASER SCANNING IN IMPIANTISTICA

La scansione laser 3D è una risorsa estremamente versatile e diffusa[1] – tradizionalmente legata all'ambito del recupero architettonico e del rilievo topografico / geomatico – che, da oltre un decennio, ha trovato via via una crescente applicazione anche in ambiti differenti, come quello dei montaggi industriali e – non ultima – l'analisi impiantistica (es. estrattiva, produttiva e/o di processo) volta ad un metodico recupero di risorse in termini di adeguamento normativo e di ottimizzazione funzionale (revamping).

Com'è noto, questa tecnologia permette di acquisire in modo rapido e accurato le dimensioni, la geometria e i dettagli di strutture / attrezzature complesse, fornendo un'ampia gamma di dati relativi al contesto reale che possono essere utilizzati per ri-progettare, affinare e – in sintesi – preservare sistemi altrimenti destinati alla sostituzione (ovvero ad una completa dismissione), anticipando molte delle criticità che l'intervento esecutivo potrà presentare sia in termini di costi che di mezzi.

Con ciò, è significativo riconoscere come il laser scanning possa, innanzitutto, contribuire – da un lato – a ridurre i tempi di pianificazione gestionale e – dall'altro – a massimizzare l'affidabilità d'intervento, sia durante la fase di studio di fattibilità preliminare che in quella ispettiva / manutentiva a medio-lungo termine, favorendo – eventualmente – la definizione di circostanze di esercizio ottimali volte a comprimere le tempistiche di fermo-impianto.

Sempre in un'ottica di lungo termine, infine, sono facili da intuire le ricadute positive in materia di sicurezza occupazionale se consideriamo anche soltanto la sensibile riduzione delle ore/uomo destinate alla fase di rilievo tecnico-dimensionale in presenza (e della conseguente esposizione al rischio di infortunio, specie in ambienti confinati e/o a rischio d'incidente rilevante) a fronte della possibilità, una volta che i dati derivanti dalle scansioni abbiano consentito la creazione e l'aggiornamento di un modello digitale predittivo giudicato affidabile (es. digital twin) di fornire un riferimento condiviso che vada a snellire non solo il flusso di lavoro delle tradizionali discipline tecniche (es. analisi stress e strutturale, in primis), ma si possa integrare con tutte le funzioni di gestione dell'impianto stesso (HSE, logistica ecc.).

COME FUNZIONA IL LASER SCANNING?

All'atto pratico, la tecnologia di scansione laser 3D si basa sull'impiego di un dispositivo elettro-ottico meccanico che rileva autonomamente gli oggetti circostanti nella loro esatta collocazione spaziale (ossia, nelle tre dimensioni): perché questo avvenga, si ricorre solitamente ad un sistema che non altera in alcun modo le superfici esaminate, ma ne stima la posizione rispetto alla fonte di emissione sulla base di diversi fattori come il tempo di ritorno (Time of Flight - TOF) o la variazione di fase.

In questo modo, è possibile raccogliere un'articolata sequenza di input digitali in un lasso di tempo relativamente contenuto (pochi minuti per ogni singola posizione di scansione), generando quindi una cosiddetta "nuvola di punti" (un insieme di coordinate dimensionali nello spazio), che costituiscono la rappresentazione informatica dell'ambiente scansionato.

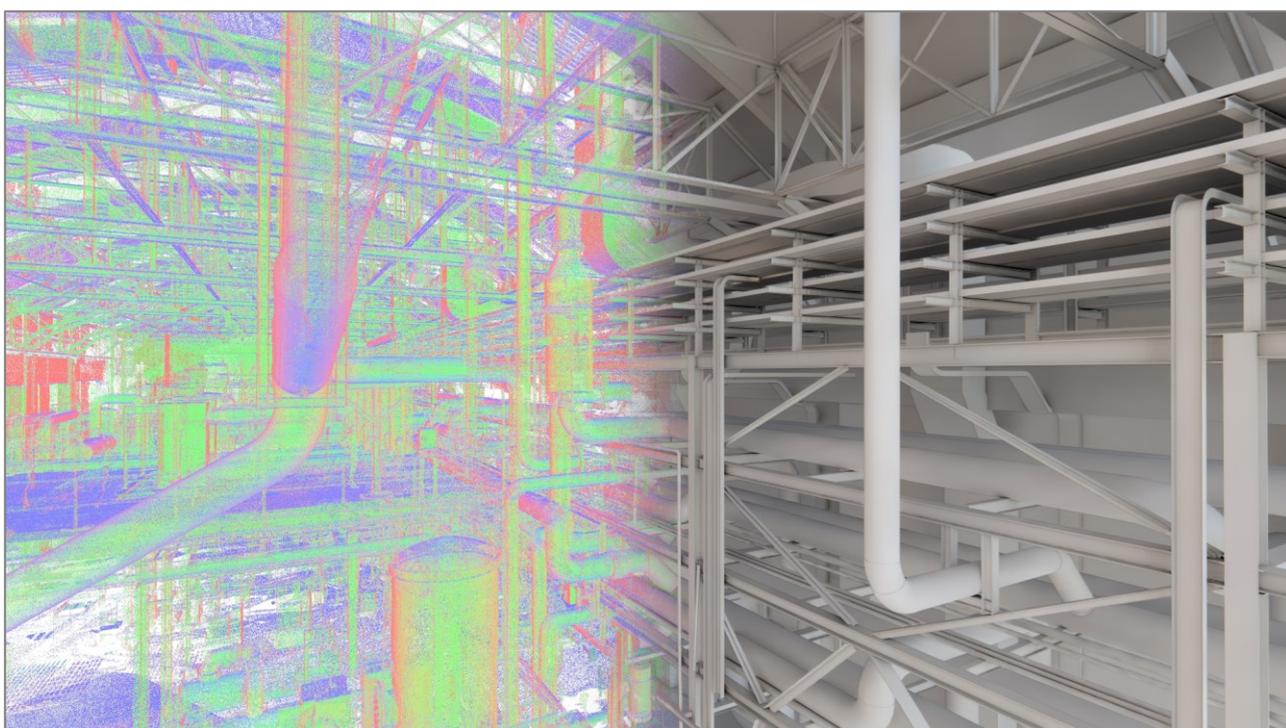


Figura 1 - Nuvola di punti (a sinistra) e modello derivato (a destra) [Fonte: WESCAN Solutions, 2023]

I dati grezzi così ottenuti costituiscono una notevole mole di informazioni che vanno a ricomprendere differenti elementi d'interesse (es. caratteristiche superficiali, trame, colori ecc.) e rappresentano la fonte di informazioni per successive elaborazioni oltre che per ottenere diversi tipi di output utilizzabili in ambito esecutivo (es. modelli tridimensionali, planimetrie, montaggi e sezioni, P&ID, immagini statiche o video).

Una campagna di rilievo è solitamente articolata in fasi sequenziali per permettere di eseguire molteplici acquisizioni da diverse angolazioni / posizioni, combinandone i risultati per definire un modello 3D completo e accurato.

I sistemi di scansione a tempo di volo (TOF) e quelli a modulazione di fase (Phase-Shift Laser Scanning)[2] risultano, di solito, adatti al rilievo di superfici di dimensioni medio-grandi con dettaglio massimo pari a 4-5 mm e un campo d'azione che va dal mezzo metro ai 2 Km.

È notevole la diffusione di nuovi sistemi di mappatura e digitalizzazione basati su tecnologia SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)[3]. Questa nuova famiglia di strumenti utilizza la scansione laser per creare in tempo reale la mappa dettagliata di un ambiente servendosi di algoritmi che combinano i dati di ritorno generati da laser, telecamere e altri sensori per raccogliere informazioni utilizzabili in una notevole varietà di applicazioni. In quest'ottica, l'aspetto focale è legato alla simultaneità, per l'appunto, delle funzioni di localizzazione (ossia, dell'esatta determinazione della posizione del sensore nell'ambiente) e di mappatura secondo un processo continuo, perfezionato iterativamente man mano che si raccolgono nuovi riscontri. Uno dei principali vantaggi dei sistemi SLAM, quindi, è che possono essere impiegati senza il bisogno di informazioni pregresse (es. tracciati, rilievi ecc.) né di altre cognizioni preliminari legata al contesto da scansionare, rendendo possibile confrontarsi con ambienti sconosciuti e/o dinamici in cui i metodi di rilevamento tradizionali potrebbero essere troppo lenti, o persino inapplicabili.



Figura 2 - Scansione 3D in impianto [Fonte: WESCAN Solutions / 3Units Technologies, 2023]

In generale, la versatilità dei sistemi SLAM è anche una delle ragioni che li rende particolarmente diffusi nei settori della robotica e dei mezzi a guida autonoma, specie se associati a forme più o meno strutturate di IA cui demandare:

- la calibratura preliminare dei dispositivi secondo modelli di apprendimento iterativo (deep learning) al fine di ridurre il "rumore di fondo" durante il rilievo in campo compensando i problemi generati dall'eventuale presenza di superfici di difficile lettura (es. in movimento, trasparenti, scarsamente riflettenti ecc.);
- la tempestiva correzione di errori e incongruenze migliorando l'affidabilità attesa del processo di generazione della nuvola di punti, nell'intento di comprimere i tempi di successiva ri-elaborazione anche di un terzo rispetto ai modelli tradizionali.

Ad oggi, grazie alla riduzione di dimensione e di peso, i sistemi di scansione laser possono essere facilmente trasportati manualmente, ovvero montati su autoveicoli in movimento e/o droni per consentire il rilievo in quota anche in aree altrimenti difficili da ispezionare (es. rack, camini, colonne ecc.).

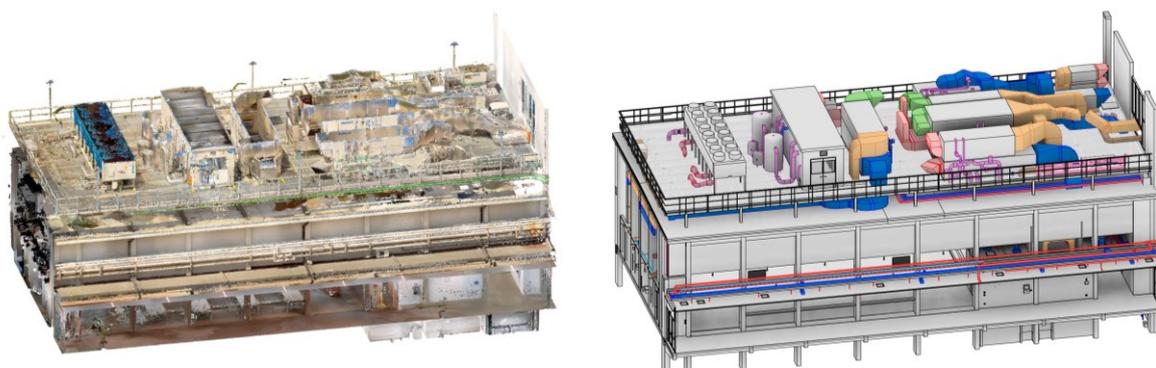


Figura 3 – Nuvola di punti da mobile laser scanner - Modello
As-Built [Fonte: WESCAN Solutions / 3Units Technologies, 2023]

UNA PROSPETTIVA IN EVOLUZIONE COSTANTE

In termini di hardware, la leadership nello sviluppo di nuovi dispositivi di laser scanning all'avanguardia rimane affidata a nomi quali, ad esempio, Hexagon / Leica Geosystems part of Hexagon, Faro Technologies, Trimble, Z+F e RiegI, che garantiscono una gamma di soluzioni in continua crescita anche a fronte di uno sviluppo dell'offerta a basso costo dei sistemi LiDaR di manifattura orientale[4].

Anche nell'ambito del software specialistico, esistono molteplici alternative per gestire e analizzare i dati ottenuti attraverso la tecnologia di scansione laser 3D, con pacchetti proposti dai protagonisti di un mercato in continua espansione (es. Faro Scene, Leica Cyclone, Trimble RealWorks, HxGN SmartNet, LaserControl ecc.) e focalizzato sulla necessità di soddisfare (se non anticipare) le richieste:

- degli operatori impegnati nell'attività sul campo, caratterizzata dalle criticità più disparate nonché da una marcata preferenza per i dispositivi più compatti e resistenti (rugged hardware) da poter utilizzare in condizioni-limite (es. visibilità ridotta, umidità molto elevata, pioggia o neve ecc.) senza pregiudicarne l'accuratezza;
- dei professionisti della progettazione integrata cui viene demandato il compito di analizzare, selezionare ed elaborare il range di dati prodotto nell'arco delle singole campagne di rilevamento confrontandosi, ancora oggi, con molte incognite di leggibilità, consistenza e/o portabilità dovute sovente ai limiti posti dalle infrastrutture informatiche della committenza;
- degli specialisti di manutenzione e sicurezza che devono comunque poter affiancare le informazioni derivanti dall'attività di scansione 3D ai dati ottenuti mediante altre tecnologie (es. reality capturing, imaging diagnostico ecc.) ottenendo un quadro d'insieme completo e coerente;
- delle imprese che desiderano preservare, rivalutare e modernizzare le proprie risorse, migliorandone al contempo la maturità digitale soprattutto al fine di estenderne il ciclo di vita utile attuando un notevole sforzo previsionale (asset lifecycle intelligence).



Figura 3 - Scansione 3D in impianto [Fonte: WESCAN Solutions / 3Units Technologies, 2023]

NOTE

[1] La sinergia offerta, al contempo, tra un hardware sempre più compatto e la proposta di nuovi software di acquisizione dotati di precisione via via crescente hanno reso il laser-scanning un mezzo consolidato sempre più accessibile (in termini di gestibilità così come di convenienza economica) favorendone l'adozione da parte di una gamma diversificata di protagonisti che spazia dalle grandi imprese ai singoli studi privati con una diffusione a livello mondiale, almeno per quanto concerne le realtà con forti esigenze di sviluppo in termini di infrastrutture (es. Cina, India, Pakistan ecc.).

[2] Questi dispositivi si servono, appunto, di un interferometro a sfasamento per misurare la distanza tra lo scanner e gli oggetti circostanti. L'interferometro scinde il raggio laser in due fasci distinti che vengono poi ricombinati: la differenza di fase viene quindi utilizzata per calcolare la distanza effettiva.

[3] Anche in questo ambito esistono, poi, diverse opzioni (es. Visual SLAM, LiDAR SLAM, SLAM monoculare ecc.) a loro volta legate alle specifiche tecnologie adottate e agli algoritmi che ne ottimizzano il funzionamento per differenti contesti. A tal riguardo, si veda – tra le molte fonti d'interesse – lo studio di Xiaoyun Lu et al., "DM-SLAM: Monocular SLAM in Dynamic Environments" (Applied Science, 2020) e la pubblicazione di Dinar Sharafutdinov, "Comparison of Modern Open-Source Visual SLAM Approaches" (2021).

[4] A tal riguardo, si legga l'interessante "È iniziata la guerra del LiDaR nel mondo della geomatica e non solo" di Domenico Santarsiero (INGENIO, 2022).