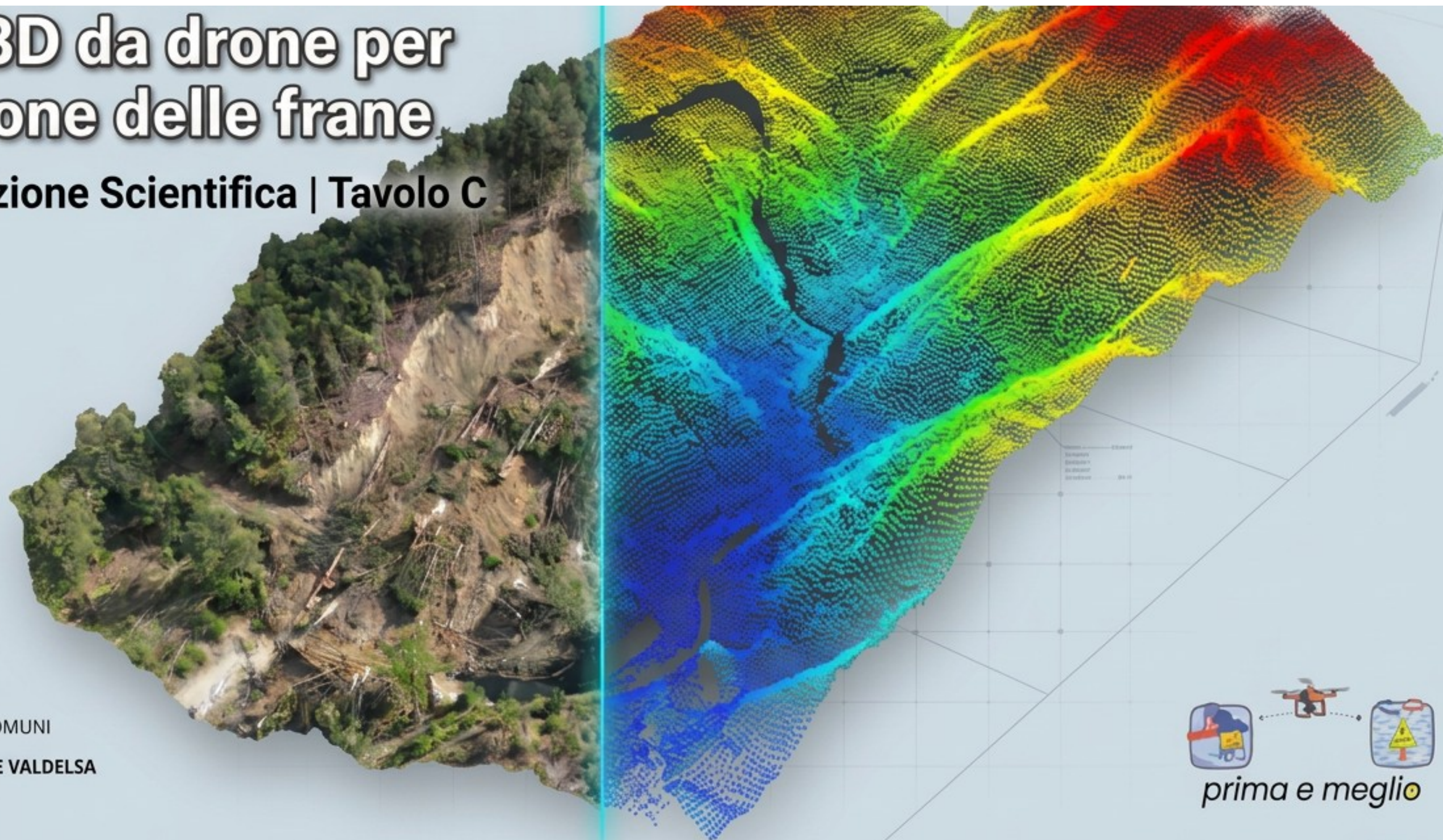


Il dato 3D da drone per la gestione delle frane

L'Interpretazione Scientifica | Tavolo C

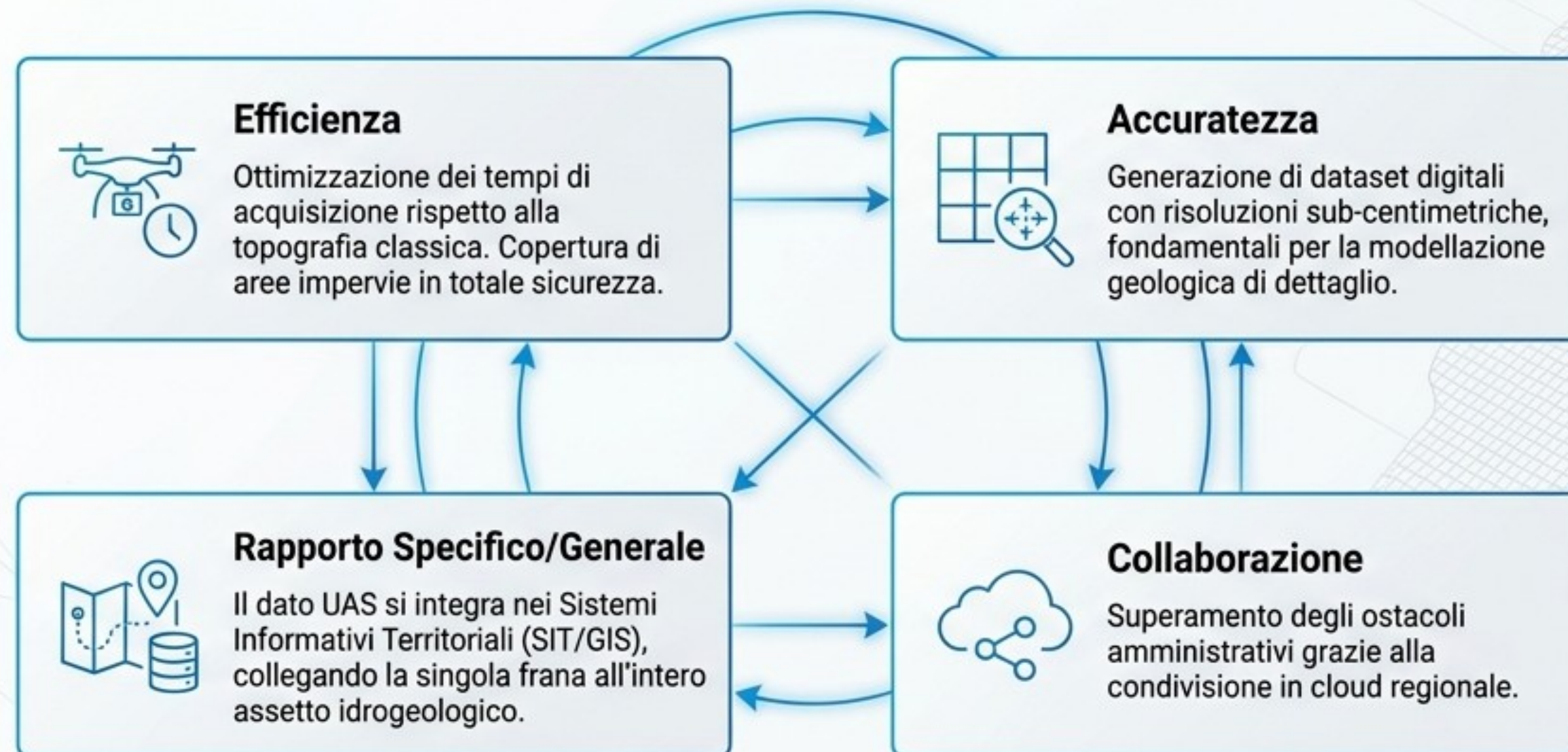


Dalla Visualizzazione al Gemello Digitale

Il sistema UAS (Unmanned Aerial System) non è più un semplice strumento di ripresa. È un sensore GIS dinamico integrato in una complessa architettura di dati. Il progetto **3D-Data** (finanziato tramite fondi FESR 2021-2027) dota gli enti locali di una piattaforma per l'acquisizione e la gestione autonoma di modelli tridimensionali ad alta precisione.

Il dato 3D non serve a essere visto, serve a essere usato.

Trasformare il territorio in una Smart Land in cui le decisioni si basano su **informazioni oggettive e tempestive** in un processo data-driven.



Il Ruolo del Professionista:

Occorrono geologi e tecnici qualificati non solo per leggere l'output, ma per impostare le regole d'ingaggio (es. rilievo speditivo vs rilievo di precisione con GCP).

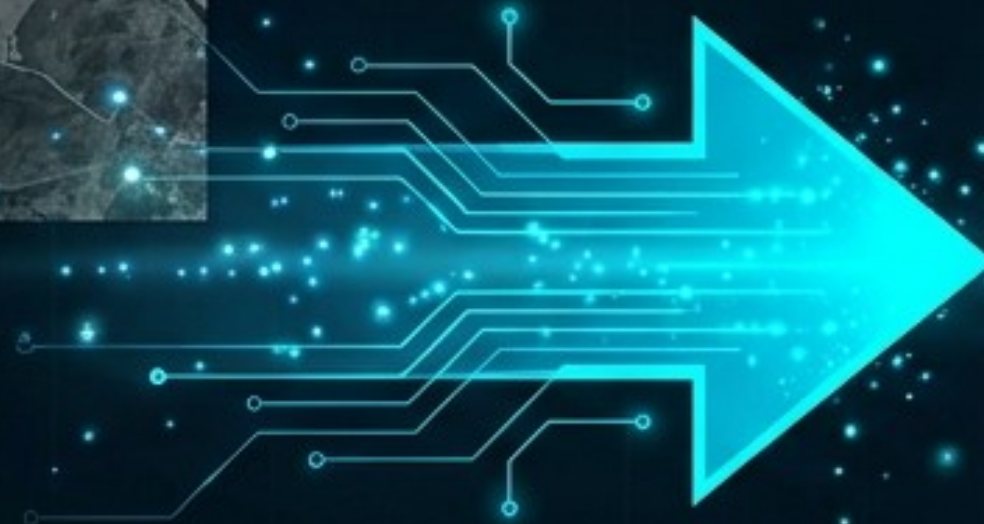
Il valore risiede nella capacità di estrarre rapidamente parametri geologici prioritari.

OLTRE LA PERCEZIONE VISIVA: IL GEMELLO DIGITALE



Volo Ricognitivo

Video = Consapevolezza
(Capire cosa sta succedendo)

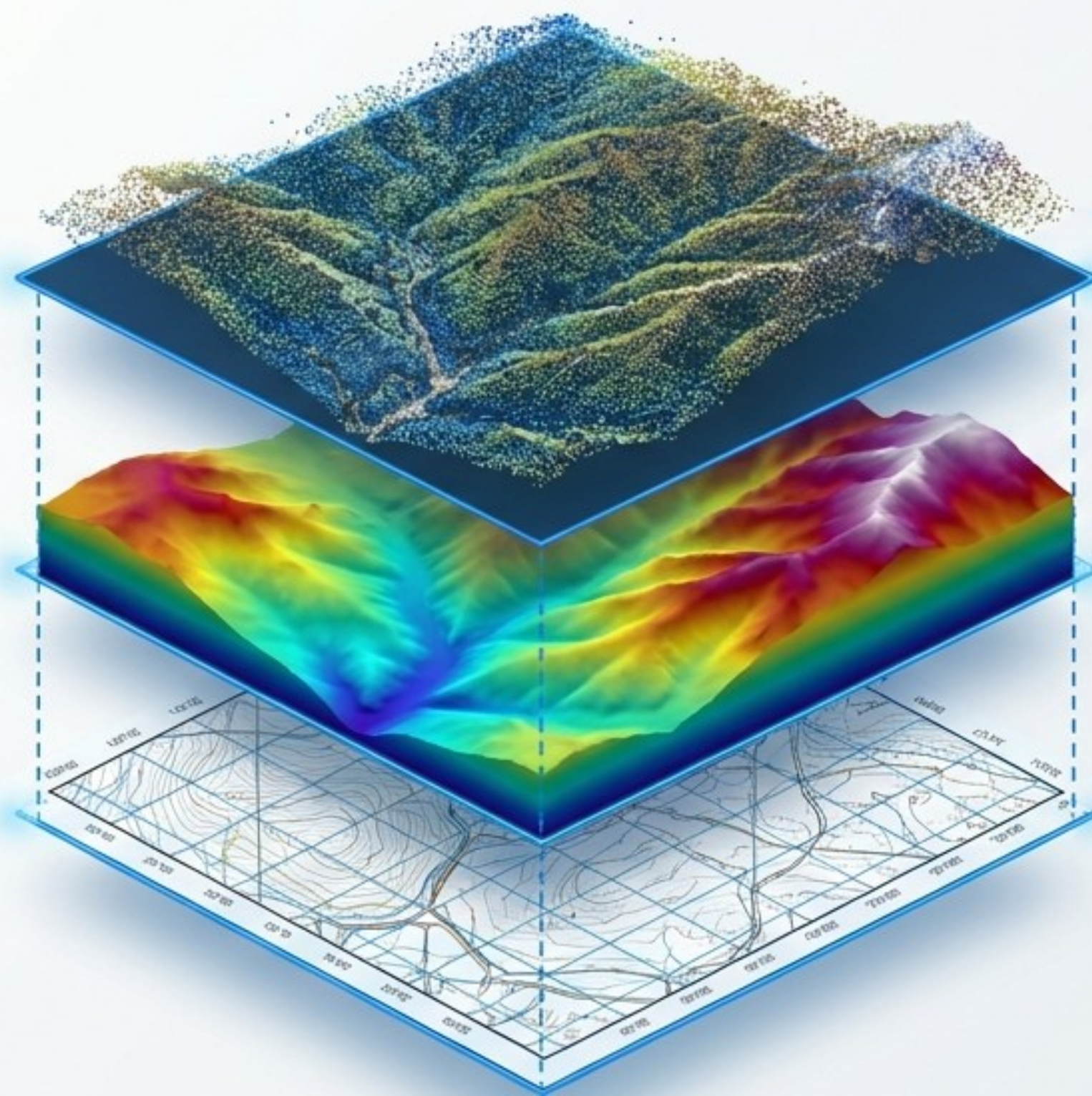


**Rilievo Fotogrammetrico
Gemello Digitale = Misura
(Calcolare come intervenire)**

Il dato 3D non è una semplice fotografia dall'alto,
ma un **database tridimensionale** navigabile e misurabile.
La piattaforma **regionale 3D-Data** trasforma il volo in cartografia tecnica istantanea.

Il Gemello Digitale nella Gestione del Rischio

Una rappresentazione digitale fedele e misurabile del territorio. Un ecosistema virtuale progettato per interrogare il dato spaziale, base per simulazioni, misurazioni ingegneristiche e analisi avanzate.



Fase 1: La Replica Metrica

Non un'estetica visiva, ma una ricostruzione della stratigrafia digitale del dissesto tramite fotogrammetria.

Fase 2: Isolamento Morfologico (DTM)

Rimozione digitale degli ostacoli visivi (vegetazione) per esporre la morfologia pura del terreno.

Fase 3: Confronto Multitemporale

Sovrapposizione di DTM nel tempo per mappare le variazioni: erosione, pendenze reali e calcolo centimetrico dei volumi di accumulo/scavo.

Il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS)

La vera sfida scientifica: tradurre milioni di punti nello spazio 3D in informazioni utili.

- Estrazione parametri: Pendenze, analisi cinematiche, simulazioni idrauliche.

L'Output: Un dato numerico e cartografico inconfutabile per amministratori e Protezione Civile, vitale per pianificare allerte e mitigazione.

Modulare la Piattaforma: Il Protocollo Operativo

L'organizzazione Hub & Spoke (Centro Intercomunale e singoli Comuni) richiede protocolli rigorosi di flusso informativo sulla piattaforma 3D-Data, differenziati per fase calamitosa.



1. Ordinarietà e Tempo di Pace (Pianificazione e Prevenzione)

L'Approccio: Il drone come strumento di indagine scientifica. Voli programmati per la mappatura preventiva (versanti, argini).

L'Uso su 3D-Data: Creazione di Modelli Digitali (DTM/DSM) ad altissima precisione.

Obiettivo: Creare il gemello digitale di partenza, un termine di paragone pulito pre-evento.

2. L'Emergenza Conclamata (Intervento Tattico)

L'Approccio: La vita umana ha la priorità sul millimetro (Ricerca SAR, perimetrazione allagamenti). Attivazione protocollo L2-Mapping.

L'Uso su 3D-Data: Rilievo speditivo caricato senza GCP.

Obiettivo: Ortofoto o DTM rapido (< 2 ore) per calcolo volumi, chiusura strade e mezzi in somma urgenza.

3. Il Post-Emergenza (Censimento e Ripristino)

L'Approccio: Ritorno alla necessità di precisione assoluta per la burocrazia e i cantieri. Protocollo L3-Engineering.

L'Uso su 3D-Data: Rilievo ad altissima precisione (RTK/GCP). Nuvole dense e modelli navigabili.

Obiettivo: Censimento speditivo (AeDES digitale) e sezioni esatte per la progettazione del consolidamento.

La Scala dell'Urgenza: Adattare lo strumento allo scenario

Tre casi studio reali dell'Empolese Valdelsa, tre approcci metodologici distinti.



Fase 1: Emergenza (Ore)

- Caso: Vinci
- Metodo: Rilievo Speditivo (L2 Mapping)
- Obiettivo: Decisione tattica e riapertura viabilità

Fase 2: Progettazione (Giorni)

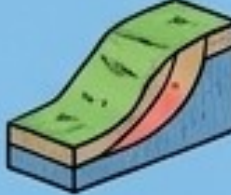
- Caso: Casale
- Metodo: Rilievo di Precisione (L3 Engineering)
- Obiettivo: Consolidamento strutturale

Fase 3: Strategia (Mesi/Anni)

- Caso: Montespertoli
- Metodo: Monitoraggio Evolutivo
- Obiettivo: Analisi cinematica e integrazione satellitare

Le Tre Scale del Dissesto: Criteri di Analisi

Il Gemello Digitale e il rilievo da drone cambiano pelle a seconda della scala del problema. Tre scale di grandezza, tre approcci metodologici diversi, un unico ecosistema digitale.

 La Micro-Scala (L'Evento Localizzato)	 La Meso-Scala (Il Versante)	 La Macro-Scala (Il Sistema Urbano)
Caso Studio: Vinci (Frana su carreggiata)	Caso Studio: Casale a Certaldo (Fronte esteso)	Caso Studio: Montespertoli (Dissesto imponente sull'abitato)
Focus Temporale: L'immediato (prime ore dall'evento)	Focus Temporale: La progettazione (giorni o settimane)	Focus Temporale: Lungo periodo
Dimensione: Dissesto medio-piccolo e circoscritto.	Dimensione: Fronte sub-verticale che minaccia infrastrutture.	Dimensione: Settore urbano integro minacciato, opere classiche inefficaci.
Approccio (Urgenza Tattica): Rapidità sopra la precisione millimetrica. Rilievo speditivo per stimare volumi, attivare i mezzi d'opera e riaprire la viabilità.	Approccio (Consolidamento Ingegneristico): Rilievo di precisione (GCP). Uso del DTM chirurgico per spogliare il versante, calcolare pendenze e dimensionare palificate.	Approccio (Monitoraggio Strategico): Integrazione dell'altissima risoluzione drone con l'interferometria satellitare. Gestione di scenari estremi.



Caso Studio 1: Vinci (Micro-Scala)

Gestione dell'Emergenza e Somma Urgenza

Il Contesto:

- Frana medio-piccola riattivatasi (Marzo 2025).
- Riversamento di materiale detritico sulla carreggiata.
- Conseguente isolamento totale dei fabbricati adiacenti.

L'Uso del Dato (Codice Rosso):

- **Approccio:** Rilievo speditivo in piena emergenza.
- **Esecuzione:** Caricamento rapido sulla piattaforma 3D-Data senza l'uso di punti di controllo a terra (GCP).
- **Output:** Generazione di Ortofoto, DMS (Superfici) e DTM (Terreno). Il layer restituisce istantaneamente la conformazione esatta della lingua di terra sulla strada.

Azione Decisiva:

- Calcolo ultrarapido dei volumi di terra per attivare i mezzi d'opera appropriati, ripristinare la viabilità nel minor tempo possibile e posticipare la progettazione del consolidamento alla fase di post-emergenza.

Caso Vinci: L'emergenza e il rilievo speditivo

Il Contesto



L'Output



Regole d'ingaggio: Nessun GCP (Ground Control Point) a terra, caricamento rapido su piattaforma.



Output Geologico: Calcolo immediato dei volumi di terra franti.



Decisione: Attivazione dimensionata dei mezzi di sgombero per riaprire la viabilità in sicurezza.

CASO STUDIO 2

CASALE (CERTALDO) – Progettazione e Consolidamento

Il Rilievo di Precisione: dalla gestione dell'emergenza al calcolo ingegneristico.

IL CONTESTO



La Minaccia:

Frana estesa attiva su depositi sabbiosi/limosi. Minaccia imminente per la strada comunale e le abitazioni vicine.

L'Emergenza:

- Arretramento pericoloso della corona di frana.
- Necessità di chiusura immediata della carreggiata.
- Verifica delle condizioni di isolamento e case da evacuare.

L'EVOLUZIONE DEL DATO

Fase 1: Rilievo Speditivo	Fase 2: Rilievo di Precisione
Volo manuale, senza punti a terra (No GCP). Individuazione rapida di fratturazioni e blocchi in bilico per decisioni in urgenza.	Alta risoluzione con Ground Control Points (GCP) a terra per modellazione 3D accurata e DTM.



Dalla panoramica 3D (alto) al dettaglio del fronte e al Modello Digitale del Terreno nudo (basso).

L'AZIONE

LA PIATTAFORMA COME STRUMENTO INGEGNERISTICO

Transizione da strumento di pura osservazione a base di calcolo per il progetto di consolidamento:

Stima: Valutazione quantitativa delle criticità geomorfologiche.

Calcolo: Computo preciso dei volumi di scavo e movimentazione terra.

Verifica: Supporto analitico alle verifiche di stabilità del versante.

Caso ➡ Casale: Dalla nuvola alla progettazione

La transizione dall'emergenza alla fase di consolidamento strutturale richiede la certezza del dato (**Protocollo L3 Engineering**).

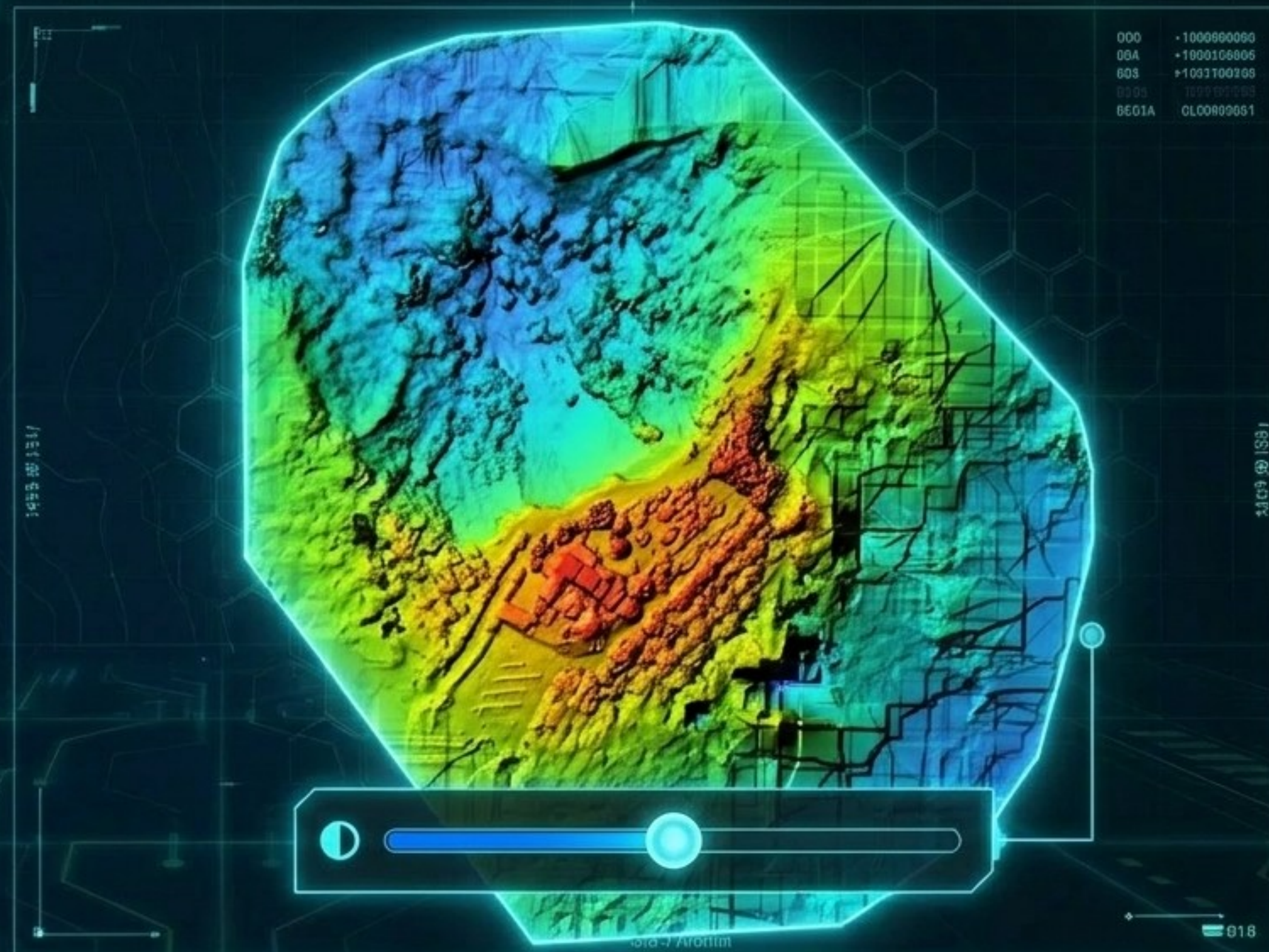
- **L'ancoraggio alla realtà:** Utilizzo di droni RTK e posizionamento di target GCP a terra.
- **Affidabilità centimetrica:** Il modello 3D diventa la base ufficiale per la stima dei danni e la progettazione delle opere di contenimento.
- **Interoperabilità:** Esportazione diretta dei file (.GeoTIFF, .LAS) per l'ingestione nei software AutoCAD e GIS dell'Ente.

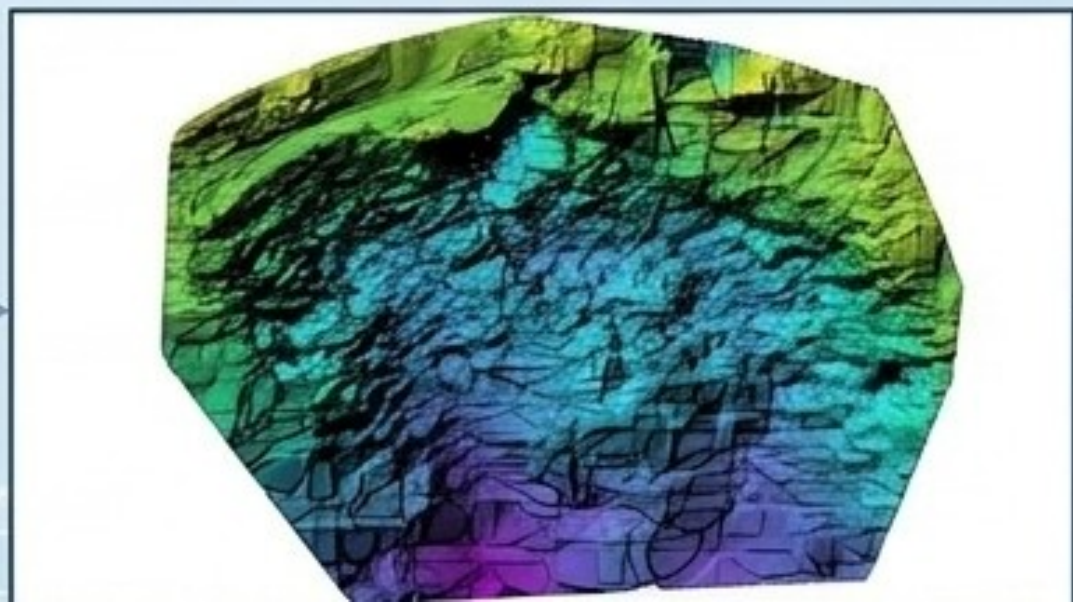
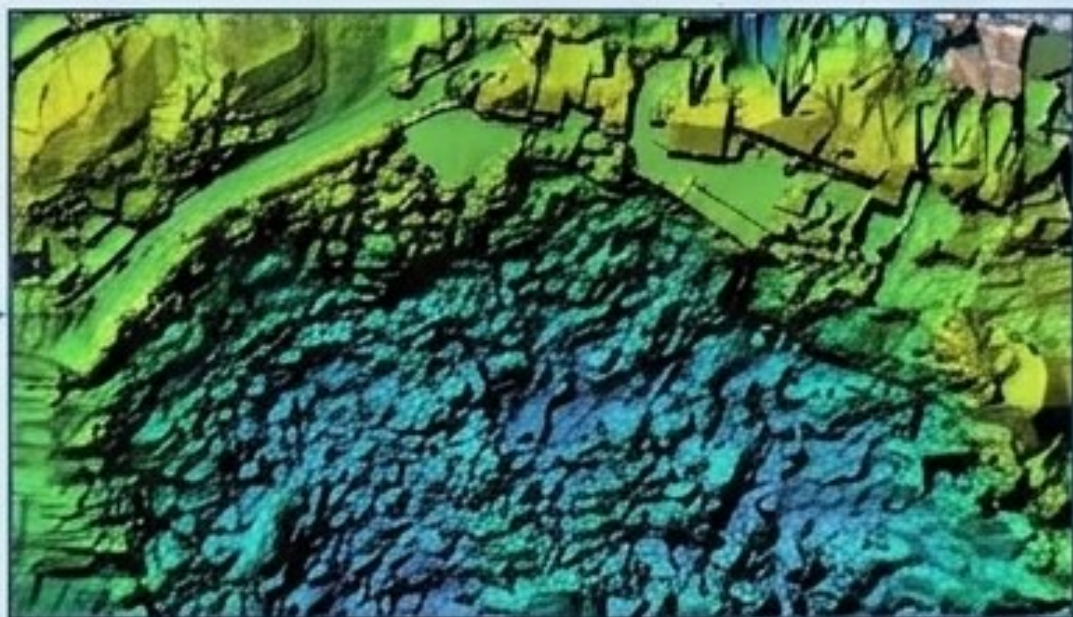


Caso Leggere il terreno: La forza del DTM

Il Modello Digitale del Terreno (DTM) rimuove matematicamente la copertura arborea e vegetazionale.

- L'algoritmo restituisce al geologo l'analisi morfologica pura:
- Identificazione chiara delle scarpate di frana.
- Lettura delle linee di deflusso delle acque superficiali.
- Analisi delle pendenze reali senza l'interferenza del sottobosco.





Caso Studio 3: Montespertoli (Macro-Scala) Monitoraggio Strategico e Integrazione Dati

Il Contesto:

- Dissesto di dimensioni enormi a diretto contatto con l'abitato.
- Le opere di consolidamento tradizionali risultano inefficaci o impraticabili date le proporzioni del fenomeno.

L'Uso del Dato:

- L'ortofoto ad altissima risoluzione e i Modelli di Elevazione (DTM, DMS) rivelano come la frana avvolga integralmente un ampio settore urbano.
- Data l'impossibilità di un intervento ingegneristico risolutivo immediato, il drone fornisce l'altissima risoluzione spaziale necessaria per istituire un monitoraggio continuo del fronte.

Azione Decisiva (Integrazione Satellitare):

Gestione dell'elevato rischio urbano attraverso la pianificazione di scenari estremi (inclusa la valutazione di delocalizzazioni). Si innesca l'integrazione tra i dati 3D da drone (risoluzione spaziale) e i dati di interferometria satellitare (risoluzione temporale) per un controllo millimetrico e costante dei movimenti.

Caso Montespertoli: Monitoraggio strategico

Dissesti complessi richiedono una visione a lungo termine. Il drone non cattura un singolo scatto, ma costruisce una serie storica.

- **Cinematica del dissesto:** Sovrapposizione di modelli 3D nel tempo per misurare spostamenti, subsidenze e variazioni altimetriche.
- **Prevenzione:** Valutazione continua dell'evoluzione della frana per anticipare le criticità strutturali.
- **Archivio Metrico:** Costruzione di una Memoria Storica Eventi integrata nel Sistema Informativo Territoriale (SIT).



Rilievo T0

Rilievo T1

Rilievo T2

Time 08:31:520 Date -0.00000

Time 02:05:303 Date 0.00000

Time 00:22:000 Date 0.00000

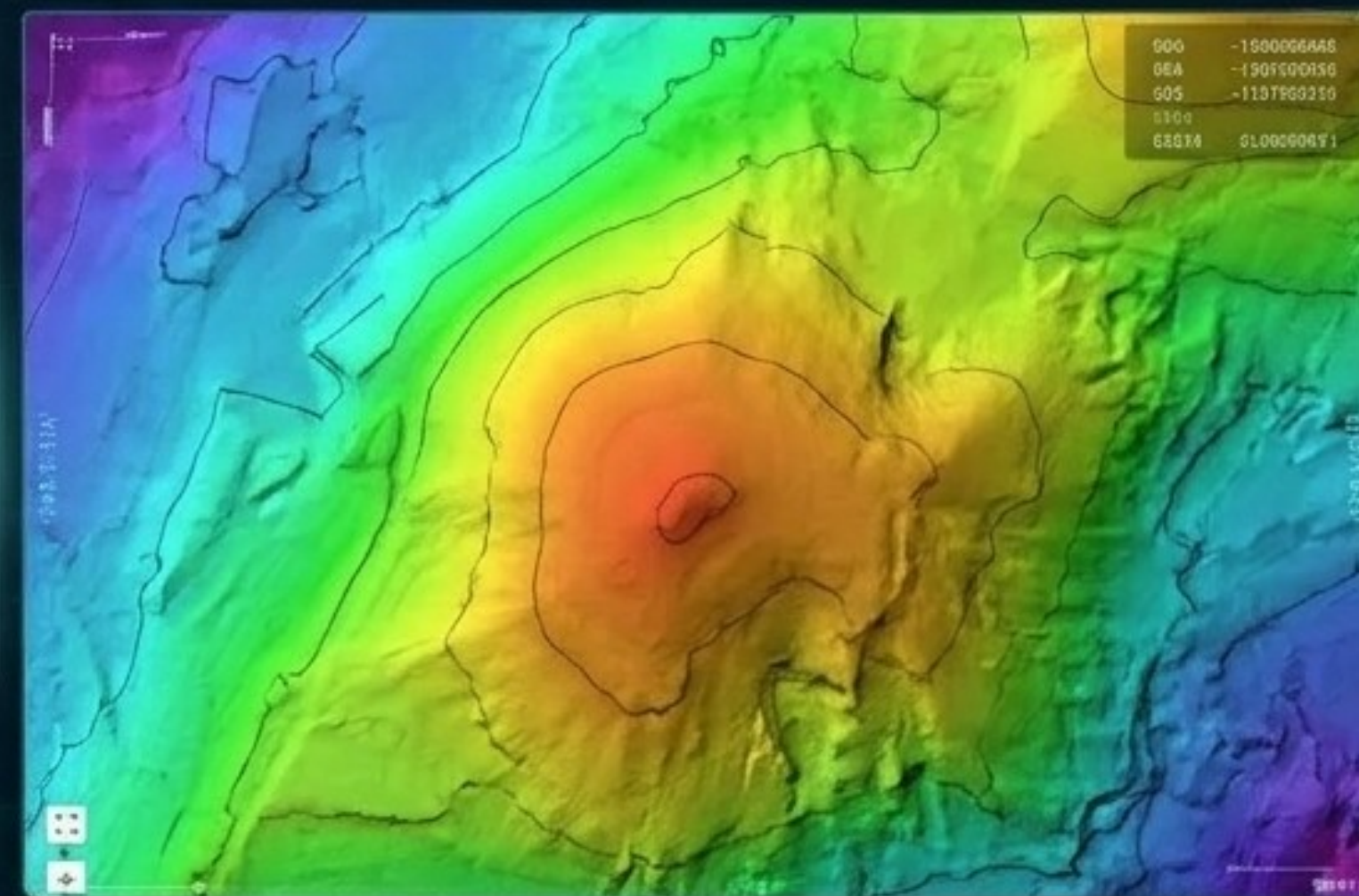
Multi-Layer Analysis: L'algoritmo al servizio del geologo

La capacità computazionale della piattaforma filtra gli elementi antropici e naturali, isolando l'infrastruttura geologica per un'interpretazione scientifica incontaminata.

DSM (Superficie + Edifici/Vegetazione)



DTM (Terreno Nudo)

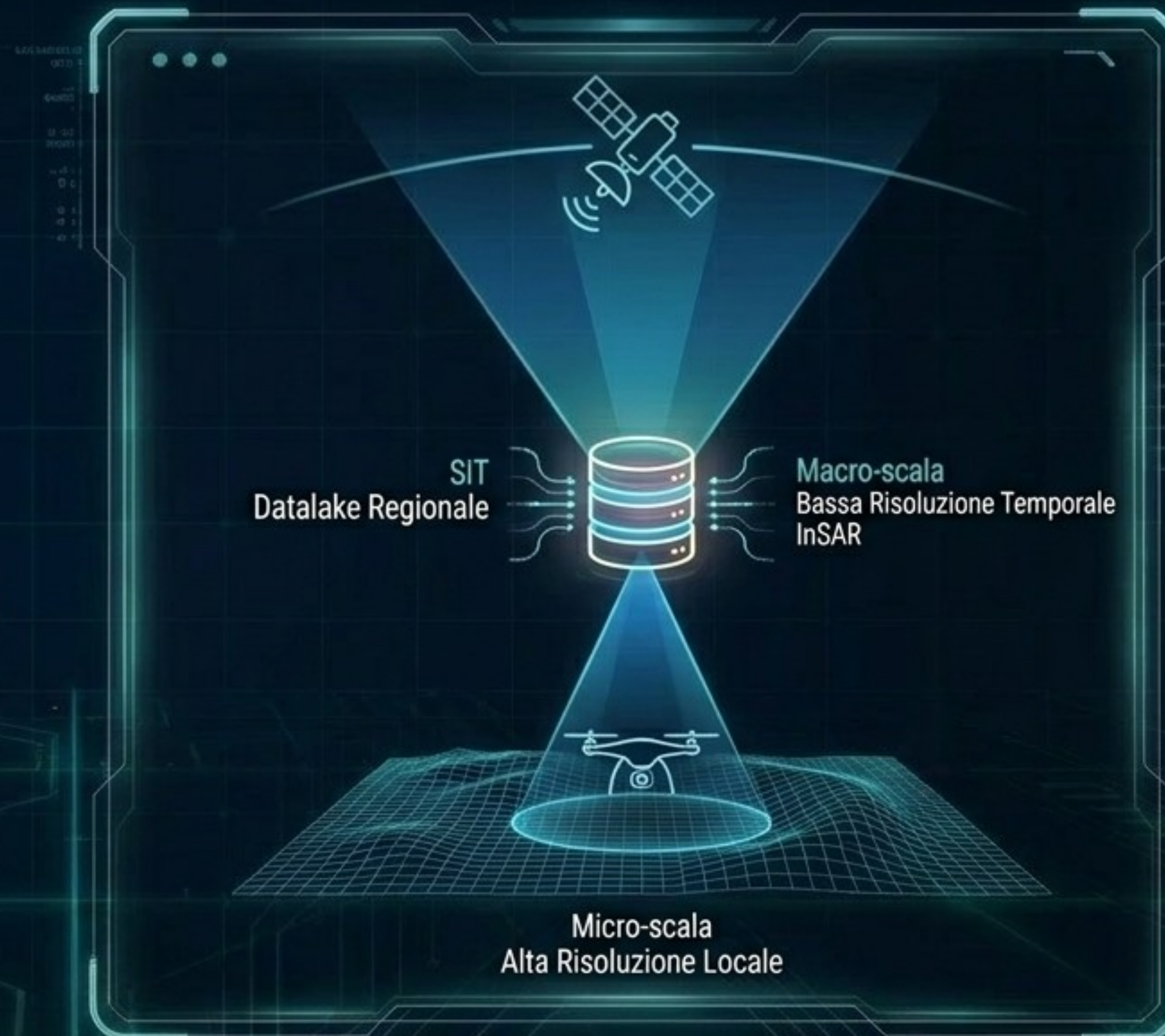


La Sinergia dei Dati: Drone e Interferometria

Come il dato locale ad altissima risoluzione compensa i limiti fisiologici del monitoraggio satellitare InSAR.

- Il **satellite** fornisce i trend millimetrici su vasta scala.
- Il **drone** garantisce la verifica sul campo tempestiva e l'analisi volumetrica locale.

Un ecosistema informativo integrato per decisioni più sicure.





Il Salto Tecnologico: Dagli Scarponcini al Gemello Digitale

La professione si evolve: il tradizionale rilievo in campagna fatto di scarponcini, bussola e martello si estende all'esplorazione sicura del gemello digitale.

Il Geologo come Regista del Dato

La vera sfida non è solo leggere un modello 3D, ma saperlo chiedere. Il professionista deve dettare le regole d'ingaggio al pilota UAS (speditivo per urgenze vs millimetrico con GCP per fratturazioni). Senza questa regia, il dato è visivamente bello, ma scientificamente inutile.

Integrazione, Non Sostituzione

Il salto tecnologico non confina l'analista dietro un monitor. Solo l'esperienza fisica, il contatto diretto con la terra e la conoscenza sporca di fango permettono di validare il dato digitale. È il campo che rivela le zone di incomprensione (es. vegetazione fitta sfuggita al DTM).

Le due anime, quella da campo e quella digitale, si fondono oggi in una nuova, più potente professionalità a tutela del territorio.