

AUTeC

Associazione Universitari di Topografia e Cartografia

GEOMATICA

La *Geomatica* è la disciplina che si occupa di acquisire, modellizzare, interpretare, elaborare, archiviare e divulgare informazioni georeferenziate, ovvero informazioni caratterizzate da una posizione in un prescelto sistema di riferimento.

L'Associazione Universitari di Topografia e Cartografia (AUTeC) si è costituita il 9 febbraio 1998 a Bologna; raccoglie i docenti universitari di ruolo e fuori ruolo e i ricercatori inquadrati nel settore scientifico disciplinare ICAR/06 (Topografia e Cartografia), corrispondente al settore concorsuale 08/A4 Geomatica.

Le finalità dell'AUTeC sono

- creare un luogo di incontro per discutere problemi di sviluppo della ricerca, di allocazione delle risorse e di promozione di iniziative didattiche e di formazione,
- intervenire in ogni sede per promuovere il potenziamento delle discipline del settore,
- coordinare le iniziative nei riguardi del MIUR, del CNR, degli Enti cartografici dello Stato e di altri organi, nazionali e internazionali, comunitari e non, con cui si interfaccia la docenza universitaria per portare avanti una politica di richieste e di scelte coordinate,
- promuovere quanto necessario per migliorare la qualità dell'insegnamento e delle discipline del settore e il loro impatto sulla realtà produttiva del Paese,
- diffondere in maniera sistematica le informazioni che riguardano il settore.

Appuntamenti nazionali e internazionali

- Incontri AuTeC
- 2GG (2 Giorni di Geomatica), incontro nazionale dei dottorandi di Geomatica
- Giornata della Misurazione
- Convegno SIFET
- Conferenza Nazionale ASITA
- Iniziative ISPRS



AUTeC e Dottorato di Ricerca

L'AUTeC si è impegnata da tempo con diverse iniziative, a testimonianza del valore che i docenti del settore attribuiscono alla formazione dei giovani ricercatori:

- La pubblicazione di un volume annuale di "Ricerche di Geomatica", che raccoglie i riassunti estesi delle tesi di Dottorato discusse nell'anno. Il volume è curato dal Coordinatore e viene distribuito ai soci AUTeC e nelle sedi più opportune. I lavori pubblicati su "Ricerche di Geomatica", dal 2013 in lingua inglese, vengono resi disponibili anche sul sito AUTeC (www.autec-geomatica.it).
- Un premio annuale in denaro all'autore della tesi di dottorato che viene ritenuta più significativa da parte di una commissione composta dai membri della Giunta corrente; il premio AUTeC, istituito

nel 2005, viene di norma consegnato nell'ambito della giornata inaugurale della Conferenza ASITA. Dal 2013, al fine di promuovere ulteriormente l'attività del Dottorato e di incentivare lo scambio di relazioni e conoscenze tra chi segue questo percorso, viene inoltre realizzata una iniziativa espressamente dedicata a tutti i dottorandi del settore: la "2GG - Due Giorni di Geomatica". Nel 2013 AUTeC ha realizzato a Firenze la prima edizione della Due Giorni di Geomatica. L'iniziativa è rivolta a creare un momento di confronto e discussione tra i dottorandi del settore ICAR/06, sia per incentivare lo scambio di esperienze legate alle ricerche condotte nelle varie sedi che per condividere ed analizzare problematiche specifiche del settore della Geomatica.



TOPOGRAFIA

Moderne tecniche topografiche

Il rilievo topografico ha un ruolo essenziale in ogni campagna di documentazione: grazie ad esso si definisce il sistema di riferimento nel quale vengono riportati tutti i risultati delle operazioni di misura che si differenziano per tecnica o per organizzazione funzionale (spazio e tempo) del lavoro. Gli strumenti utilizzati sono stazioni totali, anche robotizzate, e livelli.

La struttura topologica e organizzativa del lavoro di rilievo topografico è fortemente gerarchica. Si procede con la realizzazione di reti di livelli successivi che dipendono nella loro definizione dai livelli superiori. A livello più alto si definisce la rete principale d'inquadramento che costituisce

la struttura entro la quale vengono realizzate altre sottoreti permettendo il rilievo di dettaglio topografico, il rilievo fotogrammetrico e quello diretto. La rete principale di inquadramento è perciò solitamente realizzata come struttura autonoma, intrinsecamente determinata con misure sovrabbondanti, tali da permettere controlli statisticamente validi. Scopo della rete è quello di potere calcolare le coordinate di un sufficiente numero di punti ai quali saranno collegate le reti secondarie necessarie per:

- la determinazione della scala e dell'orientamento assoluto dei modelli fotogrammetrici;
- il rilevamento di piante, prospetti e sezioni;
- la referenziazione delle parti di rilievo diretto.



Sistemi di posizionamento satellitare

Il sistema di posizionamento satellitare GNSS (Global Navigation Satellite System) è basilare per il rilevamento nell'ambito della Geomatica e delle scienze affini ma ha un ruolo sempre maggiore anche nelle quotidiane nostre attività quotidiane. Le caratteristiche dei nuovi ricevitori sono notevolmente migliorate nel tempo, sia grazie alla rapida evoluzione tecnologica, sia all'avvento di nuove costellazioni quali GLONASS, COMPASS, GALILEO, sistemi di posizionamento autonomi ma che possono integrare il tradizionale e più noto sistema statunitense. Questa multi-costellazione porta l'utente a disporre di un maggior numero di satelliti e poter operare anche in condizione di visibilità satellitare parzialmente occlusa, "rinforzandone" la geometria. La migliore qualità dei segnali trasmessi, i moderni algoritmi di posizionamento, l'ammodernamento del segmento spaziale e di controllo, pongono il sistema di posizionamento GNSS come una tecnica fondamentale nelle discipline della Geomatica, in grado di poter rispondere alla sempre maggiore necessità di georiferire i dati acquisiti con vari sensori per una sinergia con altre discipline. Col posizionamento GNSS si possono ottenere precisioni millimetriche mediante il posizionamento statico e la post-elaborazione dei dati, oppure centimetriche in *real time*

direttamente in campagna, grazie all'utilizzo di correzioni differenziali. Esse possono essere calcolate da una stazione di riferimento (master) oppure, più recentemente, da una rete di stazioni permanenti (NRTK), in maniera da realizzare servizi di posizionamento di precisione su aree regionali o nazionali. Altre applicazioni del posizionamento satellitare sono la materializzazione del sistema di riferimento, la stima della velocità geodinamica delle placche tettoniche, le reti di inquadramento o raffittimento, il rilievo e tracciamento per opere di ingegneria e di mezzi terrestri per il movimento terra, la navigazione di veicoli terrestri e aerei, i rilievi catastali, la determinazione dei punti di appoggio nei rilievi fotogrammetrici e la georeferenziazione di immagini satellitari, ecc. Accanto alle potenzialità del sistema GNSS vanno ricordate anche le criticità che si hanno nelle condizioni in cui la visibilità con i satelliti è limitata o assente. In tali casi, occorre integrare le misure GNSS con altre tecniche e misure da vari sensori, quali piattaforme inerziali, odometri o, come recentemente accade, con immagini digitali in real time.

L'efficienza e utilizzabilità di queste tecniche in tempo reale e la possibilità di portarle nella pratica operativa delle operazioni tecniche, ma anche di servizio al cittadino, rappresenta la sfida di questi anni.



FOTOGRAMMETRIA

Fotogrammetria digitale

Secondo la definizione di “fotogrammetria”, data nel 1892 unendo le parole greche “photo-gramma-metrón” questa metodologia di rilevamento sfrutta “la luce che forma un’immagine per misurare gli oggetti fotografati”. Il rilevamento fotogrammetrico si basa infatti sull’acquisizione e sull’elaborazione di immagini fotografiche, dalle quali si ricostruisce la posizione 3D dei punti fotografati e, quindi, la forma e la posizione 3D degli oggetti definiti da tali punti.

Il principio geometrico fondamentale della fotogrammetria, assai semplice, considera ogni immagine come una proiezione centrale 2D di uno spazio 3D che soddisfa l’appartenenza di tre punti (oggetto, immagine e presa) ad una retta. Grazie a questa condizione di collinearità, note le coordinate di alcuni punti di appoggio e misurandone le coordinate immagine, si stima “come e da dove” sono state acquisite le immagini (orientamento). Sfruttando sempre la stessa condizione geometrica, in seguito si stima “dove” si trovano gli oggetti, misurandone ora le coordinate immagine su almeno due immagini già orientate (restituzione).

L’evoluzione tecnologica ha portato enormi cambiamenti in questa disciplina “giovane”, neanche bi-centenaria: gli attuali strumenti sia di acquisizione (camere) che di elaborazione (restitutori) sono radicalmente diversi da quelli di soltanto pochi decenni fa, fino a casi estremi, quali il rilevamento “aereo” con droni equipaggiati con un’action camera ed il rilevamento con smartphone dotati di app di modellazione 3D a partire dalle immagini acquisite. Queste applicazioni sui generis esemplificano alcuni vantaggi della attuale fotogrammetria, quali i bassi costi dei sensori di acquisizione delle immagini e l’eccellente livello di automazione. Ciò è possibile grazie ad algoritmi di fotogrammetria digitale che automatizzano il riconoscimento di punti significativi sulle fotografie e la loro corrispondenza nelle varie immagini. Queste tecniche, definibili genericamente di image matching, sono implementate in software provenienti dalla computer vision e permettono anche di produrre nuvole di punti 3D e modelli 3D simili a quelli ottenuti dal rilevamento laser scanning. Le applicazioni spaziano dalla produzione di cartografia a grande scala, all’ambito architettonico, industriale, forense.



SCANSIONE LASER

Scansioni laser aeree e terrestri

I sistemi a scansione rappresentano un nuovo ed efficiente metodo per la digitalizzazione e la modellizzazione di oggetti e di porzioni di territorio aventi qualsiasi forma e dimensione.

Un sistema laser a scansione fornisce come risultato diretto di una sessione di misure un insieme di coordinate tridimensionali, generalmente in un sistema di riferimento correlato con lo strumento, riferite ad un numero elevatissimo di punti (nuvole di punti) che vengono colpiti dal raggio laser. La descrizione geometrica digitale dell'oggetto è dunque discreta: quanto maggiore è la risoluzione impostata per l'acquisizione tanto più densa sarà la nuvola di punti e quindi il dettaglio della rappresentazione.

I laser scanner oggi presenti sul mercato sono molti ed ognuno di essi presenta caratteristiche differenti nel principio di acquisizione, nella precisione ottenibile, nella portata e nella velocità

di acquisizione dei dati; sono ancora pochi gli strumenti in grado di offrire una flessibilità tale da poterli utilizzare in ambiti molto differenti. Quindi, in funzione della complessità della forma e delle dimensioni dell'oggetto e considerando il livello di precisione che si richiede, si sceglierà la strumentazione laser più adatta alle singole applicazioni (precisione, portata, campo di acquisizione). La prima distinzione è data da laser distanziometrici oppure laser triangolatori: i primi trovano applicazione in rilievi architettonici e ambientali in cui è richiesta una precisione dei dati dell'ordine del centimetro e dove l'oggetto da misurare presenta dimensioni apprezzabili; i laser triangolatori, invece, vengono utilizzati quando si vogliono informazioni con indeterminatezza inferiore al centimetro e per lo studio di oggetti di piccole dimensioni o particolari architettonici (come capitelli, bassorilievi).



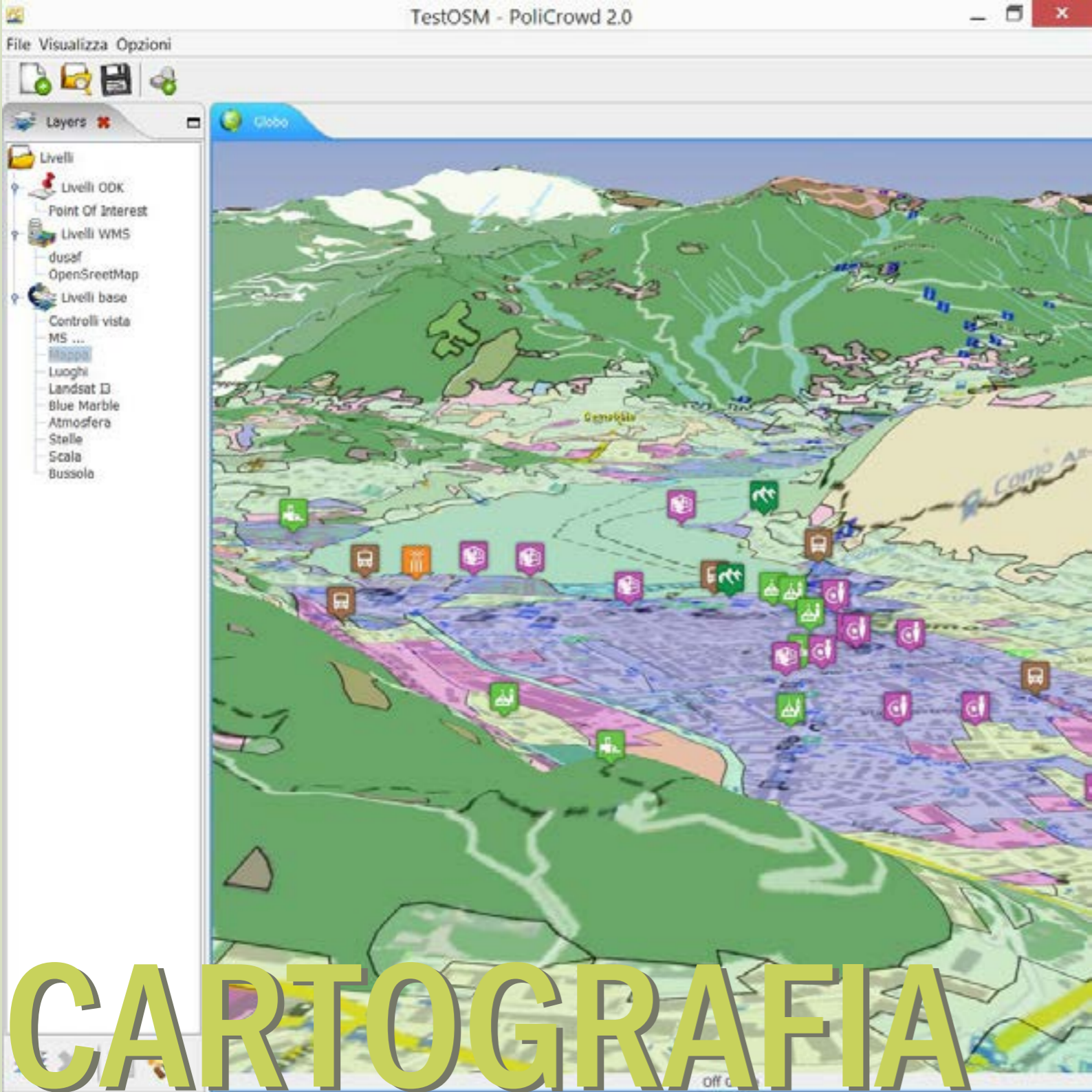
TELERILEVAMENTO

Telerilevamento

Il Telerilevamento è finalizzato a “qualificare” le superfici deducendone alcune proprietà in modo indiretto attraverso la misura della radiazione elettromagnetica da esse riflessa, emessa, trasmessa o assorbita. La misura che si esegue riguarda i flussi energetici provenienti dalle superfici e intercettati da sensori che, nel *proximal sensing* sono collocati su sistemi fissi (paline e carri-ponte) o mobili (veicoli terrestri e droni) posti in prossimità del terreno, mentre nel *remote sensing* propriamente detto, l’acquisizione avviene da piattaforme aeree o satellitari.

Nonostante la radiazione elettromagnetica sia la misura comune, il telerilevamento ha tre anime: ottico, a microonde e termico. Il primo sfrutta la componente elettromagnetica solare riflessa dalle superfici nella regione spettrale del Visibile e dell’Infrarosso Vicino e Medio utilizzando sensori passivi multi- e iper-spetttrali; il secondo elabora il segnale di ritorno generato da sistemi attivi (RADAR) in grado di emettere e ricevere onde elettromagnetiche nella regione spettrale delle microonde; il terzo si occupa dell’energia elettromagnetica emessa dalle superfici (termografia) nella regione spettrale dell’infrarosso termico. Qualunque sia il tipo di telerilevamento considerato, il fondamento è l’analisi del segnale registrato sotto forma di immagine

digitale georiferita finalizzata al riconoscimento delle superfici e alla deduzione di alcune loro proprietà (compresa la forma). Questo permette sia la produzione di cartografia tematica che la mappatura di indici “spetttrali” (di vegetazione, di neve, di umidità, etc.) utili alla stima di parametri la cui misura richiederebbe onerose campagne di misura a terra. La ripetibilità delle misure remote nel tempo consente di inseguire dinamiche evolutive del territorio aprendo ad applicazioni dette di *change detection*. Le applicazioni che si avvalgono del telerilevamento sono molteplici: in agricoltura e in ambito forestale questa tecnica permette la quantificazione delle biomasse, l’indirizzamento degli interventi colturali (*precision farming*) e la produzione di carte di copertura dei suoli; in ambito geologico supporta l’esplorazione mineraria e la caratterizzazione idrogeologica e geomorfologica del territorio; in archeologia è utilizzato per l’individuazione di indizi superficiali utili alla localizzazione di strutture sepolte; nell’ambito della protezione civile supporta la cartografia del rischio, dei danni che seguono un evento calamitoso e la gestione dell’emergenza; in ambito ambientale aiuta l’individuazione di siti contaminati o di sversamenti abusivi in mare aperto (*oil-spill*); in ambito pianificatorio supporta le scelte urbanistiche e consente la quantificazione e la mappatura del consumo di suolo.



Cartografia numerica

La Cartografia è la disciplina che si occupa della rappresentazione della superficie terrestre su un piano. Nella cartografia classica, che ha origini antichissime, il piano era quello del supporto su cui veniva tracciata la rappresentazione grafica del territorio, mentre la cartografia moderna è realizzata con modalità informatiche e per questo è definita numerica. Resta comunque attuale lo storico problema geometrico di trasferire la rappresentazione del territorio da una superficie a doppia curvatura a una superficie piana, passaggio che comporta inevitabilmente delle deformazioni di lunghezze, aree ed angoli.

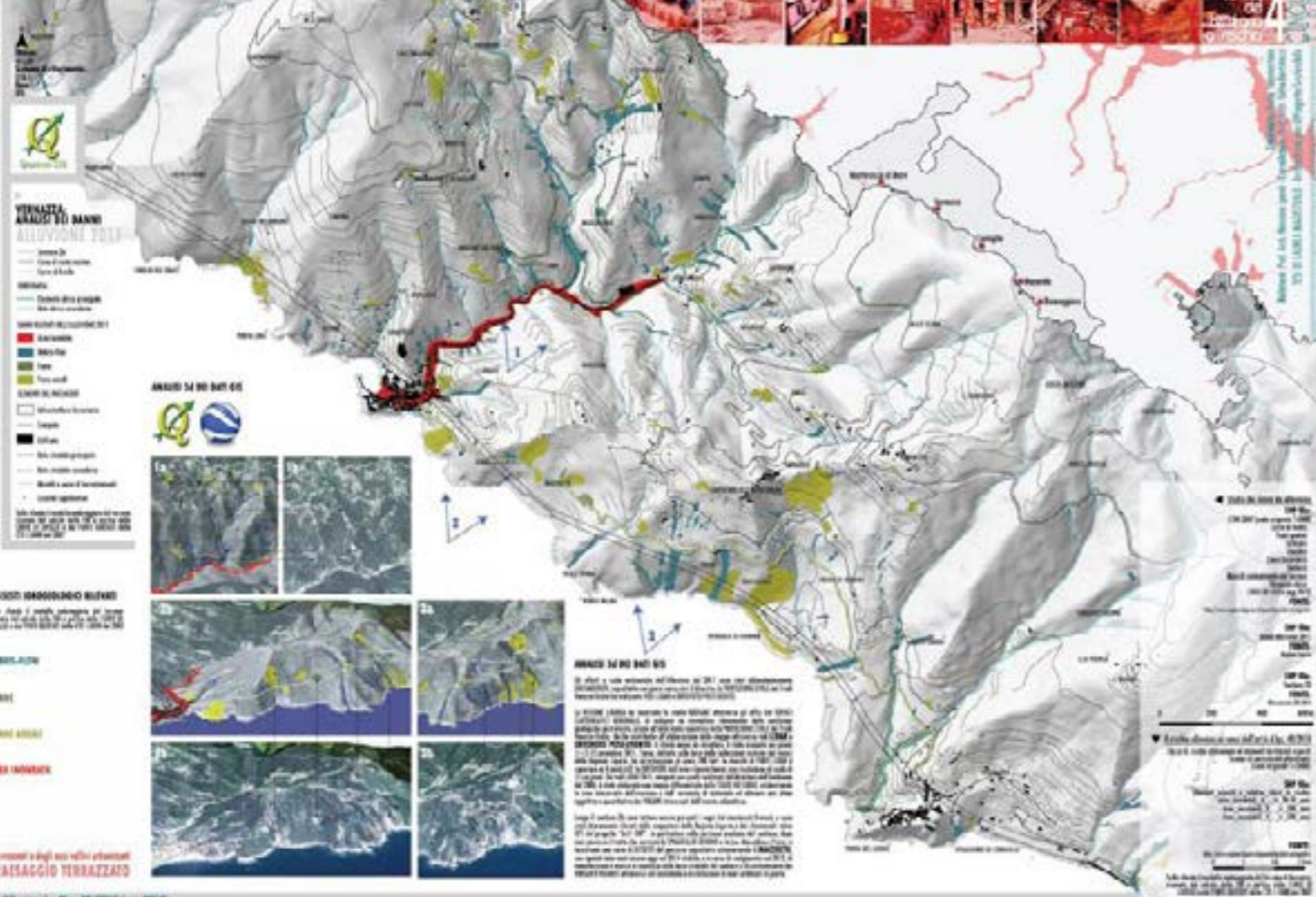
Nel corso dei secoli sono stati ideati molti metodi diversi (proiezioni cartografiche) per passare dalla superficie curva della Terra al piano della "carta". Una delle proiezioni cartografiche più utilizzate a partire dalla seconda metà del XX secolo è la UTM (Universal Transverse Mercator), nella quale la superficie terrestre viene proiettata su un cilindro con asse perpendicolare a quello polare della Terra, che è poi sviluppato su un piano. La proiezione UTM è ancora oggi la più utilizzata per finalità tecniche.

Le carte attualmente prodotte sono tutte numeriche e derivano dall'elaborazione fotogrammetrica di

immagini digitali aeree o satellitari. Gli elaborati sono memorizzati su supporto informatico, con formati che possono essere vettoriali o raster. Si possono ottenere, a seconda degli scopi cui sono destinate, carte vettoriali graficamente simili a quelle tradizionali ma molto più fruibili a livello tecnico, ortofotocarte con base fotografica geometricamente corretta, o database topografici che permettono di archiviare molti altri dati oltre a quelli geometrici e si interfacciano in modo ottimale con i GIS.

Le carte numeriche sono organizzate in livelli che rappresentano i diversi contenuti (ad es. edifici, strade, vegetazione, ecc.); la rappresentazione dell'altimetria costituisce uno di questi livelli informativi e può avvenire attraverso forme tradizionali (curve di livello, piano quotato) oppure in modo più efficiente mediante modelli digitali del terreno (DTM).

Negli ultimi decenni la cartografia ha trovato una diffusione di massa attraverso internet e i dispositivi portatili, per la navigazione stradale e per l'informazione turistica e commerciale. Prodotti come Google Maps, Bing Maps od Open Street Map (quest'ultima open source) hanno un livello di dettaglio molto spinto che si avvicina a quello della cartografia tecnica.



GIS e web-GIS

GIS e Web-GIS

I GIS (Geographic Information System) consentono di realizzare modelli della realtà in forma potenziata rispetto alle capacità proprie della cartografia tradizionale, poiché possono rispondere alle esigenze di concepire e realizzare modelli rappresentativi multi-dimensionali. Oltre la componente 3D, in rapida evoluzione, anche la componente temporale è particolarmente rilevante e collegata alle altre dimensioni grazie alle innovazioni tecnologiche.

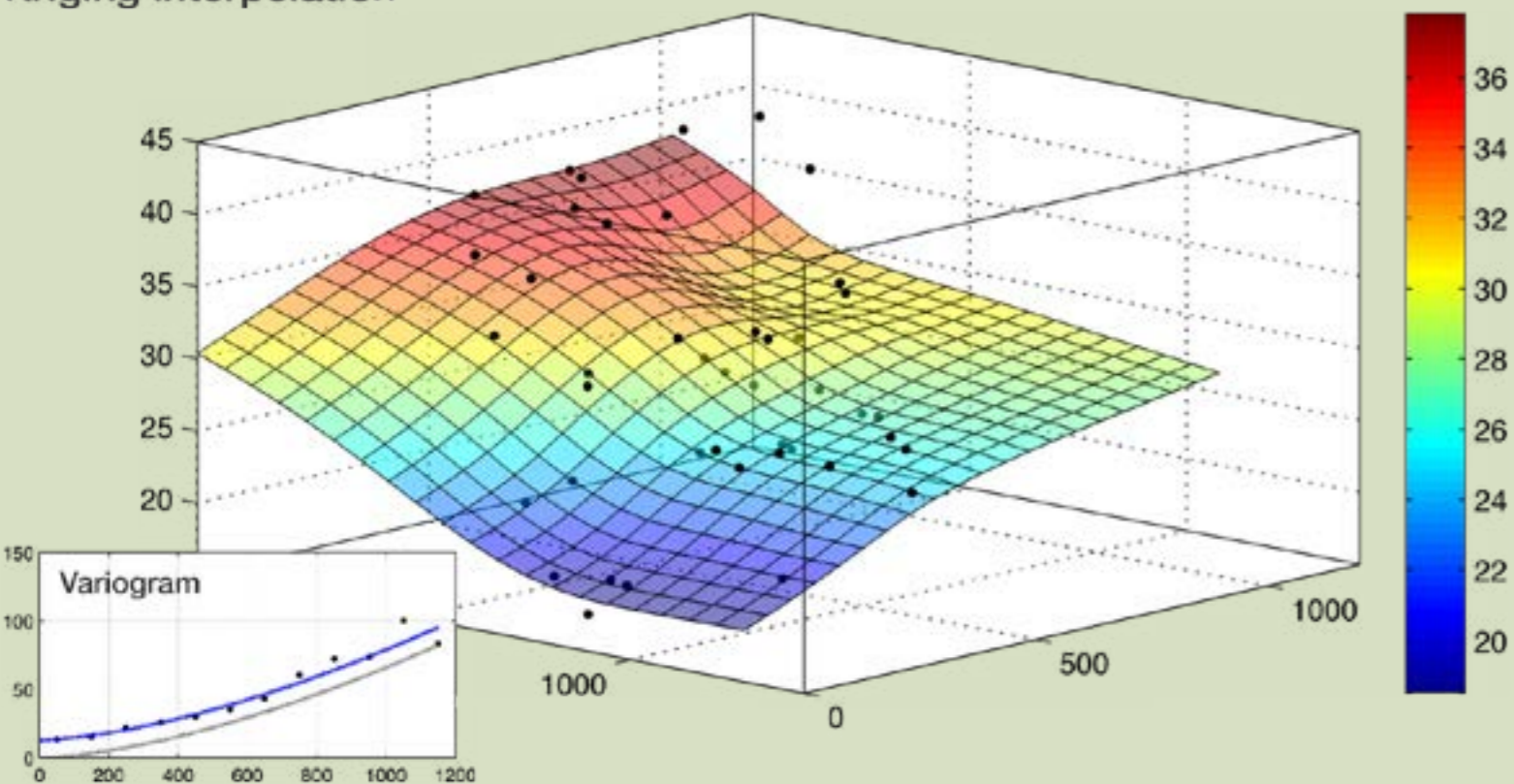
Le potenzialità dei GIS sono strettamente legate alle altre innovazioni dell'informazione geografica, a partire dai metodi di acquisizione (Remote sensing e posizionamento satellitare, LiDAR aereo, mobile mapping systems), che hanno condotto alla disponibilità di nuovi prodotti cartografici (cartografia numerica, ortofoto e modelli densi del terreno) e quindi alla nascita di esigenze nuove nel campo della diffusione e condivisione delle informazioni. Sono state quindi concepite e realizzate le Infrastrutture di dati geografici, che nello scenario dell'interoperabilità e tramite l'adozione di standard dell'informazione spaziale,

diffondono le informazioni tramite Web GIS e browser geografici.

L'insieme di tali innovazioni consente analisi particolarmente potenziate e dinamiche, permettendo l'analisi di sistemi complessi e la previsione di scenari futuri nei più svariati campi applicativi, legati alle scienze sociali, ambientali e ai tanti settori applicativi che attraversano trasversalmente il settore privato e quello delle pubbliche amministrazioni, tanto che oggi sempre più si parla di Scienza dei sistemi informativi geografici (Geographic information Science).

Tra le svariate componenti dei GIS, oltre la caratteristica essenziale dei dati qualificati dalla loro posizione spaziale, i settori di ricerca che più interessano il contributo della Geomatica sono quelli legati agli standard per l'informazione spaziale, formalizzati e adottati anche per la necessità di coniugare le esigenze di specializzazione geometrica dei dati con quelle semantico descrittive, proprio per consentire le analisi complesse realizzabili attraverso i GIS e i WEBGIS.

Kriging interpolation



Geostatistica

La Geomatica attinge alla Geostatistica, nome coniato da G. Matheron negli anni sessanta, per la predizione di fenomeni spazialmente distribuiti e/o che evolvono nel tempo, generando mappe che descrivono l'andamento di tali fenomeni a partire da un certo numero di osservazioni. Il Geoide ad esempio, la superficie che approssima il livello medio dei mari e rispetto al quale definiamo le altezze, è calcolato utilizzando una tecnica di predizione Geostatistica, la collocazione. Tecniche Geostatistiche si utilizzano per la costruzione di mappe di deformazione della crosta terrestre o del vapore acqueo nella troposfera o ancora della distribuzione di sostanze inquinanti

nell'atmosfera o di temperature. I valori predetti del fenomeno in esame dipendono linearmente dalle osservazioni attraverso dei pesi, valutati sulla base delle osservazioni stesse. Tutto ciò si fonda su un'interpretazione stocastica dei fenomeni in esame e dunque avvalendosi degli strumenti della statistica e del calcolo delle probabilità.

In ambito Geomatico, la ricerca Geostatistica si sviluppa soprattutto intorno alla modellizzazione delle funzioni utili alla definizione dei pesi. La Geostatistica, insieme al Trattamento delle osservazioni, fa parte degli insegnamenti offerti agli ingegneri ambientali ed, ad un livello più avanzato, agli studenti di dottorato.

GEOSTATISTICA

08/A4: GEOMATICA

Il settore si interessa dell'attività scientifica e didattico-formativa nei campi della geodesia fisica, geometrica e spaziale, della topografia, della fotogrammetria aerea e terrestre, della cartografia, del telerilevamento, della navigazione e dei sistemi informativi geografici - GIS. I contenuti scientifico-disciplinari riguardano l'acquisizione, l'elaborazione, la restituzione, l'analisi e la gestione di dati di natura metrica o tematica relativi alla superficie della Terra, o a porzioni di essa, ivi compreso l'ambiente urbano, le infrastrutture e il patrimonio architettonico, individuati dalla loro posizione spaziale e qualificati dalla precisione del rilevamento. Gli ambiti applicativi hanno per oggetto, in particolare, i sistemi di riferimento globali e locali, il campo di gravità globale e locale, gli strumenti e i metodi di rilevamento, di controllo e di monitoraggio del territorio, delle strutture e dei beni culturali, il trattamento dei dati di misura, la produzione e l'aggiornamento della cartografia e dei database topografici, il tracciamento di opere ed infrastrutture, i sistemi mobili di rilevamento, i modelli numerici del terreno e delle superfici, la gestione e la condivisione dell'informazione geografica multidimensionale e multitemporale.