

Speciale GEOLOGIA 2007

Rivista bimestrale - anno 11 - Speciale 3/07 - Spec. in abb. postale 70% - Filiale di Roma

GEO MEDIA

1997 - 2007

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

Geologia, geofisica e rilievi idrografici

- ⊙ **Applicazioni geo-informatiche per le Scienze della Terra**
- ⊙ **Web-Mapping e informazioni geologiche**
- ⊙ **L'IIM e l'evoluzione delle tecniche nel rilievo idrografico**
- ⊙ **GEOmedia intervista Pasquale De Santis di INGV**
- ⊙ **Codevintec tra geofisica e geomatica: trent'anni di supporto e ricerca**
- ⊙ **ARP: tecnologie innovative per la conoscenza del territorio**

Le applicazioni Geomatiche e Geo-Informatiche nelle Scienze della Terra

Le Scienze della Terra includono l'insieme delle discipline scientifiche e tecniche che si occupano della struttura interna, della morfologia esterna e di tutta l'atmosfera che circonda il pianeta Terra; tali informazioni sono caratterizzate da aspetti spaziali di tipo tridimensionale a cui deve essere aggiunta un'ulteriore dimensione riferita al tempo. In questo senso, le Scienze della Terra hanno un rapporto molto stretto con la componente geografica, quindi al loro interno gioca un ruolo rilevante ogni metodo, tecnologia e strumento che tratti di aspetti geografici, spaziali e topografici.

Già da queste semplici considerazioni è intuibile come tutto il contesto delle Scienze della Terra, dagli aspetti prettamente scientifici fino a quelli applicativi e di sviluppo, abbiano fortemente fruito delle scienze e tecnologie geomatiche (l'insieme organizzato delle conoscenze e metodiche volte ad acquisire - in modo metrico e tematico - ad integrare, trattare, analizzare, archiviare e distribuire dati spaziali georiferiti). Per questo, particolarmente nelle ultime due decadi, si è assistito ad una vera e propria rivoluzione nel trattamento dei dati geologici e geofisici soprattutto per merito delle applicazioni di telerilevamento, dei sistemi informativi geografici, della cartografia numerica, dei CAD, dei GPS, della modellazione tridimensionale, ecc., che congiuntamente all'impiego di strumenti hardware e software di rilevamento ed elaborazione sempre più potenti ed economici, hanno definito i contenuti di una nuova disciplina nota come *geoinformatica*.

Lo scopo di questa nota è quello di descrivere sinteticamente come la geomatica e la geoinformatica abbiano rivoluzionato le diverse discipline che caratterizzano le Scienze della Terra, soprattutto per quanto riguarda i metodi, le tecnologie e gli strumenti che caratterizzano la filiera di attività che vanno dal rilevamento dei dati, alla loro elaborazione fino alla presentazione e distribuzione.



di Piero Fantozzi e Giulia Gruppioni

Il contesto delle discipline delle Scienze della Terra

Per inquadrare in modo sintetico le discipline scientifiche che appartengono all'area delle Scienze della Terra e discutere il contributo della geomatica e della geoinformatica in questo contesto, il modo più esaustivo è prendere in esame i settori scientifico-disciplinari definiti dal Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica (MIUR) per quanto attiene ai settori GEO. In particolare, tali discipline concorrono principalmente alla definizione del laureato in Scienze Geologiche le cui Classi di Laurea ai sensi della Legge sono la Classe delle lauree in *Scienze Geologiche* (Classe L-34) e la Classe delle lauree magistrali in *Scienze e Tecnologie Geologiche* (Classe LM-74). Naturalmente, le materie trattate in questi settori disciplinari concorrono attivamente alla formazione di altre figure di laurea, sia nei percorsi formativi delle Lauree delle Facoltà di Scienze (Scienze Naturali, Ambientali, ecc.) sia nelle lauree delle altre facoltà quali Ingegneria, Agraria, Architettura ecc. L'area delle Scienze della Terra include 12 settori scientifico-disciplinari (SSD) ognuno dei quali è stato descritto da un'apposita declaratoria che ne definisce gli obiettivi, i contenuti, i metodi di indagine, le ricadute scientifiche applicative e di sviluppo. Per gli scopi della presente nota tali settori sono stati da noi

raggruppati in ambiti più generali, che ci permetteranno di presentare con maggiore chiarezza l'apporto innovativo che le tecnologie geomatiche e/o geoinformatiche hanno apportato alle Scienze della Terra.

Ambito delle Scienze Geologiche

In questo settore sono stati inclusi SSD che ricoprono gli aspetti più propriamente riferibili alla evoluzione spaziotemporale della stratigrafia e della struttura tettonica della Terra. Questi settori sono:

- ✓ Paleontologia e Paleoecologia (GEO/01)
- ✓ Geologia stratigrafica e sedimentologica (GEO/02)
- ✓ Geologia strutturale (GEO/03)

In questo ambito le tecnologie geomatiche hanno introdotto una rivoluzione nei metodi e negli strumenti senza precedenti. Infatti, trattandosi di discipline rivolte principalmente all'analisi di fenomenologie territoriali, tutte le conoscenze geomatiche e geoinformatiche hanno trovato grande applicazione e sviluppo; tra queste quelle relative alle tecniche di posizionamento geografico, alla gestione e catalogazione di dati (DBMS), alle elaborazioni cartografiche (GIS, Cartografia Numerica), alla modellistica tridimensionale (3D Modeling e 3D computer graphics), al trattamento delle immagini (satellitari, aeree e terrestri, *fig. 1*), al disegno digitale attraverso piattaforme CAD o di *computer graphics*, al trattamento statistico e geostatistico dei dati strutturali, sedimentologici, paleontologici ecc. In particolare la versatilità ed economicità del GPS permette di ottenere con facilità le informazioni di posizionamento che, in un ambito di natura intrinsecamente tridimensionale come quelle in questione, rappresentano sempre un punto di partenza essenziale; inoltre, in aggiunta alla soluzione del problema di localizzazione, per l'utilizzo dei dati geologico strutturali è sempre indispensabile un opportuno trattamento statistico e geostatistico. Il contributo offerto dalle applicazioni di DBMS ad un insieme di discipline che tradizionalmente hanno una fondamentale componente tassonomica e classificativa ha permesso una gestione condivisa e la distribuzione dei dati sia all'interno della comunità scientifica che verso l'esterno; basti pensare alla enorme massa di informazioni paleontologiche e

micro paleontologiche utilizzate nel mondo della ricerca di base e nell'industria petrolifera.

Ambito delle Scienze Geomorfologiche e della Geologia applicata

In questo settore sono stati inclusi gli SSD che si occupano dell'evoluzione dei processi e delle forme della superficie terrestre, sia per le cause strutturalmente connesse con l'evoluzione del pianeta (forze endogene), sia a causa dei suoi rapporti con l'atmosfera, l'idrosfera e la criosfera. Più in dettaglio gli SSD sono:

- ✓ Geografia fisica e Geomorfologia (GEO/04)
- ✓ Geologia applicata (GEO/05)

Le conoscenze sviluppate nelle scienze geomorfologiche, permettono di apprendere in dettaglio i meccanismi evolutivi del paesaggio e dell'ambiente e sono indispensabili per lo studio e la mitigazione delle catastrofi naturali, tra cui principalmente quelle relative al rischio idrogeologico (frane e alluvioni). Per questi motivi nell'ambito scientifico e tecnico è condiviso il punto di vista che lega tali discipline al settore della Geologia applicata, cioè di un settore specifico che più degli altri si occupa di instabilità dei versanti, di idrogeologia e dei rapporti con il contesto della geotecnica e geingegneria. Pur riconoscendo a questa visione classica un indubbio valore, a giudizio di chi scrive, occorrerebbe oggi sostituire al concetto di *Geologia applicata* il concetto di *Applicazioni della Geologia* e non solo per una mera questione terminologica, ma soprattutto perché sempre di più nell'analizzare e risolvere i problemi geologici a tutte le scale si deve ricorrere ad una forte integrazione di tutte le conoscenze e tecnologie relative alle Scienze della Terra, per cui tutte le componenti di questa ultima trovano una vera e propria applicazione; ad esempio per risolvere un problema di instabilità dei versanti o di idrogeologia si deve far ricorso indispensabilmente alle tecniche di geofisica o di telerilevamento. In questo senso le applicazioni geomatiche e geoinformatiche rappresentano il vero e proprio tessuto connettivo delle *applicazioni della geologia* e della geotecnologie. Nel settore della mitigazione dei rischi naturali (sismico, idrogeologico, idraulico, vulcanico, ecc.), trovano

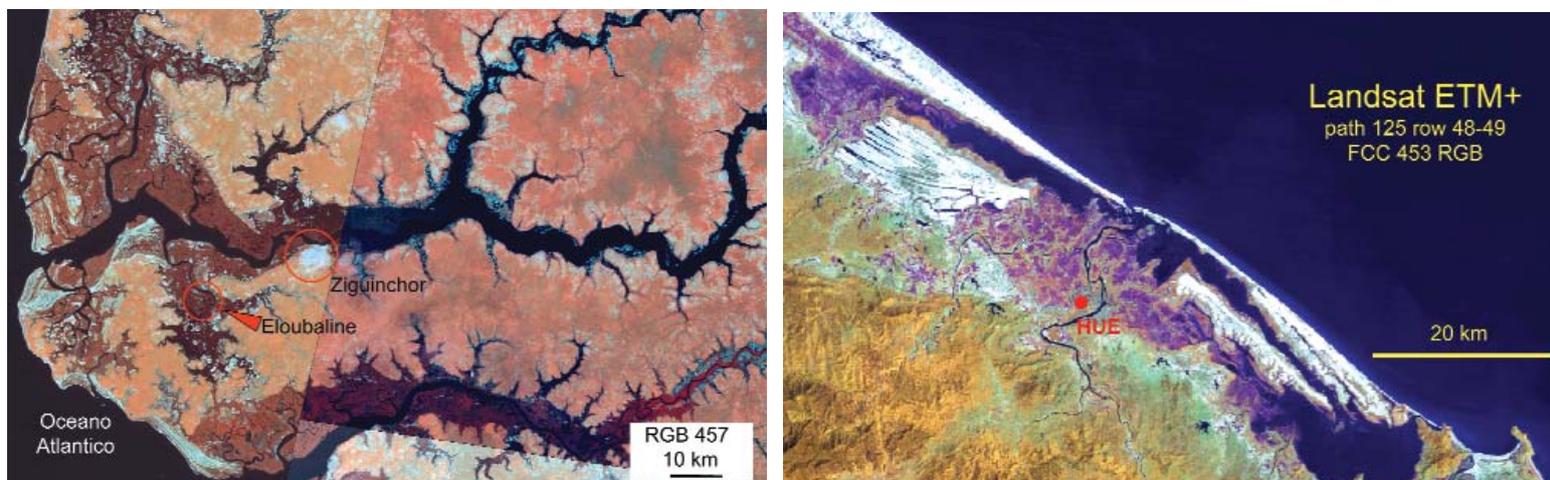


Fig. 1 - Trattamento di immagini satellitari del Senegal (sx) e del Vietnam (dx)

applicazione le tecniche di telerilevamento satellitare ed aereo FIG2 Tra queste citiamo le più recenti; il LIDAR (*Light Detection and Ranging*; o *Laser Imaging Detection and Ranging*), un particolare tipo di laser scanner aerotrasportato caratterizzato da elevatissima accuratezza (centimetrica), da una notevole densità dei punti misurati sul terreno e da una rapidità di esecuzione e di elaborazione dei dati, e le tecniche satellitari di Interferometria Radar ad Apertura Sintetica Differenziale (DInSAR) che, basandosi sull'elaborazione delle informazioni di fase (interferogrammi) in serie d'immagini radar ad apertura sintetica (SAR), permettono di produrre delle carte delle deformazioni spaziali con accuratezza centimetrica ed in serie temporale.

Tra le tecniche di studio e monitoraggio delle deformazioni superficiali possiamo individuare le: tecniche dirette di indagine che sono realizzate con strumenti di misura tradizionali (inclinometri, estensimetri, ecc.) che permettono di misurare direttamente in modo puntuale e preciso le entità delle deformazioni e registrare le loro variazioni nel tempo. Tali metodi di misura e monitoraggio sono sempre di più accoppiati a sistemi di rilevamento GPS o laser (stazioni totali automatizzate e rilievi laser scanner da terra) che offrono dati in serie temporali pressoché continue. Tali misure sono spesso trasmesse con tecnologie web ed elaborati tramite DBMS e sistemi GIS per la loro fruizione diretta e in tempo reale.

Tra le metodologie di rilevamento indiretto trova un'importante applicazione la fotogrammetria digitale, anche mediante l'uso di vettori aerei o palloni aerostatici, (fig.2) per lo studio dei fronti estrattivi verticali o le pareti rocciose, la cui giacitura verticale non consente l'osservazione tramite foto aerea o immagine satellitare. In questi contesti, l'uso della fotogrammetria consente una visione tridimensionale di zone non accessibili ove la presenza di solidi instabili può generare problemi di sicurezza sui luoghi di lavoro (ad esempio nelle cave di marmo) o delle zone accessibili quali le spiagge



Fig.2 - Fotogrammetria digitale in una cava con palloni aerostatici

sottostanti a falesie o aree alla base di pareti dolomitiche.

C'è infine da considerare l'enorme contributo offerto dalle applicazioni GIS e di telerilevamento nel settore della cartografia tematica applicata alla pianificazione territoriale. Il telerilevamento offre sempre nuovi tipi di sensori, multispettrali e iperspettrali e immagini con maggiori risoluzioni.

L'utilizzo dei GIS nelle pratiche di VIA e nella cartografia prevista dagli strumenti urbanistici è ormai una *best practice* consolidata e condivisa nei settori dei fornitori e fruitori di servizi. Va evidenziato che l'utilizzo delle applicazioni GIS e DBMS spaziali ha permesso una fruizione sempre più ampia e condivisa dei dati di cartografia geologica e geomorfologia alla comunità dei tecnici (ingegneri, architetti, agronomi, geometri, ecc.) e degli amministratori, permettendo di affermare in modo chiaro il contributo applicativo ed il ruolo sociale di tutte le Scienze della Terra.

Ambito Mineralogico-Petrografico e Geochimico Vulcanologico

In questo campo sono stati inclusi gli SSD che si occupano della componente mineralogica e della struttura e tessitura delle rocce, che sono:

- ✓ Mineralogia (GEO/06)
- ✓ Petrologia e Petrografia (GEO/07)
- ✓ Geochimica e Vulcanologia (GEO/08)
- ✓ Georisorse minerarie e Applicazioni mineralogico petrografiche per l'Ambiente e i Beni Culturali (GEO/09)

Questi settori sono sempre stati all'avanguardia per le applicazioni tecnologiche, specialmente per quanto riguarda alle tecniche analitiche e fin dai primordi con la microscopia a luce trasmessa e luce riflessa fino ai modernissimi dispositivi elettronici (TEM e SEM). Le applicazioni geomatiche in questo ambito sono principalmente di tipo DBMS e GIS-GPS per gli aspetti classificativi e cartografici.

Ambito geofisico

In questo campo sono stati inclusi SSD che si occupano dello studio della fisica terrestre per cui questo ambito è principalmente rivolto alla Geofisica della Terra solida, ma anche alla componente liquida, tramite la Fisica dell'idrosfera, e alla componente gassosa con la Fisica dell'atmosfera. Gli SSD inclusi in questo ambito sono:

- ✓ Geofisica della Terra solida (GEO/10)
- ✓ Geofisica applicata (GEO/11)
- ✓ Oceanografia e Fisica dell'atmosfera (GEO/12)

In questi ambiti sono incluse le indagini indirette di tipo geofisico che si basano sulla misura della variazione di parametri geofisici dovuti ad eterogeneità litologiche e strutturali presenti nel sottosuolo. In particolare, il metodo sismico a rifrazione e a riflessione, il metodo geoelettrico e il metodo del potenziale spontaneo, risultano i più utili per ricostruire la geometria del corpo di frana e per risalire alle caratteristiche fisiche dei terreni coinvolti. Tali misure

permettono di registrare con elevata risoluzione e continuità spaziale i valori e la variazione dei parametri fisici misurati permettendo di ottenere grafici e mappe dai quali è possibile dedurre le proprietà principali delle formazioni geologiche quali ad esempio la porosità ed i fluidi in essa contenuta, la permeabilità e la resistenza meccanica delle rocce. Tra le proprietà fisiche naturali che vengono rilevate abbiamo il *Potenziale Spontaneo*, misura della variazione del potenziale elettrico generato naturalmente dalle formazioni geologiche, il *Gamma Ray*, che misura l'emissione naturale di raggi gamma, e tutte le misure del campo magnetico e della forza di gravità. Le prime sono misure eseguite nei pozzi, tra le misurazioni dei cosiddetti *log*, eseguiti per scopi petroliferi, minerari, o per scopi idrici, mentre le variazioni dell'entità del campo magnetico e gravimetrico trovano applicazioni scientifiche, minerarie e geotermiche. Tra i *log*, si annoverano anche altri tipi di misurazioni relative alle proprietà fisiche dell'introduzione artificiale nel sottosuolo di energia elettrica, di onde sismiche e radioattività.

Tra le misure di parametri geofisici eseguiti dalla superficie, cioè senza invadere tramite sondaggi il sottosuolo si ha la misura di *Resistività elettrica indotta o trasmessa* e *Misure di velocità delle onde sismiche* sia riflesse che rifratte.

Conclusioni

Vista l'enorme importanza della geomatrica e della geoinformatica nell'ambito delle Scienze della Terra risulta fondamentale che le istituzioni preposte forniscano adeguata preparazione ai laureati in geologia; proprio questo tipo di

considerazioni ha portato l'Università di Siena ad istituire, a San Giovanni Valdarno (AR), il Centro di GeoTecnologie, (www.geotecnologie.unisi.it) che promuove ricerche, sviluppa progetti e offre formazione nei campi della Geologia, dei Sistemi Informativi Geografici, della Geomatica, del Telerilevamento, della Fotogrammetria digitale, della Geologia Ambientale, del Rilevamento Geotematico, della Geofisica, della Web cartography, del 3D modelling e delle geotecnologie applicate all'archeologia. L'approfondimento della materia in questione sarà fonte di discussione durante lo svolgimento dell'84° Congresso della Società Geologica Italiana che si terrà a Sassari il 15-17 settembre 2008 (www.socgeol2008.org). La novità del Congresso sarà la presenza di sessioni interamente dedicate alla geomatrica e alla geoinformatica con l'intento di coinvolgere sia il mondo accademico che i professionisti del settore.

Autori

PROF. PIERO FANTOZZI
DOTT.SSA GIULIA GRUPPIONI

Centro di GeoTecnologie – Università di Siena
www.geotecnologie.unisi.it
Tel.0559119400
geotecnologie@unisi.it



Servizi tecnici per l'ingegneria e l'ambiente.

Monitoraggio

Progettazione, installazione e gestione di sistemi di monitoraggio geotecnico e strutturale
Rilievi radar interferometrici da terra
Caratterizzazione e monitoraggio di bonifica dei siti contaminati
Monitoraggio dinamico con accelerometri e sistemi interferometrici

Indagini non invasive

Indagini georadar per la geologia, le strutture e la mappatura di reti di sottoservizi
Sismica a rifrazione
Indagini televisive in foro
Controllo di pali di fondazione
Tomografia elettrica

Idrogeologia

Caratterizzazione e modellazione di falde acquifere
Prove di pompaggio