Università Iuav di Venezia

UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA

SCUOLA DI DOTTORATO

DOTTORATO DI RICERCA IN
NUOVE TECNOLOGIE E INFORMAZIONE TERRITORIO – AMBIENTE

CICLO XXIV

Umanità vista da lontano

Telerilevamento da satellite e grandi progetti europei: GMES e NEREUS

Giuliana Bilotta

RELATORE
Prof. Luigi Di Prinzio

COORDINATORE DEL CICLO
Prof. Luigi Di Prinzio

ANNI ACCADEMICI
2009-2010-2011

Questo documento è pubblicato con licenza
Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 Unported
(CC BY-SA 3.0)

.

Ringrazio

Luigi Di Prinzio

pazientissimo relatore e coordinatore

per i suoi preziosi indirizzi

i miei colleghi del dottorato NT&ITA

con i quali ho imparato molto

mia figlia Rossella perché mi ha sostenuto

mio figlio Domenico per aver capito

Franco per la pazienza dimostrata

Piero per la bella copertina

e tutti gli altri che mi hanno aiutato

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

INDICE

Indice 5

Sommario 11

Abstract 13

Presentazione 15

Obiettivi della ricerca 17

Strategia della ricerca 19

Struttura della tesi 21

CAPITOLO 1 LO SCENARIO 23

1.1. I temi del nostro tempo 25

1.1.1. Vita quotidiana nel Terzo Millennio 25

1.1.2. Territorio, ambiente, città 26

1.1.3. Rischio 29

1.1.4. Questioni ambientali 29

1.1.5. Mobilità 30

1.2. Quadri di conoscenza 33

1.2.1. Governare il territorio 33

1.2.2. Istanze di conoscenza 33

CAPITOLO 2 CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA: SATELLITI, SENSORI E MISSIONI 35

2.1. Le risorse: satelliti e sensori 37

2.1.1. Tecnologie satellitari 37

2.1.2. Sensori 38

2.1.3. Caratteristiche e obiettivi delle missioni 39

2.2. Attori nella scena europea 59
2.2.1. L'Unione Europea e la Direttiva INSPIRE 59
2.2.2. L'Agenzia Spaziale Europea 60
2.2.3. L'Accordo Quadro tra la Comunità Europea e l'ESA 63
CAPITOLO 3 I GRANDI PROGETTI EUROPEI 67
3.1. GALILEO, l'impresa comune 69
3.1.1. I perché di alcune scelte 69
3.1.2. In attesa di GALILEO 76
3.2. GMES 79
3.2.1. GMES e l'Osservazione della Terra 79
3.2.2. GMES Urban Services: GUS e GSE Land 83
3.2.3. La S di GMES come sicurezza 89
3.3. NEREUS 97
3.3.1. Domande di conoscenza 97
3.3.2. Il raccordo tra le regioni e l'Europa 97
3.3.3. Una rete chiamata NEREUS 101
3.4. Non solo Europa 107
3.4.1. Problemi a livello globale 107
3.4.2. Il contributo delle Agenzie Spaziali 108
3.4.3. La Stazione Spaziale Internazionale a servizio della Terra 110
3.5. Scenari in evoluzione 111
3.5.1. Il settore spaziale 111
3.5.2. Dati satellitari e politiche europee 113
3.5.3. Il Digital Map Archive della Commissione Europea 123
3.5.4. Il ruolo dell'European Space Agency 142

3.5.5. Cambiamenti economici globali nell'industria spaziale 143
3.5.6. L'industria europea dello spazio 146
CAPITOLO 4 NUOVI STRUMENTI PER NUOVE RISORSE 151
4.1. Sistemi di navigazione globale 153
4.1.1. GPS 153
4.1.2. GLONASS 170
4.1.3. GALILEO 175
4.2. Le tecniche di trattamento delle immagini telerilevate 187
4.2.1. Analisi d'Immagine Object Based 187
4.2.2. Morfologia Matematica 229
CAPITOLO 5 I SISTEMI DI OSSERVAZIONE DELLA TERRA: NUOVE RISPOSTE 233
5.1. Rischio 235
5.1.1. Portali di supporto e progetti 235
5.1.2. La Nuova Geografia 238
5.1.3. Ushahidi 240
5.2. Questioni ambientali ed energia 243
5.2.1. Perché ambiente ed energia 243
5.2.2. Efficienza energetica 252
5.2.3. Due idee per una Smart City 253
5.3. Mobilità 258
5.3.1. Trasporto, infomobilità e tecnologie di localizzazione 258
5.3.2. Dove l'utente è il segnale 279
5.3.3. Mobilità intelligente 283
5.3.4. L'auto che guida da sola 285
CAPITOLO 6 CONCLUSIONI 287

6.1. Riorientare le politiche: più terra meno spazio 289

6.2. Raccordare domanda e offerta: attivazione di meccanismi di ascolto 291

6.3. I nuovi scenari: il lancio di microsatelliti 293

Bibliografia per temi 298

Bibliografia per autori 299

Siti consultati 307

Indice delle sigle 309

Pubblicazioni e presentazioni a convegni 313

L'occhio non vede cose ma figure di cose
che significano altre cose.

Italo Calvino, *Le città invisibili*

Chiese a Marco Kublai:
– Tu che esplori intorno e vedi i segni, saprai dirmi
verso quale futuro ci spingono i venti propizi.
– Per questi porti non saprei tracciare la rotta sulla carta
né fissare la data dell'approdo.
Alle volte mi basta uno scorcio
che s'apre nel bel mezzo d'un paesaggio incongruo
un affiorare di luci nella nebbia,
il dialogo di due passanti che s'incontrano nel viavai,
per pensare che da lì metterò assieme pezzo a pezzo
la città perfetta, fatta di frammenti mescolati col resto,
d'istanti separati da intervalli,
di segnali che uno manda e non sa chi li raccoglie.

Italo Calvino, *Le città invisibili*

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Sommario

Possono le nuove tecnologie, e tra queste in particolare quelle connesse al telerilevamento satellitare, apportare un consistente contributo alla comprensione dei fenomeni e delle crisi che coinvolgono l'umanità al fine di supportare la pace e la sicurezza?

Una risposta positiva sembra sia possibile grazie ai grandi progetti avviati dall'Unione Europea (Galileo, GMES, NEREUS) che tendono a diffondere l'uso dei dati satellitari da Osservazione della Terra e le nuove tecniche d'indagine di questi dati, tali da riuscire ad estrarne significati sempre più complessi in grado di descrivere gli eventi che interessano le popolazioni di tutto il mondo. E, grazie a queste analisi, fornire soluzioni per i problemi e le crisi che ne minacciano la sicurezza.

D'altra parte, grazie ai sistemi di navigazione globale, l'uso dell'informazione geografica da parte dell'utente dotato di dispositivo mobile sta influenzando la vita quotidiana. Si scoprono sempre nuove e fantasiose modalità di impiego della componente geografica di ogni caratteristica ed ogni fenomeno che si rivela sulla superficie della Terra..

Si sta quindi rivelando considerevole l'apporto che i dati da satellite offrono alla conoscenza del territorio ed alla comprensione delle sue trasformazioni, procurando nuovi strumenti per la pianificazione del territorio, per la salvaguardia dell'ambiente, per il governo delle città. Dagli aspetti connessi al rischio a quelli della mobilità, sono disponibili risposte alle istanze di conoscenza che partono dal basso, da chi, ad esempio, amministra il territorio. Le nuove risorse sono satelliti e sensori in grado di acquisire dati da remoto e nuove tecniche di elaborazione in grado di incrociare tali dati con altri e restituire come prodotto finale informazione completa della componente geografica. Inoltre il miglioramento delle risoluzioni spaziali, spettrali e temporali di tali dati satellitari ed il rapido popolamento dei sistemi informativi territoriali che tali dati consentono (con la possibilità di estrarne automaticamente informazione ad alto livello semantico e legata al contesto come con i sistemi più avanzati di analisi d'immagine), permettono di avere informazione aggiornata come mai prima si era sperato.

Naturalmente in Europa nessuno Stato da solo può avere forze, tecniche e dotazioni finanziarie tali da poter affrontare simili sfide e collocare in orbita questa gran quantità di risorse perché possano osservare la Terra. L'Unione Europea e l'ESA, finanziate dagli Stati membri, avviano grandi progetti comuni grazie ad accordi che si sono evoluti nel tempo e così facendo supportano la ricerca tecnologica e stimolano la concorrenza tra le imprese dei singoli Stati.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Abstract

Are new technologies, especially the one related to satellite remote sensing, able to contribute significantly to understanding phenomena and crises affecting mankind, in order to support peace and security?

A positive answer seems to be possible thanks to the big projects undertaken by the European Union (Galileo, GMES, NEREUS) that tend to spread the use of satellite data from Earth observation and new techniques of investigation of these data, for extracting more complex meanings by describing events that affect people throughout the world. And, thanks to these analyses, these projects provide solutions to problems and crises that threaten its security.

On the other hand, because of global navigation satellite systems, the use of geographic information provided to the user on mobile device is affecting his/her daily life. We are discovering new and imaginative ways to use geographical component of every feature and every phenomenon revealed on Earth surface.

Therefore, we are considering remarkable the satellite data contribution to the local knowledge and the understanding of its transformations, providing new tools for urban development planning, for environmental preservation, for cities government. In case of features related to risk or mobility, some answers to needs of knowledge are available starting from the bottom, such as local administrations, for example. The new resources are satellites and sensors able to acquire data from remote, and new processing techniques capable of crossing with other such data and return as a final product with full information of geographical component. Furthermore, the improvement of spatial, spectral and temporal resolution properties of these satellite data and the fast increase of geographic information systems allowed by these data (with the ability to automatically extract high-level semantic and context-dependent information, such as the most advanced image analysis systems), allow to obtain updated information as we never hoped before.

Of course, in Europe a single country by itself cannot have forces, technical and financial assets which may afford similar challenges and place in orbit this huge amount of resources in order to observe the Earth. The European Union and ESA, financed by Member States, initiate large joint projects through agreements evolved over time, and in this way they support technological research and stimulate competition among enterprises of individual states.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Presentazione

Giuliana Bilotta è laureata in Architettura presso l'Università di Reggio Calabria. Interessata ai temi del Remote Sensing ed alle tecnologie dei Sistemi Informativi Geografici, ha tra l'altro seguito un Master in SIT e Telerilevamento presso l'Università IUAV di Venezia, conclusosi con uno stage sugli argomenti dell'Osservazione della Terra presso l'Agenzia Spaziale Europea, sede di Frascati.

Grazie inoltre all'esperienza in materia di analisi d'immagine strutturale, in particolare l'analisi basata sugli basata sugli oggetti (OBIA – ne adopera i tool di classificazione fin dalla loro comparsa) collabora anche da esterna alle ricerche del Laboratorio di Geomatica dell'ateneo reggino per sperimentarne le possibili applicazioni su immagini satellitari.

Lavora presso un piccolo Comune della provincia di Reggio Calabria dove in atto si occupa prevalentemente di ambiente, ed ha svolto vari compiti in materia di protezione civile e pianificazione territoriale ed urbanistica, tematiche di cui si è occupata in passato anche presso altri enti pubblici territoriali.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Obiettivi della ricerca

Questa ricerca nasce dalla curiosità che da oltre dieci anni mi tiene avvinta ai temi del Remote Sensing e delle Nuove Tecnologie con la convinzione che questi strumenti siano in grado di favorire una diffusa consapevolezza delle mutazioni della società civile e di migliorarne le condizioni di vita.

Sembrerà forse troppo ambizioso un percorso che spazi dalle organizzazioni per la condivisione di informazioni georiferite su base volontaria, di tipo ambientale e non, alle politiche europee per la sicurezza dei cittadini ed ai progetti che mettono a disposizione dati spaziali per il rapido popolamento di sistemi informativi territoriali grazie alle acquisizioni di informazioni "da lontano". E questi sono dati che consentono di seguire e monitorare il territorio in continuo cambiamento, ma sono anche adatti a studiare e comunicare trasformazioni, eventi, processi che influiscono pesantemente sulle vite delle popolazioni coinvolte.

La molteplicità di soggetti e attori che si occupano di governo e gestione del territorio si trova oggi dinanzi a fenomeni che richiedono strumenti sempre più sofisticati per rappresentare in modo appropriato gli aspetti salienti e le criticità del territorio e per ideare azioni, politiche, piani, per contrastare tendenze negative o dannose che devono essere ridimensionate per correggere, contenere o controllare l'evoluzione dei fenomeni sul territorio.

È perciò importante stimolare il legame tra tecnologia e migliore conoscenza del territorio e dei suoi problemi. Tematiche attualmente poste all'attenzione dei decisori sono quelle legate al rischio (ad esempio, quello idrogeologico), a questioni ambientali (tra cui importante è quella energetica), alla mobilità (negli ultimi anni, in particolare l'infomobilità).

Occorre però "togliere le lenti deformanti della tecnologia" per non perdere il senso delle applicazioni importanti e per ricercare la scienza che serve all'uomo. Di questa necessaria condizione si rende conto anche chi da anni ha affrontato i problemi legati alla gestione del territorio con strumenti ancora oggi innovativi quali quelli del Remote Sensing. L'esperienza personale nel campo delle applicazioni più avanzate del Remote Sensing, testimoniata dalle ricerche svolte negli ultimi anni e qui riportate, mi consente di apprezzare particolarmente alcuni aspetti delle sperimentazioni che impiegano dati satellitari ai fini della sicurezza dei cittadini europei.

Obiettivo di questa ricerca è fare una riflessione che ragioni su temi strategici quali il rischio, l'ambiente/energia e la mobilità, analizzando anche il raccordo tra domanda ed offerta di dati soprattutto satellitari, ed esplorando le politiche che hanno considerato decisiva la disponibilità di tali dati. Il tutto nel quadro degli strumenti che i governi dei nostri territori si sono assegnati: i grandi progetti europei sono tra questi, veri e propri contenitori di esperienze in atto, concepite per azioni decisive nei confronti di temi strategici.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Strategia della ricerca

Le attività svolte dall'inizio del corso di Dottorato hanno concorso a definire l'ambito tematico entro cui si sarebbe sviluppata questa tesi, partendo da un percorso formativo che ha ampliato e consolidato le mie conoscenze sui temi principali della ricerca.

Gli importanti contributi offerti dalle conferenze e dai convegni mi hanno consentito di approfondire alcuni degli aspetti di questo scenario aggiungendo nuovi spunti di riflessione.

Grazie ad una base di conoscenze condivise sui temi dell'informazione geografica ed alle riflessioni sul suo ruolo in un quadro influenzato dalla continua innovazione tecnologica, nell'ambito del corso di Dottorato è stato possibile definire un linguaggio comune da cui partire per l'identificazione degli indirizzi e delle direttrici principali del mio individuale percorso di ricerca.

Ho successivamente integrato il mio percorso, in parte già delineato dalla mia precedente formazione incentrata sull'Osservazione della Terra e sull'applicazione di tecnologie avanzate per l'utilizzo dei dati da questa forniti quali l'analisi d'immagine orientata agli oggetti, con esperienze collaborative in tal senso, ricercandone comunque le connessioni con gli altri ambiti della ricerca all'interno del corso.

Infine, delineato in modo più preciso il tema specifico di ricerca, ho approfondito nuove declinazioni che possano suscitare interesse e fornire particolari chiavi di lettura delle possibilità offerte dai sistemi di Osservazione della Terra nel quadro dei grandi progetti che sono stati avviati in ambito internazionale.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Struttura della tesi

Questa tesi si struttura in:

- una prima parte di descrizione dello scenario attuale e dei temi tipici del nostro tempo per cui si chiedono e si attendono risposte;
- una seconda parte in cui si illustrano quali contributo alla conoscenza le risorse satellitari e si presentano i grandi attori sulla scena europea che forniscono ed utilizzano dati telerilevati da satellite;
- una terza parte di esposizione dei grandi progetti europei e delle grandi iniziative volte a diffondere l'uso dei dati telerilevati da satellite, l'utilizzo di questi dati come quadro di riferimento nell'ambito delle politiche europee ed il ruolo di stimolo dell'industria europea dello spazio svolto da parte dell'Agenzia Spaziale Europea;
- una quarta parte di descrizione dei nuovi strumenti quali i sistemi di navigazione globale e le nuove tecniche di elaborazione dei dati satellitari;
- una quinta parte in cui si analizzano le risposte ai temi del nostro tempo: rischio, questioni ambientali, mobilità;
- una sesta parte in cui si prefigurano possibili mutazioni negli equilibri esistenti tra gli attori ed i soggetti che attualmente influenzano scelte e decisioni nel campo dell'informazione geografica e della sua disponibilità all'uso collettivo.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

CAPITOLO 1 LO SCENARIO

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

1.1. I temi del nostro tempo

1.1.1. Vita quotidiana nel Terzo Millennio

Quasi ogni ambito della nostra vita di ogni giorno è influenzato da flussi di dati ed informazioni, tra questi i dati provenienti da satellite, poiché oggi le tecnologie di comunicazione e telerilevamento sono incorporate nella vita quotidiana in modo naturale e vissute ormai anche distrattamente. Possiamo ricevere previsioni meteorologiche dettagliate, analizzare percorsi su Google Maps, oppure su Google Earth o altri globi virtuali, settare itinerari sul navigatore satellitare dell'automobile; perfino ritrovare rapidamente, al ritorno dal supermercato, l'auto posteggiata in un enorme parcheggio grazie al dispositivo GPS dello smartphone. Possiamo ricevere quindi risposte rapide ed esaurienti alle nostre domande. A questo proposito, infinite sono le utilità di queste applicazioni *Location Based*: si giunge finanche a trasformare in "sensori connessi in rete" noi stessi quando partecipiamo, ad esempio, ad un progetto per la rilevazione della qualità dell'aria o del rumore urbano; penso rispettivamente al progetto *EyeOnEarth* dell' E.E.A. (European Environmental Agency), a *La Montre verte* testato dai cittadini residenti nel 2° arrondissement di Parigi per acquisire dati su ozono e rumore; ed al recente *NoiseTube* della Vrije Universiteit Brussel, condotto con i laboratori Sony di Parigi [Maisonneuve et al., 2009] grazie a dispositivi portatili o agli smartphone, che sono sempre più usati e sempre più diffusi. Il tutto nell'ambito di quella che viene ormai definita VGI - Volunteered Geographic Information [Goodchild, 2007]. Sta effettivamente aumentando il consenso sulla VGI [Schade et al., 2010] anche come sostegno alle attività di gestione delle crisi. In molti casi si è sottolineato il contributo come valore aggiunto dato dalla VGI in vari eventi di crisi, come terremoti [De Rubeis et al., 2009], incendi boschivi [De Longueville et al., 2009], crisi politiche [Bahree, 2008], uragani [Hughes, Palen, 2009], alluvioni [De Longueville et al., 2009], ed attacchi terroristici [Palen et al., 2009], mentre credibilità e qualità dei dati così ottenuti, nonostante l'apparente mancanza di controllo, possono migliorare grazie all'abbondanza degli stessi ed a meccanismi che mirino a certificarle con un approccio wiki, come appunto pian piano sta avvenendo per la più grande enciclopedia collaborativa che esista sul web.

Siamo arrivati a realizzare nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, con l'importante presenza della componente spaziale, che hanno consentito e consentono di coltivare consapevolezza e partecipazione nella società civile che percepisce nei propri governi un potere

oppressivo e repressivo, e perciò sono state definite "tecnologie della liberazione". In realtà non è certo che queste ultime possano realmente costituire un predittore statisticamente significativo di proteste antigovernative in paesi con regimi repressivi [Meier, 2012]. Sappiamo però che tali tecnologie, tali piattaforme collettive, sono state importanti per dare visibilità alle segnalazioni di popolazioni in situazioni di crisi, per raccogliere dati diffusi in occasione di campagne elettorali a forte rischio di brogli, per supportare interventi umanitari o azioni diplomatiche, per mettere a punto decisioni di organismi che perseguono fini di tutela della pace e della sicurezza internazionale [Meier, Lambert, 2011].

1.1.2. Territorio, ambiente, città

Molti sono i temi ed i problemi dell'urbanistica contemporanea, diversi sono gli strumenti per cercare soluzioni. Dalle questioni urbane alla costruzione del piano urbanistico, dall'esame dei temi a dimensione territoriale per giungere alle questioni ambientali, i metodi e i processi della pianificazione devono essere inquadrati in una prospettiva di sviluppo sostenibile. La complessità delle dinamiche urbane, la rapidità delle trasformazioni territoriali e la nuova dimensione dei fenomeni in atto richiedono nuove capacità di comprensione e di governo dei processi.

Le rapide trasformazioni territoriali in corso vedono lo sviluppo di relazioni a scala sempre più ampia. Sulla scena compaiono nuovi attori e viene meno la distinzione tradizionale tra città e campagna. I paesi in via di sviluppo sono i nuovi protagonisti sulla scena internazionale: in essi ormai si spostano i processi di urbanizzazione tipici dei paesi interpreti dell'età industriale. La comprensione di tali fenomeni è base necessaria per intervenire nel governo dei processi territoriali.

Tali processi in genere interessano l'ambiente, sia esso antropico, paesaggistico, naturalistico o ecologico, e vengono studiati al fine di tutelare il rapporto uomo-ambiente in tutti i suoi aspetti. Le principali aree di studio sono aria, acqua, suolo e paesaggio e sono affrontate separatamente anche perché le norme relative a tali ambiti sono contenute in codici di leggi diverse e per i quali si hanno strumenti urbanistici diversi. L'argomento del suolo si è ulteriormente sviluppato, dando origine ad altre due filiere, quella dei rifiuti solidi urbani e quella della pianificazione del territorio contenente

L'aspetto ecologico è considerato soprattutto a seguito di normativa voluta dall'Unione Europea che ha come pilastro della sua politica proprio il tema ambientale (inteso come ecologia), che è, insieme alle reti di trasporti, l'energia e le telecomunicazioni, materia di competenza dell'unione stessa perché di interesse sovranazionale.

Attraverso le direttive e gli altri suoi strumenti legislativi l'Unione Europea anche in tema ambientale stabilisce gli obiettivi da raggiungere, obiettivi che poi gli stati membri realizzano in modo autonomo entro tre anni, così da rendere però omogenea per quanto possibile la normativa ambientale nei diversi Stati europei, che tendenzialmente nel nord Europa hanno un maggiore rispetto nei confronti dell'ambiente, mentre nei paesi mediterranei il rapporto è di sfruttamento dell'ambiente. Nei paesi nordici infatti, meno frammentati storicamente e con un senso civico maggiore, i beni comuni sono visti come beni di tutti da preservare, mentre nei paesi più frammentati purtroppo i beni comuni sono considerati beni di nessuno da sfruttare senza alcun rispetto. E ciò si riflette anche nel modo di vivere le città.

La città può essere vista come la casa di una comunità organizzata, e come essa quindi cambia e si evolve adattandosi alle nuove esigenze della comunità. Essa è anche il luogo che gli uomini hanno creato quando hanno dovuto vivere insieme, per svolgere una serie di funzioni che non potevano svolgere da soli.

In essa si soddisfano bisogni pratici sempre più complessi come la celebrazione dei valori e delle speranze comuni (religione), la necessità di convivere in rispetto reciproco (la giustizia), lo scambio di conoscenze e apprendimento (scuole), la rappresentanza e azione nell'interesse della comunità intera (governo).

Anche le funzioni che vi si svolgono portano a continue modifiche dell'aspetto della città.

Le città vivono quindi trasformandosi di continuo; il loro aspetto nel tempo cambia continuamente adattandosi alle esigenze della comunità, pur conservando alcune caratteristiche essenziali che ne consentono il riconoscimento e mantengono il senso di appartenenza degli abitanti.

Importante per chi la amministra si rivela la capacità di assumere scelte orientate al mantenimento di questo senso di appartenenza e, nel contempo, al contenimento dello sviluppo edilizio urbano entro limiti e proporzioni che non ne snaturino la vivibilità.

A questo fine, ed al fine della verifica dell'equa distribuzione degli oneri con cui i cittadini sostengono la vita civile in termini di corrispettivo per i servizi offerti, il controllo del territorio è un'attività che più di altre si presta a favorire una equilibrata vita civile.

Ma le trasformazioni dell'ultimo secolo in Italia ed in genere in Europa sono state tali da causare problemi come la concentrazione ella popolazione nei grandi centri urbani e la riduzione dei centri rurali con una cementificazione indiscriminata e selvaggia del territorio.

Il processo di urbanizzazione ha portato alla progressiva riduzione del territorio agricolo in favore di quello legato alla città densamente abitata. Spesso sono stati interessati dall'espansione delle città proprio i terreni più fertili dal punto di vista agricolo soprattutto grazie alle loro condizioni orografiche favorevoli. Sono state così prima occupate le parti piane del territorio riducendo in modo considerevole il serbatoio produttivo agricolo anche se pregiato, spingendosi fino ai piedi delle colline e in alcuni casi occupando parzialmente anche queste ultime. Basti pensare, ad esempio, alle trasformazioni del territorio nell'area del Frascati DOC, in cui le aree coltivate a vigneti, una volta estese, ora sono assediate delle propaggini dei centri urbani.

Altra caratteristica di molte nazioni europee è la dispersione territoriale causata dal gran numero di comuni con dimensioni molto ridotte e dall'esiguità del numero della popolazione residente.

Queste caratteristiche presentano problemi nella pianificazione per la complessità dei rapporti che si vengono a creare fra le varie amministrazioni ma anche problemi di gestione del territorio e dell'organizzazione dei servizi.

Spesso punto dolente in tante realtà locali, il controllo del territorio, che permette anche una verifica dell'equità sociale, costituisce una vera necessità civile sotto tanti aspetti. Quello dell'equità fiscale, già citato, ma anche, ed allo stesso fine, quello del dimensionamento dei servizi e delle strutture da realizzare.

Anche in aree non favorite da disponibilità di mezzi e di tecnologie ormai si rivela imprescindibile, ai fini delle scelte di governo del territorio, la realizzazione di sistemi informativi territoriali che riescano a monitorare gli assetti in divenire e che, cogliendo gli aspetti salienti delle trasformazioni, divengano veri sistemi di supporto alle decisioni. La conoscenza di questi fenomeni si esprime così anche attraverso mappe dell'uso del suolo per il controllo dello sviluppo urbano.

1.1.3. Rischio

Il rischio è definito come combinazione di probabilità e di gravità (severità) di possibili lesioni o danni alla salute, in una situazione pericolosa; la valutazione del rischio consiste nella valutazione globale di tali probabilità e gravità; al fine di scegliere le adeguate misure di sicurezza.

Nella valutazione degli scenari evolutivi possibili di un territorio, come nell'analisi di problematiche di carattere ambientale, il rischio è ricavabile come prodotto della pericolosità dell'evento (probabilità che un fenomeno accada in un determinato spazio con un determinato tempo di ritorno), della vulnerabilità (l'attitudine di un determinato elemento a sopportare gli effetti legati al fenomeno pericoloso - nel caso di rischio sismico la capacità di un edificio a resistere all'effetto dello scuotimento), e del valore che assume l'elemento esposto al pericolo.

Rischio idrogeologico è il rischio connesso all'instabilità dei pendii o dei corsi fluviali a seguito di condizioni ambientali, meteorologiche e climatiche sfavorevoli che implicano le acque piovane e il loro ciclo idrologico, con possibili conseguenze sull'incolumità della popolazione e sulla sicurezza di servizi e attività su un dato territorio. Esso si manifesta attraverso l'incremento di fenomeni franosi dovuti all'erosione del terreno o esondazioni fluviali a seguito di precipitazioni atmosferiche anomale. Spesso è conseguenza della modificazione del territorio da parte dell'uomo con costruzione di infrastrutture che hanno forte impatto sull'ambiente, oppure con l'espansione, talvolta abusiva, del territorio urbanizzato in zone non adatte allo scopo, o della deforestazione. Possono così diventare a rischio zone che prima non lo erano.

Questo tipo di rischio è valutato nei piani di bacino, che giustamente prescindono dai confini amministrativi. Assieme al rischio sismico e al rischio vulcanico costituisce uno dei maggiori rischi ambientali connessi alle attività umane. Altri tipi di rischio sono: il rischio incendi e quelli connessi alle attività produttive dell'uomo, quale il cosiddetto rischio da incidente rilevante che può interessare stabilimenti industriali.

La conoscenza dei possibili scenari di rischio sul territorio è un'informazione molto importante che consente di assumere le necessarie misure di salvaguardia al fine di governarlo in sicurezza

1.1.4. Questioni ambientali

Guardando la Terra dai satelliti emerge che essa consiste in un complesso meccanismo interconnesso in ogni suo fenomeno, in ogni suo livello, con processi legati fra loro, lenti ma che possono risolversi nel giro di pochi secondi. Dalla potenza incessante dell'acqua e del sole alle forze elettromagnetiche che ci circondano, ogni interazione trova un proprio equilibrio nel quadro complessivo.

L'umanità, ultimo grande fenomeno naturale, è conseguenza di un sistema che ha sinora sostentato la vita ma l'uomo è intervenuto sugli antichi processi della Terra, trasformando il pianeta e portando la propria presenza sull'80% delle placche continentali terrestri.

Produciamo più nitrato dei fulmini, più zolfo di tutti i vulcani del mondo, rilasciamo nell'atmosfera più anidride carbonica di quanta ne assorba l'Amazzonia, le nostre città generano polveri, innescano tempeste elettriche e condizionano le precipitazioni.

L'uomo influisce su gran parte dei cicli terrestri. I gas rilasciati da aeroplani, da navi, auto e centrali energetiche sono causati da un'animale che la Terra ha prodotto. Ma a differenza dei vulcani, dei movimenti delle correnti oceaniche o dell'ossigeno prodotto dalle foreste e dalla fioritura di plancton, noi possiamo ancora influire in altra direzione sul nostro mondo.

1.1.5. Mobilità

La gestione della mobilità, divenuta essenziale per un'Europa che fa dei Corridoi una politica vincolante, è in realtà strettamente interconnessa agli altri due temi del rischio e delle questioni ambientali. Il tutto sempre con l'aiuto dei satelliti, e cioè sia con l'uso dei sistemi di posizionamento globale sia con il Remote Sensing ed i sistemi di Osservazione della Terra in grado di costruire un'informazione geografica continuamente aggiornata.

Per quanto riguarda le questioni ambientali, basti ricordare che la quantità di polveri sottili presenti in atmosfera dipende soprattutto dal traffico veicolare su strada.

È per questo che in alcune regioni europee ed italiane in particolare è stato da tempo intrapreso un percorso nella promozione dell'eco-mobilità con buoni risultati, che hanno permesso di ridurre il numero di giorni annuali in cui le polveri sottili superavano il limite consentito.

Ciò si ottiene tra l'altro aumentando il numero di mezzi pubblici non inquinanti: bus elettrici ibridi, funivie e ferrovie rimodernate e costruite in chiave sostenibile, per massimizzare la portata ed il risparmio energetico. In questo quadro si ascrivono anche le piste ciclabili che consentono di vivere in sicurezza i mezzi di trasporto meno inquinanti. Esistono poi progetti per la realizzazione di "corridoi verdi" tra gli Stati europei incentivando nuove fonti di energia per l'autotrazione.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

1.2. Quadri di conoscenza

1.2.1. Governare il territorio

Le nuove tecnologie di trattamento dei dati geografici forniscono a chi ha compiti di governo del territorio e dell'ambiente la possibilità di costruire azioni, piani e politiche fondate su quadri di conoscenza condivisi con le comunità locali. Naturalmente il governo del territorio non si può limitare alla semplice disciplina degli usi del suolo e della mobilità, nel senso più restrittivo della regolazione delle trasformazioni urbane.

Compiti come la valorizzazione delle risorse paesaggistiche e ambientali, l'attenzione verso il rischio idrogeologico, la difesa del suolo, il monitoraggio dei cambiamenti dell'uso del suolo, il controllo della mobilità e delle infrastrutture, possono essere meglio affrontati con l'uso consapevole delle risorse che le nuove tecnologie mettono a disposizione.

L'informazione necessaria al funzionamento ed alla gestione della pubblica amministrazione viene costruita giorno per giorno ed a questa si aggiunge pure, sistematicamente, un sistema di conoscenze necessario per la tutela e valorizzazione delle risorse ambientali e territoriali e per la definizione delle politiche di intervento sul territorio.

Partendo dal patrimonio di banche dati presenti presso le amministrazioni, dalle caratteristiche storiche e culturali del territorio e delle comunità locali ed interpretando i cambiamenti intervenuti nel tempo, è possibile aggiungere nuova informazione e costruire quadri di conoscenza condivisi in grado di fornire supporto nei processi decisionali e di gestione amministrativa..

.

1.2.2. Istanze di conoscenza

La tutela del suolo, dell'ambiente e dei beni culturali e ambientali continua ad essere uno degli obiettivi primari del governo del territorio, una finalità essenziale per la qualità del territorio e non materia distinta da esso. Le politiche di sviluppo degli insediamenti e delle infrastrutture devono essere sempre integrate con la tutela e la valorizzazione del territorio e dei suoi valori ambientali, paesaggistici, culturali, sociali ed economici. A tal fine è opportuna la realizzazione di strumenti di supporto, ma tali strumenti si fondano sulla conoscenza di un paesaggio urbano e naturale in continuo mutamento a causa delle dinamiche che la popolazione vi apporta..

Al fine di poter meglio governare quindi questo sistema, per chi ha ruoli istituzionali diventa essenziale essere in grado di conoscere la realtà in divenire, avere la possibilità di seguire e monitorare le dinamiche in atto e, se necessario, porvi rimedio in modo consapevole.

Ciò presuppone la disponibilità di quadri di conoscenza che possano supportare processi decisionali.

L'informazione necessaria ha però un costo finanziario non indifferente e raramente gli enti territoriali possono farvi ricorso se non aiutati da programmi delle amministrazioni sovraordinate.

Nello scenario europeo, però, esiste una struttura che ha portato un grande contributo di innovazione grazie alle missioni di Osservazione della Terra intraprese, che ha un ruolo importante di fornitore di servizi agli Stati membri che ne finanziano l'attività e di stimolo per l'industria così instradata verso un percorso di innovazione. Dall'altra parte c'è il sistema dei governi locali, con la sua domanda di conoscenza su temi quali ambiente, rischio, energia, mobilità, riguardo ai quali ha il compito di tutelare i cittadini.

CAPITOLO 2 CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA: SATELLITI, SENSORI E MISSIONI

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

2.1. Le risorse: satelliti e sensori

2.1.1. Tecnologie satellitari

L'informazione territoriale è in rapidissima trasformazione sotto molteplici aspetti. Tra l'altro, l'evoluzione delle tecnologie di acquisizione dell'informazione geografica porta ad un continuo incremento della risoluzione dei sensori in tutte le dimensioni (spaziale, spettrale e temporale). Altre trasformazioni riguardano gli aspetti della distribuzione e dell'uso della stessa informazione. A queste si accompagna il continuo e rapido sviluppo delle tecnologie ICT e l'approccio innovativo a queste chiamato "Web 2.0". È quindi evidente come sia necessaria una conoscenza sempre aggiornata dello scenario attuale relativo all'informazione territoriale.

Certamente non tutte le tecnologie che agevolano la nostra quotidianità utilizzano dati satellitari; ma la presenza costante di piattaforme orbitanti regolarmente intorno al nostro pianeta per acquisire ad intervalli regolari, grazie ai sensori che costituiscono il loro carico utile, dati relativi agli oggetti sulla superficie terrestre, costituisce l'occasione per conoscere in modo eccezionale la situazione e la condizione di molti eventi che dominano la vita umana. Grazie ai satelliti ed ai sensori che essi trasportano è possibile procurarsi molto rapidamente grandi quantità di dati da elaborare per ottenere l'informazione territoriale aggiornata.

C'è poi l'evoluzione delle applicazioni possibili. Si è affermato che la nascita del telerilevamento moderno sia avvenuta, il 23 luglio 1972, con il lancio da parte della statunitense NASA del satellite *Landsat 1*, il primo non adibito ad usi militari. Tra le principali motivazioni delle decisioni alla base delle missioni Landsat[1] era la necessità di valutare l'estensione delle vaste coltivazioni del Nord America per

[1] Landsat è l'abbreviazione di Land Satellite. Questo termine indica sia un programma della NASA per lo studio delle risorse terrestri mediante l'uso di satelliti artificiali, sia una serie di satelliti, sinora sette, dedicati a questo programma. I primi tre utilizzavano la stessa piattaforma e lo stesso carico utile costituito dai sistemi MSS - Multispectral Scanner System - e RBV - Return Beam Vidicon. I Landsat 4 e 5 rappresentavano una evoluzione della piattaforma e del carico utile, costituito dal sistema MSS come nei precedenti e dal TM - Thematic Mapper. Il Landsat 5 è tuttora operativo, insieme al Landsat 7 che

prevedere la produzione annuale di prodotti agricoli, al fine di gestirne le collocazioni in Borsa. Grazie alla disponibilità di bande di acquisizione dei sensori che ne costituivano il carico utile, i dati dei satelliti Landsat furono presto utilizzati per il monitoraggio di terre e oceani allo scopo di mappare risorse culturali e naturali.

2.1.2. Sensori

Negli ultimi anni lo sviluppo della sensoristica e l'aumentata disponibilità di immagini satellitari sono andati di pari passo con l'incremento della loro risoluzione geometrica (ma anche spettrale, radiometrica e temporale) e l'evoluzione delle tecnologie per estrarne informazione. Dai MeteoSat di prima generazione, dai LandSat degli anni '70, dai primi satelliti dei sistemi GNSS[2], si è giunti a costellazioni di satelliti in grado di acquisire dati idonei a segnalare, ad esempio, l'abbassamento di pochi millimetri di un edificio per effetto della subsidenza; e così anche con satelliti commerciali e sensori ottici ora è possibile acquisire, ad esempio, particolari bande di lunghezza d'onda che discriminino i fondali così da ottenere vere e proprie batimetrie delle coste[3].

L'evoluzione dei sensori satellitari ed il conseguente aumento crescente della risoluzione spaziale delle immagini da satellite ci ha dato la possibilità di trovare sempre nuove aree di applicazione oltre alle tradizionali, relative agli studi ambientali. È per questo che si è giunti, a partire dalle prime applicazioni di stima delle grandi estensioni coltivate per l'agricoltura, alle attuali applicazioni connesse alla sicurezza oppure al conteggio delle abitazioni.

---

invece ha l'ETM+ (Enhanced Thematic Mapper), sensore con alcune caratteristiche diverse rispetto ai precedenti e migliore risoluzione spaziale soprattutto nella banda termica.

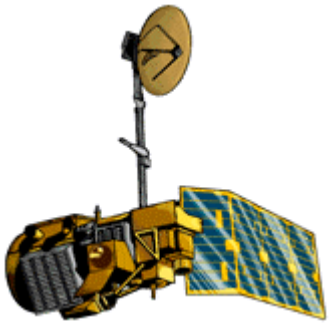
[2] GNSS è l'acronimo di Global Navigation Satellite System, Sistema satellitare globale di navigazione è un sistema di geo-radiolocalizzazione e navigazione, terrestre o aerea, che utilizza una rete di satelliti artificiali in orbita. Serve a fornire un servizio di posizionamento geo-spaziale a copertura globale. I principali sistemi di questo tipo sono lo statunitense GPS (Global Positioning System), il russo GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System), messo in orbita dall'allora Unione Sovietica, e l'europeo GALILEO, impresa comune di Commissione Europea ed ESA e primo sistema civile, che in questi anni sta inviando in orbita i primi satelliti.

[3] Caratteristica della Coastal Band (400 - 450 nm) acquisita dal sensore multispettrale a bordo del satellite WorldView-2 di DigitalGlobe.

2.1.3. Caratteristiche e obiettivi delle missioni

Di seguito si indicano le caratteristiche di alcune tra le principali missioni e piattaforme satellitari che hanno fatto la storia del Remote Sensing.

Landsat 5



Il satellite *LANDSAT 5*, di proprietà della NASA, lanciato nel Marzo 1984 e tuttora operativo, percorre un'orbita polare circolare eliosincrona, ad un'altezza dall'equatore di circa 705 km. L'orbita, con un'inclinazione di 98°22', viene completata in un periodo di 98.89 minuti. Il periodo di ripetizione della ripresa (periodo necessario per completare un'intera scansione del globo in 233 orbite e ritornare sulla medesima posizione) è di 16 giorni.

A bordo del Landsat5 sono montati due strumenti di ripresa: il Multi Spectral Scanner (MSS) e il Thematic Mapper (TM); le principali caratteristiche dei sensori sono:

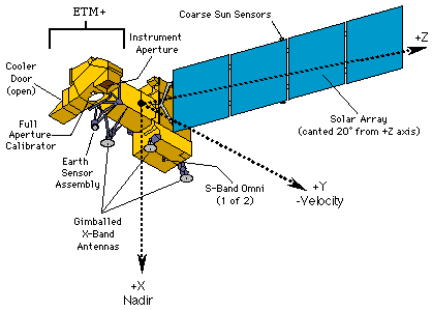
Multi Spettral Scanner (MSS)

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	79 m
Range spettrale	0.5-1.1 μm
Numero di bande	4
Tempo di ripetizione	16 giorni
Ampiezza di ripresa	185 km

Thematic Mapper (TM)

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	30-120 m
Range spettrale	0.45-12.5 μm
Numero di bande	7
Tempo di ripetizione	16 giorni
Ampiezza di ripresa	185 km.

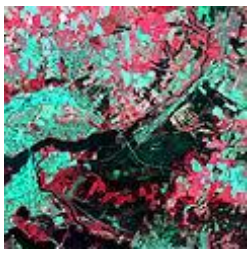
Landsat 7



Il satellite *LANDSAT7*, di proprietà anch'esso della NASA, è stato lanciato nell'Aprile del 1999 con le medesime caratteristiche orbitali del precedente Landsat5: percorre un'orbita polare circolare eliosincrona, ad un'altezza dall'equatore di circa 705 km. L'orbita, con un'inclinazione di 98°22', viene completata in un periodo di 98.89 minuti. Il periodo di ripetizione della ripresa (periodo necessario per completare un'intera scansione del globo in 233 orbite e ritornare sulla medesima posizione) è di 16 giorni. A bordo della piattaforma è stato però montato un nuovo scanner, l'Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) che presenta rispetto al TM due significative innovazioni:

- una ulteriore banda pancromatica con 15 m. di risoluzione spaziale
- un canale infrarosso termico con 60 m. di risoluzione spaziale.

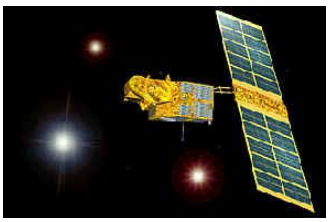
Le principali caratteristiche del sensore sono:



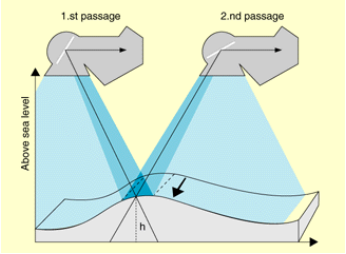
Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	15-30-60 m
Range spettrale	0.45-12.5 μm
Numero di bande	8
Tempo di ripetizione	16 giorni
Ampiezza di ripresa	183 km.

Spot







Il Satellite Spot 5, di proprietà francese, è stato lanciato il 4 maggio 2002 con un lanciatore Ariane dalla base spaziale di Kourou nella Guyana Francese, mentre il primo Spot risale alla fine degli anni '80 e lo Spot 2 al Gennaio del 1990; percorre un'orbita polare circolare eliosincrona ad un'altezza media di 832 km. L'orbita, con un'inclinazione di 98°7', è completata in un periodo di 101 minuti. Il periodo di ripetizione (periodo necessario per completare un'intera scansione del globo in 369 orbite e ritornare sulla medesima posizione) è di 26 giorni, ma grazie alla possibilità di orientare il sensore da terra obliquamente rispetto alla traccia, una stessa area sulla superficie terrestre può essere osservata ad un intervallo di 3 giorni.

I primi tre Spot montavano a bordo due sensori HRV operanti in modo multispettrale e pancromatico, le loro caratteristiche principali sono:

HRV Multispectral

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	20 m
Range spettrale	0.50-0.89 μm
Numero di bande	3
Tempo di ripetizione	26 giorni
Ampiezza di ripresa	60 km

HRV Panchromatic

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	10 m
Range spettrale	0.51-0.73 μm
Numero di bande	1
Tempo di ripetizione	26 giorni
Ampiezza di ripresa	60 km.

I sensori HRV si sono poi evoluti come HRVIR nello Spot 4 con l'aggiunta della capacità di acquisire l'infrarosso e come HRG (*Haute Résolution Géométrique*) nello Spot 5. Essi operano come i precedenti in modo multispettrale e pancromatico.

Lo Spot 5 differisce dai satelliti precedenti per la migliore risoluzione dei sensori ad alta risoluzione nel visibile e nel NIR poiché i due strumenti geminati acquisiscono immagini multispettrali con una risoluzione di 10 m. La tabella seguente indica l'evoluzione delle capacità del sensore chiamato ora alta risoluzione geometrica (HRG) rispetto ai satelliti da 1 a 4.



	Spot 5	Spot 4	Spot 1 à 3
Instruments	2 HRG	2 HRVIR	2 HRV
Bandes spectrales et résolution	. 2 panchromatiques à 5 m, permettant de réaliser un produit à 2,5 m . 3 multispectrales à 10 m . 1 moyen infrarouge à 20 m	. 1 monospectrale à 10 m . 3 multispectrales à 20 m . 1 moyen infrarouge à 20 m	. 1 panchromatique à 10 m . 3 multispectrales à 20 m
Spectre électromagnétique	P : 0.48 - 0.71 µm B1 : 0.50 - 0.59 µm B2 : 0.61 - 0.68 µm B3 : 0.78 - 0.89 µm B4 : 1.58 - 1.75 µm	M : 0.61 - 0.68 µm B1 : 0.50 - 0.59 µm B2 : 0.61 - 0.68 µm B3 : 0.78 - 0.89 µm B4 : 1.58 - 1.75 µm	P : 0.50 - 0.73 µm B1 : 0.50 - 0.59 µm B2 : 0.61 - 0.68 µm B3 : 0.78 - 0.89 µm
Champ de prise de vue	60 km x 60 à 80 km	60 km x 60 à 80 km	60 km x 60 à 80 km

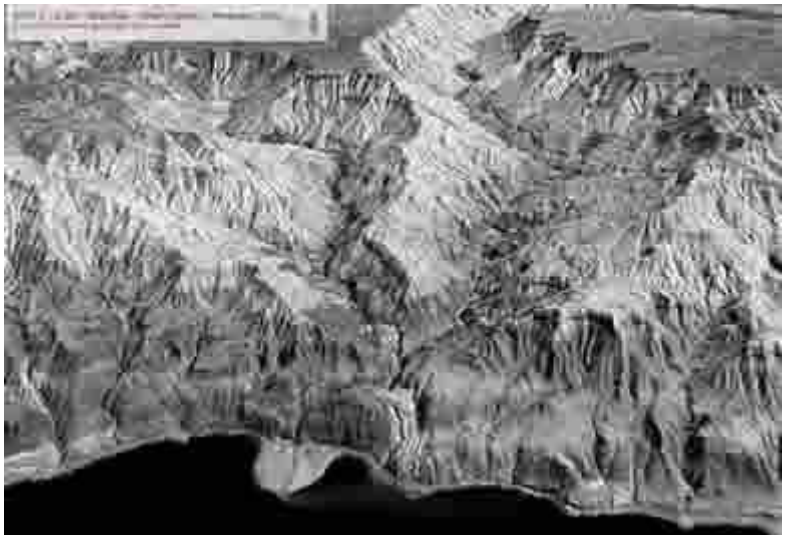
La risoluzione della banda spettrale pancromatica (totalità del visibile) passa da 10 a 5m.

Solo il canale medio infrarosso (MIR) conserva una risoluzione di 20 m

Gli strumenti di presa di vista possiedono una particolarità che permette di ottenere un'immagine ad altissima risoluzione. A partire dai canali pancromatici a 5m, forniti di una doppia linea di rivelatori di 12000 fotodiodi giustapposti e sfalsati, si acquisiscono due immagini a 5m simultaneamente. I dati raccolti ricevono in seguito al suolo un trattamento complesso (entrelacement, interpolazione, fusione) che restituisce un'immagine a 2,5 m di risoluzione. Questa nuova capacità apre prospettive in particolare nel settore urbano e nell'agricoltura di precisione.



SPOT 5 è anche dotato di un sistema stereoscopico chiamato HRS che permette una presa di vista di 20° avanti e 20° dietro quasi simultanea di 600km lungo la traccia del satellite su 120 km di ampiezza. Questa stereoscopia permette di costruire modelli digitali del terreno come il seguente:



D'altra parte SPOT 5 è fornito del sensore Végétation 2, a grande campo, che ha una risoluzione di 1Km per uno falciata di 2400km. Quest'ampio campo permette una copertura quotidiana della superficie terrestre e di costituire regolarmente uno stato dell'attività vegetale del globo.

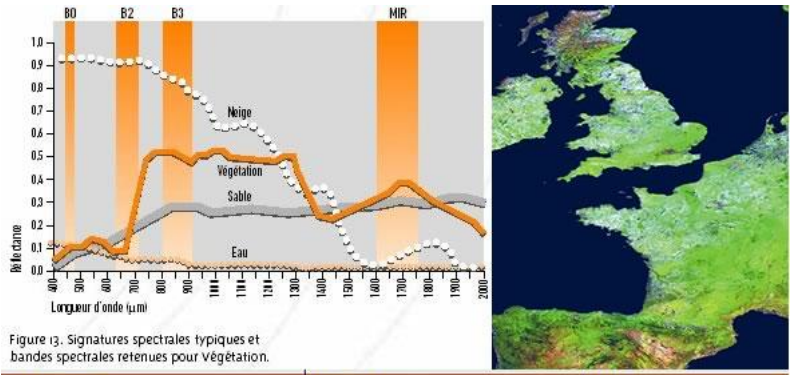


Figure 13. Signatures spectrales typiques et bandes spectrales retenues pour Végétation.

Performances	B0 B2 B3	MIR
Domaine spectral	B0 0,43-0,47 µm B2 0,61-0,68 µm B3 0,79-0,89 µm	1,58-1,75 µm

IRS-1C



L'IRS-1C è un satellite ottico di proprietà indiana, in grado di operare sia nel modo multispettrale che in quello pancromatico; è stato fino al 2000 il satellite a maggior risoluzione geometrica. E' stato lanciato nel Dicembre 1995 su di un'orbita polare circolare eliosincrona ad una altezza media di 817 km e con una inclinazione di 98°69', seguito dall'omologo IRS-1D nel Settembre del 1997. Il satellite impiega 101 minuti per completare una rivoluzione attorno alla Terra e copre l'intera superficie terrestre con 341 orbite durante un intervallo di 24 giorni. La possibilità di ruotare lateralmente il sensore permette di abbreviare il periodo di ripetizione a 5 giorni.A bordo della piattaforma sono montati i tre sensori PAN (Panchromatic camera), per le riprese in modalità pancromatica ad alta risoluzione, LISS-III (Linear Imaging and Self Scanning Sensor) per le riprese multispettrali, e WiFS (Wide Field Sensor) per le riprese multispettrali a bassa risoluzione.

Le principali caratteristiche dei sensori sono le seguenti:

PAN Camera

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	5.8 m
Range spettrale	0.50-0.75 μm
Numero di bande	1
Tempo di ripetizione	24 giorni
Ampiezza di ripresa	70 km

LISS-III

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	23.5-70.5 m
Range spettrale	0.52-1.7μm
Numero di bande	4
Tempo di ripetizione	24 giorni
Ampiezza di ripresa	141-148 km.

ERS- 2



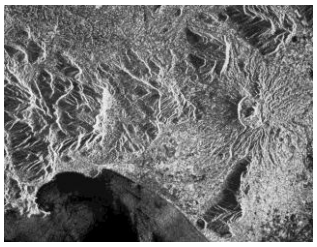
I satelliti europei ERS-1 ed ERS-2 sono piattaforme del tutto simili, dotate di sensori di ripresa attiva a microonde (radar). L'ERS-1 è stato messo in orbita dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) nel Luglio 1991 ad una quota nominale di 800 Km. Oltre ad uno scatterometro esso portava a bordo un SAR in banda C con un angolo di vista fissato tra i 20 e i 26 gradi e con una copertura di 80 km con risoluzione media di 26 m. La missione ERS-1 è terminata il 10 marzo 2000 a causa di un guasto del sistema di controllo.

Un SAR quasi identico fu poi montato a bordo di ERS-2, lanciato nell'Aprile 1995 in orbita polare eliosincrona a 785 km di altezza, che è in atto operativo. Nel 2002 un malfunzionamento del giroscopio ne ha limitato l'uso per l'interferometria.

Al contrario dei satelliti ottici, che riprendono la radiazione solare (visibile e infrarossa) riflessa dalla superficie terrestre, i satelliti radar sono dotati di sensori radar che investono la superficie con un fascio di microonde e ne misurano l'eco di ritorno: per tale caratteristica possono operare anche nelle ore notturne ed in presenza di copertura nuvolosa; per contro, la misura è rapportata soprattutto al grado di scabrosità della superficie e alla presenza di acqua.

L'impiego delle riprese radar si sta diffondendo in relazione alla elaborazione dei modelli digitali del terreno, al monitoraggio dell'idrologia e degli eventi alluvionali o simili, al monitoraggio di frane, subsidenza, eventi geologici, ecc., al monitoraggio del moto ondoso e del campo del vento. Molte delle applicazioni avvengono mediante l'interferometria SAR (InSAR), utilizzata soprattutto per la generazione di modelli digitali del terreno (DEM, o DTM) e la rivelazione dello spostamento delle superfici osservate con precisioni dell'ordine dei millimetri. Questa tecnica consente di estrarre informazioni tridimensionali dalla superficie terrestre mediante la combinazione di due immagini SAR complesse della stessa area generate

da direzioni di osservazione leggermente differenti: di queste una è presa come riferimento e denominata immagine master, l'altra immagine slave. L'acquisizione può avvenire contemporaneamente, con due antenne SAR montate sulla stessa piattaforma (single pass interferometry) o con un'unica antenna ad istanti temporali diversi ripercorrendo la stessa orbita oppure orbite simili. Il primo metodo vene usato con aeromobili, il secondo da satellite. Con essa viene misurata la variazione del valore della fase interferometrica.



Il satellite monta a bordo diversi sensori, dei quali il più importante risulta l'AMI (Active Microwave Instrument), nella sua modalità di funzionamento 'SAR Image Mode'. Le caratteristiche principali del sensore AMI sono le seguenti: AMI sono le seguenti:

AMI – SAR Image Mode

Tipo	Sensore radar
Risoluzione geometrica	10-30 m
Banda spettrale spettrale	Banda C (5.0 GHz)
Polarizzazione	LV
Tempo di ripetizione	diversi
Ampiezza di ripresa	100 Km

Ikonos

L'Ikonos, lanciato nel Settembre del 1999, è il primo satellite ottico commerciale ad alta risoluzione; viaggia su di un orbita quasi polare ed elio sincrona a 680 km di altezza, impiegando circa 100 minuti per compiere un'orbita.

Il satellite è dotato di 2 sensori: uno pancromatico (PAN) con una risoluzione geometrica di 1 m. al suolo, una elevata larghezza di banda (fino al vicino infrarosso) ed una profondità di colore di 11 bit (2048 toni) che lo rendono il migliore sensore ad alta risoluzione attualmente sul mercato; ed un sensore multispettrale (MS) che opera su 4 bande (3 nel visibile e 1 infrarossa) con una risoluzione geometrica al suolo di 4 m e una profondità di colore di 11 bit.



Il satellite ha un tempo medio di ripetizione di circa 3 giorni, ma la possibilità di inclinare il sensore lateralmente alla traccia dell'orbita fino a 26° consente di ripetere le riprese ad un intervallo di 1.5 giorni. Il satellite non acquisisce in continuazione immagini sull'orbita, come fa ad es. il Landsat, ma acquisisce prioritariamente su richiesta, lasciando i tempi liberi all'acquisizione per l'archivio.

PAN

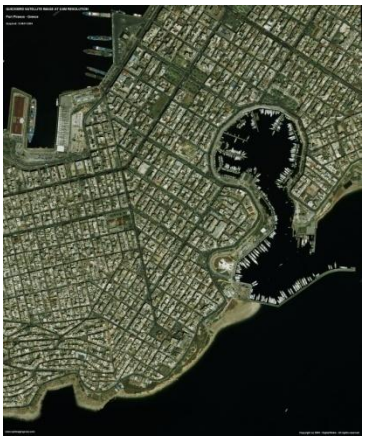
Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	1 m
Range spettrale	0.45-0.90 μm
Numero di bande	1
Tempo di ripetizione	3 giorni media
Ampiezza di ripresa	111 km

MS

Tipo	Sensore opto-meccanico
Risoluzione geometrica	4 m
Range spettrale	0.45-0.88 μm
Numero di bande	4
Tempo di ripetizione	3 giorni media
Ampiezza di ripresa	111 km.

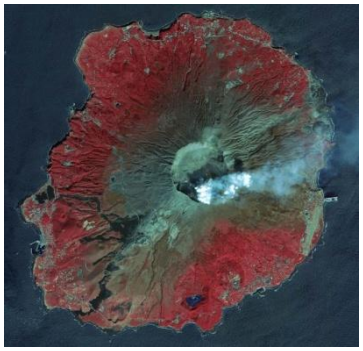
Quickbird





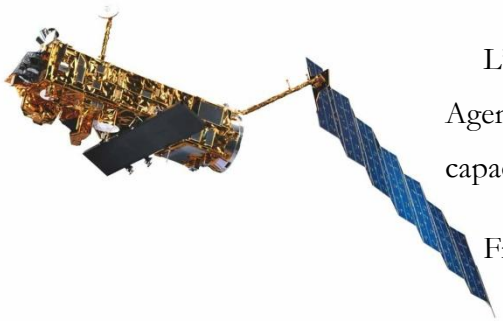
Lanciato il 18 ottobre 2001 dalla base californiana di Vandenberg, il satellite QuickBird ha fornito per lungo tempo la maggior ampiezza di swath, il più ampio volume di memorizzazione a bordo e la più alta risoluzione di tutti i satelliti commerciali disponibili. QuickBird è progettato per riprendere vaste aree in modo efficiente e con un'accuratezza di locazione geografica a livello di leader nel settore. La piattaforma di QuickBird, la cui orbita eliosincrona si trova a 450 km di altezza, è in grado di acquisire annualmente più di 75 milioni di kmq (oltre tre volte le dimensioni del Nord America) di immagini e permette così di arricchire e aggiornare l'archivio ad una velocità senza precedenti.

Il satellite QuickBird riprende simultaneamente immagini multi-spettrali e pancromatiche e offre prodotti composite Pan-sharpened a 70 cm di risoluzione in colori naturali o infrarosso. Supporta sia lo strip mode sia l'area mode. Ad ogni singolo passaggio possono essere collezionate strisciate di lunghezza fino a 10 scene (165 km) e possono essere riprese aree composte da 2x2 scene.



Nel dicembre 2000 la DigitalGlobe ebbe da NOAA la licenza per operare un sistema satellitare a risoluzione 0,5 metri. L'azienda riuscì in seguito a modificare i suoi progetti su QuickBird ed incrementare la risoluzione dall'originale 1 metro a 61 centimetri modificando l'orbita lungo la quale il satellite si muove. Di conseguenza la risoluzione della banda pancromatica è aumentata da 1 metro a 61 centimetri e le bande multispettrali da 4 metri a 2,44 metri di risoluzione. Grazie al suo design QuickBird è in grado di operare alla minore altitudine in modo appropriato; il satellite inoltre trasporta carburante sufficiente a non ridurre la lunghezza di vita della missione. Attualmente QuickBird è il satellite commerciale a più alta risoluzione.

Envisat



L'obiettivo principale della missione Envisat, promossa dall'ESA, Agenzia Spaziale Europea, è stato quello di fornire all'Europa avanzate capacità di telerilevamento e monitoraggio ambientale a scala planetaria.

Fra i più importanti target della missione:

- Dare continuità alla serie di osservazioni ambientali effettuate dai satelliti ERS-1 e ERS-2;
- Contribuire significativamente alla ricerca ambientale (in particolare nei settori della chimica atmosferica e dell'osservazione degli oceani);
- Contribuire ad un efficiente monitoraggio delle risorse naturali e fornire un supporto alla loro gestione. Mai un numero così elevato di strumenti era stato posto precedentemente su un satellite dedicato all'ambiente.

Envisat, satellite avanzato ad orbita polare per l'osservazione della terra, è stato messo in orbita il 1° Marzo 2002 dall'ESA ed ha fornito misure su atmosfera, oceano, terra e ghiaccio per un periodo di 5 anni.



Dopo appena quattro settimane le sue prime immagini ci hanno mostrato la disgregazione di un immenso tavolato di ghiaccio in Antartide.

Una certa preoccupazione per lo stato di salute del nostro pianeta non è solo giustificata, ma è anche sana e feconda, perché ci spinge a conoscere meglio il sistema climatico terrestre, che è un meccanismo di grande complessità. Il rispetto per l'ambiente e la necessità di conoscerlo sono alla base dello sforzo che l'ESA sta profondendo nella costruzione e nel lancio di satelliti che siano in grado di darci risposte più significative di quelle abbiamo oggi. L'evento citato è la disgregazione della sezione nord del una piattaforma ghiacciata della penisola antartica, che si protende verso la Terra del Fuoco, in Argentina: 3250 km^2 di ghiaccio disgregati in poco più di un mese, un'estensione analoga a quella della

Val d'Aosta. E si sta parlando di una lastra di ghiaccio spessa 220 metri e che probabilmente risale alla fine dell'ultima delle glaciazioni maggiori, circa 12 000 anni fa. La massa ghiacciata che si è sciolta e frammentata corrisponde a circa 720 miliardi di tonnellate.

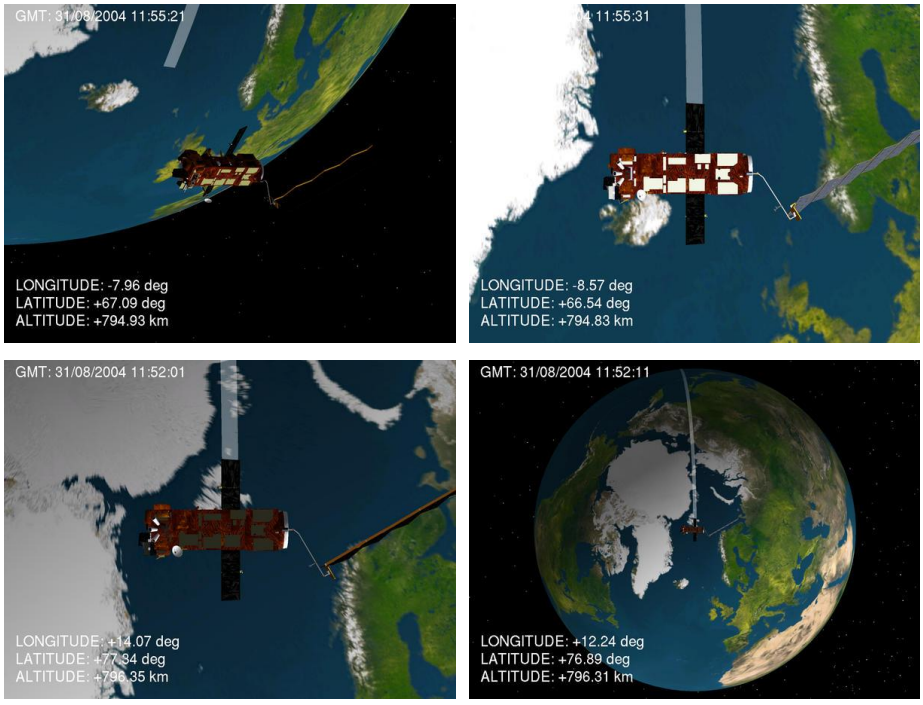
La registrazione di questo fenomeno ottenuta da Envisat sono state presentate all'ESRIN, la sede italiana dell'ESA, che di Envisat è il vero e proprio sistema nervoso centrale. Sono immagini che per la loro risoluzione fanno decisamente ben sperare sul contributo che Envisat ha dato alla comprensione del sistema climatico terrestre. Envisat è stato utile sia agli scienziati che ai politici: agli scienziati darà dati e misure che permettono uno studio globale del sistema climatico, in continuità con quanto hanno già fatto dal 1991 a oggi da altri due satelliti europei, ERS1 ed ERS2. Di conseguenza, anche i politici avranno molta materia su cui meditare: ci sono infatti molti indizi secondo cui le attività umane corrono il rischio si modificare il clima del nostro pianeta in maniera irreversibile.

Negli ultimi anni 5 anni la superficie di ghiaccio che si è disgregata in quella zona è di 5700 km^2, una superficie superiore a quella della Liguria. E dal 1974 ad oggi, la superficie di ghiaccio del Tavolato di Larsen che è andata persa è di circa 13 500 km^2, quanto l'intera Campania.

Envisat ha acquisito queste immagini con il suo strumento principale, il radiometro ASAR, uno strumento attivo, che invia un fascio di onde radio a terra. Le onde radio rimbalzano sulla superficie terrestre e vengono ricevute da un'antenna del satellite. La superficie su cui rimbalzano le onde lascia la propria "impronta digitale" sulle onde stesse, permettendo agli scienziati di distinguere la terra emersa, dal ghiaccio, dall'acqua liquida e così via. Il pregio del radar, fra gli altri, è che può osservare la terra sia di notte che di giorno, indipendentemente dalle condizioni del tempo.



A bordo di Envisat ci sono dieci strumenti scientifici per osservare la Terra nelle onde radio, nel visibile, nell'infrarosso, nell'ultravioletto. Lo strumento MERIS, ad esempio, è uno spettrometro in grado, fra l'altro, di misurare la quantità di clorofilla presente nella superficie degli oceani. E la presenza di clorofilla è legata allo sviluppo del fitoplancton. Il fitoplancton si nutre attraverso la fotosintesi clorofilliana, assorbendo biossido di carbonio dall'atmosfera e distruggendolo. E il biossido di carbonio è uno dei gas che più contribuiscono all'effetto serra. Nelle prime immagini di Envisat mostrate all'ESRIN si distinguono chiaramente le acque con plancton da acque che mostrano sabbia e sedimenti e da acque "pulite": sono immagini che riguardano le coste della Mauritania, nell'Africa occidentale.



I dati raccolti da Envisat convergevano all'ESRIN, centro multimissione che ha come compito principale la raccolta, l'archivio, l'elaborazione e la diffusione dei dati relativi alle attività di osservazione della Terra da satellite.



Lancio	Il 1 Marzo 2002 (CET) da Kourou, Guiana francese
Lanciatore	Ariane 5
Massa al lancio	8200 chilogrammi
Numero di strumenti	10 compresi ASAR e MERIS, per lunghezze d'onda che vanno da 0.2 μm a 10 cm.
Orbita	Eliosincrona, all"altitudine di 800 chilometri
Inclinazione	98 gradi
Tempo per un'orbita	101 minuti
Ciclo	Esatta ripetizione della copertura ogni 35 giorni molti sensori hanno swathes larghi e vedono tutto il pianeta ogni tre giorni
Dimensioni	10m x 4m x 4m con il pannello solare ed ASAR stivati; 25m x 7m x 10m con il pannello solare ed ASAR spiegati
Durata prevista	Durata di vita 5 anni, ma entrambi i precedenti satelliti per l'Earth Observation, ERS-1 ed ERS-2, hanno in realtà superato di molto la durata di progetto. Nel 2012 ha smesso di inviare segnali
Raccolta dati	Envisat durante la sua vita ha raccolto 1 Petabyte (10^{15} bytes) di dati, abbastanza da riempire l'hard disk di un milione di PC desktop.
Conservazione dati	• Conservazione a bordo di 160 Gbits; • Sufficienti per 1.6 milioni di chilometri quadrati di immagini SAR piú un'orbita completa di dati da tutti gli altri sensori;
Datalinks	• 2 x 100 Mbit/s links via European Data Relay Satellite; • 2 x 100 Mbit/s invio diretto dei dati alle stazioni del segmento di terra; • ogni collegamento 2000 volte piú veloce di un modem standard
Costruzione	• satellite costruito da un consorzio di 50 compagnie condotte da Astrium; • segmento di terra composto da un consorzio di 20 compagnie condotte dalle industrie Alcatel Spazio;
Costi	• satellite costruito da un consorzio di 50 compagnie condotte da Astrium; • corrispondente a 7 Euro a cittadino per le nazioni membri dell'ESA;
Stati partecipanti	Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Francia, Finlandia, Germania, Italia, Olanda, Norvegia, Spagna, Svazia, Svizzera, Regno Unito.

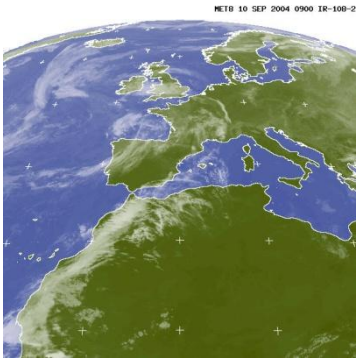
Meteosat



Meteosat è un satellite meteorologico lanciato e messo in funzione da un consorzio di nazioni europee. Geostazionario, è posto sull'Equatore e fornisce immagini della Terra ogni mezz'ora. Ha tre bande: la banda del visibile (0.4 -1.1 mm; 2.5 km di risol.), l'infrarosso medio (5.7 - 7.1 mm; 5 km di risol.), e l'infrarosso termico (10.5 - 12.5 mm; 5 km di risol.).

A 25 anni dal primo satellite per le previsioni del tempo, il Meteosat 1, nell'agosto del 2002 è stato lanciato il nuovo satellite europeo per le previsioni del tempo il primo Meteosat di Seconda Generazione.

Il Meteosat di nuova generazione nasce sulla scia del successo dei vecchi satelliti. Per il cittadino cambia tutto quel che deriva dal miglioramento delle prestazioni dei satelliti e dall'aumento delle conoscenze e della comprensione dei fenomeni fisici responsabili del tempo meteorologico.

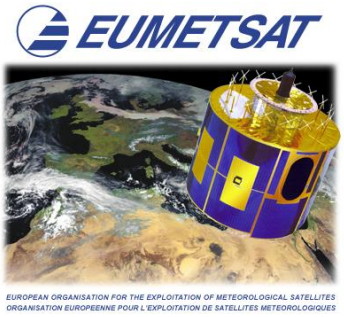


Come il vecchio Meteosat, il nuovo si muove su un'orbita geostazionaria. Visto dalla Terra appare fermo a 36 mila km di quota, sopra l'intersezione fra il meridiano di Greenwich e l'equatore, sul Golfo di Guinea.

Meteosat 7 forniva un'immagine ogni 30 minuti, mentre il nuovo Meteosat ne fornisce una ogni 15 minuti: questo ci permette di seguire quei fenomeni atmosferici, in genere piuttosto violenti, che si sviluppano in breve tempo e che sono sempre stati molto difficili da prevedere.

Il nuovo Meteosat è in grado di distinguere due nuvole distanti fra loro 1 km; mentre il vecchio Meteosat non distingueva nuvole distanti fra loro 2,5 km. Questo significa che è possibile avere un dettaglio temporale e spaziale molto maggiore: possiamo seguire con precisione, per esempio, le fasi iniziali della nascita di una copertura nuvolosa e capire meglio i processi che ne sono alla base. Il vecchio Meteosat osservava la Terra usando luce a tre frequenze diverse: 2 infrarossi e 1 visibile. Il

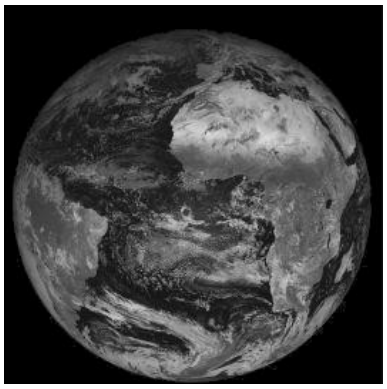
nuovo Meteosat usa ben 12 frequenze: 9 infrarossi e 3 visibili. In questo modo è capace di misurare non solo il contenuto di vapor acqueo delle nubi, ma anche la quantità di ozono e di altri gas che hanno un ruolo nell'effetto serra. Uno dei canali, per esempio, ci permette di distinguere le nuvole che contengono soprattutto goccioline d'acqua da quelle costituite da un'alta percentuale di ghiaccio: in questo modo è possibile dare indicazioni sulla presenza di gelate, contribuendo alla sicurezza della circolazione stradale.

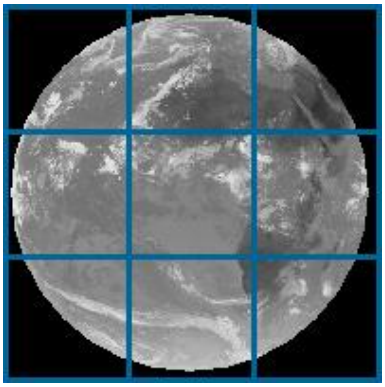


Alla raccolta dei dati per le previsioni del tempo contribuiscono anche circa 10000 stazioni di rilevamento sparse per il pianeta, a terra e in mare, oltre naturalmente ai rilevamenti attraverso palloni aerostatici.

Quale è il contributo specifico dei satelliti? Quel che i numeri non dicono è che questo spiegamento di forze copre solo il 20% della superficie del pianeta: negli oceani, per esempio, le stazioni di rilevamento non formano certo una rete fitta – sebbene gli oceani abbiano un impatto spaventoso sulla determinazione del clima terrestre. I dati satellitari sono complementari a quelli raccolti dalle stazioni di terra: ci permettono di "vedere" aree molto estese del pianeta e, per esempio, di osservare la copertura nuvolosa 24 ore su 24, controllandone l'evoluzione, misurando come varia la distribuzione del vapor acqueo nel corso del tempo.

Le condizioni meteorologiche sono inoltre influenzate anche da gas che sono presenti in piccole concentrazioni, come per esempio l'ozono, o anche da particelle di polvere sospese nell'atmosfera (aerosol), che il nuovo Meteosat può rilevare. Le polveri, per esempio, hanno un effetto positivo sulla formazione delle goccioline di acqua che formano le nubi, che si condensano inglobandole. Più in generale, le immagini del Meteosat possono essere utilizzate sia come "fotografie" della copertura nuvolosa, sia come nella costruzione di modelli teorici per le previsioni del tempo. Per esempio: a causa della rotazione terrestre, nel nostro





emisfero, i venti circolano in senso orario in zone dette "anticicloni" mentre circolano in senso antiorario nei cicloni ("depressioni"). Confrontando immagini successive, si può capire il verso del loro movimento e dunque distinguere un anticiclone da una depressione.

Le previsioni (attendibilità: 86% a 24 h, 80% a 72 h, bassissima oltre la settimana) si rivelano di grande complessità perché molto complessi sono i fenomeni che determinano le condizioni meteo, che hanno luogo nella bassa atmosfera, cioè nella troposfera e nella bassa stratosfera. E tutto questo nonostante le circa 10000 stazioni di rilevamento meteo sparse per il pianeta, la copertura di buona parte della superficie del globo con una rete di satelliti e il miglioramento continuo nelle misure delle grandezze fisiche importanti per gli studi climatici e del tempo. Non bisogna confondere i dati e le immagini raccolte dal satellite con le previsioni vere e proprie: i primi sono "misure" di grandezze fisiche, come umidità, pressione, temperatura. Le previsioni sono invece risultati di modelli teorici, modelli numerici, che approssimano tutti i fenomeni reali e che simulano la realtà. I problemi risiedono soprattutto nella difficoltà di capire le interazioni atmosferiche e di rappresentarle in modo corretto nei modelli per le previsioni.

Studi come quelli meteorologici possono dare un contributo anche per capire se e in che modo sta cambiando il clima del pianeta. Attraverso un satellite come il Meteosat si raccolgono dati che aiutano a capire scientificamente i problemi relativi al tempo su piccola scala. Questi poi, analizzati al passare del tempo, sono fondamentali per analizzare anche il clima.

WorldView-2



Lanciato ad ottobre 2009, il satellite Worldview-2 acquisisce immagini multispettrali ad 8 bande con risoluzione di 1,8 metri, per fornire la migliore rappresentazione a colori naturali della Terra, oltre che immagini pancromatiche con risoluzione di 46 centimetri (commercializzate con la risoluzione di 50 cm nel pancromatico e 2 metri nel multispettrale).

In particolare WorldView-2 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire, accanto alle quattro tipiche bande Blu, Verde, Rosso ed Infrarosso Vicino, quattro ulteriori bande mulispettrali, "inedite" su un satellite ad altissima risoluzione:

- la Coastal Band (400 - 450 nm), utile per lo studio di aree costiere, grazie alle sue caratteristiche di penetrazione nell`acqua, e ideale per migliorare i risultati nei processi di correzione atmosferica;
- la Yellow Band (585 - 625 nm): molto importante per rendere meglio i colori naturali delle immagini e per ottimizzare i processi di classificazione;
- la Red Edge Band (705 - 745 nm): fondamentale per l`analisi approfondita delle condizioni di salute della vegetazione;

- la Near Infrared 2 Band (860 - 1040 nm): una seconda banda nell`infrarosso vicino, meno influenzata dalle condizioni atmosferiche, estremamente utile a supporto dell'analisi della vegetazione e delle biomasse.

Un satellite dotato di tecnologie innovative e performance di alto livello in termini di rapidità e flessibilità di acquisizione e per le possibilità di uso applicativo: aggiornamento speditivo di cartografia tematica, monitoraggio di ambienti marini e costieri, agricoltura di precisione, Oil and Gas e studi sulla vegetazione e sulle biomasse.

RapidEye



RapidEye è una costellazione di cinque minisatelliti artificiali tedeschi per il telerilevamento della superficie terrestre. I satelliti sono identici, hanno lo stesso tipo di equipaggiamento di sensori, e quindi anche la stessa risoluzione spaziale di 5 metri. Viaggiano uno dietro l'altro nella stessa orbita, permettendo quindi un tempo di rivisitazione molto breve. Le applicazioni comprendono diversi campi: agricoltura, foreste, sicurezza, ambiente, monitoraggio di infrastrutture ed energia

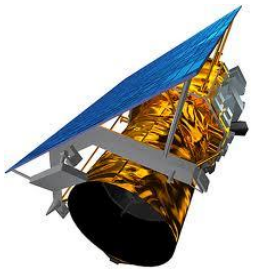
Nel 1996 RapidEye è creata da Kayser-Threde GmbH, sulla base di un concorso di idee dal DLR (Agenzia aerospaziale tedesco), su come commercializzare telerilevamento in Germania. Il 29 agosto 2008 la costellazione RapidEye è stata lanciata da Baikonur in Kazakistan e posta in orbita, diventando commercialmente operativi nel febbraio 2009.

RapidEye fornisce informazioni geospaziali basate su soluzioni di gestione per i seguenti settori: agricoltura, foreste, sicurezza ed emergenza, ambiente, energia e monitoraggio infrastrutture.

I satelliti sono stati costruiti da Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL di Guildford, in subappalto da MacDonald Dettwiler (MDA). Ogni satellite misura meno di un metro cubo e pesa 150 kg (bus + carico utile). Contengono sensori identici, sono ugualmente calibrati e viaggiano sullo stesso piano orbitale (ad un'altitudine di 630 km). Insieme, i 5 satelliti sono in grado di raccogliere oltre 4 milioni di km ^{2} di risoluzione di 5 m, a 5 bande immagini a colori ogni giorno.

Sensori: Jena-Optronik multi-spettrale, Jena Spaceborne scanner JSS 56. Ogni sensore è in grado di raccogliere i dati delle immagini in cinque bande distinte dello spettro elettromagnetico: blu (440-510 nm), verde (520-590 nm), rosso (630-690 nm), Rosso-Edge (690-730 nm) e nel vicino infrarosso (760-880 nm). La risoluzione nominale a terra è di 5 metri, corrispondenti a NIIRS 2.

GeoEye-1



GeoEye-1, lanciato il 06 settembre 2008, GeoEye-1 è il satellite ottico ad altissima risoluzione, per l'osservazione della terra, in grado di acquisire immagini con una risoluzione di 50 cm in modalità pancromatica e di 2 m nelle quattro bande multispettrali.

GeoEye-1 è dotato di una notevole agilità che gli consente di acquisire aree piuttosto ampie anche in modalità stereoscopica: in questo modo si ottengono coppie di immagini con condizioni simili di acquisizione, particolarmente valide per l'estrazione di Modelli Digitali del Terreno (DEM).

Le immagini GeoEye-1 sono utilizzabili in un'ampia varietà di applicazioni:

- Difesa e Sicurezza Nazionale
- Trasporti aerei e marittimi
- Prodotti petroliferi e Gas
- Cartografia e Location-based Services
- Risk Management
- Monitoraggio Ambientale e Risorse Naturali

Google, il cui logo era situato sul razzo, ha l'esclusiva sulla cartografia del satellite. Nonostante il GeoEye-1 sia in grado di fornire immagini con dettagli delle dimensioni di 41 centimetri (16 pollici), questa risoluzione è disponibile solamente al governo statunitense, per ragioni di sicurezza. Google può arrivare fino ad un dettaglio di 50 centimetri (20 pollici). La massima risoluzione commerciale è infine di 60 centimetri (24 pollici)

2.2. Attori nella scena europea

2.2.1. L'Unione Europea e la Direttiva INSPIRE

La direttiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) 2007/2/CE del Parlamento europeo ha l'obiettivo di creare un quadro giuridico per la realizzazione e l'attivazione di un'infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa, al fine di formulare, attuare, monitorare e valutare le politiche comunitarie a vari livelli e di fornire informazioni ai cittadini. Entrata in vigore il 15 maggio 2007, stabilisce una serie di requisiti per quanto riguarda la standardizzazione e la pubblicazione di set di dati geografici e le relative descrizioni dei set di dati (metadati) in tutta l'Unione Europea.

Tra gli obiettivi principali della direttiva INSPIRE c'è la possibilità di rendere disponibile una quantità di dati maggiore e di qualità più elevata ai fini dell'elaborazione delle politiche comunitarie e della loro attuazione negli Stati membri a qualsiasi livello. La direttiva è focalizzata in particolare sulla politica ambientale, ma in futuro potrebbe essere estesa ad altri settori come l'agricoltura, i trasporti e l'energia.

L'implementazione di INSPIRE a livello nazionale ed internazionale è ancora lunga e caratterizzata da importanti scadenze da rispettare, come quella di settembre 2011 per l'operatività dei servizi di visualizzazione e ricerca.

Inoltre l'informazione geografica attraverso il Geoportale Europeo INSPIRE avrà un punto di accesso unico al patrimonio geoinformativo ambientale europeo messo a disposizione da tutti gli stati membri.

A seguito del bando per il "Development of the technical components of the INSPIRE Geoportal at European Level", Planetek Italia è stata incaricata dall'Institute for Environment and Sustainability del Joint Research Centre (JRC) di realizzare inizialmente l'aggregazione di due servizi relativi.

La proposta di Planetek Italia, capogruppo del RTI con la tedesca lat/lon è basata interamente su tecnologie Open Source e standard OGC, adottati sia da Planetek Italia che da lat/lon.

2.2.2. L'Agenzia Spaziale Europea

Esistono diverse strutture, progetti e studi che l'Europa ha avviato finalizzandoli all'impiego delle risorse informative satellitari nell'ambito di sistemi integrati di informazioni georiferite. La maggioranza di questi si svolgono con una parte importante dell'ESA, l'Agenzia che garantisce l'accesso allo spazio per l'Europa. Fondata nel 1975, l'ESA ha come missione lo sviluppo delle capacità spaziali europee e la garanzia che gli investimenti effettuati per la conquista dello spazio continuino a produrre vantaggi e ricadute positive per tutti i cittadini europei.

Gli stati membri dell'ESA sono attualmente venti. Grazie alla coordinazione delle risorse finanziarie e intellettuali dei suoi membri, l'agenzia è in grado di intraprendere programmi e attività ben superiori a quelli possibili alle singole nazioni europee.

Compito dell'ESA è delineare il programma spaziale europeo e dargli attuazione. I progetti dell'Agenzia sono concepiti per scoprire quanto più possibile sulla Terra, l'ambiente spaziale circostante, il Sistema solare e l'Universo in generale, ma puntano anche allo sviluppo di tecnologie e servizi satellitari e alla promozione delle industrie europee ed a stimolare la concorrenza tra queste. Inoltre l'ESA collabora attivamente con le organizzazioni spaziali extra-europee per condividere con tutta l'umanità gli enormi vantaggi derivanti dalla ricerca spaziale.

I 20 stati membri dell'ESA sono: Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Romania, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna, Svezia e Svizzera. Inoltre, Estonia, Slovenia ed Ungheria partecipano con accordi di cooperazione ed anche il Canada partecipa ad alcuni progetti in base ad un accordo di cooperazione.

Come si può evincere dalla lista, non tutti i paesi membri dell'Unione Europea sono membri dell'ESA e non tutti gli stati membri dell'ESA fanno parte dell'Unione Europea. L'ESA è un'organizzazione interamente indipendente sebbene mantenga stretti legami con la UE in base all'Accordo Quadro ESA/CE. Le due organizzazioni condividono una strategia spaziale congiunta e stanno sviluppando la politica spaziale europea secondo una visione assolutamente unitaria.

L'ESA ha la sede centrale a Parigi, dove sono decisi programmi e politiche, ma anche centri operativi e dirigenziali in altri paesi europei ed extraeuropei.

- ESTEC, lo European Space Research and Technology Centre, è il fulcro dei progetti della maggior parte dei veicoli spaziali e dello sviluppo tecnologico dell'ESA; ha sede a Noordwijk, nei Paesi Bassi.

- ESOC, lo European Space Operations Centre, è responsabile del controllo dei satelliti ESA in orbita; ha sede a Darmstadt, in Germania.

- EAC, lo European Astronauts Centre, addestra gli astronauti per le missioni future; ha sede a Colonia, in Germania.

- ESRIN, lo European Space Research Institute; ha sede a Frascati, nei pressi di Roma, in Italia. Le sue responsabilità includono la raccolta, l'archiviazione e la distribuzione di dati satellitari di osservazione della terra ai partner dell'ESA. Oltre a ciò, la struttura agisce come centro di informazione tecnologica per l'intera agenzia e ne realizza il sito web.





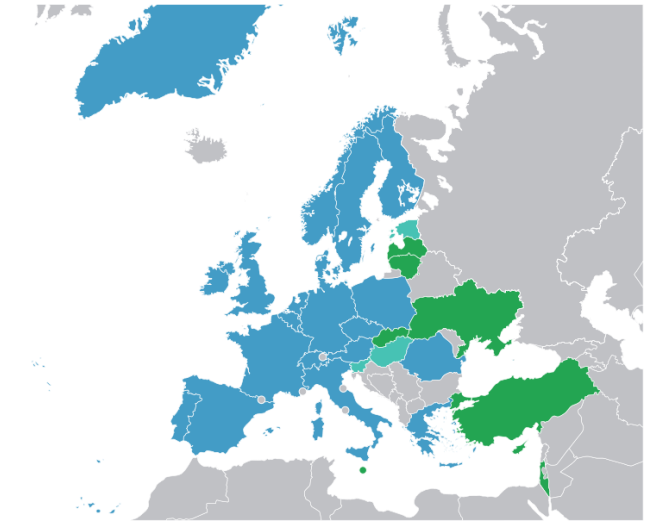
- ESAC, lo European Space Astronomy Centre; ha sede a Villafranca in Spagna ed è responsabile per la raccolta, l'archiviazione e la distribuzione di dati delle missioni astronomiche e planetarie.

L'ESA ha uffici regionali in Belgio, negli Stati Uniti d'America e in Russia; una base di lancio nella Guyana francese (Kourou) e installazioni di terra e tracciamento in varie aree del mondo.

Al momento della fondazione dell'ESA gli stati membri le attribuivano il seguente obiettivo: «Sostenere e promuovere per scopi esclusivamente pacifici la cooperazione tra gli stati europei nella

ricerca e tecnologia spaziale e nelle loro applicazioni, con l'intento di usarle per scopi scientifici e sistemi operativi»[4]

La sua nascita risale agli anni 60-70. Nel 1962 sei paesi europei (Belgio, Francia, Germania, Regno Unito, Italia e Olanda), con la partecipazione dell'Australia, crearono l'ELDO (European Launcher Development Organisation) per progettare e costruire un lanciatore indipendente dalle due potenze spaziali dell'epoca. Sempre nel 1962 gli stessi paesi, con in più Danimarca, Spagna, Svezia e Svizzera, firmarono un accordo per la fondazione dell'ESRO (European Space Research Organisation), che venne poi creata ufficialmente il 20 marzo 1964 allo scopo di avviare progetti in campo satellitare. Tra il 1968 e il 1972 l'ESRO mise in orbita sette satelliti di ricerca. Le attività comuni di ELDO ed ESRO iniziarono nel 1975 quando venne lanciata la prima missione da parte dell'Agenzia che sarebbe poi diventata l'ESA; si trattava di una sonda per l'analisi delle emissioni di raggi gamma dell'universo. Nel 1975 ai paesi membri si aggiunse l'Irlanda e il 30 ottobre 1980 la ratifica dell'accordo sancì l'esistenza legale dell'ESA.



Stati membri ESA
Stati membri PECS[5]
Stati che hanno firmato un accordo di cooperazione

[4] Definizione dei compiti dell'ESA - 30 ottobre 1980.

[5] PECS è *Plan for European Co-operating States*, un organismo dell'Agenzia Spaziale Europea teso allo sviluppo scientifico e industriale dei paesi che sono entrati nell'Unione Europea dopo il 2004. Attualmente ne fanno parte Estonia, Ungheria, Polonia e Slovenia.

Successivamente Austria, Norvegia e Finlandia si unirono agli stati membri fondatori dell'ESA. A seguito della ratifica di accordi di cooperazione anche il Canada partecipa a diversi programmi dell'Agenzia e fa parte del Consiglio ESA. Nel 2000 si unì agli stati membri il Portogallo, seguito nel 2005 dalla Grecia e dal Lussemburgo. La Repubblica Ceca è entrata nell'agenzia nel 2008, portando a 18 il numero dei paesi membri. Nel dicembre 2011 la Romania ha aderito come diciannovesimo membro dell'ESA; infine l'ultimo paese membro aderente è stato la Polonia grazie agli accordi del 13 settembre 2012.

Le attività dell'ESA sono raggruppate in programmi "obbligatori" e programmi "facoltativi". I programmi obbligatori comprendono le attività di base dell'Agenzia (esame di progetti futuri, ricerca tecnologica, investimenti tecnici comuni, sistemi informativi, programmi di formazione). Tutti i paesi membri contribuiscono a questi programmi proporzionalmente al loro reddito nazionale.

I programmi "facoltativi" interessano solo alcuni dei paesi membri, liberi di stabilire il loro livello di partecipazione; riguardano tra l'altro settori come l'Osservazione della Terra e le telecomunicazioni.

2.2.3. L'Accordo Quadro tra la Comunità Europea e l'ESA

Il 25 novembre 2003 fu firmato un importante accordo tra l'allora Comunità Europea e l'Agenzia Spaziale Europea al fine di avviare una più stretta cooperazione in tema di utilizzazione pacifica dello spazio e delle attività ad esso connesse. Non era il primo, l'avevano infatti preceduto diverse risoluzioni varie risoluzioni adottate dal Consiglio dell'Unione Europea[6] e dal Consiglio dell'ESA[7].

[6] Le precedenti risoluzioni del Consiglio dell'Unione risalivano al 22 giugno 1998, al 2 dicembre 1999, al 16 novembre 2000.

[7] Le risoluzioni dell'ESA erano del 23 giugno 1998, dell'11 maggio 1999, del 16 novembre 2000, che fa riferimento alla strategia europea per lo spazio; al 15 novembre 2001, al 27 maggio 2003. Tali risoluzioni non erano modificate né sostituite dall'Accordo del 2004.

L'obiettivo principale era una più stretta cooperazione così da promuovere l'utilizzazione pacifica dello spazio, importante occasione ai fini della coesione e della crescita economica in Europa, e contribuire ad agevolare le attività spaziali in un ambito politico, economico, scientifico, ambientale e sociale più ampio per metterle ancor più direttamente al servizio dei cittadini europei, creando un valore aggiunto a beneficio di questi ultimi. Si era giunti infatti alla conclusione che la tecnologia spaziale era ormai divenuta una tecnologia critica ed essenziale, realmente in grado di consentire alla Comunità di affrontare e conseguire molti degli obiettivi indicati nelle sue varie politiche, in particolare quelle relative alla società dell'informazione, ai trasporti e alla tutela dell'ambiente.

Naturalmente, poiché ogni sistema o applicazione spaziale dipende anche dalla disponibilità di frequenze radio, si richiamava la decisione n. 676/2002/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 7 marzo 2002 relativa ad un quadro normativo per la politica in materia di spettro radio nella Comunità europea (decisione «Spettro radio»).

La politica spaziale europea globale si delineava come finalizzata a raccordare la domanda di servizi e di applicazioni che utilizzano sistemi spaziali a sostegno delle politiche comunitarie con l'offerta dei sistemi e delle infrastrutture spaziali necessari per rispondere a tale domanda.

Obiettivo quindi era realizzare un quadro che fornisse una base comune e disposizioni operative idonee per:

> "a) assicurare all'Europa un accesso indipendente ed economico allo spazio e lo sviluppo di altri settori di interesse strategico necessari per l'utilizzazione e l'applicazione autonome delle tecnologie spaziali in Europa;
>
> b) garantire che la politica spaziale europea globale prenda in particolare considerazione le politiche generali perseguite dalla Comunità europea;
>
> c) sostenere le politiche della Comunità attraverso l'utilizzo delle tecnologie e delle infrastrutture spaziali dove opportuno e promuovere l'utilizzo di sistemi spaziali a sostegno dello sviluppo sostenibile della crescita economica e dell'occupazione;
>
> d) ottimizzare l'utilizzo delle competenze e risorse disponibili e contribuire a consolidare una stretta cooperazione tra la Comunità europea e l'ESA, raccordando in tal modo la domanda e l'offerta di sistemi spaziali nell'ambito di un partenariato strategico;

e) conseguire una maggiore coerenza e sinergia delle attività di ricerca e di sviluppo allo scopo di ottimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili in Europa, compresa la rete dei centri tecnici."[8]

All'articolo 3 dell'Accordo venivano già individuati degli ambiti specifici di cooperazione, e cioè:

— scienza
— tecnologia
— osservazione della Terra
— navigazione
— comunicazioni via satellite
— volo con equipaggio e microgravità
— lanciatori
— politica dello spettro radio in relazione allo spazio

Era però prevista la possibilità di individuare e sviluppare ulteriori ambiti di cooperazione.

Ogni parte dell'accordo per conseguire gli scopi della cooperazione avrebbe preso le misure necessarie a: promuovere l'utilizzazione della ricerca e dello sviluppo nel settore spaziale e delle applicazioni spaziali sia nel settore pubblico che nel settore privato, favorire l'emanazione di provvedimenti legislativi, regolamentari e di normalizzazione del settore, il finanziamento e la realizzazione di iniziative congiunte.

Tali iniziative congiunte possono essere: attività gestite dall'ESA connesse allo spazio della Comunità europea nell'osservanza della normativa comunitaria; partecipazione della Comunità europea a programmi dell'Agenzia spaziale europea; attività coordinate, finanziate e realizzate da entrambe le parti; creazione di organismi incaricati di prendere iniziative complementari alle attività di ricerca e sviluppo (fornitura di servizi, promozione della formazione di operatori e gestione di infrastrutture); realizzazione di studi, organizzazione di seminari, conferenze, simposi e workshop scientifici, formazione di scienziati e di esperti tecnici, scambio e condivisione di attrezzature e di materiali, accesso alle installazioni e sostegno all'organizzazione di visite e di scambi di scienziati, ingegneri e di altri specialisti.

[8] Dall'accordo quadro, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 6.8.2004, art. 1, c. 2.

Si vede quindi come una stretta interconnessione tra le iniziative di Unione Europea ed ESA si sia resa indispensabile alla luce delle imprese e dei progetti comuni avviati, tra cui Galileo, GMES e, al fine della diffusione tra i cittadini europei dei benefici di quest'ultima iniziativa, NEREUS.

CAPITOLO 3 I GRANDI PROGETTI EUROPEI

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

3.1. GALILEO, l'impresa comune

3.1.1. I perché di alcune scelte

Il primo dei grandi progetti

Esistono alcune sfide legate all'impresa comune GALILEO, i particolare alla scelta dei segnali che verranno inviati dai satelliti.

La Commissione europea, l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), alcuni Stati membri[9] e il mondo dell'industria, in particolare gli industriali attivi nella concezione di ricevitori, hanno partecipato ai lavori della "Task Force Signal" collegata al "GALILEO Steering Comittee". Questa task force ha cominciato i suoi lavori nel marzo 2001. Una delle sue missioni consisteva nel contribuire alla definizione dei futuri segnali emessi da GALILEO. In questo contesto, è stato elaborato il migliore scenario possibile, in termini di bande di frequenza e di forma dei segnali usati, per garantire ai segnali emessi da GALILEO prestazioni ottimali che gli permetteranno di penetrare nel mercato della radionavigazione via satellite. Questo scenario è stato oggetto di un consenso da parte degli esperti delegati dagli Stati membri.

GALILEO offrirà una gamma di servizi che utilizzano ciascuno almeno due bande di frequenze. Due dei suoi servizi si basano su segnali aperti, cioè non criptati. Gli altri due richiedono l'uso di segnali criptati, uno a fini commerciali, l'altro per applicazioni critiche e sensibili sotto controllo delle autorità pubbliche. Questo ultimo segnale, detto "governativo" o "Public Regulated Service" (PRS), beneficia di una protezione rafforzata.

Il sistema americano GPS comprende due tipi di segnali: segnali civili e segnali militari. I segnali militari attuali del GPS sono chiamati P(Y) e i futuri segnali militari del GPS sono chiamati codice M.

Lo scenario preso in considerazione dalla "Task Force Signal" ha tenuto conto della necessità dell'interoperabilità tra il GPS e GALILEO. Prevede una sovrapposizione dei segnali GALILEO aperti

[9] Regno Unito, Germania, Italia, Francia, Spagna e Finlandia.

con due delle frequenze del GPS; ciò autorizzerà i futuri ricevitori di segnali aperti di radionavigazione via satellite ad usare in modo congiunto i segnali GPS e GALILEO. Prevede anche la sovrapposizione parziale o totale di uno dei segnali PRS criptati con uno dei segnali del futuro codice M del GPS. Queste sovrapposizioni sono possibili a livello tecnico e di regolamentazione.

Gli Stati Uniti si sono opposti alla sovrapposizione di uno dei segnali PRS di GALILEO con uno dei segnali del codice M del GPS, facendo valere le priorità della loro politica di difesa e volendo conservare la possibilità di oscurare il segnale PRS di GALILEO.

L'analisi riportata qui di seguito esplicita innanzitutto la problematica posta dagli Stati Uniti, quindi espone le posizioni dell'Unione europea circa la scelta delle frequenze del segnale PRS di GALILEO.

I. La problematica della sovrapposizione dei segnali PRS e codice M

1) Il segnale PRS di GALILEO

Fra i vari servizi di navigazione che dovrebbe fornire GALILEO, il servizio PRS ha il compito di garantire una continuità di servizio per alcune applicazioni sensibili (sicurezza civile, polizia, dogane, repressione delle frodi), anche in periodo di crisi.

Per garantire una continuità di servizio ed impedire l'accesso ad utenti non autorizzati, i segnali PRS saranno in permanenza criptati mediante una cifra o un codice governativo e controllati da un'entità europea appropriata.

I ricevitori PRS saranno di conseguenza specifici e controllati molto strettamente: identificazione personale degli utenti, tracciabilità dei ricevitori, dichiarazione e disattivazione del ricevitore in caso di furto secondo una procedura adeguata.

Il PRS si compone di due segnali: uno situato in banda di frequenze medie detta E6, l'altro situato in banda di frequenze alte detta L1. Il segnale situato nella banda E6 è definito senza alcuna sovrapposizione con i segnali GPS, poiché beneficia di una larghezza di banda sufficiente. Invece, il codice M del GPS utilizza anche la banda L1.

2) La regolamentazione mondiale (UIT)

Secondo la regolamentazione internazionale in vigore definita dall'Unione internazionale delle telecomunicazioni (UIT), le frequenze utilizzabili dai sistemi di radionavigazione via satellite non

appartengono ad un determinato paese o sistema. L'uso di una banda di frequenze deve essere oggetto di un deposito di dossier da parte del paese interessato e di una registrazione da parte dell'UIT ("filings"). Il paese che ha depositato per primo un dossier di attribuzione di frequenza gode di un diritto di precedenza per l'uso di tali frequenze. Tuttavia, qualsiasi paese ha diritto ad usare queste stesse frequenze per il suo sistema di navigazione nella misura in cui non crea perturbazioni elettromagnetiche o interferenze eccessive rispetto ad altri sistemi in servizio, anche quelli che godono di un diritto di precedenza.

3) La sovrapposizione dei segnali PRS e codice M

Il codice M del GPS e il segnale PRS di GALILEO usano ciascuno varie bande di frequenza. Alla Conferenza mondiale delle radiocomunicazioni (World Radiocommunications Conference - WRC), svoltasi nel 2000 ad Istanbul, non è stato possibile ottenere una sufficiente larghezza di banda nella banda alta detta L1 per installare tutti i segnali potenziali. Il codice M del GPS interferisce quindi con il segnale PRS di GALILEO.

Due anni di studi sulle interferenze con i migliori esperti europei permettono di asserire che l'Unione europea è in grado di concepire un servizio PRS di navigazione in grado di non interferire con il codice M del GPS, anche nella banda alta detta L1.

La regolamentazione internazionale autorizza quindi la Comunità europea ad usare, per il suo sistema GALILEO, le frequenze sulle quali funzionano i segnali GPS, compresi i segnali militari del GPS e in particolare il codice M, dal momento che GALILEO non causa interferenze che penalizzano il sistema americano. Nessun ostacolo di natura tecnica o normativa si oppone alla sovrapposizione di uno dei due segnali PRS di GALILEO con uno dei due segnali del codice M del GPS.

4) Le sfide militari, industriali e commerciali

Le ragioni per le quali gli Stati Uniti si oppongono alla sovrapposizione dei due segnali sono di vario tipo.

a) Ragioni militari

Gli Stati Uniti considerano che ogni segnale civile di radionavigazione via satellite può essere usato a fini ostili, o terroristici, contro interessi nazionali o contro quelli dell'alleanza nordatlantica. Per fare fronte a questa minaccia, gli Stati Uniti e presto la NATO prevedono di sviluppare un concetto di

guerra elettronica denominata NAVWAR, capace di oscurare localmente le frequenze dei segnali civili senza perturbare il codice M del GPS.

Conformemente a questo approccio, gli Stati Uniti desiderano poter "spegnere", se da loro ritenuto necessario, anche il segnale PRS di GALILEO poiché non è un segnale militare. L'uso di una stessa banda di frequenze con la stessa modulazione da parte di uno dei due segnali PRS e di uno dei due segnali del codice M del GPS però non consente l'applicazione diretta di questo concetto di oscuramento. Sarà infatti tecnicamente difficile oscurare in modo selettivo uno di questi due segnali senza deteriorare l'altro.

La questione, di natura politica, è la seguente: la sovrapposizione crea rischi inaccettabili per l'Unione europea e per la NATO? Come si possono controllare questi rischi eventuali?

b) Ragioni industriali e commerciali

Non si può escludere che tra una decina di anni il codice M del GPS sia non soltanto usato come oggi dai militari, ma anche da altre categorie di utenti, come guardacoste, dogane ecc., in un grande numero di paesi. Sono già più di 25 i paesi che ne fanno uso. Il mercato potenziale comprende probabilmente centinaia di categorie di utenti.

Il segnale PRS di GALILEO è anche concepito per soddisfare tutti i campi di applicazioni che, nell'Unione europea, avranno bisogno di segnali protetti (trasporti di materie nucleari, dogane, polizia, ecc.).

Con il segnale PRS, l'Unione europea si dota di un segnale criptato potenzialmente protetto quanto il segnale militare del GPS, benché GALILEO sia un sistema civile.

Data l'impossibilità di oscurare in modo selettivo un segnale di navigazione che utilizza con la stessa modulazione, le stesse frequenze di un altro segnale senza seriamente deteriorare quest'ultimo, autorizzare la sovrapposizione totale di uno dei due segnali PRS di GALILEO con uno dei due segnali del codice M del GPS e con la stessa modulazione implica per gli Stati Uniti intendersi con la Comunità europea affinché la politica di esportazione eventuale di ricevitori di segnali PRS sia coordinata e compatibile con la loro.

II. Le argomentazioni a favore di una sovrapposizione

1) La giustificazione tecnica

a) La necessità di una sovrapposizione con il segnale GPS

Per raggiungere precisioni metriche e resistere alle interferenze, il segnale PRS di GALILEO deve usare due bande di frequenze distanti e larghe a sufficienza. Questa configurazione di frequenze, che è stata del resto presa in considerazione per i segnali più efficienti dei sistemi americano GPS e russo GLONASS, ha condotto alla scelta dello scenario di segnali GALILEO[10].

Tenuto conto della regolamentazione internazionale nel settore delle telecomunicazioni, la sola fascia di frequenze disponibile si situa nella banda L1 che è dedicata alla radionavigazione via satellite. Questa banda di frequenze è già usata dal GPS e dal GLONASS per i loro segnali più efficienti. La banda di frequenze usata dal segnale PRS si sovrappone quindi necessariamente sia alla banda del GPS, che a quella di GLONASS. Questa ultima opzione è più difficile da scegliere per ragioni tecniche, in quanto GLONASS usa un concetto tecnico completamente diverso da quello di GPS e di GALILEO.

Come indicato precedentemente, il segnale PRS di GALILEO situato nella banda alta L1 è in tutti i casi sovrapposto con i segnali GPS nella stessa banda, senza tuttavia generare un deterioramento di prestazioni in base ai criteri UIT, come dimostrato dai calcoli di interferenza. La sovrapposizione genera de facto una reciprocità necessaria tra il GPS e GALILEO cioè una buona interoperabilità tra i due sistemi (livello simile di interferenze ad esempio).

b) La scelta del tipo di segnale nella banda alta detta L1

Le specifiche del segnale PRS di GALILEO, così come sono state definite, presentano un carattere flessibile. Due opzioni sono soprattutto possibili per il segnale situato nella banda alta detta L1: una utilizzando un segnale con una modulazione di tipo "BOC (10,5)", l'altra un segnale di tipo "BOC (14,2)". L'opzione che utilizza un segnale con la modulazione "BOC (10,5)" corrisponde ad una sovrapposizione totale con uno dei due segnali del codice M del GPS, mentre quella che utilizza un segnale di tipo "BOC (14,2)" corrisponde ad una sovrapposizione al 75% (6 megahertz del codice M

[10] Detto scenario A.

invadono gli 8 megahertz attribuiti al segnale europeo nella Conferenza mondiale di radionavigazione del 2000 tenutasi ad Istanbul).

La scelta tra queste due opzioni resta aperta finora, ma l'opzione "BOC (10,5)" è preferibile per le ragioni seguenti:

un segnale di questo tipo offre, ad un costo identico, migliori prestazioni di un segnale di tipo "BOC (14,2)". A notare del resto che i due segnali del codice M del GPS e il segnale PRS nella banda media detta E6 sono del tipo "BOC (10,5)". Rinunciando a questo tipo di segnale per il PRS di GALILEO in banda L1, l'Unione europea si doterebbe di un sistema meno efficiente e meno competitivo.

non è dimostrato che un segnale di tipo "BOC (14,2)" possa soddisfare alcune funzioni tecniche indispensabili al buon funzionamento di un ricevitore del segnale PRS.

un segnale di tipo "BOC (14,2)" potrebbe essere unilateralmente oscurato dagli Stati Uniti; ciò equivarrebbe in pratica a dare loro un diritto di controllo sugli utenti del segnale PRS di GALILEO. In compenso, un segnale di tipo "BOC (10,5)" completamente sovrapposto al codice M del GPS in banda L1 non potrebbe essere tecnicamente oscurato dagli Stati Uniti. Il controllo degli utenti di questo segnale sarebbe esercitato da un'istanza europea adeguata per mezzo di tecniche di criptologia.

Per rispondere alle preoccupazioni americane, la Commissione ha suggerito la scelta di un segnale generico, detto BOC (n,m), in banda alta L1 per uno dei due segnali del PRS, che lascia in questa fase del progetto ogni flessibilità quanto alla modulazione da usare. Tuttavia, fra i segnali disponibili, il segnale "BOC (10,5)" è il migliore in termini di prestazioni.

2) Argomentazioni di natura più politica

a) l'Unione europea possiede il know-how indispensabile in materia di sicurezza

Benché civile, il segnale PRS sarà limitato ad alcuni usi strettamente pubblici e protetti sotto controllo governativo. L'argomentazione secondo la quale il segnale PRS dovrebbe essere oscurato alla stregua degli altri segnali di GALILEO perde grande parte della sua pertinenza se questo segnale è adeguatamente protetto (crittografia governativa, utenti approvati dall'Unione europea, controllo del servizio a cura di un'entità europea).

Alcuni Stati membri dell'Unione europea possiedono il know-how necessario in materia di concezione e di realizzazione di un cifraggio governativo efficace. La tecnologia che ne deriva potrebbe essere messa a disposizione delle autorità europee di controllo del segnale PRS di GALILEO.

b) La necessità di una fiducia reciproca

Dall'ottobre 1993, data nella quale fu firmato il memorandum di intesa tra il dipartimento della difesa americano e gli Stati membri della NATO per l'accesso al servizio di navigazione criptato del GPS, una decina di paesi non appartenenti alla NATO ed alcune amministrazioni civili (agenzie federali americane e polizia norvegese ad esempio) hanno avuto accesso a questo servizio. Tuttavia, gli Stati membri della NATO non sono stati mai consultati su questa politica americana di esportazione di un servizio che diventa il mezzo principale di navigazione negli Stati membri della NATO. Inoltre gli Stati membri della NATO non si sono mai preoccupati delle conseguenze che questa politica di esportazione avrebbe potuto avere sulla sicurezza della NATO, perché sanno che gli Stati Uniti hanno interessi compatibili con quelli della NATO e perché hanno fiducia nei meccanismi di sicurezza istituiti dagli Stati Uniti in relazione al sistema GPS.

Del resto, nella scelta della banda di frequenza del GPS per il segnale PRS di GALILEO, si è tenuto conto di elementi di compatibilità tecnica ma anche di una grande fiducia nelle capacità di provvedere alla sicurezza degli Stati Uniti. Questa scelta definisce una divisione chiara tra, da un lato, i segnali protetti (codice M del GPS e PRS GALILEO) e, dall'altro, i segnali non protetti (tutti i segnali diversi dal codice M del GPS e PRS GALILEO). Questa dicotomia è compatibile con l'attuazione del concetto di oscuramento locale raccomandato da Stati Uniti e NATO.

L'Unione europea auspicava quindi che gli Stati Uniti le dimostrassero la stessa fiducia sulla sua capacità di realizzare un sistema GALILEO protetto, pronta a riconoscere la volontà degli Stati Uniti di possedere, per ragioni militari e di sicurezza, un segnale detto "codice M" ben protetto. La proposta della Commissione teneva conto delle preoccupazioni di sicurezza delle due parti, inizialmente con l'uso di una modulazione flessibile per il codice PRS che permettesse adeguamenti successivi, se necessario, mediante l'istituzione di una struttura di sicurezza di sorveglianza e controllo dell'uso del codice PRS durante la fase operativa di GALILEO, costituendo l'interlocutore adeguato degli organi di sicurezza degli Stati Uniti.

3.1.2. In attesa di GALILEO

Ripercorrendo le varie fasi del progetto sin dall'inizio, i primi due satelliti di navigazione dell'ESA, GIOVE-A[11] e GIOVE-B, furono lanciati rispettivamente nel 2005 e nel 2008 utilizzando frequenze radio riservate a Galileo da parte dell'Unione internazionale delle telecomunicazioni e sperimentando tecnologie chiave di Galileo.

Due dei primi sei satelliti Galileo della fase Full Operational Capability (FOC) sono già stati assemblati e predisposti per la fase di test nella sede della società OHB, a Brema in Germania, a metà settembre 2012[12].

La fase FOC consiste nella distribuzione della rimanente infrastruttura di terra e spaziale. Essa comprende una fase di capacità operativa con 18 satelliti in funzione (i quattro satelliti IOV più gli altri 14). Il sistema completo sarà composto da una costellazione completa di satelliti, centri di controllo situati in Europa e una rete di stazioni di sensori e stazioni di uplink installati in tutto il mondo.

Il primo satellite sperimentale, GIOVE-A, è stato lanciato il 28 dicembre 2005. L'obiettivo di questo satellite è stato di caratterizzare le tecnologie critiche già sviluppate in base ai contratti ESA. GIOVE-A è stato messo nel primo piano orbitale da dove viene utilizzato per testare le apparecchiature di bordo e il funzionamento delle apparecchiature delle stazioni a terra. GIOVE-A ha inoltre permesso il fissaggio delle frequenze Galileo all'interno dell'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni.

Il secondo satellite sperimentale GIOVE-B è stato lanciato nel mese di aprile 2008. GIOVE-B ha continuato la sperimentazione iniziata dalla "sorella maggiore", ma con l'aggiunta di un maser all'idrogeno passivo (orologio atomico avanzatissimo) e con un design meccanico più rappresentativo dei satelliti operativi.

Il 21 ottobre 2011 furono poi messi in orbita i primi due dei quattro satelliti operativi per convalidare il concept di Galileo in entrambi i segmenti: le infrastrutture spaziali e di terra. Quattro

[11] Il nome GIOVE è l'acronimo di Galileo In-Orbit Validation Element.
[12] http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Highlights/FOC_taking_shape ultima visita il 05.01.2013.

satelliti operativi perché tale numero è il minimo di base per la navigazione satellitare. Una volta che questa fase di validazione in orbita (IOV - In Orbit Validation) sarà completata, saranno lanciati i satelliti aggiuntivi per raggiungere la fase di IOC (Initial Operational Capability) entro la metà del decennio.

In questa fase il Servizio Open di ricerca e salvataggio, servizio pubblico regolamentato, sarà disponibile con prestazioni iniziali. Durante la realizzazione della costellazione nuovi servizi saranno testati e messi a disposizione per raggiungere la piena capacità operativa FOC (Full Operational Capability).

Una volta raggiunto questo obiettivo, i segnali di navigazione Galileo fornirà una buona copertura anche a latitudini fino a 75 gradi di latitudine nord, corrispondente a Capo Nord ed oltre. Il gran numero di satelliti, l'ottimizzazione della costellazione e la disponibilità dei tre satelliti attivi ricambio daranno al sistema la sicurezza che la perdita di un satellite non avrà alcun effetto sull'utente finale.

Una vasta gamma di servizi quindi sarà fornita quando il sistema dalla fase IOC raggiungerà la piena capacità operativa (FOC) entro la fine di questo decennio.

I servizi di Galileo saranno disponibili con la qualità e le garanzie di integrità che segnano la differenza fondamentale di questo primo sistema completo di posizionamento civile rispetto ai precedenti sistemi, solo militari.

Il sistema Galileo consisterà in trenta satelliti (27 operativi + 3 satelliti di ricambio attivi), posizionati in tre orbite circolari MEO (Medium Earth Orbit) a 23.222 km di altezza sopra la Terra e ad una inclinazione dei piani orbitali di 56 gradi rispetto all'equatore.

Due Centri di Controllo Galileo (GCC - Galileo Control Centres) saranno realizzate su suolo europeo per il controllo dei satelliti e per gestire le missioni di navigazione. I dati forniti da una rete globale di stazioni di sensori Galileo (GSS - Galileo Sensor Stations) verrà inviato ai Centri di Controllo di Galileo, attraverso una rete di comunicazione ridondante. I GCC utilizzeranno i dati delle stazioni di sensori per calcolare le informazioni di integrità e per sincronizzare il segnale orario di tutti i satelliti con gli orologi della stazione a terra. Lo scambio dei dati tra i centri di controllo ed i satelliti sarà attuato attraverso stazioni di collegamento (up-link) installate in tutto il mondo per questo scopo.

Come ulteriore caratteristica, Galileo fornisce una funzione di ricerca globale e salvataggio (SAR - Search And Rescue): ogni satellite sarà dotato di un transponder in grado di trasferire i segnali di soccorso dai trasmettitori dell'utente al Centro di Coordinamento del Soccorso che poi avvierà l'operazione di soccorso.

Allo stesso tempo, il sistema fornisce un segnale all'utente informandolo che la sua situazione è stata rilevata e che l'aiuto è in corso. Quest'ultima caratteristica è nuova ed è considerata un importante aggiornamento rispetto al sistema esistente, che non fornisce informazioni per l'utente.

Complessivamente Galileo fornirà cinque livelli di servizi con qualità garantita che segna realmente la differenza di questo primo sistema completo di posizionamento civile.

3.2. GMES

3.2.1. GMES e l'Osservazione della Terra

Nell'ambito dell'impegno europeo per promuovere lo sviluppo sostenibile ed il controllo globale del territorio dell'Unione Europea, che richiede informazioni aggiornate, indipendenti e di alta qualità, è stato avviato un complesso programma per il controllo globale dell'ambiente e della sicurezza - Global Monitoring for Environment and Security (GMES), che dal 2008 contribuisce ad assicurare la raccolta e l'utilizzo di dati satellitari, garantendo una vasta gamma di fonti di dati ed utilizzando pienamente l'osservazione della terra da satellite unita ad informazioni provenienti da altre fonti. GMES è guidata congiuntamente dalla Commissione Europea e dall'ESA (European Space Agency).

GMES rappresenta un investimento rilevante della Commissione europea nell'applicazione della tecnologia spaziale per molte regioni. Oltre al ruolo centrale di GMES per il monitoraggio e l'attuazione di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, numerosi sono i settori per le applicazioni di GMES: la gestione della qualità dell'aria e dell'acqua, marina e protezione delle coste, la gestione delle risorse naturali per l'agricoltura, la pesca e gli ecosistemi, ed inoltre, per quanto riguarda l'aspetto della sicurezza, la tutela dei cittadini contro le inondazioni e i rischi (frane, terremoti e cedimenti), la sorveglianza delle frontiere nell'ambito della politica di sicurezza europea.

GMES, lanciato nel 1998 dalla Commissione Europea e da un pool di agenzie spaziali, si inserisce come contributo europeo nel più vasto progetto GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), che mira allo sviluppo di un Sistema dei sistemi per l'osservazione globale della Terra. GMES però ha come principale obiettivo quello di garantire all'Europa una sostanziale indipendenza nel rilevamento e nella gestione dei dati sullo stato di salute del pianeta, con la fornitura di servizi precisi e

affidabili sugli aspetti ambientali e di sicurezza a supporto delle necessità delle politiche pubbliche europee.

Tra le applicazioni indicate come prioritarie all'interno del programma ci sono la gestione dei disastri naturali, il monitoraggio degli oceani, della vegetazione e dell'atmosfera. Lo sviluppo del progetto prevede però che GMES ricopra un ruolo molto importante anche in altri ambiti quali quelli relativi ai cambiamenti climatici, alla protezione civile e lo sviluppo sostenibile, con un considerevole impatto nelle politiche comunitarie sociali e di sicurezza: il sistema garantirà infatti la possibilità di gestire dati precisi e aggiornati, ad esempio, sugli spostamenti di profughi, sulle necessità di supporto logistico alle missioni militari, su eventuali minacce di carattere terroristico.

"GMES si basa su una serie di cinque tipologie di satelliti, chiamati Sentinelle, specializzati in precise applicazioni. I Sentinel-1 saranno usati per produrre dati radar[13] interferometrici[14]; i Sentinel-2, satelliti ottici[15], sono stati progettati per l'osservazione multispettrale; i Sentinel-3 sono a specializzazione oceanografica e terrestre; i Sentinel-4, di tipo geostazionario, sono destinati a monitorare le componenti atmosferiche; i Sentinel 5, infine, satelliti a bassa orbita, monitoreranno la composizione chimica dell'atmosfera. In particolare il Sentinel 3, che sarà posto in un orbita eliosincrona quasi polare e peserà circa 1.200 chili, è destinato ad osservazioni di oceanografia e al monitoraggio della vegetazione e sarà in grado di osservare la topografia dei mari, la temperatura

[13] Radar è l'acronimo di radio detecting and ranging. Il principio di funzionamento è il medesimo per tutti i sistemi radar: un apparecchio trasmittente illumina lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica che incide su eventuali oggetti subendo un fenomeno di riflessione disordinata (diffusione, scattering). Una parte del campo diffuso torna verso la stazione trasmittente, equipaggiata anche per la ricezione, dove vengono misurate le sue caratteristiche. Il dispositivo è in grado di individuare il bersaglio elettromagnetico (detection) e, misurando il ritardo temporale tra l'istante di trasmissione e quello di ricezione, valutare la distanza (ranging) a cui è posizionato, localizzandolo in modo preciso lungo la direzione di puntamento dell'antenna (direzione di range).

[14] Interferometria è, secondo la definizione dell'Enciclopedia Treccani, "la parte dell'ottica fisica che si occupa dello studio dei fenomeni interferenziali della luce e delle loro applicazioni a scopo sia scientifico sia tecnico-industriale. I metodi interferometrici hanno grande importanza per la misurazione molto accurata di lunghezze; in particolare, è con riferimento a una misurazione interferometrica che si è fissata a più riprese (1927, 1960, 1983) la lunghezza del metrocampione e di indici di rifrazione, nonché per determinazioni spettrometriche; molto importante è anche l'applicazione che di essi si fa in astronomia per la realizzazione di filtri estremamente selettivi". In particolare, i dati radar interferometrici sono il prodotto di una tecnica di elaborazione di segnali da radar d'immagine, cosiddetta "interferometria SAR", utilizzata nel telerilevamento radar per l'estrazione di mappe per analisi topografiche e di aree urbane, monitoraggio dell'uso del territorio, individuazione di siti per stazioni radio base per telefonia e reti wireless, geofisica ed esplorazione mineraria, idrologia, glaciologia, rilevamento di valanghe e aree forestali. L'acronimo SAR equivale a "Radar ad Apertura Sintetica".

[15] Ottici sono i satelliti dotati di sensori che acquisiscono dati generalmente nel campo del visibile e dell'infrarosso.

superficiale delle acque e delle terre emerse fornendo un contributo determinante per le previsioni delle condizioni del mare, fondamentale per la navigazione sicura ma anche del clima terrestre.

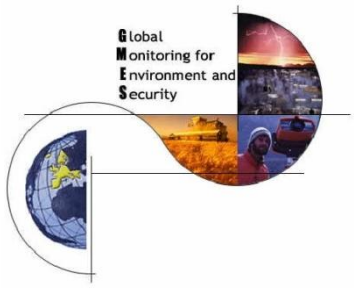
Sentinel 3 sarà posto in un orbita eliosincrona[16] quasi polare e peserà circa 1.200 chili. All'interno del Programma GMES, l'Agenzia Spaziale Europea ha la responsabilità del segmento spaziale del programma."[17]

Per la realizzazione delle Sentinelle si sono impegnate le principali aziende europee: all'azienda franco italiana Thales Alenia Space sono stati affidati i satelliti Sentinel 1 e Sentinel 3, alla tedesca Astrium Sentinel 2.

GMES è quindi un progetto pilota europeo cruciale per l'indipendenza e l'autonomia dell'Unione Europea. Allo stesso tempo, serve da vetrina su come l'Europa possa lavorare insieme con successo ad assumere un ruolo di leadership globale nel monitoraggio del pianeta Terra.



In questo periodo GMES è ad un bivio: leadership politica ed azione sono urgentemente necessarie per assicurare che gli investimenti di sviluppo decisi in passato condurranno ad azioni di successo e sostenibili. Ciò garantirà che il programma non subirà ritardi e maggiori costi rispetto a quelli previsti.



GMES supporta e consente una vasta gamma di politiche europee e nazionali ed obiettivi strategici, completando, integrando e rafforzando gli sforzi degli Stati membri interessati.

[16] Eliosincrona è l'orbita di un satellite artificiale tale che il passaggio al di sopra di ciascun punto della Terra ha luogo a un'ora locale fissa o a intervalli fissi.

[17] Dal sito dell'Agenzia Spaziale Italiana.

È nato per fornire unici, tempestivi e sostenibili dati di osservazione della Terra che contribuiscono alla comprensione del nostro pianeta come un sistema geofisico, contribuendo in tal modo a proteggere l'ambiente, per affrontare grandi sfide come i cambiamenti climatici, il monitoraggio del carbonio e la sicurezza dei cittadini. Esso offre un enorme potenziale economico, può creare posti di lavoro, conduce ad una crescita sostenibile e inclusiva e favorisce opportunità di business in diversi settori industriali e nel settore dei servizi.

L'informazione derivante da GMES e l'utilizzo dei dati a livello globale, europeo, regionale e locale possono condurre in caso di catastrofe a prestazioni di emergenza efficaci, in ogni caso alla gestione delle risorse ed al monitoraggio ambientale che favorisca una crescita economica a basse emissioni di carbonio.

GMES, pur richiedendo forti investimenti iniziali, secondo studi indipendenti promette un ritorno sugli investimenti di un massimo di dieci volte il costo iniziale; il che costituisce un modo efficace per superare le crisi economiche. Ha comunque bisogno di un piano a lungo termine concordato al fine di fornire disponibilità a lungo termine e continuità dei dati come un prerequisito per la fornitura di servizi sostenibili per gli utenti di differenti campi.

GMES è un importante contributo a GEOSS, costituito dal Group on Earth Observations (GEO) sulla base di un piano decennale in attuazione dal 2005 al 2015. GEOSS mira a collegare i produttori di dati ambientali e strumenti di supporto decisionale con gli utenti finali di questi prodotti, con l'obiettivo di migliorare la pertinenza delle osservazioni della Terra per questioni globali. Il risultato è quello di essere una piattaforma pubblica che genera completi dati ambientali, quasi in tempo reale, informazioni ed analisi per una vasta gamma di utenti. I Sistemi di Osservazione della Terra, di cui GEOSS è network, sono costituiti da strumenti e modelli progettati per misurare, monitorare e prevedere gli aspetti fisici, chimici e biologici del sistema Terra. Boe galleggianti negli oceani monitorano la temperatura e la salinità; stazioni meteorologiche e palloni aerostatici registrano la qualità dell'aria e i trend delle piogge, sistemi sonar e radar stimano le popolazioni di pesci e di uccelli, stazioni sismiche e GPS registrano i movimenti della crosta terrestre, oltre 60 satelliti ambientali high-tech operano la scansione del pianeta dallo spazio; potenti modelli computerizzati generano simulazioni e previsioni, sistemi di early warning inviano avvisi alle popolazioni vulnerabili.

Questi diversi sistemi di solito operano isolatamente l'uno dall'altro. Negli ultimi anni, tuttavia, sono divenute operative nuove tecnologie sofisticate per la raccolta quasi in tempo reale di grandi quantità di

dati di osservazione della terra ad alta risoluzione. Allo stesso tempo, modelli di previsione migliorata e strumenti di supporto decisionale consentono sempre più spesso ai decisori ed agli altri utenti di sfruttare a pieno questo enorme flusso di dati di osservazione della Terra.

È diventato quindi possibile ora collegare diversi sistemi di osservazione insieme a raffigurare un quadro completo delle condizioni della Terra. Poiché i costi e la logistica in espansione delle Osservazioni della Terra sono scoraggianti per qualsiasi singola nazione, la cooperazione internazionale che collega insieme i diversi sistemi offre risparmi sui costi.

Quale sistema di cooperazione degli Stati europei, GMES è il processo di transizione da una fase iniziale di un sistema pienamente operativo, con una componente spaziale, un componente in situ e una componente di servizio che copre diverse aree tematiche. L'operatività del GMES dipende dalla consistenza, l'equilibrio e la complementarità tra queste tre componenti.

GMES ha un modello dinamico di governance della cooperazione tra l'Unione europea e le sue agenzie, l'ESA, EUMETSAT, gli Stati membri e altri partner importanti a livello europeo e nazionale, sulla base di una valutazione approfondita e permanente delle esigenze degli utenti. Ciò include i problemi di dati e informazioni e la titolarità politica per assicurare il funzionamento efficiente, tenendo in debito conto esistenti mandati, competenze e flussi di finanziamento. GMES ha un modello di finanziamento che esprime un impegno a lungo termine dell'Unione europea e che crea fiducia ed innesca investimenti da parte del settore pubblico e del settore privato.





3.2.2. GMES Urban Services: GUS e GSE Land

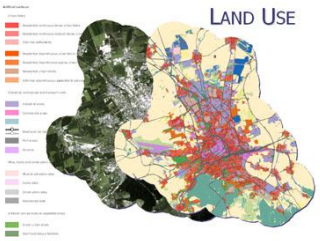
Una delle aree tematiche richiamate da ESA nel quadro di GMES risponde alle esigenze relative alle aree urbane con servizi relativi al controllo dell'espansione urbana, alla modellizzazione ed alla previsione urbanistica, al controllo dei cambiamenti nell'utilizzazione del suolo urbano, al controllo ambientale, alle applicazioni riferite alla disciplina della progettazione urbana, ecc. Il progetto GUS (GMES Urban Services), ora GSE Land, mira a realizzare un portfolio dei prodotti derivati dai dati satellitari e da altre fonti in stretta collaborazione con una selezione di utenti (città ed autorità regionali) come

punto di partenza per l'esecuzione completa di GMES.

Il principale punto di forza del progetto è la fornitura di prodotti ad alta risoluzione su aree urbane. Questi prodotti, orientati per soddisfare le necessità di una corretta pianificazione strategica urbana in tutta l'Europa, sono raggruppati in quattro blocchi relativi a:

- l'utilizzazione urbana del suolo, compresa la rilevazione del cambiamento, il rendering 3D e gli strumenti di modellizzazione, strumenti di base per i pianificatori urbani e le autorità regionali;
- il controllo dello sviluppo urbano ed il monitoraggio a breve termine dei punti di attenzione (variazioni urbane), con il controllo ad alta risoluzione dello sviluppo e dell'applicazione delle norme di pianificazione urbana;
- la qualità ambientale urbana (rumore, cementificazione del suolo, controllo della termografia e mitigazione del rischio) e gli strumenti per la realizzazione degli obiettivi ambientali specifici delle autorità ambientali locali e regionali;
- i prodotti regionali (mappe di base sull'utilizzazione delle terre e sulla cementificazione del suolo per il monitoraggio del suolo occupato), strumenti per la pianificazione del territorio a livello regionale, nazionale ed europeo.

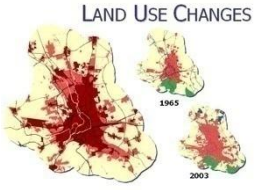
I servizi previsti nel progetto sono definiti per permettere all'utente di attenersi pienamente ai termini del quadro legislativo per la pianificazione dell'assetto urbano e territoriale ed il monitoraggio dell'ambiente ai livelli locale, regionale, nazionale ed europeo.



Sono così realizzate mappe di uso del suolo al tempo presente, mappe di cambiamenti di Uso del suolo, mappe di Monitoraggio, modellazione tridimensionale delle città e strumenti di modellazione

Mappe di uso del suolo al tempo presente

La mappa di classificazione di uso del suolo è un fondamentale strumento per la pianificazione urbana in relazione alla pianificazione e gestione della città. Informazioni dettagliate e aggiornamenti dell'uso del suolo per aree



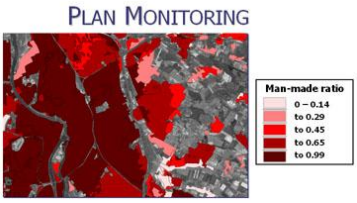
urbane sono un essenziale punto di partenza per la preparazione di un progetto, per le analisi di cambiamento di uso del suolo, così come una base per le attività di pianificazione dell'uso del suolo.

Mappe di cambiamenti dell'Uso del suolo

Le informazioni riguardanti i cambiamenti di uso del suolo fornite da questo prodotto sono fondamentali per il monitoraggio delle attività di pianificazione e per gli aggiornamenti dei piani urbani così come per quelli di uso del suolo. Queste mappe di classificazione saranno ampiamente richieste dalla municipalità urbana di tutti i livelli. Sono basate sulla fornitura di una seconda mappa di uso del suolo (aggiornamento - output) rispetto ad una iniziale (input).

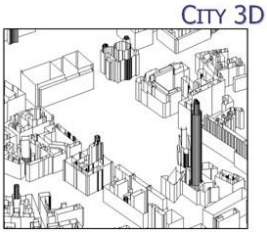
Mappe di Monitoraggio

Rappresentano un aggiornamento dell'attuale uso del suolo. Eseguendo un abile controllo con un piano di sovralivello si possono valutare gli sviluppi, identificare le potenziali direttrici di modificazione del territorio.



Modellazione tridimensionale delle città

Mappe tridimensionali di città forniscono metodi visivamente entusiasmanti per descrizioni e analisi delle forme delle città rispetto alla sua terza dimensione. Molte delle informazioni richieste potrebbero essere comunicate, per efficaci decisioni, a gruppi interessati e consultati da più utenti in maniera tridimensionale. Queste includono richieste per la comprensione di forme dettagliate e materiali per nuove costruzioni, alberi e dettagli paesaggistici, recinti e confini, costruzioni esistenti su siti adiacenti, vie di accesso, cambiamenti in altezza.



Strumenti di modellazione

L'integrazione del prodotto di Uso del Suolo a differenti date con informazioni socioeconomiche all'interno di uno strumento modello potrebbe rendere possibile una pianificazione urbana strategica.

Ad esempio l'analisi dell'evoluzione di aree urbane in funzione di fattori interni (come la crescita della popolazione) o esterni (impatti di nuove politiche, infrastrutture, ecc.). Tali modelli consentiranno di mettere dei segni di riferimento all'impatto delle politiche in maniera omogenea attraverso il territorio europeo.

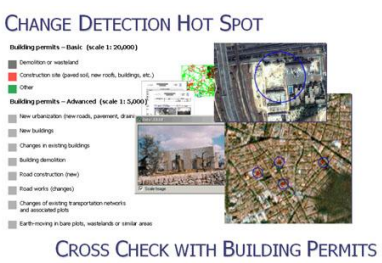
Le politiche cui è possibile in tal modo riferirsi sono diverse, tra esse: strategie dell'Unione Europea per lo sviluppo sostenibile, Agenda Locale 21 (LA21), Eco-Gestione e Schema di verifica (EMAS), Verifica Urbana, Programmi di Azione Ambientale, Strategie Tematiche sull'Ambiente Urbano, specifiche locali dettate dalla legislazione locale.

Fonti dei dati sono: dati da satellite (in genere SPOT 10m multispettrale, 5 & 2,5m pan), dati socioeconomici, particolari dati collezionati, cartografia generale

Controllo dello sviluppo urbano

Le relative mappe permettono a breve termine il controllo dell'ambiente urbano per il monitoraggio dell'attività di nuove costruzioni. Possono essere analizzati periodi che vanno da 4 a 12 mesi. Gli elaborati, disponibili dalla scala 1:20.000 fino alla scala 1:5.000, sono principalmente indirizzati all'attuazione di una corretta pianificazione urbana. Sono così realizzate mappe di Variazioni urbane e controllo con permessi di costruzione. Le prime offrono un ulteriore e importante strumento per la gestione urbana basato sul fattore tempo-scala dei cambiamenti definiti in termini di mesi piuttosto che di anni. Il prodotto delle Variazioni Urbane è idealmente adattato sia per l'identificazione di specifici cambiamenti nell'uso del suolo che per un vasto raggio di attività di pianificazioni urbane.

Il monitoraggio dei cambiamenti (hot spot) con il controllo di edifici con regolare concessione offre l'opportunità di imporre la legislazione urbanistica in relazione allo sviluppo, in particolare questi valori deterrenti possono ridurre l'incidenza di uno sviluppo non conforme ai piani. È chiaro che la natura delle contravvenzioni varia sostanzialmente in Europa, ma comunque si prevede che la domanda per il prodotto possa essere identificata per aree urbane in tutta l'Europa.

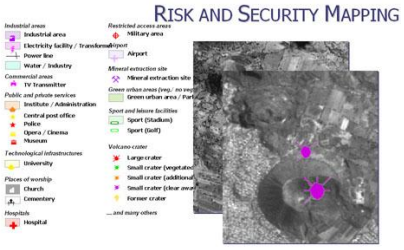


Le politiche cui è possibile in tal modo riferirsi sono specifiche dettate dalla legislazione locale

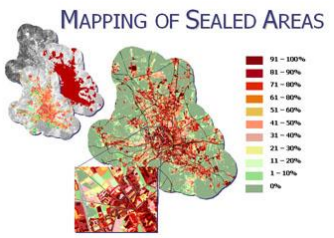
Fonti dei dati sono: dati da Satellite, solo PAN Spot-5 5m, 2.5m, QuickBird, Ikonos.

Qualità ambientale

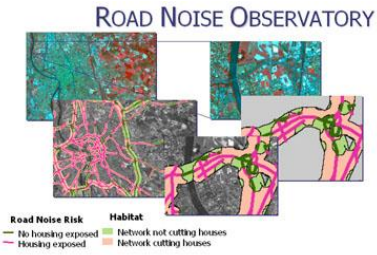
I prodotti identificati sotto il nome di "qualità ambientale" non appartengono propriamente al processo di pianificazione ma, in funzione di politiche specialistiche, contribuiscono alla realizzazione e al raggiungimento di specifici obiettivi di pianificazione urbana. In quest'area la politica per questi prodotti ha un forte supporto europeo che interagisce con le strutture politiche locali. Sono previste mappe del rischio e della sicurezza, mappe della cementificazione, mappe di osservazione del rumore, mappe di termografia urbana.



Le mappe del rischio e della sicurezza indicano la fonte dei potenziali problemi e la localizzazione di unità di emergenza, inoltre possono formare le essenziali basi operative per un'attività di pianificazione di emergenza a livello locale. I rischi sono principalmente associati ad attività umane (comprese le industrie) e, combinati con catastrofi naturali, per esempio i terremoti o le frane, identificati in relazione alle principali aree di popolazione. Il servizio di salvataggio offerto è un fondamentale e utile supporto alla pianificazione di emergenza.

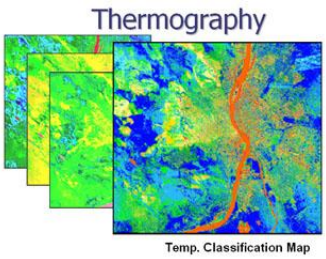


Le mappe della cementificazione hanno un particolare valore in relazione alla crescita urbana, e alle crescenti preoccupazioni per l'imprevedibilità delle condizioni meteorologiche nel contesto di surriscaldamento globale. Le mappe della cementificazione offrono un mezzo per indirizzarsi ad argomenti urgenti nello scenario politico e per i quali si cercano rimedi positivi in tutta Europa.



Per quanto riguarda le mappe di osservazione del rumore, il rumore urbano è un problema che è stato attivamente rivolto ad un livello europeo, così come le principali politiche guida, relative al rumore urbano, sono definite a questo livello. Questi mezzi possono fornire un elevato e utile supporto allo sviluppo delle mappe del rumore urbano che formeranno la base dell'attività di pianificazione.

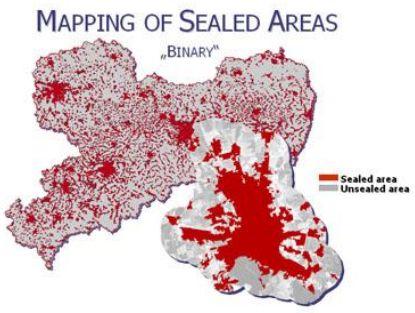
Le mappe di termografia urbana o del riscaldamento urbano sono di diretta rilevanza per le politiche urbane, che mirano ad assicurare la conservazione dell'energia e sono, quindi, fondamentalmente correlate agli obiettivi delle politiche di sviluppo sostenibile. Queste mappe possono indicare l'efficienza o inefficienza di installazioni urbane per tutti i tipi di uso del suolo, possono identificare le aree di potenziali interventi strategici per aumentare l'efficienza termica delle aree urbane e quindi migliorare la sostenibilità dei centri urbani.



La legislazione di partenza comprende: la direttiva Seveso II, specifiche locali determinate dalle politiche guida, direttive sul suolo, disegni di legge sull'acqua, direttive sul rumore. Fonti dei dati sono dati da Satellite (Spot 2.5m, 5m, 10m) e dati da aereo.

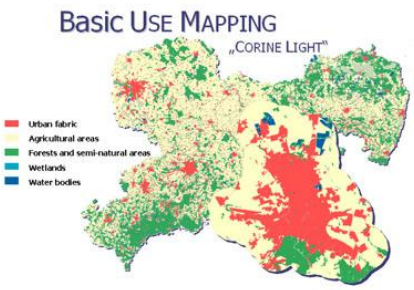
Mappe regionali

Concepite per l'analisi dell'ambiente urbano in un contesto regionale, in questo caso i potenziali utenti sono le autorità regionali e europee che si interessino di ambiente, di sviluppo e di pianificazione. In questa categoria sono le mappe di Aree cementificate e non, le mappe base di Uso del suolo (cinque classi).



Le Mappe di Aree cementificate e non consistono in una semplice mappa di uso del suolo dove sono identificate solo due classi: aree cementificate e aree non cementificate (identificazioni di aree antropiche). Tale prodotto deve essere aggiornato con scadenza biennale o triennale.

Le Mappe base di Uso del suolo sono una semplificazione del prodotto di Uso del Suolo con 5 classi e alti livelli di automazione, con costi più bassi; inoltre possono essere distribuite su larga scala ad intervalli di pochi anni. Benché non abbia lo stesso livello di dettaglio di un Corine (in termini di legenda) possiede, comunque, un buon grado di accuratezza e ha superiori stime di aggiornamento.



Fonti sono i dati da satellite (SPOT 10m, ERS, ENVISAT).

3.2.3. La S di GMES come sicurezza

Il termine italiano "sicurezza" è traducibile in inglese con due diverse parole: "safety" e "security". La prima è relativa soprattutto gli aspetti dell'incolumità, della salvezza, della salvaguardia della persona. La seconda attiene alla dimensione della protezione, quasi della garanzia, pur non escludendo completamente l'altro aspetto.

Dalla fine della guerra fredda, il concetto di sicurezza europea si è evoluto dal concetto tradizionale di politica di tutela dello Stato e dei suoi confini da minacce militari o atti aggressivi esterni alle nuove dimensioni che comprendono la sicurezza umana e la protezione delle funzioni essenziali della società (tra cui la salute, l'economia, il cibo, i trasporti e l'energia). Inoltre, le nuove minacce che variano in origine e complessità comprendono rischi naturali, non intenzionali (ad esempio, gli infortuni sul lavoro) e intenzionali (Ad esempio, il terrorismo e le attività illegali tra cui la criminalità organizzata e la frode) atti, così come i fattori geo-politici provenienti da altre località al di fuori dell'Europa. Oggi, quindi, il concetto di sicurezza europea si è evoluto fino a comprendere anche le sfide globali, come ad esempio povertà, malattie, conflitti e cambiamenti climatici, ognuno dei quali può influire sulla sicurezza europea sia direttamente che indirettamente. C'è un accordo comune tra gli scienziati e politici su un forte bisogno di ricerca e sviluppo per affrontare la natura complessa della nuova varietà di minacce e sfide citate, che richiede anche una serie di misure e protagonisti (compresa la protezione civile, l'intelligence, l'applicazione della legge, le strutture giuridica, economica, diplomatica e tecnologica) al fine di affrontare in modo efficace tali miacce.

Nei precedenti Programmi Quadro comunitari (quinto e sesto), le strutture di ricerca e sviluppo europee hanno contribuito a definire i potenziali elementi di ricerca per la sicurezza. Tuttavia, nel Settimo Programma Quadro della Commissione europea, le questioni relative alle politiche europee per la sicurezza sono esposte in modo chiaro e per la prima volta indirizzate in nuove priorità tematiche, dal titolo Spazio e Sicurezza. Ricerca sulla sicurezza europea nel nuovo della ricerca europea per la sicurezza

Il programma è progettato per rispondere alle esigenze della società a fronte di nuove sfide e per migliorare la competitività dell'industria europea della sicurezza, in modo da contribuire all'attuazione della strategia di Lisbona. È anche considerato un elemento essenziale nel sostegno dell'UE (vale a dire le politiche estera e di sicurezza comune, la prevenzione dei conflitti, la gestione delle crisi, il monitoraggio delle frontiere, la protezione delle infrastrutture critiche, dei trasporti, la protezione civile,

l'energia), nonché a raggiungere un elevato livello di sicurezza all'interno di uno spazio europeo di giustizia, libertà e sicurezza. La ricerca a tema spazio sotto il Settimo programma quadro della Commissione europea è strettamente legata alle le politiche di sicurezza. In aggiunta, ci sono diversi temi nel Settimo Programma Quadro per la ricerca, che si occuperà di altri elementi di sicurezza non sono necessariamente legate allo spazio: tra loro, la salute (ad esempio, la sicurezza degli alimenti e la sicurezza dell'acqua potabile). La sicurezza è anche una componente chiave in diverse priorità nell'ambito del tema "Tecnologie dell'informazione e della comunicazione"; sfide della sicurezza dell'approvvigionamento e dei cambiamenti climatici, nonché la sicurezza delle reti energetiche intelligenti nel tema "Energia", e nel tema "Trasporti".

Nel Settimo Programma Quadro la ricerca cardine sulla sicurezza è collegata con lo spazio ed è attualmente in corso nell'ambito del programma GMES. I risultati della rete di eccellenza, GMOSS, finanziata dalla CE, contribuire alla definizione della dimensione della sicurezza del GMES, programma avviato dall'UE in un'attività congiunta della CE e dell'ESA al fine di sviluppare una capacità europea indipendente per la fornitura tempestiva e affidabile di servizi operativi per il monitoraggio globale dell'ambiente e sicurezza.

Oltre al supporto alle politiche europee, GMES è il contributo europeo al progetto decennale mondiale di un sistema di osservazione globale della Terra (GEOSS).

L'iniziativa GMES è stata lanciata nel 1998 ed è stata adottato dal Consiglio dell'Unione europea e dall'ESA nel 2001. Dopo il vertice di Göteborg del Consiglio dell'Unione europea del 2001, il mandato politico di GMES è stato quello di prevedere operativo e autonomo GMES a partire dal 2008. Con il termine del periodo esplorativo iniziale nel 2003, il programma è entrato nella sua fase di sviluppo e di attuazione.

Al fine di proseguire i lavori per quanto riguarda la dimensione della sicurezza del GMES, nel 2002è stato creato dal comitato direttivo di GMES un gruppo di lavoro speciale, composto da esperti provenienti da una varietà di istituzioni pubbliche e società private che rappresentano gli Stati membri, il Consiglio, l'ESA e la Commissione. Uno dei compiti principali del gruppo di lavoro è stato quello di definire l'ambito di sicurezza all'interno di GMES. Il gruppo ha distinto gli aspetti di sicurezza da quelli dell'ambiente enfatizzando il centro delle preoccupazioni sulla protezione dell'individuo, "Così, si riferiscono ai servizi di informazione per la prevenzione, mitigazione e gestione degli eventi drammatici o catastrofici che minacciano la vita e la proprietà umana" (GMES WG 5 2003, p. 3).

Il gruppo di lavoro ha anche individuato i principali obiettivi di sicurezza che devono essere affrontate a GMES, al fine di sostenere le politiche europee, vale a dire:

• Protezione Civile

• Aiuti umanitari

• Prevenzione dei conflitti

• La politica estera e di sicurezza comune (PESC), compreso l'Ufficio Europeo di Sicurezza e di Difesa (PESD)

• Altre politiche pertinenti per la sicurezza dei cittadini europei a livello comunitario e nazionale, in particolare quelle contemplate dalla giustizia e dagli affari interni e delle dogane, come la gestione integrata delle frontiere

Il seminario militare-civile su Sicurezza e Spazio dal titolo "GMES: the Security Dimension" (GMES: la Dimensione Sicurezza), organizzato dalla Commissione e dal Consiglio, tenutasi il 16 marzo 2006 a Parigi, ha individuato ulteriori problemi che dovrebbero essere affrontati nell'ambito della dimensione sicurezza di GMES: sorveglianza marittima, protezione delle infrastrutture critiche e sostegno alle attività comunitarie nel quadro dell'azione esterna (ad esempio, prevenzione dei conflitti e gestione delle crisi).

I principali "colli di bottiglia" per quanto riguarda il successo della richiesta dall'utente finale di GMES sono stati identificati e segnalati nei forum GMES e in altri incontri. Particolarmente cruciali per raggiungere una capacità europea indipendente di monitoraggio globale per la sicurezza sono tra l'altro:

• Istituzione di sistemi da utente ad utente che garantiscono: il diritto alla disponibilità di dati di osservazione della Terra al momento giusto, dati garantiti, affidabili e facilmente accessibili.

• Maggiore interazione tra gli utenti in materia di sicurezza nei domini civile e militare, e la comunità scientifica, al fine di sviluppare i necessari sistemi.

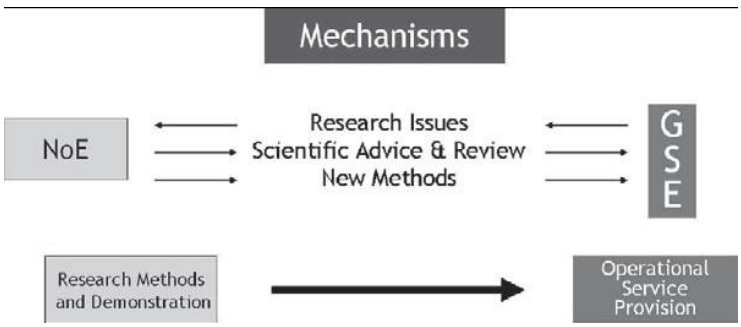
• Il piano d'azione di GMES dovrebbe evidenziare incontri ed istituzioni coinvolte nel processo di GMES, al fine di evitare inutili duplicazioni.

• È opportuno garantire la consapevolezza dei cittadini riguardo al programma GMES: obiettivi e benefici.

È chiaro che l'infrastruttura spaziale gioca un ruolo essenziale nello sviluppo di una capacità europea indipendente per la fornitura delle informazioni necessarie a sostenere le politiche di sicurezza e le questioni europee. Il settore spaziale ed i sistemi aerei progettati a questo scopo dovrebbero idealmente avere i mezzi per identificare e monitorare gli oggetti e le aree di interesse in tutto il mondo, giorno e notte, in ogni condizione atmosferica e non atmosferica. Tuttavia, in realtà una serie di vincoli ostacolano ancora oggi opportuno l'acquisizione dei dati o, se disponibile, l'accesso tempestivo e la distribuzione.

Nel Quinto Programma Quadro l'obiettivo fondamentale della ricerca GMES era quello di consegnare prodotti informativi gestibili dall'utente ed attinenti alle tematiche ambientali e di sicurezza, migliorare conoscenze, metodi e algoritmi necessari per la raccolta e la produzione di informazioni. Nel Sesto Programma Quadro CE, GMES è stato affrontato all'interno della zona tematica "Aeronautica e spazio".

GSE si è evoluto a coprire lo sviluppo di progetti europei, servizi regionali e globali strettamente legati alle esigenze degli utenti. Le varie GSE si sono concentrate sulla consegna di queste politiche rilevanti per i servizi agli utenti finali, in primo luogo (ma non esclusivamente) da fonti EO. In GSE dell'ESA, gli utenti finali sono coinvolti nel "chiudere il cerchio" tra i risultati operativi ottenuti dalla presente generazione di satelliti EO e la definizione dei sistemi futuri. I flussi di comunicazione tra servizio operativo guidato e finanziato dall'ESA GSE e la rete di eccellenza (NoE) orientata e costituita dalla Commissione Europea sono visualizzati nella seguente figura.



La rete di eccellenza GMOSS è finanziato dalla Direzione Generale per le Imprese e l'Industria nell'ambito delle priorità del sesto programma quadro per l'Aeronautica e lo Spazio per la ricerca e lo

sviluppo tecnico della UE. GMOSS è stato istituito per promuovere la capacità di ricerca civile europea sulla sicurezza, per identificare e colmare le lacune nella ricerca ed individuare futuri campi di attività di ricerca e sviluppo. GMOSS si basa sul concetto di sicurezza europea e affronta alcune delle sfide individuate nell'ambito della strategia europea per la sicurezza ed altre ancora conseguenti a documenti politici della CE e comunicazioni come pertinenti a temi sulla sicurezza europea e mondiale quali la non proliferazione, i conflitti regionali e le catastrofi umanitarie.

GMOSS ha un preciso ruolo all'interno di GMES ed è in prima linea di una vasta gamma di progetti e strumenti impiegato da CE ed ESA per far avanzare gli obiettivi di GMES.

L'obiettivo generale di GMOSS è quello di riunire e far progredire in Europa la ricerca civile sulla sicurezza, al fine di contribuire allo sviluppo e la manutenzione di un'effettiva capacità europea di monitoraggio globale per la sicurezza con tecnologie satellitari di Osservazione della Terra. Pertanto, lo scopo di GMOSS è stabilire un piattaforma di ricerca per l'integrazione europea della ricerca civile sulla sicurezza.

La sicurezza come "libertà dalla paura e dal bisogno" è un valore sociale fondamentale del genere umano.

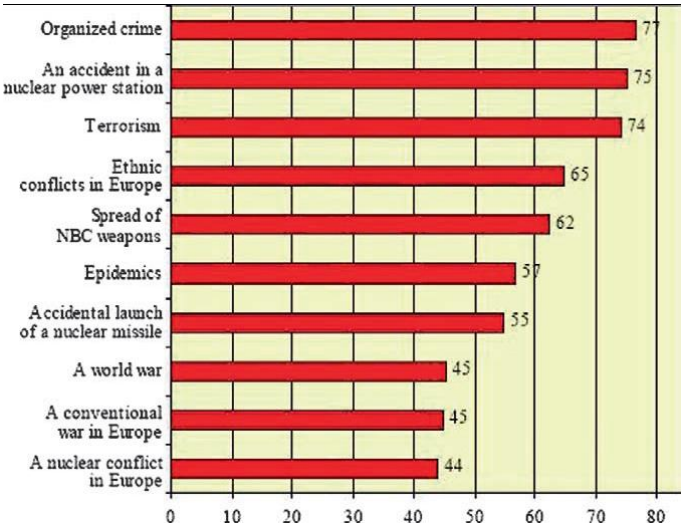
Secondo una definizione classica la sicurezza, in senso oggettivo misura l'assenza di minacce per valori acquisiti, in senso soggettivo è l'assenza di paura che tali valori saranno attaccati. 'La percezione delle minacce alla sicurezza, sfide, vulnerabilità e dei rischi dipende dalle visioni del mondo o tradizioni dell'analista e dalla mentalità dei responsabili politici e dei loro consulenti. Sicurezza è anche un concetto chiave di due scuole concorrenti di pensiero: (a) guerra, militare, strategico o studi sulla sicurezza, (b) di ricerca per la pace e il conflitto che si è concentrata sulla prevenzione della guerra. Problemi di sicurezza sono affrontati da diverse politiche comunitarie dell'UE in settori quali lo sviluppo sostenibile e il cambiamento climatico, la protezione civile, gli aiuti umanitari e la ricerca sulla sicurezza.

La sicurezza è uno dei bisogni fondamentali degli uomini, sia individualmente che collettivamente. Si tratta di un presupposto importante per la crescita economica, investimenti e creazione di posti di lavoro così come un motore potente per l'ingegno umano.

Una decisione del Consiglio di Sicurezza delle Nazioni Unite del 2007 ha fatto discutere, per la prima volta, sull'impatto dei cambiamenti climatici sulla pace e la sicurezza. La discussione è nato su

iniziativa del Governo britannico, che ha diffuso un documento di riflessione chiama l'attenzione ad una serie di implicazioni per la sicurezza dei cambiamenti climatici, comprese le controversie di confine, le migrazioni, le tensioni sociali, le crisi umanitarie, e la carenza di scorte di energia, acqua, terreni coltivabili e pesce.

Che cosa è sentita come una minaccia non dipende quindi soltanto dal punto di vista settoriale (militare o società civile), dalla scuola-di-pensiero (difesa o ricerca di pace), o sociale, politico o da fattori culturali, ma anche dalla geo-localizzazione. Di seguito le paure degli europei rispetto a differenti minacce (Eurobarometer 2001–2009)[18]



Costruire capacità di utilizzo di informazioni per il monitoraggio territorio in materia di protezione richiede innanzitutto di intraprendere la costruzione del consenso sulla definizione del problema e dei possibili interventi.

Un pre-requisito per l'utilizzo di tecnologie dell'informazione è che effettivamente un consenso esista all'interno della società sulla natura di queste minacce per la sicurezza umana ed ambientale, così come che prevalga la volontà politica ed i mezzi per avviare l'attività di prevenzione e di mitigazione.

Grazie all'ampia disponibilità di dati di diverso tipo i pubblici decisori possono verificare la crescita e la modifica degli insediamenti umani, monitorare le trasformazioni del territorio dovute

[18] http://ec.europa.eu/public_opinion ultima visita 11.12.2012.

all'antropizzazione o al perseguimento di questa (gli incendi boschivi di origine dolosa). In seguito a calamità, naturali e non, possono valutare danni ed avere un quadro completo degli interventi umanitari o di protezione civile da approntare ma anche inquadrare uno scenario di tanta umanità colpita da conflitti spesso legati a risorse naturali contese. Argomento delicato, che va dalla protezione da attacchi terroristici alla valutazione di contesti di guerre che ancor oggi affliggono popoli interi, passando per traffici illeciti che talvolta queste guerre vanno a finanziare ed attraverso gli affari della criminalità organizzata.

Ed ancora, i decisori possono analizzare la permeabilità dei confini nazionali e transnazionali alle migrazioni di tanti uomini e donne che, attraversando una tragedia alla quale troppo spesso la nostra società volta le spalle, lasciano aree afflitte da grande povertà, investite da guerre o soffocate da regimi autoritari e ripetute violazioni dei diritti umani, e si dirigono in cerca di una speranza verso i Paesi del Nord del mondo.

I rapporti dell'Unione Europea nel dicembre 2003 [Solana, 2003] e di un gruppo di esperti per conto del Segretario Generale delle Nazioni Unite nel 2004 [UN, 2004] hanno identificato la povertà, le malattie infettive, il terrorismo, la criminalità organizzata transnazionale, il fallimento dello Stato e la proliferazione delle armi di distruzione di massa (WMD), come alcune delle minacce alla sicurezza nazionale e internazionale., definendo uno Stato sicuro solo quando è libero da queste minacce.

Altri due studi [Human Security Report, 2005] [UNDP 2006] hanno concluso che i conflitti all'interno degli stati costituiscono più del 95% dei conflitti armati che causano un numero enorme di morti e feriti e quindi i conflitti interni diventano più importanti delle guerre tra stati costituendo la principale minaccia alla pace ed alla sicurezza internazionale. Inoltre devono essere osservati come minacce sia i conflitti basati sull'uso di armi di distruzione di massa (WMD) che quelli basati su armi convenzionali.

La sicurezza umana è connessa con i rischi per la sopravvivenza delle persone, la loro vita e dignità. Ma la sicurezza umana è inseparabile dallo sviluppo e dalla povertà: molti poveri devono dipendere dal loro ambiente per la propria sopravvivenza [Jasani, 2009]. Ma cos'è la sicurezza umana? Tradizionale finalità della Sicurezza nazionale è stata sinora la difesa dello Stato dalle minacce esterne. L'obiettivo della Human Security, al contrario, è la protezione degli individui [HSR, 2005].

Dal 1990 al 2003 quasi quattro milioni di persone sono morte in guerra ed il 90% di essi erano civili. Oltre 18 milioni di persone in tutto il mondo hanno dovuto abbandonare le proprie case a seguito di conflitti. In gran parte del mondo in via di sviluppo povertà e malattie causano indicibili sofferenze e causano la nascita di pressanti preoccupazioni su rischi per la sicurezza. Quasi tre miliardi di persone, circa metà della popolazione mondiale, vive con meno di due euro al giorno; quarantacinque milioni muoiono ogni anno di fame e malnutrizione. L'AIDS è una delle più devastanti pandemie della storia umana e contribuisce al crollo delle società. Nuove malattie possono diffondersi rapidamente e diventare rischi globali. L'Africa Sub-Sahariana è più povera adesso di quanto lo fosse dieci anni fa. In molti casi fallimenti economici sono legati a problemi politici e conflitti violenti.

La sicurezza è una precondizione dello sviluppo. I conflitti non soltanto distruggono le infrastrutture, incluse quelle sociali, ma incoraggiano la criminalità, che investe i propri profitti in attività che servono a "pulire" proventi illeciti e rende impossibile la normale attività economica. Un certo numero di paesi e regioni è parte di questo ciclo di conflitti, insicurezza e povertà [Solana, 2003].

D'altronde, a differenza di quanto avviene nel telerilevamento applicato al classico campo delle risorse naturali - in cui c'è una netta dicotomia tra osservatore e osservato - quando si trattano questioni connesse con la sicurezza spesso l'osservatore e l'osservato sono le stesse entità politiche o i rappresentanti delle stesse società e comunità che ci si propone di analizzare così che temi politici ed etici inevitabilmente si mescolano con analisi tecniche. Inoltre, in particolari situazioni l'osservato può tentare di influenzare l'esperto che realizza le mappe o che analizza i dati telerilevati per cui si rende anche necessario evitare rischi di sfruttamento incontrollato del lavoro scientifico per strategia politica. Come conseguenza è necessario evolvere dal paradigma del "*problem-solving*", tradizionale nell'ambito della comunità che si occupa di Remote Sensing, a strumenti concettuali che supportino, per esempio, il *problem framing* ed il *problem setting* durante il processo decisionale [Jasani et al., 2009] .

3.3. NEREUS

3.3.1. Domande di conoscenza

Il contributo di forte innovazione portato dai sistemi di Earth Observation e dai dati satellitari forniti può arricchire chi questi dati potrebbe utilizzare per porre mano ai suoi compiti di governo del territorio. Le nuove risorse costituite da satelliti, sensori, dati, sono in grado di contribuire quindi allo sviluppo equilibrato del territorio, tutelando così il semplice cittadino cui interessa che i grandi temi che lo riguardano – rischio, ambiente-energia, mobilità – possano avere risposte più adeguate grazie al contributo delle nuove risorse rese disponibili dall'ESA con lo sforzo finanziario comune dei cittadini europei

Occorre però un maggior raccordo tra domanda e offerta di informazione su ambiente e territorio: c'è l'esigenza di attenzione verso il basso da parte delle Agenzie perché siano disponibili all'ascolto di chi ha domanda di conoscenza. A tale domanda si risponde con le missioni indirizzate a fornire informazione necessaria per cercare e trovare soluzioni.

NEREUS in fondo è un'aggregazione di regioni che spingono l'Agenzia a dare risposte, in un tentativo di riorientamento delle politiche dell'ESA ed europee a favore dei cittadini. Alle istanze di questi occorre dare risposte. E l'ESA deve dare servizi. Da parte della galassia dei soggetti che si occupano della gestione del territorio c'è una presa atto delle possibilità offerta dalle nuove risorse.

3.3.2. Il raccordo tra le regioni e l'Europa

NEREUS, Network of European Regions Using Space Technologies, è un'iniziativa da parte delle regioni di tutta Europa e costituisce una Rete delle Regioni Europee utilizzatrici di tecnologie spaziali.

La rete privilegia l'uso delle tecnologie spaziali, proponendosi di esplorare i vantaggi delle tecnologie spaziali a favore delle regioni e dei loro cittadini ed intendendo diffonderne le diverse utili applicazioni.

NEREUS quindi è una voce importante per la dimensione regionale della politica spaziale e dei programmi europei e per le esigenze degli utenti finali.

Il network, costituitosi ufficialmente nel 2008, ha come obiettivo principale la creazione e la promozione di uno spazio di dialogo, di scambio e di riflessione tra le regioni e gli attori della politica spaziale in Europa. Questi sono non soltanto gli Stati Membri e Unione Europea, ma anche l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e le industrie che lavorano per lo Spazio. Lo anima la consapevolezza che spendere nello spazio si è rivelato un solido investimento, incentivato da un effetto moltiplicatore: ogni euro investito nello spazio restituisce molte volte il suo valore ad un'economia più ampia. Investire nello spazio è investire nella conoscenza, nell'innovazione e nell'ispirazione; stimolare le imprese del settore spaziale e del suo indotto incentiva la competitività e la crescita dell'Europa di pari passo con il progresso scientifico.

Al momento il network è costituito da ventisei Regioni (membri titolari) e da trentasei Membri Associati ed è organizzato come un'associazione internazionale non a scopo di lucro: le quote di adesione dei membri finanziano l'attività della rete. Il Segretariato permanente dell'associazione ha sede a Bruxelles. Oltre al Segretariato permanente l'organico è composto dal Consiglio di Amministrazione e dall'Assemblea Generale. Gli stati che fanno parte di NEREUS sono indicati in azzurro chiaro nella mappa che segue e tra essi c'è anche la Guyana Francese.

Gli obiettivi chiave di NEREUS, così come riassunto nella carta politica dell'associazione, sono i seguenti:

· sottolineare la dimensione regionale delle politiche spaziali a livello politico;

· diffondere l'uso delle applicazioni spaziali per apportare benefici alle regioni e ai cittadini europei;

· promuovere un approccio "bottom-up" alle attività spaziali europee che coinvolga un numero maggiore di regioni e cittadini, favorendo una maggiore partecipazione di questi ultimi alla costruzione e allo sviluppo di mercati tecnologici spaziali.



NEREUS offre una piattaforma per promuovere una maggiore partecipazione dei cittadini allo sviluppo dei mercati e delle politiche spaziali europee, incoraggiare lo scambio di informazioni e conoscenze, favorire la costruzione di solidi partenariati, implementare progetti e attività.

I membri titolari di NEREUS sono regioni appartenenti a Stati membri dell'Unione Europea con un livello di autonomia immediatamente successivo a quello di uno Stato e che hanno una rappresentanza politica indipendente. All'interno di NEREUS i membri titolari hanno diritto di voto durante le Assemblee Generali e i loro rappresentanti possono essere eletti all'interno del Consiglio di Amministrazione.

I membri associati sono invece attori pubblici e privati diversi dalle regioni: università, centri di ricerca, imprese, camere di commercio, altre reti, ecc., con competenze, conoscenze e interessi che rispondono agli obiettivi perseguiti dall'associazione. Possono partecipare alle attività di tutti i gruppi di lavoro e alle riunioni dell'Assemblea Generale in qualità di membri non votanti.

All'interno di NEREUS operano sei gruppi di lavoro:

- **EO/GMES** (Earth Observation/Global Monitoring for Environment and Security – Osservazione della Terra/Monitoraggio Globale per l'Ambiente e la Sicurezza), che si occupa di osservazione della Terra e di GMES, il Programma dell'Unione Europea che favorisce l'osservazione del pianeta con l'obiettivo di fornire informazioni riguardanti l'ambiente e alla sicurezza. Il Programma intende mettere a disposizione satelliti di osservazione terrestre di fabbricazione Europea per generare prodotti con un'attenzione particolare ai bisogni degli utenti finali. Il gruppo di lavoro è a sua volta suddiviso in tre sottogruppi (in base alle diverse applicazioni): applicazioni terrestri, oceanografia marittima, sicurezza e risposta ai pericoli.

- **GNSS** (Global Navigation Satellite System - Sistema di Navigazione Globale Satellitare) lavora per sfruttare al meglio i servizi offerti da GALILEO per il benessere delle regioni e dei suoi cittadini e per influenzare il processo decisionale europeo sul tema.
- Telecommunication (Telecomunicazioni): raccoglie e compila informazioni sui bisogni degli utenti in termini di comunicazione e applicazioni satellitari; sull'impatto economico che le telecomunicazioni esercitano e sul modo di sfruttarle per apportare benefici ai cittadini.
- **Communication, Education and Traning** (CET) (Comunicazione, Educazione e Formazione): piattaforma per lo scambio di conoscenze sul potenziale europeo delle applicazioni spaziali nell'ambito dell'istruzione e della formazione in tecnologie spaziali e dei servizi offerti alle imprese dalle risorse umane
- **Technologies from Space Exploration** (Tecnologie dall'Esplorazione dello Spazio): gruppo di lavoro che utilizza i risultati della ricerca scientifica nello spazio per offrire indicazioni riguardo all'uso delle tecnologie spaziali a sostegno delle iniziative di politica regionale e delle applicazioni degli utenti finali. Monitora le attività in corso a livello europeo come comunicazioni, consultazioni ecc., e offre contributi a favore dei membri di NEREUS.
- **Regional Policy** (Politica Regionale): è una delle aree strategiche di collaborazione all'interno della rete NEREUS. La politica regionale ha una prospettiva e una dinamica orizzontale che abbraccia i temi di tutti gli altri gruppi di lavoro.

NEREUS rappresenta le regioni europee nell'ambito delle applicazioni delle tecnologie spaziali ed offre ai suoi membri una piattaforma per costruire partenariati promuovendo il coinvolgimento dei propri associati in progetti e attività che riguardano l'Unione Europea.

Molti dei membri di NEREUS sono attualmente coinvolti in due progetti europei:

- **DORIS_Net** (Downstream Observatory organised by Regions active In Space – Network) è il primo progetto Europeo sviluppato nell'ambito della piattaforma NEREUS e finanziato nel settimo programma quadro (7° PQ). Obiettivo del progetto è di accrescere la conoscenza di GMES, formando una rete fra le Regioni Europee e autorità locali, i produttori di servizi GMES e altri attori a livello regionale, nazionale ed Europeo al fine di incrementare l'uso dei prodotti di telerilevamento a beneficio dei potenziali utenti e delle imprese sviluppatrici delle applicazioni. Attraverso la creazione di un osservatorio europeo dei servizi per la raccolta e gestione dei dati via

satellite e una rete di punti di contatto a livello regionale (RCO GMES), si facilita l'incontro tra i cittadini, i fornitori e le Pubbliche amministrazioni. Tra le regioni italiane in questo gruppo è prevista anche la partecipazione della Basilicata.

· **The ISSUE** (Traffic- Health-Environment. Intelligent Solutions Sustaining Urban Economies) mira a produrre sistemi ecologici di gestione del traffico nelle città europee. Il progetto ha una durata di tre anni e riunisce gruppi di ricerca provenienti da cinque regioni europee: East Midlands nel Regno Unito, Molise in Italia, le regioni Midi-Pirenei e Aquitania in Francia e la regione Mazovia in Polonia. Il progetto s'inserisce nel tema "Regioni della conoscenza" del settimo programma quadro (7° PQ) dell'UE e riguarda sistemi di gestione del traffico che utilizzano le tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (TIC) applicate sia alle infrastrutture per il trasporto sia ai veicoli, allo scopo di migliorare per tutti la vita sulle strade. Il miglioramento può essere in termini di sicurezza, affidabilità o persino produttività. Obiettivo fondamentale è quello di influenzare le politiche future, in modo che siano largamente implementati i sistemi di gestione del traffico che portano benefici alla salute e alla sicurezza del pubblico.

Tra le varie applicazioni realizzate dalle regioni del network con GMES alcune riguardano la mappatura delle linee costiere, la gestione delle risorse acquifere, l'utilizzo del suolo agricolo, il monitoraggio della qualità dell'aria, la conservazione dell'energia nelle zone urbane, l'impatto dei cambiamenti climatici, la prevenzione di disastri naturali (incendi, inondazioni, tempeste oceaniche).

3.3.3. Una rete chiamata NEREUS

Lo scopo di NEREUS (Network of European Regions Using Space technologies – Rete delle Regioni Europee Utilizzatrici delle tecnologie Spaziali) è creare una più stretta collaborazione tra le regioni d'Europa su sfide tecnologiche come quella delle tecnologie spaziali, e introdurre un livello regionale nell'elaborazione e nello sviluppo dei programmi spaziali europei, così che le regioni possano beneficiare sul campo dei vantaggi offerti da GMES (Global Monitoring for Environment and Security – Monitoraggio Globale per l'Ambiente e la Sicurezza) per sviluppare la propria economia, anticipare il cambiamento climatico e gestire le calamità naturali.

La cooperazione europea nello spazio è di lunga data, avendo già quasi mezzo secolo al tempo della costituzione di NEREUS, ma solo in esso si attua quella stretta interconnessione che punta quindi a promuovere la cooperazione interregionale. Per meglio comprenderne il funzionamento si richiama il Libro Bianco sullo Spazio pubblicato dalla Commissione europea nel 2003. In esso si proponeva un'ampia politica spaziale orientata ai bisogni dell'utenza e capace di porre tecnologie spaziali e capacità imprenditoriali al servizio dell'Unione allargata e dei suoi cittadini. L'importanza della creazione di una rete europea dedicata alle tecnologie spaziali a livello regionale è stata molto un argomento importantissimo fra quelli nelle conferenze GMES di Graz (aprile 2006) e di Monaco (aprile 2007).

In Francia, la Regione Midi-Pyrénées nel marzo del 2006 ha organizzato un workshop sulla questione: "Quale potrebbe essere il ruolo delle Regioni d'Europa nel programma GMES?" La conferenza di Graz ha riconosciuto la pertinenza territoriale delle Regioni nell'espressione dei bisogni legati alle tecnologie spaziali, nello scambio di esperienze e nella sperimentazione di servizi. È nata così spontaneamente l'idea di costituire una rete delle Regioni d'Europa incentrata su questi obiettivi.

NEREUS e le Regioni che ne fanno parte puntano a influenzare le discussioni e i programmi legati allo sviluppo delle tecnologie e applicazioni spaziali a livello sia europeo che nazionale, e a realizzare un più stretto coordinamento e una più ampia cooperazione tra le Regioni aderenti nelle scelte politiche, nelle strategie e nel dialogo con le Istituzioni europee ed anche nelle azioni programmatiche di sfruttamento dello Spazio europee e nazionali, comunicando inoltre al vasto pubblico l'entusiasmo che suscitano le questioni legate allo Spazio.

NEREUS fin dall'inizio è stata considerata una straordinaria occasione per impostare un nuovo ruolo delle Regioni nel campo delle tecnologie spaziali. Queste tecnologie hanno già avuto un ruolo di grande importanza nel promuovere la crescita economica, accrescendo l'occupazione e sviluppando la ricerca scientifica e l'innovazione in tutta Europa. Alcune Regioni inoltre hanno svolto un ruolo pionieristico nelle tecnologie spaziali. Facendo un passo avanti, a partire da una rete di Regioni attive nell'industria spaziale (come la Regione Midi-Pyrénées), si è passati a una rete di Regioni che utilizzano le tecnologie spaziali come, ad esempio, la Regione della Bretagna che utilizza i dati GMES ai fini della ricerca oceanografica.

Le Regioni sono impegnate in entrambi gli aspetti dell'avventura spaziale europea cui contribuiscono attraverso lo sviluppo e l'installazione delle infrastrutture ma anche come utenti finali o clienti dei prodotti e servizi forniti dalle industrie spaziali, in particolare di quelli provenienti dalla Politica spaziale

europea di cui Galileo e GMES sono i principali programmi. Per le Regioni i servizi GMES possono rivelarsi di grande utilità, attraverso l'Osservazione della Terra, per coloro che hanno il compito di gestire i disastri naturali, gli impatti del cambiamento del clima su scala locale, la pianificazione urbana e l'erosione costiera. Gli utenti finali che operano a livello regionale possono anche trarre vantaggio dai servizi base di GMES di e contribuire allo sviluppo dei servizi derivati/a valle. È proprio per questo che la dimensione regionale risulta essenziale per la definizione e l'uso dei servizi GMES.

Uno dei giorni più importanti di NEREUS è stato il 18 dicembre 2007, con l'assemblea inaugurale della rete NEREUS di Tolosa. Ad essa hanno partecipato il Presidente della Regione Midi-Pyrénées, il Presidente del Comitato delle Regioni, il Direttore Generale dell'Agenzia Spaziale Europea ed i rappresentanti della Commissione europea e delle diverse Regioni coinvolte. Erano rappresentate 23 Regioni di 9 paesi, tutte prime firmatarie della Carta di NEREUS, un documento formale che sviluppa la prospettiva e gli scopi della nuova rete. Altre tre Regioni si sono poi aggiunte e nove stanno considerando la possibilità di aderire all'associazione nel prossimo futuro.

L'Associazione NEREUS comprende due gruppi:

- il gruppo delle Autorità Regionali, che ha la responsabilità di coordinare l'Associazione e di tenere le relazioni con le istituzioni dell'UE, gli Stati membri, le Agenzie spaziali e la Conferenza interparlamentare europea sullo Spazio.

- il gruppo dei membri associati che comprende industrie, istituzioni di apprendimento, laboratori di ricerca pubblici e privati, amministrazioni, associazioni – tutti gli attori pubblici e privati, cioè, pronti a lavorare nel quadro delle politiche regionali per l'implementazione del Programma spaziale europeo attraverso lo sviluppo delle applicazioni.

Con questa rete, è stato posto un nuovo "mattone" dell'Europa dello Spazio, al più basilare dei livelli, grazie a una grande partnership europea. E in breve tempo nuove applicazioni produrranno nuovi strumenti che faciliteranno e renderanno più efficace il lavoro dei responsabili regionali, grazie agli utili dati raccolti dai sistemi di osservazione.

L'istituzione di NEREUS apre quindi nuove prospettive per le Regioni d'Europa non solo in ciò che riguarda ricerca e innovazione ma anche nella pianificazione territoriale e nella gestione delle risorse ambientali, sviluppando nuove opportunità di lavoro e nuovi servizi rivolti ai bisogni dei cittadini.

I programmi spaziali europei, GMES (il programma di monitoraggio via satellite del territorio finalizzato alla protezione dell'ambiente ma non solo) e GALILEO (il sistema europeo di navigazione satellitare) sono di interesse strategico per le Regioni, in particolare per quanto concerne l'utilizzazione e l'applicazione dei dati ma anche per lo sviluppo tecnologico e il mantenimento dell'infrastruttura spaziale.

Riepilogando, obiettivi di NEREUS sono

- Introdurre il livello regionale nell'elaborazione e nello sviluppo dei programmi spaziali europei e nelle attività legate alle applicazioni e all'infrastruttura.

- Promuovere e realizzare forme e iniziative di partenariato, e dar vita a progetti di cooperazione transnazionali e transfrontalieri tra le Regioni europee, al fine di sviluppare approcci comuni o complementari, elaborando raccomandazioni per progetti e iniziative comuni.

- Soddisfare e sostenere i bisogni degli utenti finali rispetto alle tecnologie spaziali messe a disposizione dai programmi dell'Unione europea.

- Assicurare che le tecnologie spaziali siano utilizzate in tutte le Regioni d'Europa al fine di sostenere lo sviluppo economico dell'Unione europea, e consentire il pieno sfruttamento del potenziale delle tecnologie spaziali.

- Sostenere una migliore promozione della dimensione spaziale europea nell'economia globale.

- Accrescere la partecipazione dei cittadini alla costruzione della politica europea e nello sviluppo dei mercati legati alla tecnologia spaziale.

Mentre le principali attività consistono nel:

- Riunire le informazioni sulle fonti di finanziamento disponibili in Europa, sia pubbliche (fondi strutturali UE, PQ7, ecc.), sia private, al fine di consentire ai membri di NEREUS la costruzione di progetti relativi alle tecnologie spaziali.

- Identificare le opportunità di finanziamento europee per promuovere e sostenere le attività di rete dell'associazione, ove necessario.

- Promuovere le applicazioni spaziali ed educare gli utenti (pubblici e privati) a comprenderne il potenziale e i benefici che possono offrire.

- Svolgere attività come l'identificazione degli utenti finali, la mappatura di problemi e bisogni comuni, la condivisione di problemi legati alle applicazioni spaziali fra le Regioni di tutta l'Europa, unendo le richieste dell'utenza.

- Specificare o supervisionare studi scientifici, piani e aggiornamenti al fine di incrementare la divulgazione delle conoscenze relative alle tecnologie spaziali.

- Esprimere le opinioni delle Regioni partecipanti a NEREUS sulle pubblicazioni di comune interesse della Comunità europea che riguardano gli obiettivi di NEREUS.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

3.4. Non solo Europa

3.4.1. Problemi a livello globale

Tra i maggiori problemi a livello globale, oltre naturalmente a guerre, fame, malattie, ha assunto allarmante importanza quello del cambiamento climatico e del riscaldamento globale.

Nel corso della storia della Terra si sono succedute ciclicamente modificazioni del clima che hanno portato il pianeta ad attraversare diverse ere glaciali alternate ad epoche più calde. Le cause di queste modificazioni climatiche sono state principalmente legate all'andamento dell'attività del sole o a quella eruttiva della Terra

Il quarto rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nei suoi studi di detection del 2007 stima che la temperatura media della superficie terrestre è aumentata di 0.74 ± 0.18 °C durante il XX secolo. La maggior parte degli incrementi di temperatura sono stati osservati a partire dalla metà del XX secolo e sono stati attribuiti all'incremento di concentrazione dei gas serra. Quest'ultimi sono il risultato dell'attività umana dato ad esempio dall'uso di combustibili fossili e dalla deforestazione, e generano dunque un incremento dell'effetto serra.

L'aumento delle temperature dovrebbe comportare un aumento del livello del mare e cambiare anche il modello di precipitazioni a cui siamo abituati, favorendo un'espansione dei deserti subtropicali.

La comunità scientifica è concorde nel ritenere che la causa del riscaldamento globale sia di origine antropica. Ciò nonostante vi è un ampio dibattito politico che coinvolge anche l'opinione pubblica sul protocollo di Kyoto, che vuole mirare alla riduzione dei gas serra prodotti dall'uomo.

I cambiamenti recenti del clima vengono analizzati in particolar modo a partire dagli ultimi 50 anni cioè da quando le attività umane sono molto cresciute ed è diventata possibile l'osservazione della troposfera. Tutti i principali fattori ai quali è attribuito il cambiamento climatico sono legati alle attività dell'uomo.

3.4.2. Il contributo delle Agenzie Spaziali

Negli ultimi anni, con l'arrivo dei satelliti ad alta risoluzione spaziale e spettrale e grazie alla forte innovazione nelle tecnologie di elaborazione dei dati satellitari è cambiato il modo di monitorare l'ambiente ed i fenomeni ad esso correlati. I satelliti di Osservazione della Terra consentono di acquisire la conoscenza del territorio e delle influenze che su di esso hanno gli eventi naturali o causati dall'uomo che avvengono con frequenza, di misurare parametri caratterizzanti mare, atmosfera e terra e di seguire le trasformazioni dell'ambiente che ci circonda.

I nuovi sistemi di osservazione della Terra dallo spazio danno un grande contributo allo sviluppo delle tecniche per la previsione dei più complessi fenomeni ambientali. I fenomeni naturali o indotti dall'uomo non sono facilmente riproducibili in laboratorio a causa delle loro scale spazio temporali, e solo con l'uso di elaboratori è stato possibile riprodurre la dinamica dei sistemi naturali attraverso la loro modellizzazione matematica. Le rilevazioni che è possibile fare grazie ai satelliti, assieme alle misure puntuali rilevate da strumenti collocati in situ, sono fondamentali per alimentare questi modelli e renderne sempre più accurati e affidabili i risultati.

Solo le Agenzia Spaziali possono decidere le grandi missioni di Earth Observation, anche se poi queste vengono attuate con microsatelliti. Solo le Agenzie Spaziali possono avviare programmi di distribuzione delle preziose risorse ottenute con l'investimento collettivo per ottenere l'informazione su temi che interessano i cittadini.

La politica degli USA, ad esempio, è quella di supportare amministrazioni e cittadini mediante la fornitura gratuita dei dati di Osservazione della Terra.

È prossimo, inoltre, il lancio di un nuovo satellite della serie Landsat di osservazione della Terra che la NASA ha annunciato per l'11 febbraio nello Stato della California.

Il satellite fa parte della prosecuzione organizzato da NASA e dal Geological Survey (USGS), del programma Landsat, che ha assicurato la più antica e continua raccolta dei dati da Osservazione della Terra.



Chiamato LDCM, il satellite sarà l'ottavo nel programma Landsat, durato 40 anni ed utilizzato per la gestione di acqua ed energia, monitoraggio di agricoltura e silvicoltura, pianificazione urbana, ambiente e catastrofi naturali.

Dopo la sua uscita, il Landsat raggiungerà l'orbita polare e sorvolerà la Terra circa 14 volte al giorno, ad una altitudine di 705 chilometri. Il satellite sarà il più avanzato del programma, avrà due strumenti per l'acquisizione di immagini ed uno di essi sarà, come tradizione, un sensore termico.

Probabilmente è finita l'epoca dei grandi satelliti ambientali come Envisat, delle dimensioni di un autobus lungo una decina di metri, con il suo preziosissimo carico di strumenti e sensori (dieci) con una vita più lunga di quella inizialmente stabilita ma che poi, nei primi mesi dello scorso anno, ha lasciato l'intero mondo scientifico improvvisamente privo di preziosi dati di Osservazione della Terra. Tali dati avevano concorso a migliorare la conoscenza dei fenomeni che interessano la superficie della Terra, documentandone l'essenza di Pianeta Vivente[19].

La conoscenza sui rischi naturali e indotti dalle attività dell'uomo, alluvioni, frane, incendi, rischio sismico, rischio vulcanico, qualità dell'aria, inquinamento da idrocarburi sul mare, gestione delle coste, sono tutti argomenti che interessano cittadini ed amministrazioni, con la conseguenza non indifferente che nell'industria dello Spazio intervengono ricerca ed imprese private, che così migliorano competenze e capacità, con un significativo ritorno sociale degli investimenti compiuti.

[19] Living Planet è il nome di una manifestazione sull'Earth Observation organizzata dall'ESA per presentare i principali risultati dell'attività del satellite Envisat.

3.4.3. La Stazione Spaziale Internazionale a servizio della Terra

La Stazione Spaziale Internazionale (ISS) + una piattaforma orbitante sempre più utilizzata per ampliare i confini della scienza, della tecnologia e della medicina. Grandissima e visibile a occhio nudo durante i suoi passaggi notturni sul continente europeo - orbita attorno alla Terra a 400 kilometri dalla superficie - è la base operativa di un gruppo internazionale di astronauti, vero avamposto dell'umanità nello spazio, ha già apportato nuove conoscenze che saranno base dello sviluppo e della realizzazione delle future iniziative di esplorazione spaziale. La ISS, il cui progetto è stato discusso per la prima volta nel 1984, è il più importante ed impegnativo programma di costruzione cooperativa mai intrapreso e deve gran parte del proprio successo al sostegno attivo offerto da numerosi paesi europei.

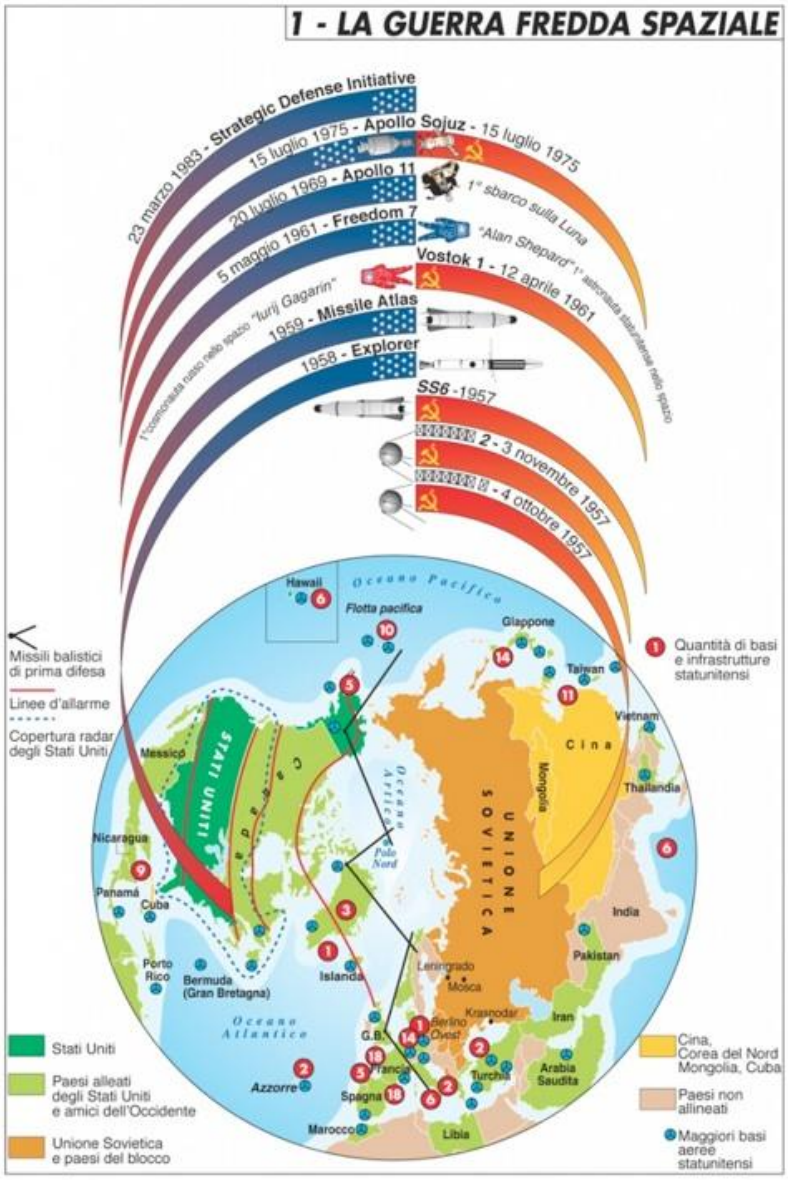
Nel 1984 Europa, Giappone e Canada hanno deciso di prendere parte a una proposta di programma spaziale avanzata dagli USA, cui nel 1993 ha aderito anche la Russia al gruppo diventandone il quinto partner internazionale.

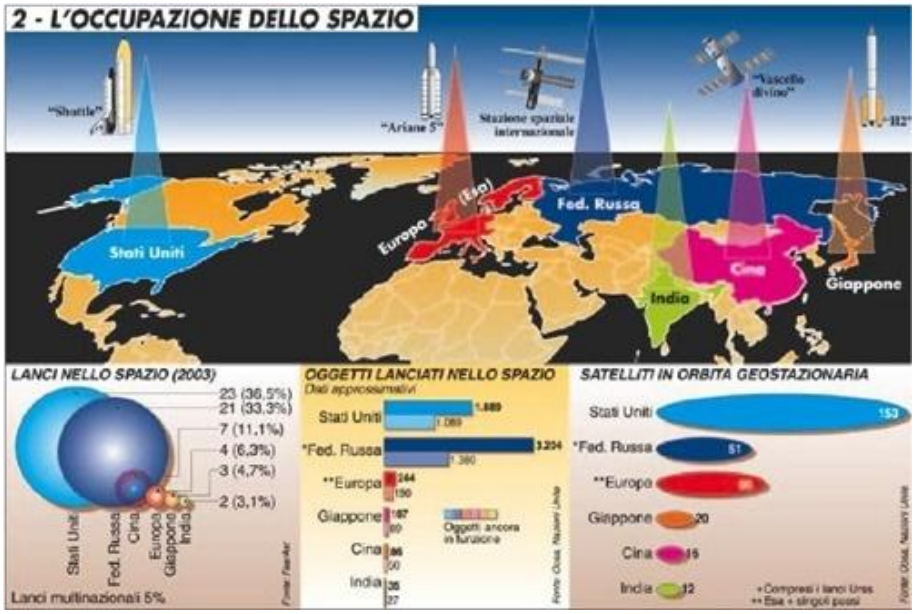
Tra le attività che si svolgono nella ISS diverse sono ancora volte al suo completamento. Nel laboratorio Columbus invece, lanciato e agganciato alla Stazione Spaziale nell'ottobre 2004, vi è un gran numero di esperimenti nel campo della scienza dei materiali, della medicina, della biologia e della tecnologia. Molti dei risultati ottenuti avranno importanti ripercussioni sui processi commerciali e sulla nostra vita quotidiana sulla Terra.

3.5. Scenari in evoluzione

3.5.1. Il settore spaziale

Il settore spaziale è indubbiamente uno dei settori con più forti innovazioni, che ha sempre avuto per l'umanità una forte spinta emotiva ed ha consentito e consente di raggiungere obiettivi eticamente validissimi, quali il monitoraggio del territorio e delle sue risorse dal punto di vista ambientale, ma anche importanti valori strategici come negli utilizzi militari e nel soccorso internazionale.







In queste tre carte pubblicate su Limes, volume 5/2004 "Le mani sullo spazio", Laura Canali ha analizzato soprattutto le relazioni internazionali con lo spazio come risorsa strategica per la conferma delle rispettive posizioni di entità politiche, e ciò in un momento – era il 2004 – in cui l'impresa comune Galileo veniva vista dalla potenza statunitense come un tentativo di concorrenza al GPS nell'ambito di una emancipazione europea da quest'ultimo sistema di posizionamento globale. E questo ha naturalmente rafforzato gli europei nell'intenzione di sviluppare capacità proprie per la raccolta di informazioni satellitari suscettibili di alto significato strategico.

3.5.2. Dati satellitari e politiche europee

Già in quegli anni il JRC (Joint Research Centre) della Commissione Europea, in particolare l'IPSC (Institute for the Protection and Security of Citizen)[20] del JRC, iniziava ad utilizzare intensivamente dati satellitari in diversi progetti ed occasioni, perfezionandone i metodi di elaborazione per i fini istituzionali.

La Commissione Europea ha avuto quindi a disposizione particolari algoritmi di analisi d'immagine che consentivano di analizzare strutture urbane ma anche di creare particolari applicazioni connesse alla salvaguardia ed alla protezione dei cittadini europei.

Ha così potuto usufruire tra l'altro di strumenti di supporto per gli aiuti umanitari e le azioni esterne, cioè azioni di soccorso per i cittadini europei e per quelli dei paesi esterni all'Unione: soccorso in caso di guerra, terremoti, alluvioni, monitoraggio e controllo dei confini dell'Unione, immigrazione ed altro ancora, tutti basati sull'acquisizione di dati da satelliti ottici e radar e su algoritmi di trattamento immagini ed estrazione di feature. In particolare sono stati sviluppati progetti per la stima della popolazione anche in aree in cui mancano banche dati affidabili che possano stimare la popolazione presente nel territorio ad un dato momento (come in Zimbabwe ed in altri stati africani). Conoscere la quantità di popolazione localizzata, anche come densità, essenziale come input per tutti i modelli di rischio, permette di sapere quanta popolazione è potenzialmente coinvolta da un evento (terremoto, esplosione o altro) cioè da un fenomeno o una situazione di rischio. Esistono due banche dati di popolazione a livello globale: una è dell'ONU e l'altra è di produzione statunitense (USGS – United

[20] La missione dell'IPSC è migliorare la sicurezza e la stabilità della società europea, sulla base di un'agenda dell'UE con la creazione di risultati scientifici e la loro trasformazione in impatto misurabile. Sulla base di una combinazione di ICT avanzate e competenze di ingegneria, l'IPSC fornisce ai responsabili politici europei pareri scientifici e tecnologia su questioni rilevanti per la salvaguardia, la sicurezza e la stabilità all'interno e all'esterno dell'UE. Data la natura orizzontale del suo lavoro, l'IPSC collabora a stretto contatto con un gran numero di attori europei e internazionali e diverse comunità di esperti. Essendo salvaguardia, sicurezza e stabilità i suoi obiettivi principali, sostiene i responsabili politici dell'UE nel loro sforzo verso la sicurezza globale e la protezione dei cittadini europei da incidenti, attacchi deliberati, frodi e azioni illegali contro le politiche dell'UE.

States Geological Survey); entrambe presentavano alcuni problemi. L'idea era quella di migliorarle ed unire le elaborazioni di dati satellitari con le statistiche di popolazione.

In sintesi, la popolazione distribuita sulle singole porzioni di territorio non fornisce una stima di densità locale perché non considera, ad esempio, le condizioni orografiche dei territori.

Un modo per risolvere il problema è usare una banca dati di uso del suolo, quindi un modello di distribuzione della popolazione per cui si applicheranno modelli diversi di distribuzione della popolazione con pesi diversi dell'uso del suolo: per superficie urbana rispetto a superficie di deserto oppure forestale, ad esempio, la popolazione sarà presente in modo molto maggiore nella prima superficie che nelle altre due.

Ma quale banca dati di uso del suolo si può usare? L'USGS nel 2004 utilizzava, ad esempio, una banca dati di uso del suolo molto grezza, derivata dalla "Digital Chart of the World" dall'aviazione statunitense negli anni '80, in scala 1:1.000.000, in cui erano riportati tutti i centri urbani. La nozione di uso del territorio che vi sta dietro è quasi medievale, basata sulla dicotomia città-campagna.

Ammettendo pure la pertinenza di una cartografia nata in scala 1:1.000.000, in molte parti del mondo l'occupazione del territorio e quindi la distribuzione della popolazione è diversa, non fondata su questa dicotomia. Esiste anche la campagna urbanizzata, come in Veneto ma anche in grandi parti dell'Europa (ad esempio il Belgio), ed anche in Africa ed in Asia l'astrazione fondata su città-campagna non esiste e quel modello fallisce. Nel caso, ad esempio, di una esplosione in una campagna urbanizzata vi sarà comunque una certa quantità di popolazione coinvolta e non nessuno come apparirebbe col modello USGS.

L'USGS ha migliorato quel modello rendendolo più complesso e considerando anche le strade, assumendo cioè che la popolazione si aggreghi intorno alle strade e nei poligoni dei centri abitati. Il modello di aggregazione è però quello statunitense, nordamericano, in cui tutte le persone si assiepano attorno alla strada; modello non applicabile in Africa ed in Asia, specialmente nelle regioni con strade che attraversano grandi aree desertiche.

Esistono quindi problemi locali per quanto riguarda i modelli di distribuzione della popolazione, che sono soprattutto dovuti alla mancata comprensione della struttura di uso del territorio, che è locale.

L'idea che sta alla base delle applicazioni per la Commissione Europea invece quella di utilizzare il Remote Sensing per estrarre questa struttura di uso del territorio.

Il tema ha affascinato molto anche la scrivente, che si è quindi specializzata nell'analisi strutturale[21] delle immagini da satellite anziché nell'analisi spettrale classica, di tipo radiometrico, con metodi d'analisi cioè non classici del Remote Sensing, yecniche che peraltro negli ultimi otto anni hanno conosciuto una maggiore diffusione; questi sono metodi di analisi tipici di altri approcci di analisi d'immagine come la robotica, la visione artificiale, discipline che si sono poste soprattutto il problema di come formalizzare il processo di visione umana e rendere possibile ad una macchina di simulare il processo di visione dell'uomo e quindi rendere automatico il riconoscimento di immagini. Per l'analisi strutturale in genere si utilizzavano una serie di strumenti appositamente progettati nei centri universitari e di ricerca: algoritmi particolari e Reti Neurali Artificiali. Solo dopo l'anno 2001[22] iniziò a diffondersi l'uso di un tool tedesco per la classificazione basata sull'analisi ad oggetti (definita originariamente OOIA – Object Oriented Image Analysis – adesso OBIA – Object Based Image Analysis): il software eCognition della Definiens Imaging GmbH di Monaco.

L'idea alla base dell'approccio della Commissione Europea è quindi quella di estrarre questa struttura territoriale (cioè densità di strade, grandezza dei campi coltivati, dispersione delle abitazioni etc), descrivere in modo matematico questa struttura perché una descrizione formale si può linkare al modello, e quindi legare questo ad una distribuzione della popolazione sul territorio. Si costruisce quindi la scena partendo dalla scena satellitare, si interpreta, cioè da questa si estraggono degli oggetti, delle entità, che si possono linkare ad un certo uso del territorio. L'interessante è che si possono estrarre sia entità singole, e dare un peso di probabilità che lì ci siano delle persone, sia generare interpretazioni a livelli crescenti di astrazione basate su relazioni di prossimità o su nozioni di collocazione spaziale. Si possono quindi estrarre tutti gli edifici e dire che c'è una popolazione associata al singolo edificio ma si può arrivare ad un livello maggiore di astrazione e, se c'è una casa, un campo, una strada, chiamare questa formazione "formazione su strada" o, in presenza di tante case con campo

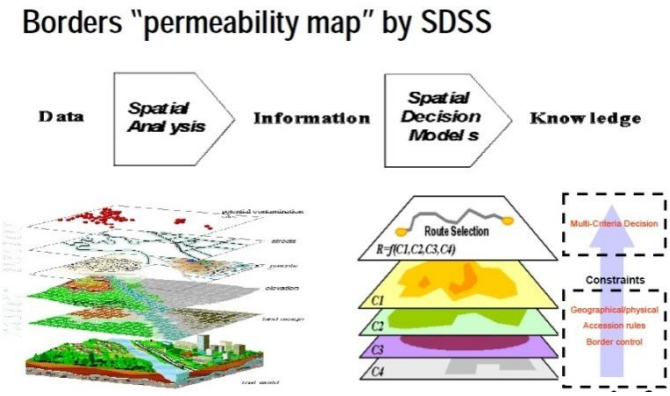
[21] Si basa su concetti come tessitura, struttura, oggetto anziché su pixel e radiometria [Serra, 1988].

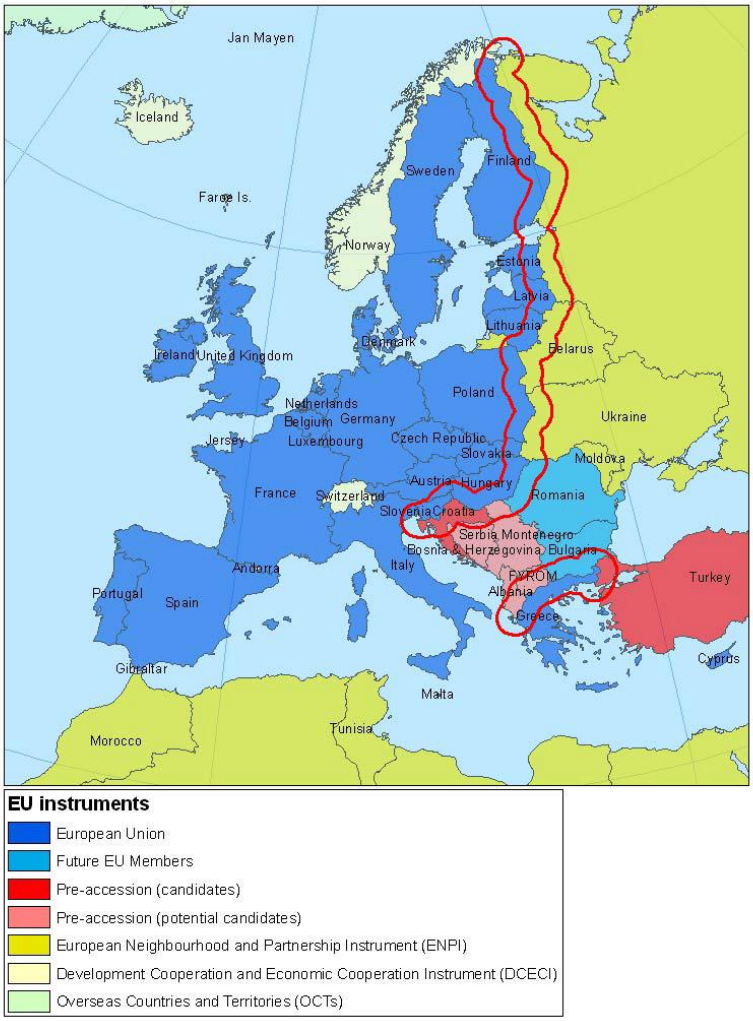
[22] Nel 2001 fu disponibile in commercio il primo tool di classificazione ad oggetti: eCognition della casa tedesca Definiens Imaging GmbH di Monaco. Il software eCognition, giunto mentre scrivo alla versione 8.8, è attualmente prodotto e distribuito dalla statunitense Trimble Navigation Ltd, con sede in Sunnyvale, California, che il 10 giugno 2010 ha acquisito il ramo della Definiens Imaging GmbH relativo alle Earth Sciences e quindi la suite eCognition con tutto il suo team.

su strada vicine tra loro, compiendo un ulteriore passo di astrazione si possono definire "striscia" o "stripe" di abitazioni lungo strada. L'idea è di trattare l'immagine con questo tipo di tecniche e quindi restituire una struttura del paesaggio e legare la struttura del paesaggio alla possibilità di presenza in loco di quella data popolazione

L'obiettivo è quello di fare un lavoro migliore di quello dell'USGS, nel caso specifico; comparare le diverse stime ed argomentare quindi la bontà dell'analisi. Naturalmente questo modello è locale: non si può applicare lo stesso modello in Zimbabwe come in Cina, ma basta tirar fuori una lista di un numero finito di tipi di paesaggio cui associare la probabilità che ci sia una certa popolazione presente nel territorio per migliorare la stima, anche come risoluzione spaziale. I modelli disponibili sino al 2004, ad esempio, erano ad 1 km di risoluzione spaziale ma già allora si iniziava a lavorare a modelli con griglia di 200 m. Nel modello occorre quindi una lista di strutture fisiche del territorio: il modello che lega la struttura fisica del territorio alla eventuale presenza umana è infatti un modello locale adattabile diversamente alle grandi regioni del mondo. Lo stesso modello non funzionerà in Europa come nel Centro Africa.

Altro uso delle tecnologie di Remote Sensing nei progetti europei è quello di Spatial Analysis per il monitoraggio dei "bordi", cioè dei confini esterni dell'Unione. Nello specifico, la DG Relex (Direzione Generale Relazioni Esterne) ha interesse alle problematiche connesse all'allargamento dell'Unione Europea: con l'entrata di nuovi Paesi cambia la figura dei bordi europei e quindi cambia anche l'accessibilità che possono avere (immigrazione clandestina, traffici vari etc). Lo studio avviato consente di stimare in maniera quantitativa la perdita o il guadagno in vulnerabilità ed in permeabilità con l'entrata dei nuovi Paesi membri.





Anche in questo caso il telerilevamento è utile: si analizzano statistiche dei flussi migratori, dei posti di confine etc. Il Remote Sensing viene utilizzato per costruire la mappa fisica di permeabilità, considerando ad esempio che è più facile attraversare un tratto in pianura che un picco di tremila metri di altezza, ed un luogo abitato ha diversi tipi di permeabilità rispetto a luoghi inesplorati, ed in parte ha anche attinenza con l'analisi dei percorsi storici. Il progetto ha due aspetti: uno di *assessment*, cioè di valutazione, da cui questa mappa di permeabilità che si ottiene in base a determinati criteri localizzati che concorrono a formare, su sistemi GIS, una mappa di compatibilità generale come quando, ad esempio, si sceglie la migliore localizzazione di un servizio pubblico. In particolare qui per ogni tratto di bordo si analizza quanto sia permeabile a diversi tipi di attraversamenti: le entrate da turista o quelle per traffici illeciti o altro ancora [Stephenne, Pesaresi, 2006]. L'altro aspetto è di monitoraggio: viene sempre utilizzato il Remote Sensing ma questa volta per estrarre degli indici di probabilità che qualcosa

stia accadendo sui bordi, come tracce di eventi sui confini tra paesi in conflitto (nel 2004 sono stati analizzati i confini tra Egitto ed Israele quando c'erano conflitti in corso) e quindi tracce di bombe etc.

Grazie all'analisi d'immagine strutturale, in particolare con dati telerilevati, è possibile accorgersi che sta accadendo qualcosa in aree particolari. Oltre che sui bordi europei per l'allargamento l'IPSC del JRC ha lavorato in modo analogo anche in Africa per disegnare le vie dei flussi migratori e quindi individuare spostamenti di masse di popolazione.

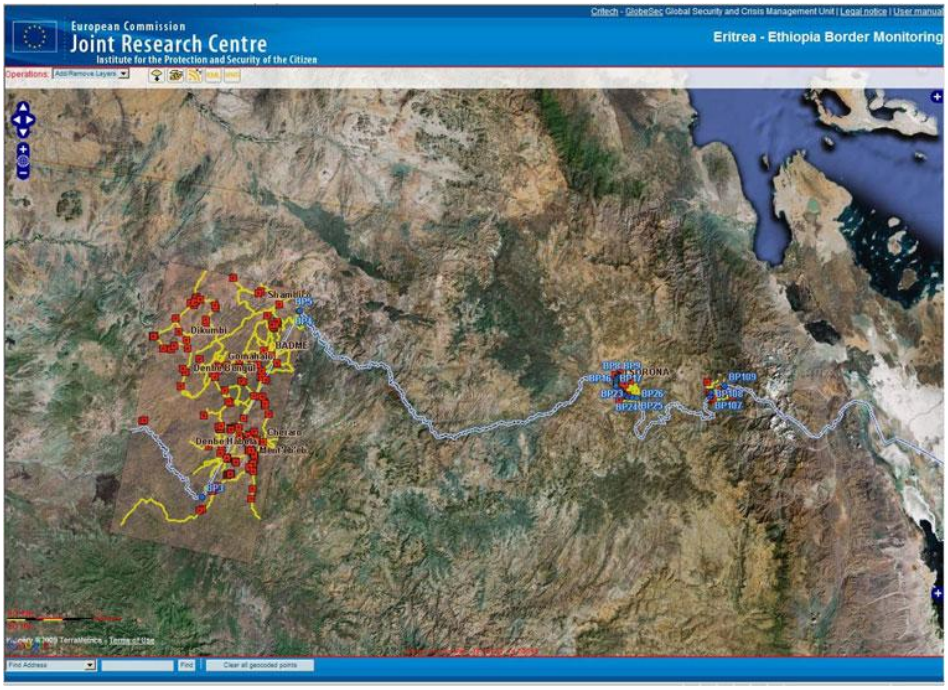


"N'Djamena, Ciad: 4 febbraio 2008 alle 10.30 UTC. Riconoscimento delle persone in fuga dalla zona di conflitto (in alto nell'immagine) cercando di raggiungere il territorio del Camerun dall'altra parte del fiume (in basso nell'immagine). I dati utilizzati sono stati raccolti dal sensore a bordo del satellite "Worldview1" con un canale pancromatico ottico con 50 centimetri di risoluzione spaziale. Le informazioni sulla presenza di persone a terra (in rosa nell'immagine) sono state estratte e fuse con metodologie automatiche di estrazione di informazione da immagine progettate e sviluppate dal JRC.

La battaglia di N'Djamena è iniziata il 2 febbraio 2008, quando le forze ribelli ciadiane si sono opposte al presidente del Ciad Idriss Déby, entrato in N'Djamena, capitale del Ciad, dopo un'avanzata di tre giorni attraverso il paese. I ribelli erano riusciti inizialmente a prendere gran parte della città ed attaccare il palazzo presidenziale fortemente difeso. Il palazzo tuttavia non è mai caduto e due giorni dopo le truppe governative avevano spinto fuori dalla città i ribelli, che si sono ritirati verso est.

Migliaia di residenti sono scappati fuori della città, molti ciadiani hanno varcato i confini del vicino Camerun e i cittadini stranieri sono partiti su voli militari francesi."[23]

Analogamente l'IPSC del JRC ha monitorato le dispute territoriali sui confini tra Eritrea ed Etiopia.



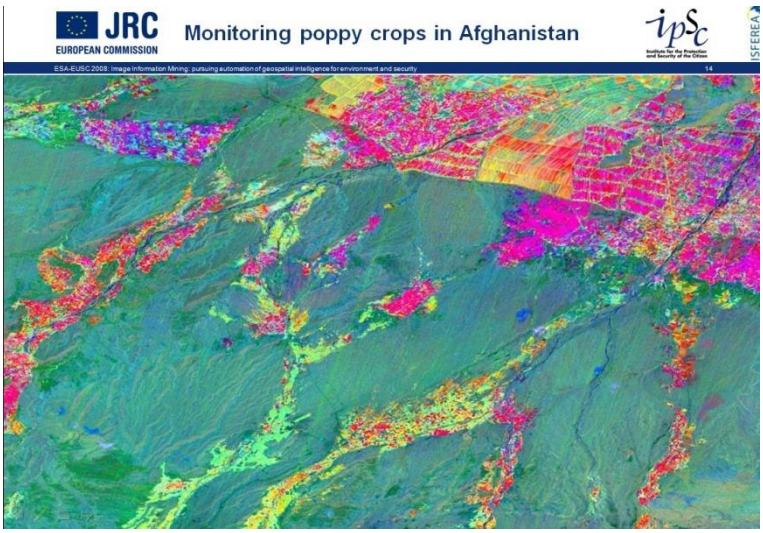
Altro progetto in cui l'IPSC del JRC ha utilizzato il Remote Sensing concerneva l'individuazione delle coltivazioni di coca in Sudamerica. Nello specifico, il problema era che l'Unione Europea per combattere alla radice il traffico di droga finanziava la riconversione da piantagioni di coca a piantagioni di cacao ed altre colture erogando somme ai contadini per questa riconversione delle coltivazioni. Il governo americano invece aveva un'altra politica: far passare aerei che spargevano tonnellate di defolianti sopra le coltivazioni, con impatti molto pesanti sull'ambiente ma anche sulla popolazione per

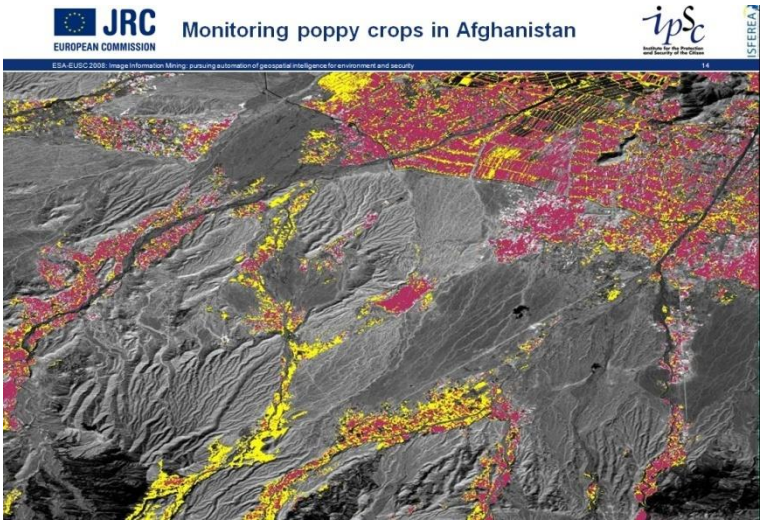
[23] Da un seminario tenuto nel febbraio 2010 presso l'Università IUAV da M. Pesaresi responsabile dell'azione ISFEREA del JRC

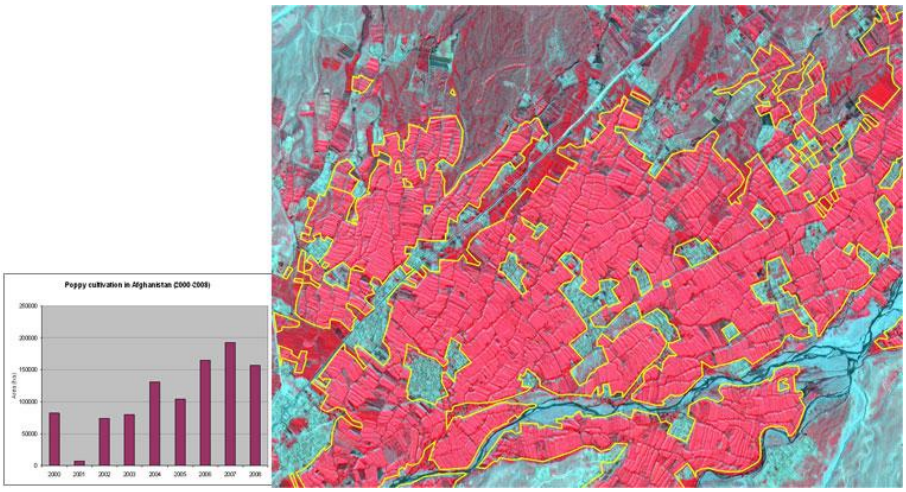
gli effetti tossici dei defolianti, che provocavano ustioni, avvelenamenti ed in genere malattie, malformazioni e morti infantili..

L'Unione Europea aveva stretto un accordo con il governo colombiano: mentre le operazioni di spargimento dei pesticidi descritte erano condotte d'intesa tra il governo colombiano e l'antinarcotici statunitense, l'accordo stipulato con l'UE prevedeva che non si passasse il pesticida sopra i campi riconvertiti. Il compito dell'IPSC era appunto il monitoraggio per verificare che non si spargesse pesticida sopra le piantagioni finanziate ed anche essere certi che i finanziamenti realmente portassero alla riconversione delle coltivazioni e non di nuovo a piantagioni illecite. In questo caso sono state utilizzate anche le classiche tecniche di analisi d'immagine satellitare ad alta risoluzione e la classificazione automatica. Con le tecniche object based era possibile l'estrazione dei campi che venivano classificati a partire da immagini di satelliti commerciali.

Analoghe indagini per le coltivazioni di papavero da oppio in Afghanistan.







In questi casi quindi vengono utilizzate piattaforme satellitari di tipo civile; in particolare, sono stati usati dati Ikonos. Nei temi legati a questioni di sicurezza questi dati civili sono gli stessi che vengono utilizzati anche dai militari quando hanno problemi a modellizzare su cartografia. Questo perché i satelliti spia militari hanno una forte risoluzione geometrica ma una limitatissima ampiezza di swath, cioè dell'area coperta sul terreno durante la scansione, e quindi sono utili quando si sa già dove guardare, cioè dove si trova l'area d'attenzione. I satelliti militari sono quindi utilissimi per seguire cosa accade in un particolare luogo ma non per individuare, su ampie scene, dove accadano eventi particolari interessanti per l'analista. Il metodo del Remote Sensing che interessa in questi casi seleziona una scena abbastanza vasta, la elabora ed avverte dove in essa esistano oggetti particolarmente interessanti. Sia i militari sia le ditte che si occupano di monitoraggio e controllo sulle condutture di petrolio e di gas usano in più i droni (o UAV, Unmanned Aerial Vehicle, cioè apparecchi robotizzati e telecomandati) che nel secondo caso vanno su e giù monitorando le pipeline (condutture) con sistemi di Remote

Sensing. In quest'ultimo caso si ottiene una via di mezzo tra l'approccio militare classico (visione e monitoraggio di una specifica area ristretta) e quello del Remote Sensing che consente di avere una visione d'insieme. Con un robot che va su e giù volando lungo il tubo dell'oleodotto ed una telecamera con vari sensori anche ad infrarossi /come quelli sul satellite) si acquisiscono immagini che un sistema robotizzato elabora basandosi sia su strutture che su radiometria ed interroga automaticamente. All'operatore seduto alla postazione di controllo arriva un *Warning* che l'avvisa di un cambiamento in un punto specifico della scena: infatti la sovrapposizione delle scene ottenute in tempi diversi a seguito di più passaggi ripetuti sullo stesso luogo consente di notare automaticamente il cambiamento.

Uno dei progetti più importanti è stata la costruzione del DMA (Digital Map Archive), che ha reso possibili queste ricerche e nell'ambito del quale sono stati avviati molti altri progetti.

3.5.3. Il Digital Map Archive della Commissione Europea

Il DMA è un portale geografico della Commissione Europea.



"JRC Streetmap aims at providing a generic map with emphasis on less mapped regions. Within Europe, JRC Streetmap features TeleAtlas MultiNet data. Outside of Europe, JRC Streetmap is based largely on Europa Technologies Global Discovery, but also includes Corine Landcover and JRC Global Landcover."[24].

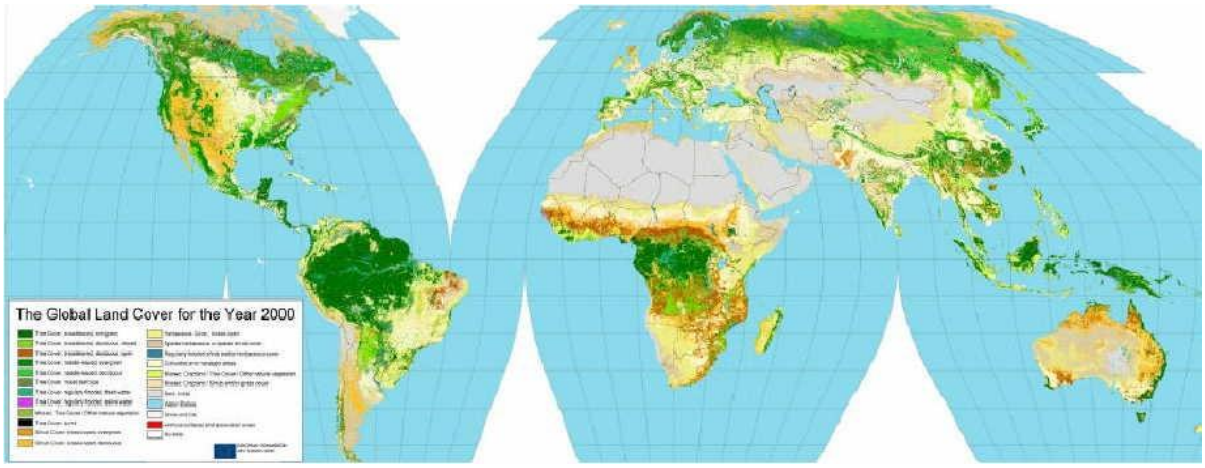
Il CORINE (*Co-ORdination of INformation on the Environment*), iniziato negli anni '90 sotto la supervisione della EEA (*European Environment Agency*), è stato a lungo il database spaziale esistente più dettagliato, alla scala 1:100.000, delle coperture del suolo in una larga parte del continente europeo.

Realizzato mediante interpretazione visuale di immagini ad alta risoluzione (LandSat TM e SPOT-XS). CORINE è stato sviluppato su impulso europeo e su base nazionale dagli esperti di ciascun paese; la sua legenda include 44 classi gerarchicamente ordinate, orientate al paesaggio ed all'ecologia.

È stato costruito in un periodo molto lungo dai singoli stati europei (oltre dieci anni) basandosi sul classico approccio radiometrico dell'analisi di immagine da satellite.

[24] Dalla homepage del sito DMA raggiungibile all'indirizzo http://dma.jrc.it.

Partendo invece da un approccio orientato agli oggetti il JRC, in associazione con FAO ed UNEP a favore della partnership GLC2000 di trenta organizzazioni di tutto il mondo, ha realizzato in pochissimo tempo nell'anno 2000 il Global Landcover: la copertura del suolo dell'intero globo (GLC2000).



Il DMA, invece, parzialmente accessibile anche ad utenti non registrati ma per la maggior parte ad accesso protetto, è utilizzato dalla Commissione Europea per lo scambio di informazioni spaziali, soprattutto relativamente ai progetti del JRC della Commissione Europea (tra cui quelli citati nell'ultimo paragrafo) e come supporto per le altre DG. Basato su tecnologia web mapping, fornisce tra l'altro anche alcuni modelli, strumenti di supporto alle decisioni, che possono aiutare gli utilizzatori a capire ed analizzare i dati, quindi non è solo uno strumento di visualizzazione ma anche uno strumento di analisi dei dati molto utile per le politiche UE.

Alcune tra le DG per cui è utile il DMA, in particolare la DG Relex (Relazioni Esterne), sono molto interessate alle situazioni di conflitto che avvengono all'esterno dell'Unione Europea. Nel 2004 l'IPSC ha lavorato con tecniche GIS e di Remote Sensing su analisi delle situazioni di conflitto in Iraq e nella striscia di Gaza. Grazie alla disponibilità di immagini satellitari e tecniche di Remote Sensing, l'IPSC è stata la prima struttura a fare la mappa del progetto di muro in West Bank, tra Israele e Palestina, quando ancora ufficialmente non esisteva. Si poteva così osservare come i bulldozer stessero scavando la trincea; e con sistemi GIS per l'analisi spaziale si poteva calcolare l'impatto sulla popolazione e capire quanti villaggi, sia palestinesi che israeliani, fossero coinvolti, quante scuole, quanti ospedali, quanti luoghi di lavoro della popolazione civile venivano separati dalle abitazioni; e quindi l'impatto che ha avuto la costruzione del muro sulla vita sociale e civile della popolazione residente in quel posto. Si considerava, ad esempio, anche la quantità di sorgenti che erano state chiuse. Da calcoli di questo

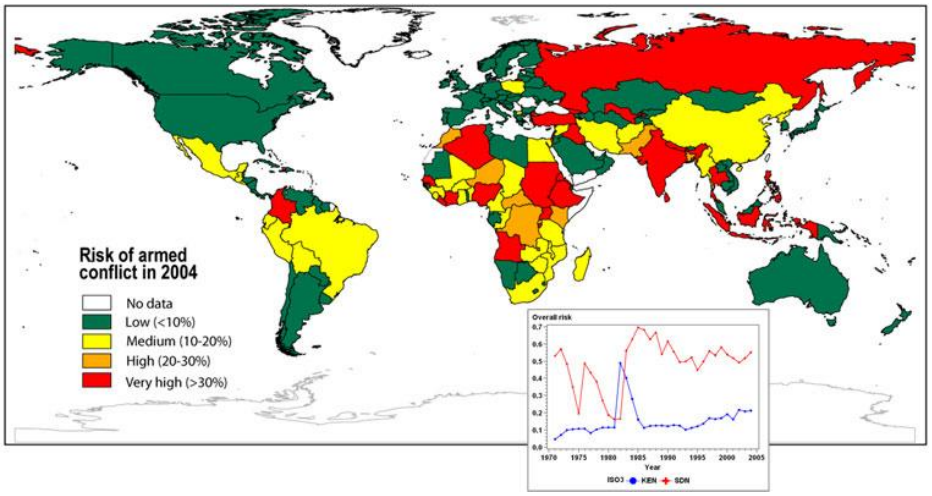
genere l'Unione Europea partiva per contrattare con gli Stati Uniti ed Israele ed ottenere così delle variazioni. Ad esempio, alcuni tratti di muro sono stati eliminati o modificati perché è stato dimostrato che l'impatto sulla popolazione era ingiustificabile: le persone non potevano più uscire perché il muro era completamente dentro le residenze, oppure la scuola era separata dal resto delle abitazioni. In questo caso le tecniche dei GIS sono state utilizzate per calcolare l'impatto sulla popolazione dielle operazioni di conflitto, con l'ausilio di modelli di previsione della reazione della popolazione e della quantità di incidenti nell'area, al di qua ed al di là del muro.

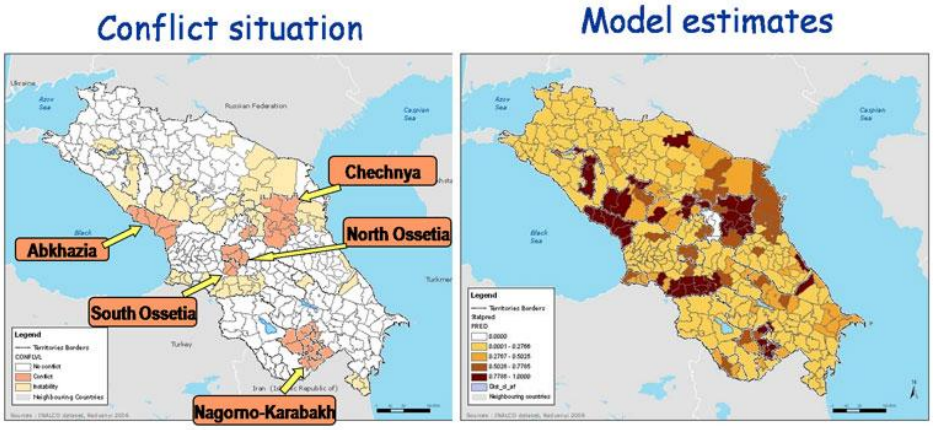


La Commissione Europea per le proprie politiche deve avere un quadro della realtà costantemente aggiornato sugli eventi. A tal fine non può basarsi sui dati dello statunitense USGS, che ovviamente fornirebbe informazioni coerenti e non contrastanti con le politiche e gli indirizzi del governo di quel Paese. L'UE ha così bisogno di dati indipendenti e di un supporto tecnico ai bisogni di conoscenza della Commissione. L'IPSC è collegato alla stanza di crisi dei decisori europei, con grandi capacità di connessione con le rappresentanze locali, dotata pure di sistemi di supporto alle decisioni simili a quello fornito alla DG Relex. Con questo strumento, quando si ha notizia di un evento si può zoomare sulla singola area – tutti i dati da satellite, sulla popolazione e GIS sono già integrati, comprese le indicazioni su, ad esempio, dove sia possibile atterrare con l'aereo etc. Così tutta la logistica viene organizzata in tempo reale e si possono organizzare i primi aiuti, capire dove mandare soccorsi, avere i necessari collegamenti con i giornali e le televisioni locali.

Grazie alle tecnologie utilizzate, non ultima l'OBIA, rispetto ai bisogni per le politiche europee il sistema fornisce una rappresentazione armonizzata del territorio, si basa cioè su dati omogenei per tutto il mondo. In situazione di crisi, quando è essenziale dare una risposta in tempi rapidi, avere una banca dati armonizzata a livello globale è un aiuto necessario. Da diversi anni il sistema fornisce mappe immediate delle aree di crisi. Ed allo stesso modo è possibile gestire e monitorare le risorse finanziarie attivate per gli interventi.

È poi importante capire dove siano le potenziali aree di conflitto o di crisi [Burnley et al., 2008]; di questo fa parte anche un sistema per l'allertamento rapido per le crisi alimentari, che collega dati meteorologici sulle precipitazioni atmosferiche per prevedere eventuali situazioni future di popolazioni da sfamare con urgenza.

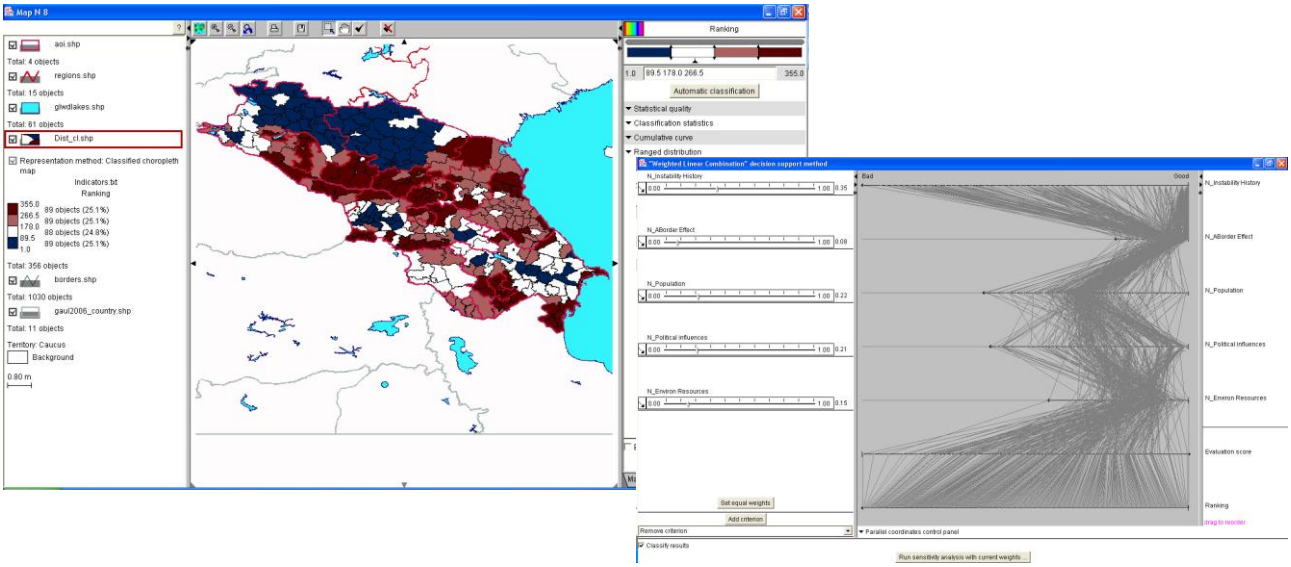




Così si è proceduto nel caso dell'analisi della situazione nella regione del Caucaso [Stephenne et al., 2009]. Sulla base della necessità che l'individuazione dei potenziali conflitti debba essere studiata a

livello sub-nazionale e non più nazionale, il modello geografico relativo alla regione del Caucaso ha utilizzato come punto di partenza, per costruire un modello GIS integrato sulla sicurezza, le forze motrici di ostilità descritte nella letteratura sui conflitti. Le variabili statistiche del modello sono attributi descrittivi associati quindi a unità amministrative territoriali denominate "distretti". Per la regione del Caucaso esperti del settore hanno aggiunto altre variabili identificati come driver di instabilità ma alcune di esse non sono di tipo quantitativo. Questo è stato un primo tentativo di misurare variabili come "cambiamenti storici in luoghi di frontiera" o "percezione dei fattori di mobilitazione potenziale".

Per oltre settant'anni anni il Caucaso è stato parte dell'Unione Sovietica. Dopo la disgregazione dell'Unione Sovietica, i tre paesi indipendenti di Armenia, Azerbaijan e Georgia, identificati con il termine russo corrispondente a "Trans-Caucaso", sono diventati regioni ai confini dell'UE. La parte settentrionale del Caucaso è rimasta appartenente alla Federazione russa, ma ha ancora forti legami etnici con i paesi del Caucaso meridionale.



Anche se i confini del Caucaso sono ben definiti dal Mar Nero ad occidente e del Mar Caspio ad Oriente, i confini settentrionale e meridionale non lo sono.

Nel corso degli ultimi quindici anni in questa regione montagnosa si sono verificati violenti conflitti. Le ostilità tra Georgia e Russia dell'agosto 2008 sembrano riconfermare l'instabilità permanente della regione.

Dal conflitto per il Nagorno-Karabakh tra Armenia e Azerbaijan prima della dissoluzione della ex Unione Sovietica (FSU), la regione ha sperimentato instabilità diffusa durante la transizione verso un

nuovo ordine geopolitico, con Stati ed enclave autonome ferocemente all'erta per salvaguardare la propria autonomia e sovranità. La regione ha visto cinque guerre: (1) per il Nagorno-Karabakh tra Armenia e Azerbaigian dal 1989 al 1994, (2) tra Ossezia del Sud e Georgia dal 1991 al 1992, (3) tra Abkhazia e Georgia dal 1992 al 1993, (4) tra Ossezia del Nord e Inguscezia, nel 1992, (5) tra la Cecenia e la Russia nei periodi 1994-1996 e 1999-2003. Tali guerre sono state rovinose non solo per la perdita di vite umane e di proprietà, ma anche perché hanno avuto luogo in una regione in collasso economico. Insieme, questi conflitti hanno causato la morte di più di 80.000 persone, soprattutto civili, e un esodo forzato di oltre un milione di migranti e rifugiati.

La risposta a tutte queste esigenze di informazione e previsione dei conflitti da parte dell'Europa è stata la realizzazione di un sistema di informazione geografica strutturato e funzionante a livello globale.

Naturalmente la scelta del sistema è caduta sul web mapping per la possibilità di accedere all'informazione da apparecchiature non specializzate: è infatti sufficiente l'accesso al web, per la possibilità di avere mappe interattive o dinamiche, per la possibilità di aggiornare l'informazione geografica a basso costo, per la configurabilità da parte dell'utente che decide quale informazione avere, per l'accessibilità facile anche ad utenti non esperti di GIS, come possono essere decisori e politici, per l'integrabilità con dati non strettamente geografici ma anche, ad esempio, articoli di giornale o filmati per capire la situazione sul campo.

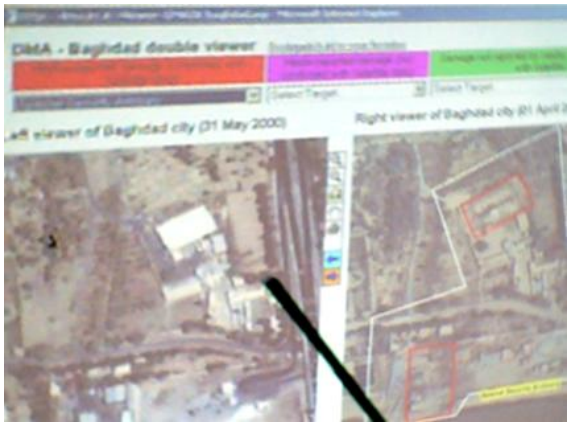
Partito nel 2001, il progetto del DMA nel 2002 era in fase di prototipo per ECHO e Relex; nel 2003 era pienamente operativo ed aperto a tutti e nel 2004 si è iniziato a limitare l'accesso alle parti sensibili dal punto di vista politico anche a causa della crisi mediorientale: il sistema veniva utilizzato dai decisori e la completa visibilità dall'esterno rischiava di causare instabilità.

Nel sistema i dati geografici di base sono a un chilometro di risoluzione per vari tipi di banche dati (densità di popolazione, copertura del suolo etc) poi la copertura globale LandSat a 30 m. Per i dati locali dipende molto dal tipo di progetto: nel momento in cui la Commissione Europea ha interesse per un luogo specifico oppure si individua un'area di crisi, come in Iraq, su questo luogo vengono acquisite delle immagini ad altissima risoluzione e si costruiscono delle banche dati più specializzate e specifiche. Le fonti dei dati sono sia open, come per i dati utilizzati per i terremoti, dati scientifici relativi alle attività telluriche, disponibili on line e facenti parte del patrimonio della comunità scientifica internazionale, utili per fare modelli di rischio incrociandoli con la popolazione; o come per i dati sulla presenza dei cicloni, di cui si può prevedere con una certa affidabilità il percorso e l'impatto sulla

popolazione. Partner istituzionali sono l'ONU, la Banca Mondiale ed altri; tra i partner commerciali la Space Imaging.

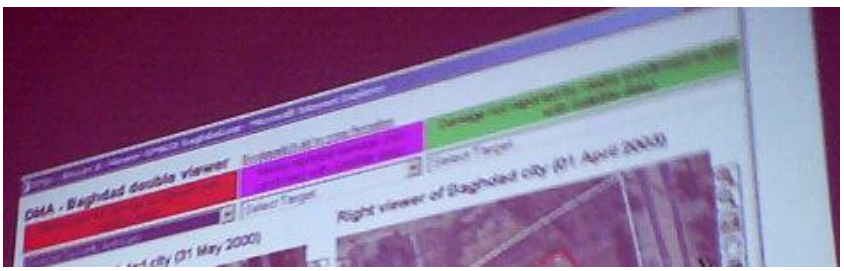
Le immagini da satellite vengono utilizzate soprattutto per tre finalità: valutazione dei danni, produzione di mappe, valutazione dei bisogni in aree di crisi o di guerra. Nel Damage Assessment vengono utilizzati soprattutto dati ad altissima risoluzione come Ikonos, Eros o Quickbird per valutare i danni di azioni di conflitto: si è lavorato molto in Bosnia, in Iraq, in Kazakistan, sulla striscia di Gaza. In aree di crisi o conflitto vengono quindi valutati i danni.

Un esempio: dopo l'invasione dell'Iraq il 19 marzo 2003 furono acquisiti dati satellitari per monitorare la situazione: di seguito immagini di Baghdad, copertura Ikonos ad un metro in due diverse date (31 maggio 2000 e 1° aprile 2003), raffigurante l'ufficio della sicurezza di Saddam Hussein prima e dopo la distruzione.



L'evento fu notato dall'IPSC prima che gli statunitensi informassero le diplomazie e consentì alla Commissione di avere tutti gli elementi per prendere posizione in merito non appena fu comunicato dall'esercito USA. La scarsa qualità delle tre immagini qui riportate è dovuta all'acquisizione con mezzi di fortuna durante una conversazione sull'argomento.

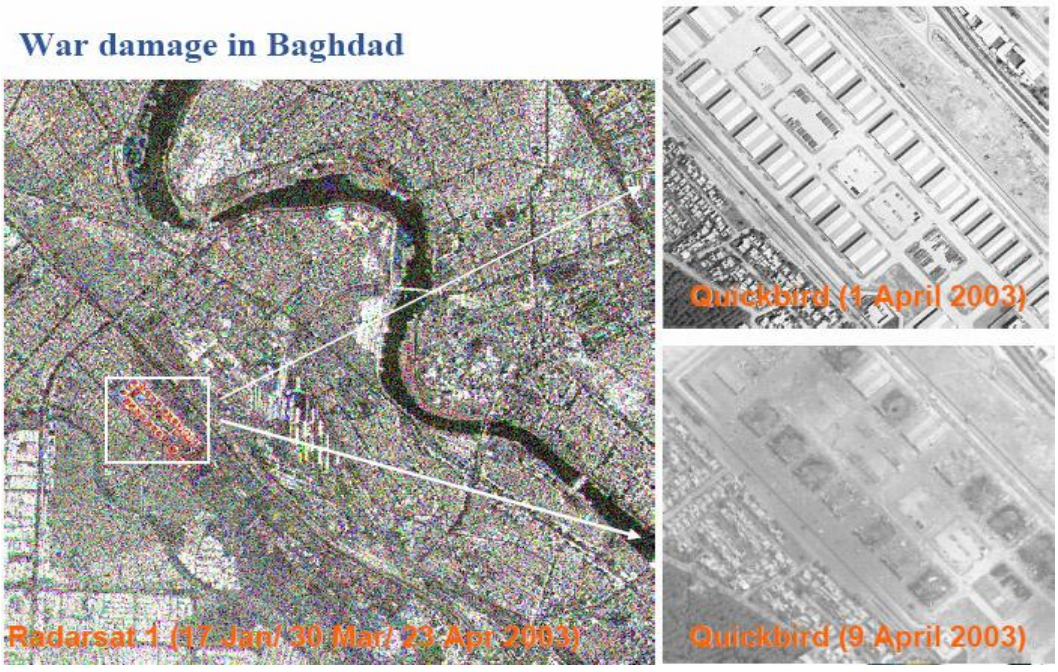




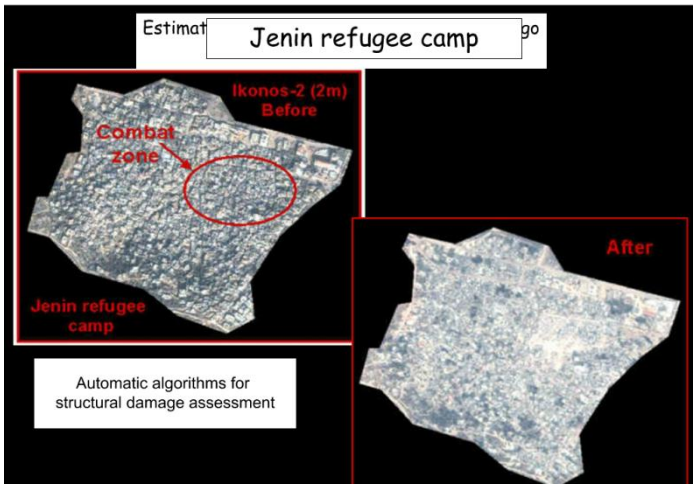
Il sistema di colori visibile al bordo superiore dell'immagine era un semplice modo per comunicare istantaneamente ai decisori la discordanza, la concordanza parziale o la piena concordanza dell'informazione ottenuta di prima mano con le elaborazioni delle immagini satellitari, rispetto a quanto comunicato dalle fonti ufficiali degli altri Paesi. In tutti e tre i campi si trova la stessa immagine ma le fonti con cui si confronta sono quindi diverse.

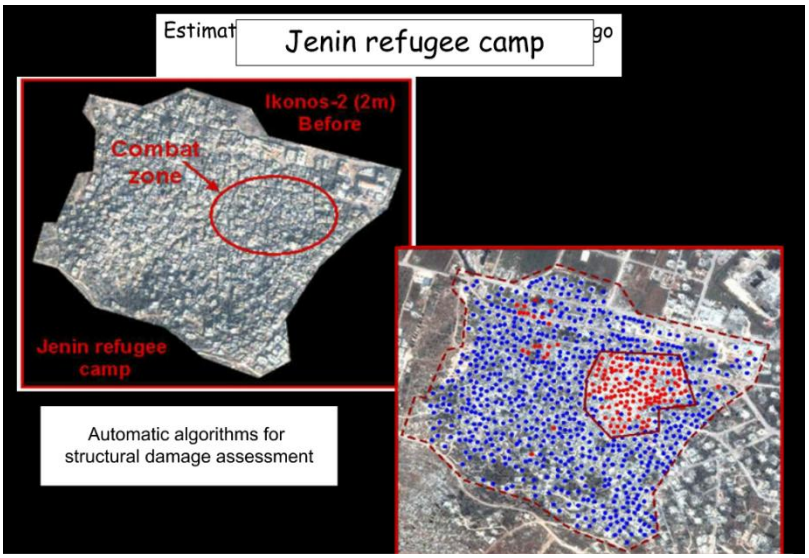
È bene ricordare infatti che molteplici sono le fonti che indicano gli eventi - gli alert si basano anche su quanto riportato dai media: esiste un sistema automatico di raccolta e catalogazione delle notizie diffuse sui media ma occorre sempre tener conto della possibilità, molto frequente in caso di conflitti, che tali notizie siano in realtà riconducibili a tecniche di disinformazione. Il sistema del DMA, quindi, sia verifica le notizie diffuse o riportate dai media, se abbiano riscontro nelle immagini ottenute dai dati satellitari, sia è in grado di verificare situazioni di *change detection* in aree sensibili di cui però non si trovino ancora notizie sui media o da fonti diplomatiche.

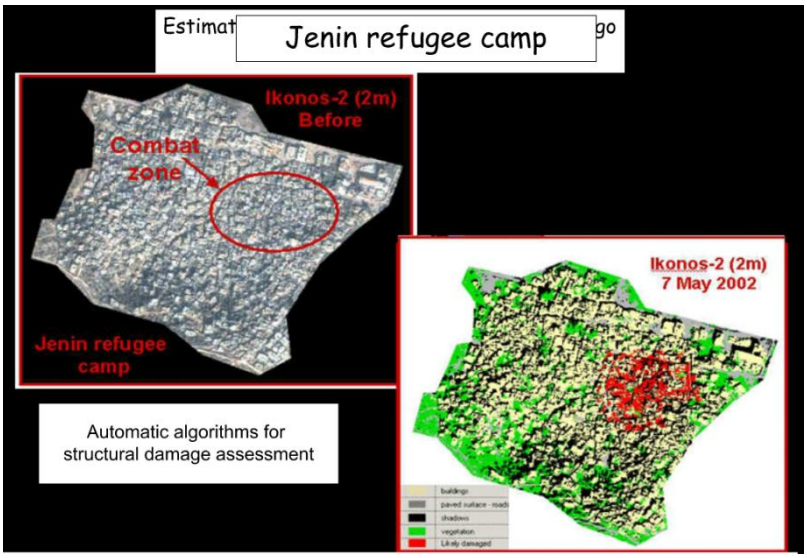
Il sistema perciò tiene conto della non neutralità dell'informazione mentre l'immagine da satellite è vista come background comune che può servire come riferimento oggettivo. Questa è quindi un'importante applicazione del Remote Sensing, molto differente rispetto a quelle di monitoraggio ambientale cui siamo normalmente abituati.

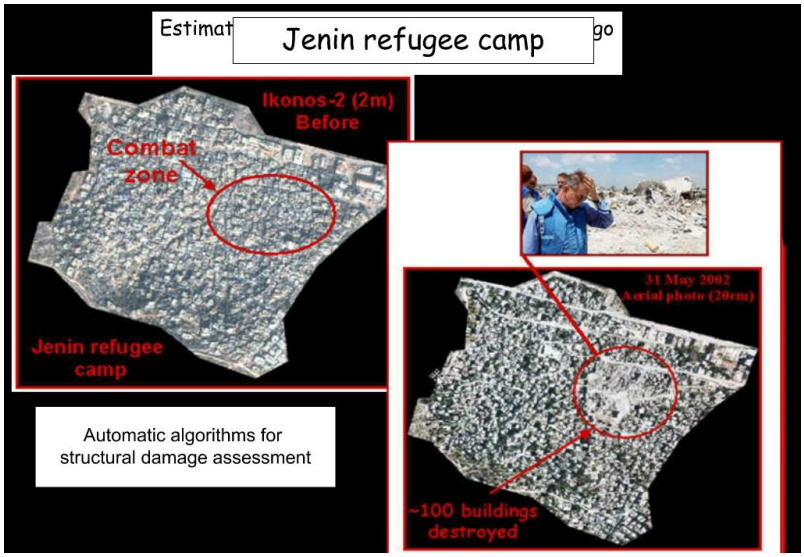


Analoga indagine su Jenin (in Cisgiordania), dove un campo profughi palestinese fu teatro per undici giorni – dal 2 al 13 aprile 2002 – di un intervento militare israeliano senza precedenti, che distrusse abitazioni e lasciò sul campo diverse centinaia di morti palestinesi senza che fosse autorizzata alcuna commissione d'inchiesta nazionale o internazionale.





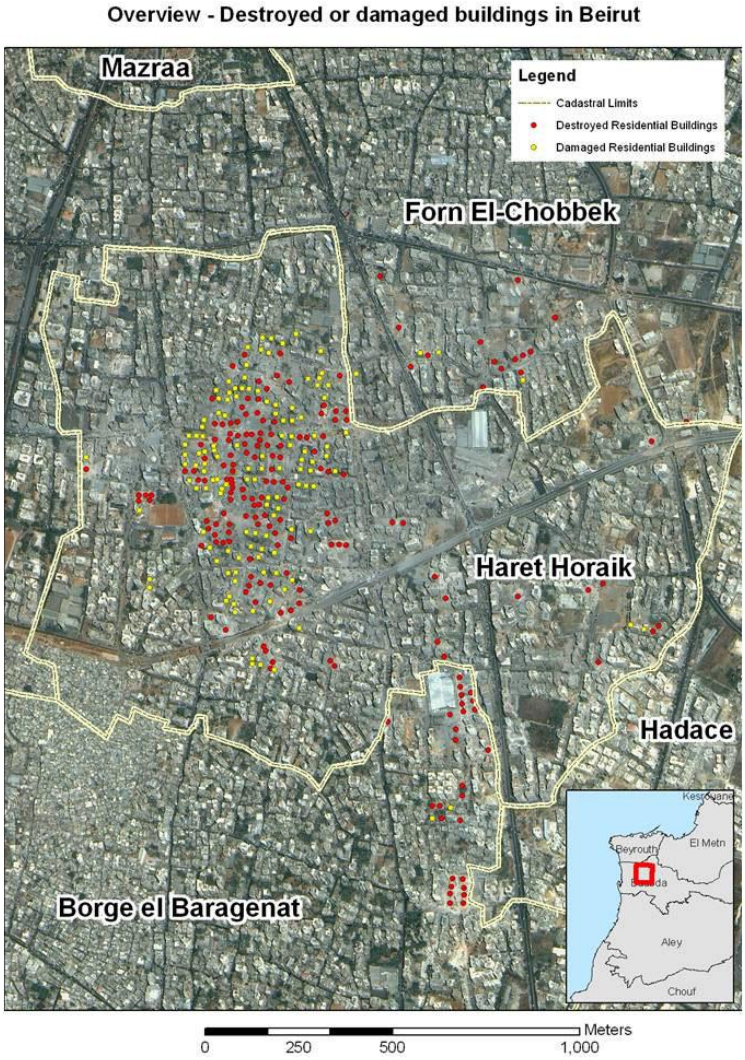






Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

In tutti questi casi i dati satellitari unitamente ad algoritmi appositamente elaborati hanno consentito la stima dei danni da guerra e della popolazione coinvolta dai singoli eventi bellici, come nel caso dei danni da guerra in Libano.



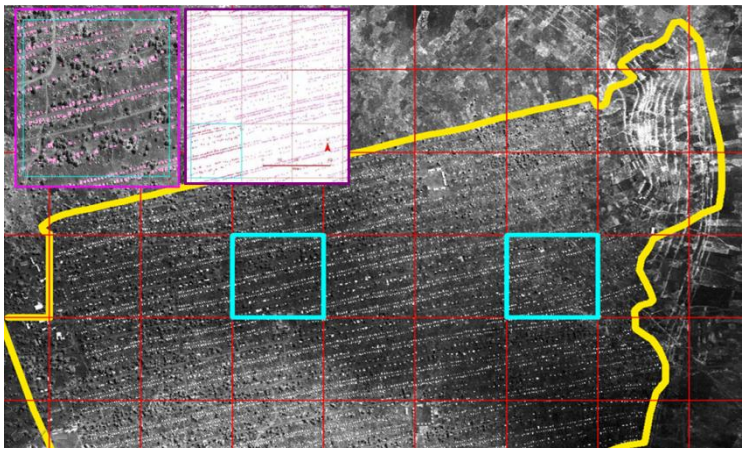
La guerra del Libano del 2006 (la seconda guerra del Libano dopo quella del 1978) è durata trentaquattro giorni ed ha avuto luogo sia in Libano che nel nord di Israele in seguito a un'operazione militare su vasta scala attuata dall'esercito israeliano in risposta ad attacchi iniziati il 12 luglio 2006 da parte di militanti libanesi Hezbollah (che avevano esploso razzi Katyusha e colpi di mortaio verso alcuni villaggi israeliani di confine). Le ostilità sono continuate fino al cessate il fuoco per intermediazione delle Nazioni Unite nell'agosto-settembre 2006.

Durante il conflitto sono morte migliaia di persone, la maggior parte delle quali libanesi, e le infrastrutture del Libano sono state gravemente danneggiate; inoltre, in seguito al cessate il fuoco alcune

zone del Libano del sud rimangono inabitabili a causa delle bombe inesplose.. Si stima che i profughi libanesi siano stati tra 800.000 e 1.000.000.

L'IPSC si è occupato della valutazione dei danni conseguenti al conflitto, sempre mediante l'uso di dati satellitari,; qui un'immagine relativa a Beirut.

Ancora un esempio dell'applicazione degli algoritmi dell'I.P.S.C. su dati satellitari così da effettuare un'analisi di tipo strutturale è quello nella figura seguente, relativo a campi di rifugiati in Ruanda, in cui l'algoritmo applicato ha consentito di contare le tende e quindi ipotizzare, su richiesta dei decisori pubblici, una stima della popolazione coinvolta negli spostamenti dovuti alle situazioni di crisi, spesso in fuga da una nazione all'altra, al fine di rendere possibile l'organizzazione dell'intervento di soccorso umanitario e quantificare gli aiuti (e quindi quantificare il relativo impegno finanziario).



Nell'immagine è visibile un grosso campo profughi con centinaia di migliaia di persone nell'ambito del quale occorre quindi utilizzare sistemi di *pattern recognition* che permettono di analizzare l'immagine e contare automaticamente le tende, così da accorgersi se le tende stanno aumentando e, se così, in che misura. Oppure analizzare strisce dove si sa che potenzialmente potrebbero trovarsi insediamenti di rifugiati e quindi inviare un *warning* avvertendo che lì sta comparendo un nuovo insediamento.

In tema di *early warning* nella previsione del rischio, cioè di inviare e ricevere *alert* prima che accadono eventi connessi a rischi per la popolazione, il sistema del DMA consente di inviare in *real time*, ovvero nel momento stesso in cui l'evento accade e di stimare la popolazione coinvolta.

Il sistema si basa sia su dati presenti in archivio che su dati prodotti in *real time*, nel momento stesso in cui si verifica l'evento (terremoto, uragano o quant'altro); esso va a ricercare tramite moduli software

le notizie relative analizzando siti specializzati distribuiti in giro per il mondo, estraendo successivamente le informazioni che interessano e convogliandole al sistema dell'IPSC. Moduli e algoritmi funzionano come agenti automatici e sono stati scritti dall'IPSC per andare a ricercare notizie rilevanti per chi fornisce aiuti umanitari, come eventi di terremoti, inondazioni etc. La strategia è duplice: da una parte c'è una serie di siti affidabili già individuata o con cui esistono accordi; questi sono siti da cui vengono prese le informazioni ed elaborate direttamente. C'è poi un'altra attività, più a largo raggio, che viene utilizzata ad esempio per dare gli indici di crisi di una determinata area. Cioè, per sapere che in un'area si sta preparando una crisi esistono sistemi automatici che fanno il monitoraggio continuo di tutti i newspaper disponibili on line e delle agenzie di informazioni e, attraverso un'elaborazione semantica dell'informazione, per cui elaborando un testo ne viene estratto il significato, questo viene incrociato con una tabella di pertinenza attribuendovi quindi dei punteggi). Il punteggio ottenuto sarà alto rispetto ad un determinato problema se su di esso compaiono molti articoli di giornale, molte news etc; un insieme tale da far desumere che vi sia effettivamente una crisi in corso rispetto a quel problema in quel luogo. Un gruppo specializzato ad hoc ha sviluppato nell'ambito dell'IPSC questo tipo di analisi basate su reti semantiche. Il concetto è che tutto è disponibile in formato digitale, anche come contenuto di banche dati (ad esempio, il numero di conflitti disponibili presso alcune fonti come l'ONU) e poi tutto questo viene messo nel sistema sia con modelli sviluppati all'interno che con modelli sviluppati da altri (che eventualmente vengono migliorati). Quelli, ad esempio, sui conflitti relativi al muro o quelli di impatto di eventi catastrofici sulla popolazione sono modelli 4laborati dall'IPSC, basati sui modelli di valutazione densità-popolazione sviluppati all'interno dello stesso IPSC. Inoltre c'è un sistema in real time, di allerta rapida in tempo reale che compare sul sito DMA (e, se si è abbonati, sul proprio telefonino o nella propria mailbox), con la possibilità di settare anche i livelli di allerta (ad esempio, sul dispositivo mobile solo se allerta rossa etc,). Ciò si è rivelato molto utile per le persone coinvolte nel processo decisionale: se l'allerta è ad alto livello (rosso) è necessario che si attivino immediatamente mettendosi in contatto ed organizzando le azioni necessarie nei tempi più rapidi possibile, senza dover attendere di essere chiamati. Nel sito c'è la lista dei warning che arriva in cui è già stimata l'entità della popolazione colpita. Le mappe cliccabili sfruttano i dati satellitari disponibili come la copertura globale Landsat; , entrando nel DMA è poi possibile zoomare ed aumentare il dettaglio visualizzando immagini sempre più dettagliate, vedere che tipo di morfologia del territorio si ha. Si trova la parte del mondo colpita dall'evento, la popolazione coinvolta,

Il modello fornisce, oltre alla parte del mondo colpita, anche la stima del danno, la stima della popolazione coinvolta nell'evento, le strutture presenti sul territorio ed il tipo di rischio che corrono, etc. Si tratta di modelli che acquistano sempre maggiore accuratezza, in cui è anche compresa la stima degli effetti secondari rispetto all'evento sismico principale: frane, eventuale inagibilità di aeroporti, compromissione di centrali nucleari ed altro ancora. Vi è anche la descrizione del percorso di arrivo: ai fini dell'organizzazione degli aiuti anche solo per inviare un aereo con delle coperte è importante sapere dove indirizzarlo, avere contatti, numeri di telefono e altre informazioni utili.

Ma il DMA non si limita al rischio sismico: estende i warning anche ai vulcani, alle alluvioni, agli uragani. Inoltre, come visto n precedenza, si occupa anche del rischio man-made, come quello derivante dai conflitti e dalle guerre.

Quindi dall'inizio ciò che l'IPSC faceva era collezionare e raccogliere le informazioni dai siti di tutto il mondo per elaborarle nel proprio sistema centralizzato. Negli anni successivi al 2003 si è presentata l'esigenza di non centralizzare più il sistema di elaborazione ma di avere diversi sistemi distribuiti di elaborazione. Salvaguardando comunque la crisis room, dove si colloca un sistema di elaborazione indipendente dal sistema localizzato ad Ispra dove peraltro si trovano i dati, e questo sia per ragioni di sicurezza che per ragioni di efficienza. Il tutto con sistemi hardware che lavorano in parallelo per aumentare le performance complessive del sistema e sviluppandolo ulteriormente sotto l'aspetto del webmapping. Sono stati migliorati i sistemi di supporto alle decisioni, migliorando l'accuratezza della stima della popolazione coinvolta. È stato migliorato l'accesso al portale ed aumentato il numero di disastri cui il sistema era sensibile. Anche sotto l'aspetto della valutazione del danno, che normalmente, a parte la stima della popolazione coinvolta, è difficile da fare in modo automatico. Occorre infatti considerare che, pur tenendo conto anche della natura del terreno e di ciò che, in quanto dato fisico, è facilmente modellabile, lo stesso terremoto in aree diverse del mondo provoca danni completamente diversi, e ciò è dovuto oltre che alla struttura degli edifici che naturalmente può esser diversa, anche alla ricchezza della popolazione, all'eventuale esistenza di una legislazione antisismica, alla eventuale corruzione del sistema di decisione nel dare i permessi di costruzione delle case.

Il Digital Map Archive ed il suo sistema di allertamento rapido è stato ritenuto così utile dall'ONU che quest'ultimo ha voluto che facesse parte del GDACS (Global Disaster Alert and Coordination System), struttura insieme dellONU e della Commissione Europea, ed ora i warning per gli eventi sismici, tsunami ed alluvioni arrivano infatti sotto questa sigla.

In conclusione, il DMA è un grosso portale il quale collega l'informazione geografica con informazioni molto diverse, come quelle dei giornali o relative a conflitti o statistiche sull'immigrazione. L'obiettivo è quello di avere dati geografici armonizzati a livello globale e i dati geografici vengono usati come interfaccia fondamentale per collegare dati di diverso tipo; e questo è un modo efficiente per aver accesso all'informazione. Vi è inoltre il background dei dati che vengono utilizzati per fare calcolo del rischio e per l'allerta rapida, ed i modelli per la precisione degli eventi di conflitto.

Riassumendo, il DMA è parzialmente accessibile dall'esterno e comprende un sistema armonizzato a livello globale, un sistema di aiuto alle decisioni, un sistema di allerta rapida.

E, soprattutto, è un sistema di valutazione indipendente, molto importante se si considera l'entità delle somme mosse con gli aiuti finanziari. Viene utilizzato principalmente per i problemi umanitari, anche perché in caso di disastri spesso sono realizzati campi che nascono e muoiono molto velocemente: serve infatti una tecnologia particolare per poter seguire queste evoluzioni. L'operazione standard è quella di contare le tende o gli edifici temporanei e poi cercare di stimare la quantità di popolazione presente in ciascuna di queste strutture. Si ottengono: mappatura dei rifugiati e loro quantificazione, stima della popolazione regionale, valutazione delle vulnerabilità della popolazione e dei mezzi di sussistenza, la caratterizzazione degli insediamenti umani. Quest'ultima in rappresentazioni che comprendono anche il 3D con la discriminazione tra edifici, strade, spazi aperti, la realizzazione di modelli di insediamento e l'individuazione degli insediamenti informali, la gestione e la pianificazione territoriale



Le volumetrie, realizzate a partire da stereocoppie da satellite ad 1 m o 0,5 m di risoluzione, consentono di stimare automaticamente il volume degli edifici e poi da questo stimare la popolazione in proporzione all'edificato ai fini delle mappe di rischio a livello regionale.

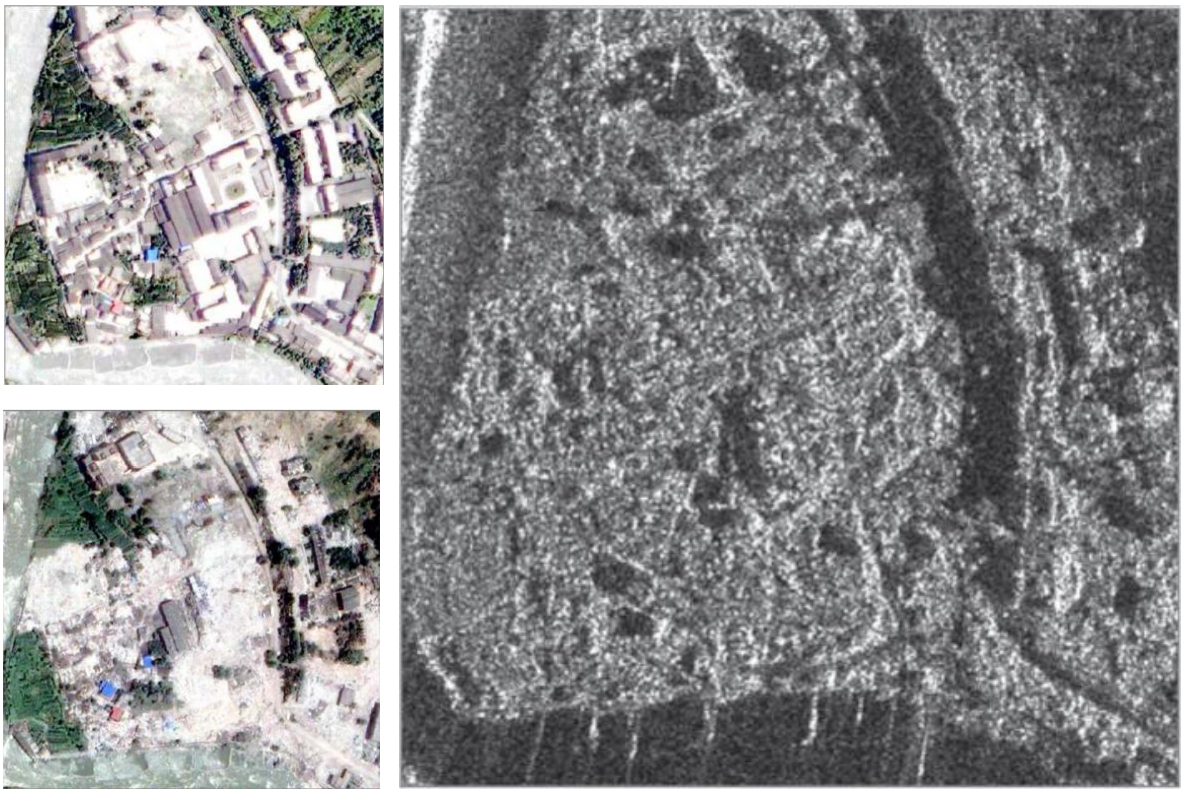
Analogamente a quanto indicato prima per i rifugiati si fa per gli insediamenti informali. L'azione ISFEREA dell'IPSC, nell'ambito della quale è nato il Digital Map Archive, ha lavorato con l'UN Habitat, l'agenzia delle Nazioni Unite che si occupa dello sviluppo urbano, in un progetto a livello globale per la stima della quantità di popolazione che vive negli slum.

Altro tipico esempio in cui vengono usate analisi dell'ambiente urbano è quello illustrato di seguito, in situazioni di danno dovuto a conflitto: Beirut prima e dopo il bombardamento israeliano dell'estate 2006.



Come nel caso degli studi già citati sui danni da guerra a Beirut, nell'ambito delle stime che hanno rilevanza a livello politico globale, qui occorreva valutare il volume degli edifici danneggiati per tipo di danno. Si tratta di un'attività che dal punto di vista tecnico coinvolge tecnologie di riconoscimento automatico del volume dell'edificio e di alcune caratteristiche particolari dell'immagine come ad esempio la tessitura generata dalle rovine dell'edificio quando collassa; dall'incrocio di queste informazioni vengono realizzate mappe di danno. Dal punto di vista politico l'impatto di queste valutazioni di danno è molto alto perché su queste si fanno dibattiti e negoziati politici: vengono discussi a livello politico gli aiuti, la proporzionalità o la non proporzionalità dell'intervento armato ed altri elementi che hanno rilevanza a livello politico globale. Sbagliare una stima vuol dire che certamente questa e la struttura che la realizza sarebbe sotto il fuoco incrociato dei contendenti, oltre che di altre parti coinvolte nel processo di negoziazione.

Dopo il cessate il fuoco c'è la Conferenza di Pace. In questo caso c'è stata soltanto due settimane dopo, perciò tutto il lavoro si è dovuto svolgere entro due settimane. È chiaro che occorre una struttura ben organizzata in grado di provvedervi in maniera ben attendibile e difficilmente contestabile, perché naturalmente le due parti in conflitto non concordano mai sulla valutazione dei danni.



Le immagini che precedono invece riguardano il terremoto che colpì in Cina la provincia di Sichuan il 12.05.2008. L'area visibile è posta nella città di Yingxiu. Il sistema enumerava automaticamente le case danneggiate. In questo caso sono state usate immagini ad alta risoluzione sia ottiche che radar. In particolare si possono vedere in alto a sinistra un'immagine pre-evento, acquisita in data 26.06.2005 dal satellite QuickBird, sotto a sinistra una post-evento, del 03.06.2008 sempre QuickBird e a destra un'immagine SAR COSMO-SkyMed dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) datata 14.06.2008.

Il tipo di disastri per cui questa struttura di Isferea è attivabile comprende sia i disastri naturali che quelli politici, e come area di impatto, oltre ai conflitti, inondazioni, terremoti, incendi, eruzioni vulcaniche, danni da tempesta; mentre per quanto riguarda la stima dei danni su beni specifici si analizzano edifici, strade, altre infrastrutture, zone di produzione (servizi, industria, agricoltura), ambiente naturale.

Nel seguente caso si è in un'area di slum, in Kenya, dopo un periodo di elezioni. Nel 2008 si erano presentati due candidati, appoggiati uno da una comunità etnica l'altro dall'altra, con accuse reciproche di brogli. Ne sono sorte manifestazioni violente ed una delle due etnie aveva distrutto l'area dove risiedeva l'altra etnia.

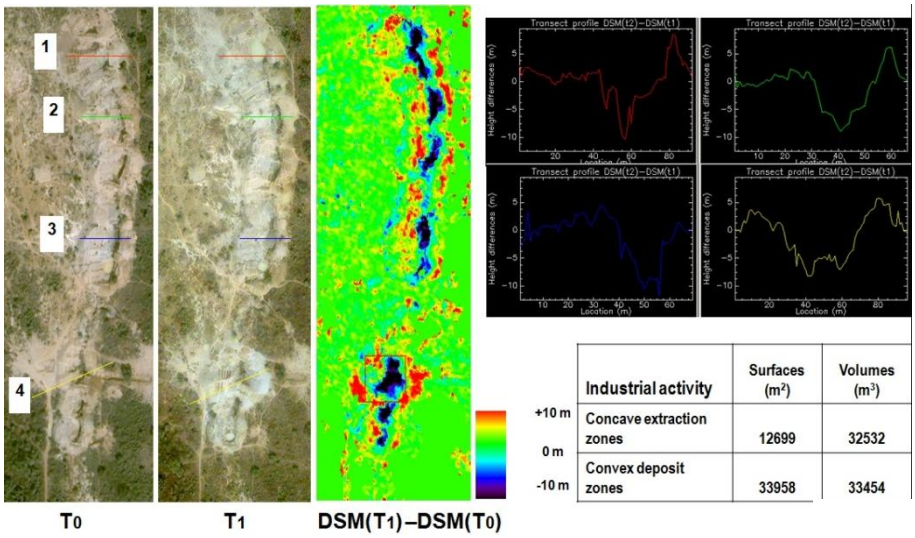



Anche qui il problema del decisore pubblico era capire la portata dell'evento in maniera abbastanza oggettiva, dal momento che sui media si trovava di tutto. Ed anche qui l'aiuto di queste tecnologie è stato essenziale: l'informazione veniva estratta dall'immagine e restituita con criteri abbastanza oggettivi, in modo da poter dire qual è il numero di edifici coinvolti in questa "pulizia etnica" o la quantità di persone che possono essere coinvolte in questo tipo di operazione.

L'azione Isferea dell'IPSC contribuisce anche al processo di certificazione dei diamanti Kimberley Process[25], con cui ci si assicura che i diamanti provengano da zone *conflict-free*, al fine di ridurne l'uso per la prosecuzione dei conflitti (in caso contrario la consecuzione di eventi è la seguente: si estraggono i diamanti, si vendono acquistando armi e così i diamanti vengono usati per il prolungamento dei conflitti). Il processo di certificazione è mondiale e l'Unione Europea ne ha tenuto il coordinamento nel 2007 (nel 2012 gli USA), e c'è un comitato internazionale che certifica i diamanti che non provengano da zone di guerra. Anche in questo caso esiste un problema di accesso all'informazione poiché spesso sono zone di guerra e c'è un problema di falsificazione delle informazioni. Anche in questo caso la struttura lavora nella stima con stereocoppie da satellite analizzando la profondità delle escavazioni in tempi successivi e valutando il volume di materiale scavato, facendo rapporto ogni sei mesi. Nell'immagine che segue al centro si vede in verde il DSM differenziale tra i due dati immagine che precedono a sinistra, in blu sono riportate le zone di escavazione del materiale ed in rosso le zone di

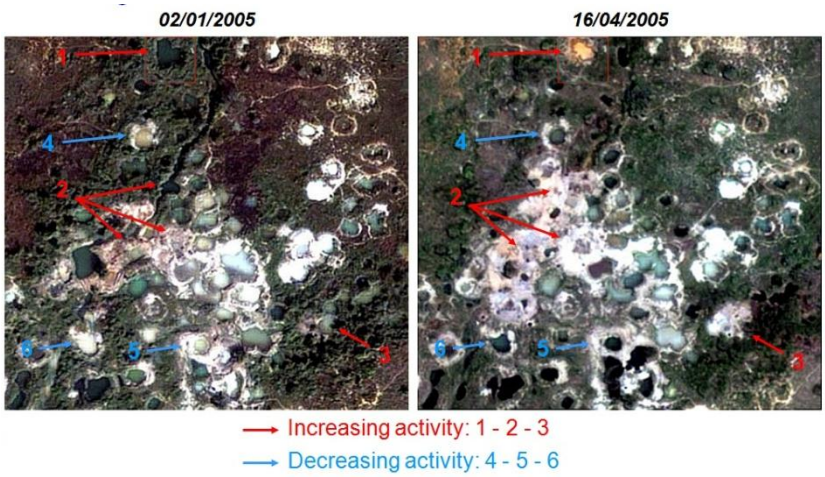
[25] Per esteso Kimberley Process Certification Scheme (KPCS), è il processo istituito nel 2003 per evitare che "diamanti insanguinati" entrassero nel flusso del mercato principale dei diamanti grezzi. Il KPCS è stato introdotto da una Risoluzione dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite 55/56 seguendo le raccomandazioni contenute nella relazione Fowler. Il Processo è stato istituito "per garantire che gli acquisti di diamanti non finanziassero la violenza dai movimenti ribelli o dei loro alleati che cercano di indebolire i governi legittimi" riconosciuti dall'ONU (dal sito ufficiale del KP: http://www.kimberleyprocess.com/web/kimberley-process/kp-basics ultima visita il 15 dicembre 2012.

accumulazione, ai lati delle precedenti. Dal volume scavato alcuni esperti esterni valutano la quantità di carati ricavati ed altri, sempre esterni, controllano come questa quantità di carati può essere gestita nel commercio mondiale di diamanti, se cioè ad esempio ci siano stati problemi di contrabbando da un'area all'altra oppure no. Il gruppo dell'azione Isferea si occupa però soltanto di estrarre l'informazione relativa alla quantità di metri cubi scavati dai dati satellitari.



	Industrial activity	Surfaces (m^2)	Volumes (m^3)
+10 m	Concave extraction zones	12699	32532
0 m			
-10 m	Convex deposit zones	33958	33454

Anche in questo caso l'impatto delle analisi sul processo decisionale è molto alto perché sulla base di queste si può stabilire, ad esempio, di chiudere il commercio dei diamanti in uno specifico Stato coinvolto o di applicargli delle pesanti sanzioni. Perciò queste analisi dal punto di vista politico sono molto delicate e c'è quindi il problema di dover dare informazioni molto ben basate da un punto di vista tecnico ma in contesti non tradizionali.



3.5.4. Il ruolo dell'European Space Agency

Il forte incremento della diffusione del Remote Sensing è dovuto principalmente al lavoro realizzato dalla comunità scientifica che ha colto le opportunità offerte in ambito internazionale dai progetti per l'Osservazione della Terra promossi dall'ESA e dalla realizzazione di sensori satellitari in grado di fornire risoluzioni geometriche di estremo dettaglio.

Ciò ha anche determinato una maggiore sensibilità delle amministrazioni locali nel riconoscere il Telerilevamento come uno strumento affidabile per fornire dati cartografici e tematici per il monitoraggio ambientale.

Il Remote Sensing ha assunto una nuova prospettiva di mercato, che ha determinato la crescente collaborazione tra comunità scientifica e amministrazioni pubbliche ed una maggiore richiesta di formazione qualificata nel settore della Geomatica, di cui il Telerilevamento è parte integrante.

Importanza fondamentale per le politiche europee ha quindi la disponibilità di dati satellitari.

Sin dagli inizi dell'era spaziale l'Europa si è impegnata attivamente nella ricerca per lo spazio. Finora ha lanciato satelliti per l'Osservazione della Terra, per la navigazione, le telecomunicazioni e l'astronomia, ha invia sonde ai confini del Sistema Solare e collabora alla esplorazione umana dello spazio.

Lo spazio è quindi una risorsa fondamentale per l'Europa, fornendo informazioni essenziali necessarie per i decisori al fine di poter rispondere alle sfide globali. Lo spazio fornisce tecnologie e servizi indispensabili, aumentando la comprensione del nostro pianeta, della sua evoluzione e dell'universo.

L'ESA si impegna a finanziare, con le risorse di venti Stati membri[26], programmi e attività che un singolo paese europeo non sarebbe in grado di affrontare da solo, sviluppando strutture di lancio, veicoli spaziali e di terra tali che ormai l'Europa si trova in prima linea nelle attività spaziali mondiali.

[26] Le attività dell'ESA sono finanziate da fondi erogati da tutti gli Stati membri e calcolati in funzione del PIL di ogni Paese.

Con l'ESA l'Europa è divenuta competitiva nel settore della tecnologia spaziale, pur cooperando con vari partner quando unione delle risorse e ripartizione del lavoro consentono migliori risultati nell'attuazione dei programmi[27]; l'ESA inoltre collabora attivamente con le organizzazioni spaziali extra-europee per le attività di ricerca spaziale.

Il programma spaziale europeo riguarda scienza, Osservazione della Terra, telecomunicazioni, tecnologie del segmento spaziale (comprese stazioni e piattaforme orbitanti, infrastrutture a terra e sistemi di trasporto spaziale), e, tra l'altro, anche ricerche sulla microgravità. Pur essendo ente di ricerca e sviluppo ha anche un compito a livello industriale che consiste in una politica che permetta ai suoi programmi di raggiungere un giusto rapporto costo/efficienza, promuovendo la concorrenza. Ogni stato membro ha un equo ritorno finanziario e tecnologico, in base ai suoi investimenti.

Per realizzare i propri programmi, L'ESA spende i suoi fondi in contratti assegnati alle industrie dei vari paesi membri. Tale regola permette a ciascun paese di poter ricevere come contropartita per gli investimenti effettuati un ritorno finanziario oltre che tecnologico. Ogni euro che un paese membro versa nei fondi dell'Agenzia dovrebbe rientrare interamente nello stesso paese sotto forma di contratto industriale.

Le attività di ricerca e di sviluppo dell'ESA portano quindi vantaggi economici diretti ed indiretti per le aziende europee, che spesso migliorano la propria produzione sfruttando l'esperienza acquisita grazie ai programmi dell'ESA.

3.5.5. Cambiamenti economici globali nell'industria spaziale

La consapevolezza della centralità e dell'importanza strategica dello spazio, unitamente alla grande disponibilità di risorse degli ultimi quattro decenni, ha reso possibili enormi progressi ed ha praticamente dato inizio ad una vera e propria era spaziale.

[27] Come già visto in precedenza, l'ESA attua una serie di programmi opzionali ed ogni Paese decide le proprie modalità di partecipazione finanziaria.

Data la posizione centrale che avevano assunto i programmi spaziali e l'altissimo valore attribuito a questi sia per motivi di prestigio internazionale sia per l'effettiva importanza politica (si era ai tempi della guerra fredda – si pensi ai programmi della NASA negli anni '60), le risorse economiche, generalmente pubbliche, non avevano limiti di budget.

Tale modello è però entrato in crisi sia per l'intrinseca impossibilità di sostenere costi sempre molto sottostimati prima dell'approvazione dei progetti (per evitarne la cancellazione), sia per il sopraggiungere, negli ultimi anni, di una crisi finanziaria globale.

Certamente l'importanza di alcune missioni potrà ancora essere valutata come vitale o essenziale per il progresso umano; appare però importante, in presenza appunto di risorse ridotte, iniziare a gestire gli aspetti economici di un'industria spaziale che nel tempo si è abituata agli sprechi ed ad essere sempre fuori budget.

Ad un modello diverso si ispirano alcune piccole ed agili società che riescono ad abbattere i costi ed a misurarsi con problemi enormi semplicemente uscendo fuori dagli schemi. Tra queste l'azienda britannica Surrey Satellite Technology Limited (SSTL), che si era aggiudicata, insieme alla società tedesca OHB che ha analoghi modelli di business, la realizzazione del primo satellite sperimentale della costellazione Galileo, Giove-A, ancora funzionante nonostante siano passati dal lancio (avvenuto il dicembre 2005) ben più dei ventisette mesi di "vita" prevista.

Questa piccola azienda, fondata a Guilford nel 1985 come spin-off dell'Università del Surrey, SSTL con lo slogan: "Changing the Economics of Space" è un esempio di innovazione di processo e di prodotto che dimostra la vitalità europea in un settore ad altissima tecnologia dove rompere gli schemi precostituiti è realmente difficile. Acquisita nel 2009 da EADS Astrium mantenendo però la propria indipendenza, SSTL vuole dimostrare come si possano costruire satelliti realmente funzionanti ed affidabili con componentistica non dedicata ed in tempi rapidissimi, individuando tra l'altro aree di riduzione dei costi. Nell'ambito del progetto STRaND-1 - Surrey Training Research and Nanosatellite Demonstration, spedirà in orbita un normale smartphone con sistema operativo Android all'interno di un satellite, con costi dei componenti e costi di progettazione ridotti all'osso. Lo smartphone sarà inserito in un micro satellite, inizialmente controllato e guidato da terra attraverso un microcomputer installato a bordo. Superata una prima fase di verifica e controllo del funzionamento dei componenti in orbita, il microcomputer sarà spento e il satellite sarà in parte controllato dallo smartphone.

Idea rivoluzionaria in un mondo, quello della componentistica spaziale, i cui costi fissi per ricerca e sviluppo sono in genere altissimi per produrre poi pochissime unità di prodotto. È possibile che l'utilizzo di componenti industriali progettate per altro (le batterie al litio dei telefonini?) porti ad un incremento degli insuccessi, ma i costi molto ridotti potrebbero consentire di affrontare questo rischio.

SSTL ha già lanciato trentasei satelliti, di cui cinque RapidEye nel 2008, operativi nel febbraio 2009, senza insuccessi e sempre rientrando nei budget previsti.

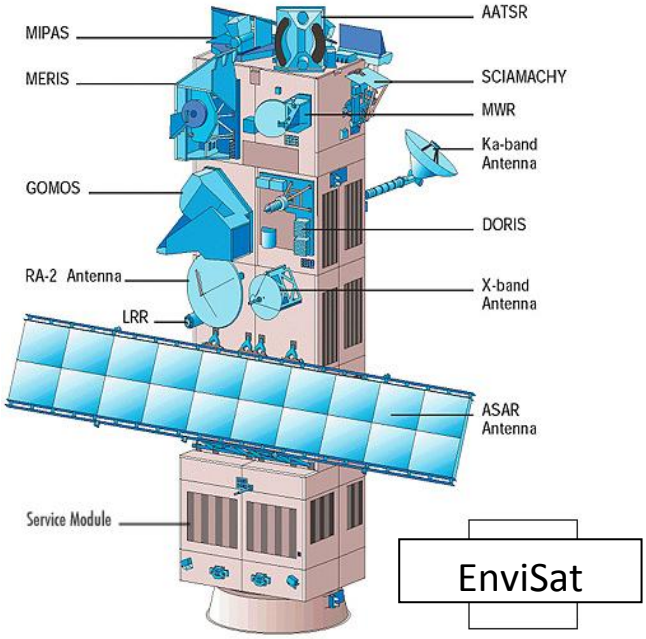
È quindi possibile costruire satelliti più "economici" per innumerevoli scopi. Microsatelliti e piccoli satelliti sono considerati uno dei fattori di crescita a più alto potenziale per il settore aerospaziale nei prossimi anni. E l'Agenzia Spaziale Europea si è preparata sviluppando negli ultimi anni il lanciatore VEGA, il cui primo volo è avvenuto il 13 febbraio 2012.

Si deve inoltre considerare che le innovazioni nei servizi spaziali di navigazione, comunicazione, osservazione della Terra si diffonderanno se economicamente sostenibili.,come è già avvenuto per i servizi di comunicazione e di posizione. Per l'osservazione della Terra alcune delle innovazioni sono forse dovute più al trasferimento tecnologico da ambiti rigorosi quali quelli militari (che peraltro hanno richiesto una sempre maggiore risoluzione geometrica delle immagini), piuttosto che ad una vera analisi e ricerca delle necessità degli utenti.

L'entrata in azione dei satelliti Sentinel del programma GMES non solo colmerà il vuoto creato del malfunzionamento di EnviSat[28] ma consentirà di abbattere i costi dei dati grezzi e di qualche servizio di base. È previsto infatti che alcuni servizi vengano offerti gratuitamente, dal momento che il programma GMES è nato per monitorare ambiente, territorio e sicurezza per i cittadini europei. Le pubbliche amministrazioni avranno quindi la possibilità di acquisire dati e servizi a costi molto più bassi e ciò

[28] Envisat, satellite avanzato ad orbita polare per l'osservazione della terra, è stato messo in orbita il 1° Marzo 2002 dall'ESA per fornire misure su atmosfera, oceano, terra e ghiaccio per un periodo di 5 anni. L'8 aprile 2012 le comunicazioni si sono interrotte bruscamente e il satellite, sebbene secondo l'ESA si trovi ancora in un'orbita stabile, non ha più comunicato i dati rilevati alle stazioni a terra. Il 9 maggio 2012 l`ESA ha dichiarato ufficialmente la fine della missione.
A bordo di Envisat erano ben 10 strumenti scientifici che osservavano la Terra nelle onde radio, nel visibile, nell'infrarosso, nell'ultravioletto. Lo strumento MERIS, ad esempio, è uno spettrometro in grado, fra l'altro, di misurare la quantità di clorofilla presente nella superficie degli oceani. L'obiettivo principale del programma Envisat era di dotare l'Europa di un sistema avanzato di telerilevamento per l'osservazione della terra allo scopo di incrementare le opportunità, per i diversi stati coinvolti nel programma, di partecipare agli studi e monitoraggi della Terra e del suo ambiente.

comporterà la necessità di ripensare globalmente lo stesso mercato dei dati spaziali di osservazione della Terra, considerando che nuovi mercati si apriranno ai privati.





3.5.6. L'industria europea dello spazio

In questo periodo la maggior parte dei Paesi europei attraversa una grande crisi economica e finanziaria che interessa diversi settori industriali. In un momento così difficile ci si chiede quale sia il ruolo dell'industria spaziale nel continente europeo e quali prospettive essa abbia.

L'Europa è da tempo ormai entrata nell'era spaziale. È passato molto dal lancio dello Sputnik e dal primo viaggio di Yuri Gagarin. A unire gli sforzi dei singoli Paesi è arrivata l'Agenzia Spaziale Europea, che ha saputo trasformare il continente in una vera potenza spaziale, rispettata nel mondo, con all'attivo tantissime missioni importanti, dai voli automatizzati all'esplorazione dell'universo alla ricerca delle nostre origini. Riporto alcune considerazioni sull'argomento così come espresse da alti funzionari durante una serie di interviste.

"L'OCSE ha iniziato ad interessarsi al settore spaziale a partire dal 2000-2003, lo consideriamo essenziale per affrontare le sfide del XX secolo. Si parla di ambiente, di telemedicina, di diversi modelli di insegnamento,

di una diversità che abbraccia tutte le politiche pubbliche di un Paese." (intervista a Pierre-Alain Schieb, capo dei Progetti Futuri, OCSE)[29]

L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico è un organismo internazionale con sede a Parigi, dove esperti analizzano, pianificano e progettano le politiche economiche per i paesi sviluppati ed emergenti.

"Abbiamo la tendenza a considerare il settore spaziale in termini di economia dello spazio, così come esiste una economia dei trasporti, della sicurezza, della sanità, esiste una economia dello spazio. Il settore spaziale è tra i più dinamici del panorama economico." (intervista a Pierre-Alain Schieb, capo dei Progetti Futuri, OCSE)

L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico è un organismo internazionale con sede a Parigi, dove esperti analizzano, pianificano e progettano le politiche economiche per i paesi sviluppati ed emergenti.

Brema, nel nord della Germania, è una città che vive al ritmo dell'industria aerospaziale. Qui ha sede la società OHB, fondata trentuno anni fa. L'impresa contava inizialmente cinquanta dipendenti. Oggi sono oltre 2.300, tutti specializzati in tecnologie spaziali. OHB ha conosciuto un vero e proprio boom nel 2000, quando ha deciso di avviare la costruzione di satelliti militari destinati all'esercito tedesco.

"Il governo aveva aperto un bando per l'appalto. All'inizio non eravamo assolutamente pronti, ma poi ci siamo detti: abbiamo già dei satelliti in orbita, perché no? Così abbiamo presentato la nostra proposta e ci siamo aggiudicati l'appalto. Siamo più economici, veloci e affidabili." (intervista a Manfred Fuchs, Presidente del Consiglio di Sorveglianza OHB)

Per OHB il successo è arrivato investendo nei satelliti. L'azienda punta soprattutto su efficacia e affidabilità con un occhio al profitto: in poche parole, l'essenza della competitività.

"Credo che l'industria spaziale europea sia davvero efficiente e competitiva a livello mondiale. Se paragonata ad altre parti del mondo, l'Europa detiene la più alta percentuale di business commerciali. È il risultato di un sistema competitivo, ben organizzato." (intervista a Marco Fuchs, Amministratore Delegato di OHB)

[29] L'intervista a Schieb, come le successive di questo paragrafo, sono tratte da un servizio di Euronews intitolato "L'industria spaziale europea" realizzato il 16 novembre 2012.

OHB si è aggiudicata anche un altro colpo grazie al progetto per un sistema satellitare di posizionamento europeo: Galileo. È stata l'azienda tedesca insieme a SSTL a vincere nel 2010 l'appalto per la costruzione di ventidue dei trenta satelliti previsti dal progetto della Commissione Europea e dell'ESA.

> "Esiste una parte del settore privato cresciuta a ritmi velocissimi in moltissimi settori. A livello industriale parliamo della fabbricazione delle piattaforme di lancio e dei satelliti: la competizione a livello mondiale è aumentata tantissimo. Esiste poi l'insieme delle applicazioni pratiche sviluppate per lo più dai privati." (intervista a Pierre-Alain Schieb, capo dei Progetti Futuri, OCSE)

Alla periferia di Madrid esiste un'azienda che non sembra conoscere la pesante crisi che in questi anni sta divorando la Spagna. Si tratta di GMV: entrando nei suoi locali la cosa che colpisce è la giovane età dei suoi dipendenti.

> "La concorrenza è ormai a livello mondiale, cioè una corsa a cui partecipano milioni di persone impegnate a progettare nuove tecnologie. Per questo in Europa dobbiamo riflettere bene e lavorare duramente per far crescere i talenti, per sviluppare le tecnologie; e sicuramente lo spazio è il posto giusto per farlo." (intervista a Miguel Angel Martinez, Direttore Sviluppo Aziendale e Marketing, GMV)

GMV non è soltanto un'azienda teorica: qui si lavora molto anche sulla robotica.

> "Questa è una macchina per l'esplorazione della superficie lunare. È davvero un piacere lavorare sui veicoli che perlustreranno lo spazio.
>
> Sono arrivato nell'industria spaziale perché da piccolo volevo diventare il capitano della navicella spaziale di Star Trek. Sono cresciuto in un paesino di milletrecento persone e quando guardavo Star Trek o Guerre Stellari mi dicevo: voglio costruire una navicella così." (intervista ad Antonio Medina Responsabile per la Robotica Spaziale, GMV)

Il sogno di un bambino si è così trasformato in una carriera nella industria aerospaziale fatta di tecnologie di punta e analisi meticolose.

> "Sto disegnando la pianta del nuovo motore di un robot per l'esplorazione spaziale. Servirà a controllare il robot prima dalla Terra e in futuro dalla Luna. Ho studiato ingegneria, volevo lavorare su applicazioni diverse rispetto a quelle offerte dal mercato, così sono approdato nel settore spaziale e ne sono davvero felice. Il nostro lavoro quotidiano è innovazione e sviluppo di nuove applicazioni." (intervista a Luis Mollinedo, Ingegnere per la Robotica Spaziale, GMV)

L'azienda di Madrid ha scelto di specializzarsi nel controllo dei satelliti, in particolare dei sistemi più grandi, come quelli impiegati nelle telecomunicazioni. Ma anche nello sviluppo di sistemi intelligenti, derivati dalle tecnologie impiegate nello spazio, utili a risolvere problemi quotidiani.

> "Stiamo lavorando soprattutto alla dotazione di sistemi intelligenti per il settore dei trasporti, utilizzando il GPS e altre tecnologie. Sulle tecnologie informatiche ci stiamo occupando di fornire nuove soluzioni a settori come la difesa, l'aeronautica ma anche le telecomunicazioni in generale; anche la sanità è uno dei settori più interessanti." (intervista a Miguel Angel Martinez, Direttore Sviluppo Aziendale e Marketing, GMV)

Radiance è uno dei progetti più validi su cui si lavora a Madrid. L'idea non è recentissima: risale almeno a trent'anni fa. Nuovi sono gli strumenti che vengono utilizzati.

> "Radiance è un software che permette agli specialisti di ottenere dati precisi da utilizzare nelle radioterapie per il trattamento dei turmori." (intervista a Carlos Illana, Radiance Product Manager, GMV)

Il principio alla base di Radiance è semplice: un paziente malato di cancro, cui viene rimosso chirurgicamente il tumore, spesso viene sottoposto al termine dell'operazione a sessioni di radioterapia.

Radiance interviene tra l'operazione e la radioterapia, permettendo al chirurgo di operare sulla base di una mappa dettagliata della zona interessata, in modo da visualizzare anche l'esatta intensità delle radiazioni a cui sottoporre il paziente.

Radiance è una tecnologia nata grazie alle ricerche condotte nel campo della telemedicina. Un campo in forte espansione grazie all'utilizzo dei satelliti, ma nato anche per rispondere ai bisogni degli astronauti che lavorano nello spazio.

> "Dal momento che si utilizzano fondi pubblici, è giusto che i dati primari ottenuti vengano utilizzati a livello pubblico in modo gratuito, in modo da ridurre tutti i costi di accesso. E usare gli altri dati nelle applicazioni, nel settore privato. È lì che si ha il valore aggiunto. In questo modo si ha un ritorno per i cittadini a livello di politiche pubbliche, e poi anche a livello industriale dallo sviluppo delle applicazioni." (intervista a Pierre-Alain Schieb, capo dei Progetti Futuri, OCSE)

Molti Paesi europei vivono in questi mesi una delle stagioni più difficili. Le aziende soffrono a causa della crisi e le prospettive non sembrano delle migliori, ad eccezione però dell'industria spaziale.

> "Rispetto a molti altri settori industriali stiamo attraversando abbastanza bene questa crisi perché quando si lavora su settori specializzati e basati su tecnologie chiave accade spesso di non fare troppi profitti nei tempi di prosperità, ma di farne nei momenti di crisi, dove quei bisogni rimangono lì e i tuoi prodotti sono necessari." (intervista a Miguel Angel Martinez, Direttore Sviluppo Aziendale e Marketing, GMV)

> "Negli ultimi dieci anni l'industria spaziale è cresciuta moltissimo. Credo che la ragione vada cercata nell'utilità dei prodotti che ha offerto a livello sociale." (intervista a Marco Fuchs, Amministratore Delegato di OHB)

È difficile elencare tutte le destinazioni di un sistema complesso come Galileo. Localizzazione, sicurezza, ma anche una nuova gestione dei trasporti. La lista delle applicazioni è infinita.

> "Siamo stati tra i primi, credo, a mettere in evidenza il fatto che lo spazio, oltre all'importanza tecnologica, sia soprattutto un nuovo settore economico, una vera e propria industria. Possiamo definirlo un settore economico nuovo che poggia su tecnologie innovative. Ovvero un settore che interessa i processi di produzione, il sistema di consumo e gli stili di vita. Tutte le derivazioni dell'industria spaziale applicate alla vita quotidiana rappresentano delle tecnologie nuove, di trasformazione sociale, come lo sono state, ai tempi, l'elettricità o le ferrovie." (intervista a Pierre-Alain Schieb, capo dei Progetti Futuri, OCSE)

L'uomo si è sempre servito di nuove tecnologie per il progresso sociale, dalla macchina a vapore al computer. Grazie alle ricerche condotte nel corso degli anni su satelliti e piattaforme di lancio, lo spazio è diventato un settore industriale centrale, un importante motore per la crescita e la competitività.

CAPITOLO 4 NUOVI STRUMENTI PER NUOVE RISORSE

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

4.1. Sistemi di navigazione globale

4.1.1. GPS

Negli ultimi quarant'anni una tecnologia sempre più avanzata ci ha permesso di inviare nello spazio satelliti con funzioni diverse e sonde per esplorare il sistema solare oltre i suoi confini estremi.

Intorno al nostro pianeta c'è una "ragnatela" di satelliti orbitanti in grado di seguire e segnalare a terra l'evoluzione dei sistemi nuvolosi, mentre importanza sempre crescente rivestono i satelliti per la telecomunicazione e quelli per la navigazione, nonché i satelliti impiegati per lo studio di fenomeni naturali (maree, bradisismi, eruzioni) e per le rilevazioni di risorse naturali o dell'inquinamento di aria e acqua.

Esiste poi un ampio mercato dei servizi basati sull'uso "civile" dello spazio e dalla volontà di rivolgere le attività spaziali ad applicazioni commerciali destinate ad utenti sempre più numerosi (comunicazioni mobili, servizi multimediali, navigazione aerea, marittima, terrestre, localizzazioni e controllo dei mezzi mobili).

Si è rivelata infatti ormai affidabile la determinazione dei punti terrestri attraverso i satelliti artificiali, le cui soluzioni sono state sollecitate in gran parte dalla necessità di fornire soprattutto una maggiore e continua assistenza alla navigazione, oltre che dall'esigenza di soddisfare altre richieste di carattere puramente scientifico.

Tale necessità fu risolta inizialmente con lo sviluppo del sistema NNSS (Navy Navigation Satellite System o sistema Transit Doppler, costellazione di sei satelliti orbitanti a 1.1000 km in altezza). In seguito è stato ripreso dal sistema NAVSTAR-GPS (NAVigation Satellite with Time And Ranging Global Positioning System) per una soluzione più completa, che ha suscitato grande interesse anche nel campo dei rilevamenti geodetici e topografici, insieme a quello del rapido controllo delle grandi deformazioni, grazie alla possibilità (recente) di assicurare una continua osservazione e precisioni dell'ordine del centimetro nella individuazione della posizione.

Il progetto del sistema GPS (Global Positioning System) è nato per esigenze militari intorno agli anni '70 nella ex URSS e negli Stati Uniti.

A metà degli anni '70 l'Unione Sovietica ha messo in orbita i primi satelliti del sistema GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System). Il programma ha subito dei rallentamenti a causa dei minori fondi ricevuti a seguito dello smembramento dell'ex URSS. I satelliti russi ancora in orbita sono 24, disposti su 3 orbite circolari inclinate di 64.8° rispetto al piano dell'equatore, e compiono una rivoluzione completa in 11 ore e 15 minuti, alla distanza dalla terra di 19.100 chilometri.

Nel 1978 gli Stati Uniti hanno messo in orbita il primo satellite "Block I", satellite GPS sperimentale del sistema NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), seguito fino al 1988 da altri nove satelliti dello stesso tipo, mentre dal 1989 al 1993 sono stati costruiti e lanciati 23 satelliti Block II. Attualmente sono in orbita 26 satelliti operativi +3 di scorta distanziati tra loro in modo che da ogni punto sulla terra ne siano visibili almeno cinque.

Il GPS NAVSTAR è il sistema più utilizzato dai paesi occidentali, ma esistono stazioni di controllo che utilizzano entrambi i sistemi. In Italia una stazione permanente GPS-NAVSTAR/GLONASS si trova a Cagliari. È un sistema di controllo essenzialmente militare, finanziato e gestito dal Dipartimento della Difesa statunitense. Completamente operativo dal marzo 1994, dopo il lancio del 24° satellite del II Blocco, è stato reso accessibile ai civili nel 1980 con un decreto esecutivo del Governo USA. In realtà è stato effettivamente disponibile solo dal 1995.

Il concetto di base del GPS è individuare e determinare la posizione di qualsiasi punto sulla superficie della terra, sia esso fermo o in movimento, basandosi sulla misura simultanea della sua distanza da almeno 4 satelliti "visibili" (alti almeno 15° sull'orizzonte) che emettono segnali. In realtà ciò che si misura è il tempo che impiegano i segnali emessi a raggiungere il punto.

Il sistema è composto da tre segmenti operativi:

Il segmento spaziale, costituito da:

- 26 satelliti (29) che emettono segnali radiofrequenza;
- 6 orbite piane alla velocità di 1,8 miglia al secondo, inclinate di 55 gradi sull'equatore e spaziate tra loro di 60°;
- elevazione 20200 km;
- 1 rivoluzione in circa 12 ore siderali. Ogni satellite si riposiziona sullo stesso punto ogni 24 ore circa (4 minuti prima ogni giorno).

I satelliti Navstar pesano 862 chilogrammi in orbita e sono lunghi 5 metri e 20 centimetri, comprese le ali dei pannelli fotovoltaici.

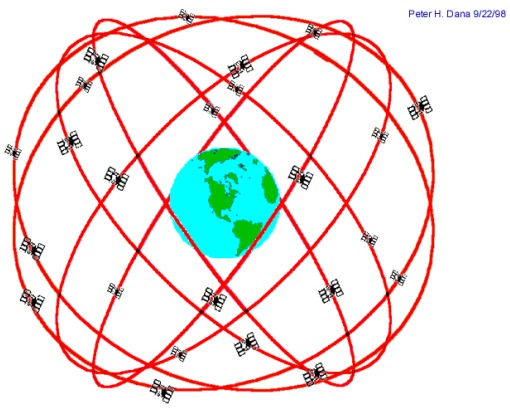
Il sistema GPS lavora con un ellissoide di riferimento nel Sistema di Riferimento Geografico WGS84, in vigore dal 1987, ed i suoi satelliti orbitano a 20200 km di distanza dalla superficie terrestre.

Il segmento di controllo è costituito da cinque stazioni fisse di tracking lungo la fascia equatoriale di cui una Master a Falcon (Colorado), ricevono i segnali, li elaborano, li correggono e tre antenne di trasmissione effettuano l'uplink verso i satelliti.

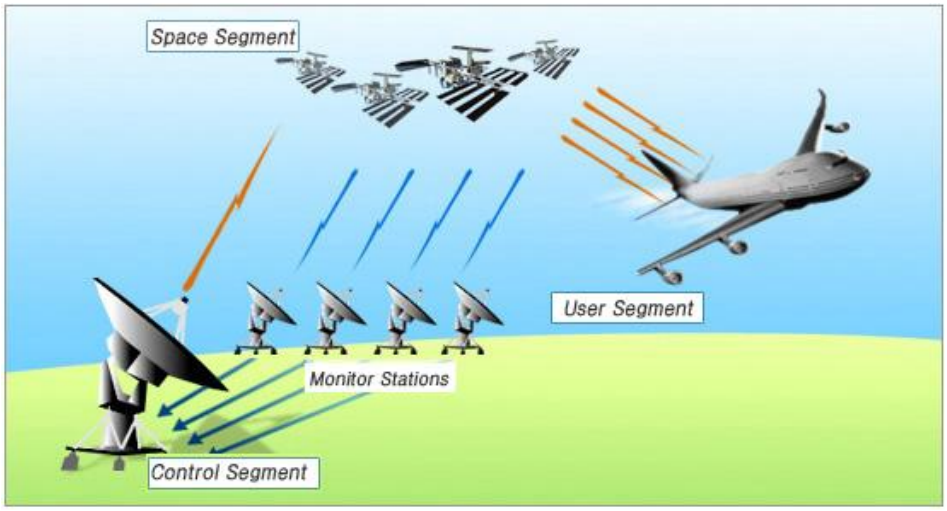
Il segmento utenti è costituito da tutti gli utilizzatori singoli od organizzati, civili o militari che con antenne e ricevitori a microprocessore rilevano le informazioni codificate inviate dai satelliti e le utilizzano

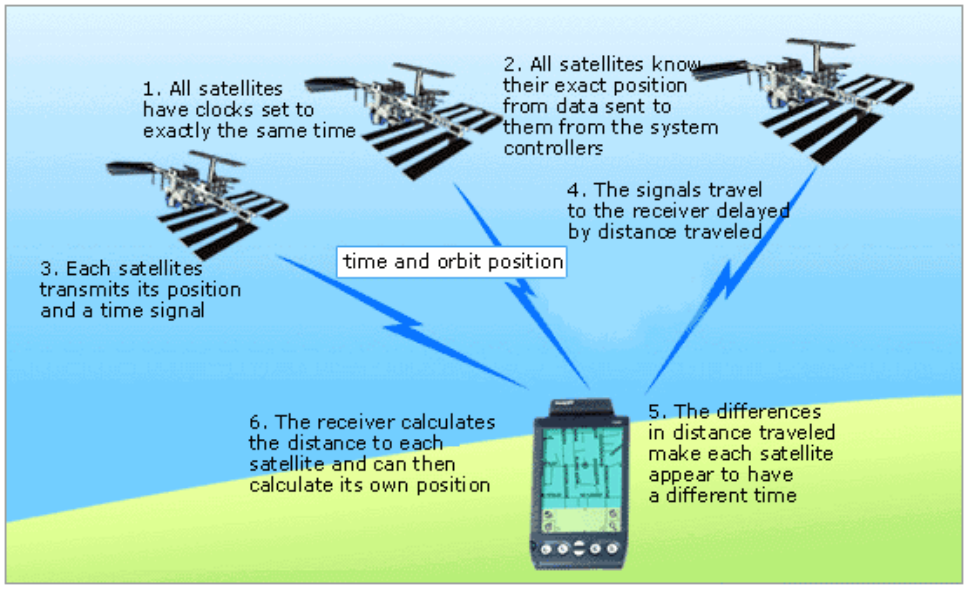
I satelliti trasmettono su due bande portanti in radiofrequenza: L1 = 1575.42 MHz (lunghezza d'onda 19,05 cm) ed L2 = 1227.6 MHz MHz (lunghezza d'onda 24,45 cm). Vengono usati tre codici binari pseudo-random noise (PRN). Il codice C/A, coarse/acquisition (localizzazione grossolana) ha una frequenza di 1.023 MHz, un periodo di un millisecondo (MS) ed è usato principalmente per acquisire il P-code, codice di precisione, che ha una frequenza di 10.23 MHz, ed un periodo di sette giorni ed è il codice principale. Il codice C/A è disponibile sulla frequenza L1, mentre il codice P su entrambe L1 ed L2. Inoltre il terzo codice trasporta i dati per la navigazione, cioè quei bit che descrivono l'orbita del satellite, le correzioni al suo segnale di clock e altri parametri di sistema.

Ogni satellite trasmette sulle stesse frequenze, L1 and L2, ma con un codice individuale.



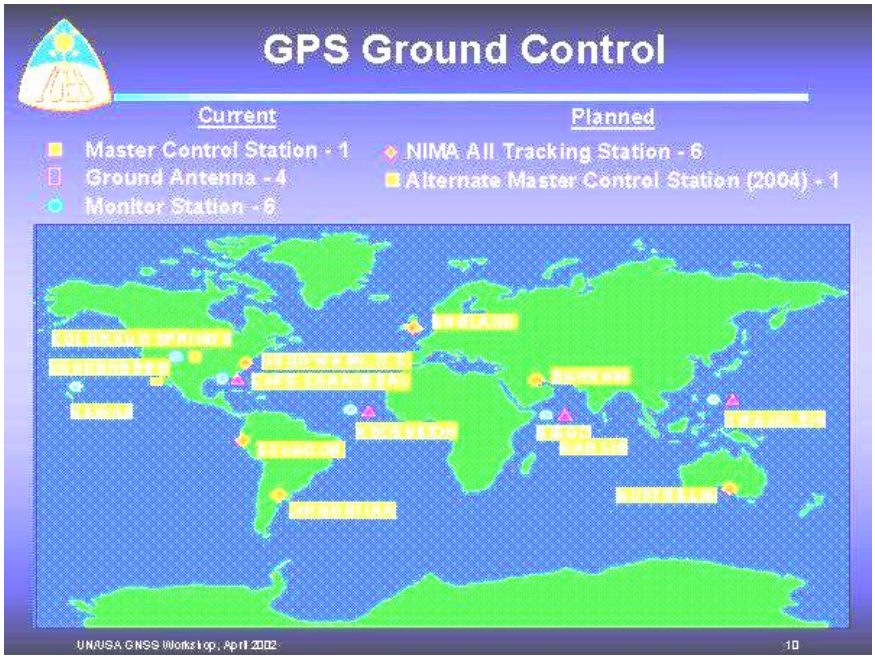
GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

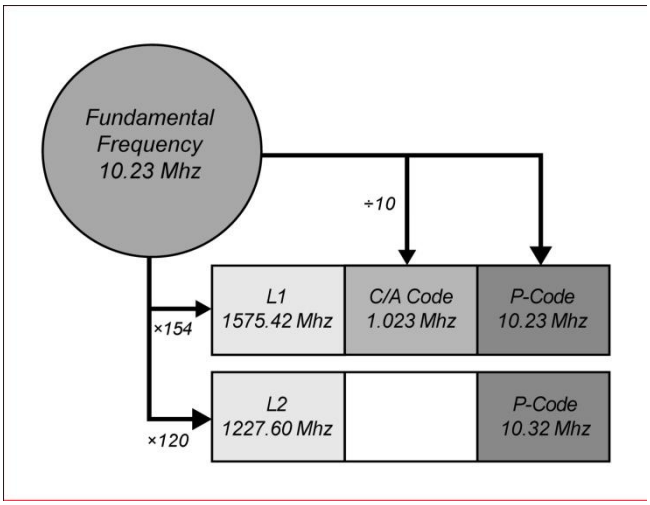

Space Segment
User Segment
Monitor Stations
Control Segment

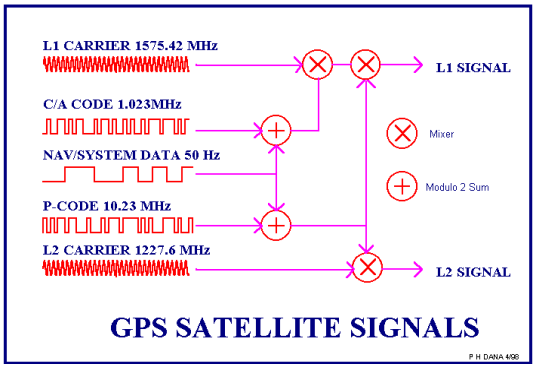

1. All satellites have clocks set to exactly the same time
2. All satellites know their exact position from data sent to them from the system controllers
3. Each satellites transmits its position and a time signal
4. The signals travel to the receiver delayed by distance traveled
time and orbit position
5. The differences in distance traveled make each satellite appear to have a different time
6. The receiver calculates the distance to each satellite and can then calculate its own position



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network





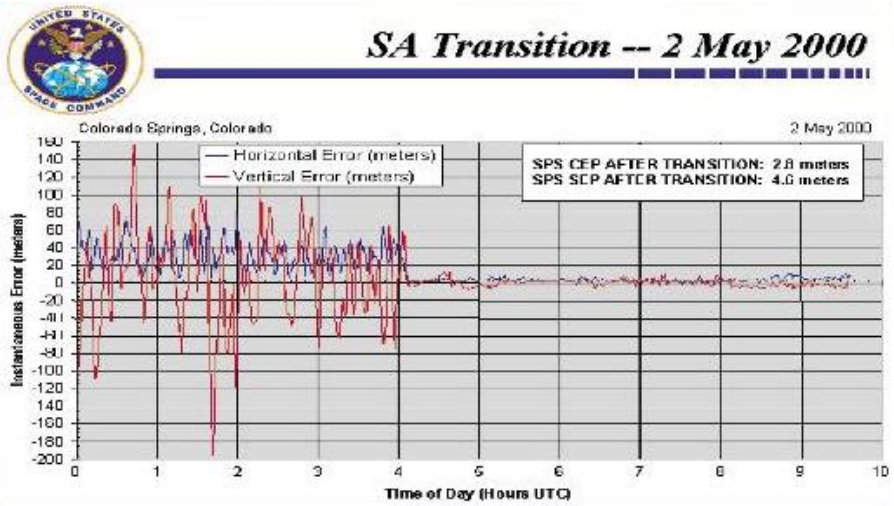


L'uso del segnale C/A è libero per tutti, mentre l'uso del codice P è limitato ai soggetti autorizzati dal governo degli Stati Uniti, che per scopi militari, può interdire l'accesso civile al codice P attivando il codice Y (sostitutivo).

I ricevitori commerciali sono perciò costruiti per ricevere solamente il segnale L1 e decodificare il codice C/A, mentre i ricevitori per uso militare ricevono entrambi i segnali L1 ed L2, e possono quindi decodificare sia il codice C/A sia il codice P.

L'apparato di ricezione standard è formato da: antenna e preamplificatore; stazione RF con microprocessore; terminale o unità di controllo con display e unità di registrazione; alimentatore a batteria.

Fino al 1° maggio 2000 il governo statunitense ha volutamente degradato, con opportuno software, la precisione del codice C/A tramite la *Selective Availability* per cui le applicazioni civili non potevano godere appieno delle potenzialità del GPS.



La precisione nominale di una misura Gps (PPS=20 metri planimetrici e 25 metri altimetrici, 200 nanosec. di ritardo) veniva amplificata fino a 100 metri x 150 metri con 340 nanosec. di ritardo (SPS). In realtà le applicazioni civili hanno dimostrato che con opportune misure (GPS Differenziale e Sistema WAAS) si poteva di fatto ovviare a questo inconveniente.

Ogni satellite ha un codice di modulazione univoco, ortogonale a quello degli altri, così che il ricevitore possa individuare i vari segnali trasmessi sulla stessa frequenza da tutti i satelliti.

Il processo di misura è unidirezionale e procede dal satellite al ricevitore. Ciascun terminale è al tempo stesso ricevitore e trasmettitore poiché rigenera il segnale trasmesso dall'oscillatore del satellite, lo amplifica e lo sincronizza col proprio. Un ricevitore determina la sua posizione istantanea misurando le distanze (pseudorange) dalla sua antenna ai satelliti visibili in quel momento, dei quali è nota la posizione nello spazio. Intersecando le misure di distanza effettuate contemporaneamente dal ricevitore su più satelliti si ottiene la longitudine e la latitudine in cui si trova il ricevitore stesso, oltre che un'informazione temporale riferita al clock del sistema GPS.

Da un punto di vista teorico la "triangolazione geometrica" garantisce che per conoscere la propria località basterebbero tre misure di distanza rispetto a tre oggetti noti (tre satelliti).

Conoscendo tre distanze da tre punti noti si identificano in realtà due punti nello spazio tridimensionale, dati dall'intersezione di tre sfere il cui raggio è pari alla distanza misurata tra ricevitore e punto di riferimento.

Dei due punti però, uno in genere è manifestamente errato e può essere facilmente scartato.

Allora, per ricavare la propria posizione è indispensabile eseguire quattro misure indipendenti anziché tre, per introdurre anche la variabile tempo in un sistema di quattro equazioni a quattro incognite che, risolto, consente la localizzazione con la minima incertezza garantita dal sistema.

Per misurare la distanza istantanea da un satellite, il ricevitore calcola il tempo che occorre al segnale per viaggiare dal satellite alla propria antenna. lI codice temporale emesso dal satellite è confrontato con l'identico codice generato dal ricevitore. Lo scostamento di fase del codice generato del ricevitore viene fatto variare per ottenere la massima correlazione con il segnale ricevuto dal satellite. Lo scostamento temporale tra i due segnali, moltiplicato per la velocità della luce, produce la distanza apparente tra ricevitore e satellite.

In ogni satellite sono montati quattro orologi atomici (due all'iridio e due al cesio) sincronizzati tra di loro periodicamente dalla stazione master rispetto al tempo UTC, mentre i ricevitori a terra non montano orologi atomici perché troppo costosi.

Il tempo GPS è un orologio "su carta", sincronizzato accoppiando il tempo della Stazione Master con i clock dei satelliti. Viene misurato in settimane e secondi a partire dal 5 gennaio 1980 ed è continuo, non ha il salto del secondo UTC (come avviene normalmente a giugno o dicembre per sincronizzare la rotazione della terra rispetto al sole) ed è avanti rispetto all'UTC di diversi secondi. Per esempio, al passaggio tra le 23:59:59 del 31 dicembre 1998 e le 00:00:00 del 1° gennaio 1999, il tempo UTC era ritardato di un secondo. Attualmente il tempo GPS è avanti rispetto all'UTC di 13 secondi.

Nel tempo il segnale GPS si è rivelato utilissimo non solo per i militari (per cui il DoD manteneva il segnale di disturbo denominato Selective Availability) ma anche per moltissimi altri usi civili.



Il sistema GPS consente di definire la posizione globale dei punti terrestri, o punti prossimi alla superficie terrestre, nel sistema di riferimento tridimensionale assegnato WGS 84.

Il principio sul quale si basa questa determinazione di posizione nello spazio tridimensionale, piuttosto elementare, poiché essenzialmente fondato su osservazioni distanziometriche, sia pur diverse da quelle tradizionali, tra le stazioni terrestri e i satelliti orbitanti di posizione spaziale istantanea nota.

Nell'applicazione di questo principio sono individuabili, in particolare, due metodologie differenti: quella di definire la posizione assoluta (point positioning) dei punti di stazione, e quella di determinarne invece la posizione relativa (relative positioning o differential positioning) rispetto ad un punto considerato noto.

La prima metodologia non consente di pervenire a precisioni molto spinte, ed è pertanto utilizzata soprattutto per le necessità della navigazione.

La seconda metodologia permette invece di ottenere precisioni molto più affinate nella determinazione del vettore distanza tridimensionale, o baseline, tra i punti considerati, e meglio si presta quindi per le determinazioni di posizione nel campo geodetico e nel campo topografico.

In breve, il calcolo della durata del percorso del segnale dal satellite al ricevitore, effettuato mediante il codice C/A o il codice P, permette di calcolare la relativa distanza. La differenza di tempo fra il momento di emissione e quello di arrivo del segnale, moltiplicata per la velocità di propagazione, fornisce infatti il valore della distanza se i due cronometri, quello a bordo del satellite e quello del ricevitore terrestre, sono fra loro sincronizzati.

Poiché la sincronizzazione non può essere perfetta, il valore ottenuto, evidentemente una pseudo-distanza. Essa differisce dalla distanza reale in funzione dello sfasamento dei due cronometri e può essere successivamente corretta.

La "pseudodistanza" così ricavata è quindi affetta da diversi errori le cui sorgenti sono:

- Ritardo ionosferico e troposferico: il segnale emesso dal satellite rallenta al suo passaggio attraverso l'atmosfera (10 m per la ionosfera e 1 m perla troposfera);

- Segnale multipath. E causato dalla riflessione del segnale sulle superfici vicino al ricevitore e interferisce sul segnale diretto dal satellite (0,5 m circa)

- Errori di clock non istantaneamente corretti da terra (1 metro circa);

- Errore nella posizione dei satelliti (ephemeris error) (1 metro circa);

Anche errori grossolani possono determinare misure scorrette fino a centinaia di chilometri:

- errori dovuti all'uomo o ai computer nel segmento di controllo,

- errori dell'utente, inclusa la selezione di dati geodetici di riferimento non corretti;

- errori del software o dell'hardware del ricevitore.

Il GPS differenziale o DGPS consiste nel posizionare un ricevitore GPS (chiamato master o stazione di riferimento) in una postazione di coordinate conosciute. Poiché tale stazione conosce la sua esatta locazione, può determinare gli errori nei segnali dei satelliti. Questo avviene con la misurazione della propria distanza da ogni satellite usando i segnali ricevuti e confrontando queste distanze con quella già conosciuta. La differenza tra la distanza misurata e calcolata per ogni satellite diventa così una "correzione differenziale". Le correzioni per ogni satellite vengono integrate in un segnale di

correzione, e poi applicate per il calcolo dai ricevitori, rimuovendo gli errori più comuni e migliorando l'accuratezza.

La correzione differenziale può essere usata in tempo reale o con tecniche di post-processing e può essere calcolata con la misura delle distanze (Differential Code) per la navigazione o con la misura della differenza di fase (Differential Camer GPS) per i rilievi topografici.

Le correzioni in tempo reale possono essere trasmesse tramite ponti radio. La Guardia Costiera statunitense gestisce un network di monitoraggio differenziale e trasmette le correzioni DGPS attraverso radiofari che coprono la quasi totalità delle proprie coste.

Correzioni possono essere registrate da agenzie pubbliche e private per essere distribuite all'utenza; servizi privati DGPS usano affittare trasmissioni FM sottoportanti, ponti satellitari o radiofari per applicazioni in tempo reale.

Il DGPS rimuove gli errori più usuali, relativi alla stazione di ricevimento e a ricevitore remoto, che sono spesso comuni a entrambi quando la loro distanza è inferiore a 100 metri.

Per i rilevamenti geodetici e topografici il DGPS viene usato in tre diversi modi: statico (Static Survey), cinematico (Kinematic Surveying) e stop and go (Stop & go Surveying).

Nel rilevamento statico le sessioni di misura avvengono in un arco di tempo variabile da 30 minuti a diverse ore, tenendo fermi i ricevitori agli estremi delle baselines da determinare; devono essere visibili almeno 4 satelliti; la precisione del metodo si aggira intorno ai 5 mm. + 1 p.p.m.

Il rilevamento cinematico comporta l'impiego di due ricevitori e consiste nel mantenere fisso un ricevitore su un estremo della baseline e nel trasportare l'altro (rover) sui vari estremi da determinare.

Il rilevamento stop and go è una variante del cinematico poiché differisce da esso soltanto per il tempo necessario ad effettuare le operazioni di misura

In entrambi i casi la precisione ottenibile è dell'ordine di 1 cm + 1 p.p.m.

La precisione del metodo differenziale entro i parametri indicati, è ottenibile utilizzando la sola frequenza L1 fino a distanze non superiori a 50 km; per distanze superiori dovrà essere utilizzata anche la frequenza L2.

Il sistema WAAS (Wide Area Augmentation System) è stato sviluppato dall'Aviazione Civile Americana (FAA) per utenza aerea e dispone di 25 stazioni di riferimento dislocate su tutto il territorio USA, parte del Canada e del Messico. Ogni stazione referente è collegata a una stazione master che corregge i segnali satellitari GPS e li invia a dei propri satelliti geostazionari che trasmettono il segnale corretto agli utenti. L'accuratezza del segnale WAAS è di circa 3-5 metri orizzontali e 3-7 metri in altitudine.

Più satelliti sono visibili, migliore è la precisione della misura. Costruzioni, terreno, interferenze elettriche e radar e qualche volta anche una vegetazione molto fitta possono interdire la lettura dei dati di rilevamento. Le unità GPS non possono lavorare in ambienti chiusi, sott'acqua (al massimo 18 m) o sotto terra.

Nella valutazione dell'errore di misura (DOP) è fondamentale la posizione dei satelliti considerati rispetto al ricevitore. La "Geometric Diluition of Precision" è misurata dalla relazione geometrica tra la posizione del ricevitore e quella dei satelliti considerati. Per valutare la GDOP è necessario effettuare una previsione della posizione dei satelliti posizionati nel cielo. Purtroppo solo una verifica sul posto può verificare la correttezza delle previsioni per una corretta valutazione della GDOP.

Le applicazioni del GPS sono numerose in diversi settori del campo civile, senza contare quello militare e tutti i campi della navigazione per i quali è stato progettato. Un'applicazione riguarda la determinazione dei veicoli in movimento: ad esempio la realizzazione di un sistema di controllo in tempo reale della posizione (e dei ritardi previsti sull'orario stabilito) degli autobus del servizio di trasporto urbano o la possibilità di conoscere la posizione di grossi mezzi di trasporto che siano soggetti a furti. Altra applicazione ormai consueta è quella del "mapping", ovvero quella di determinare attraverso ricevitori installati sulle automobili la propria posizione rispetto ad una mappa stradale, oppure tramite ricevitori portatili di ridotte dimensioni, la propria posizione rispetto ad un luogo precedentemente visitato (p. es.: caccia o pesca...).

In Italia l'IGM[30] ha utilizzato il sistema GPS per realizzare una nuova rete di vertici trigonometrici denominata GPSNET. Il progetto è stato chiamato IGM95. Mentre la vecchia rete del primo ordine di vertici trigonometrici si componeva di circa 360 punti, la rete IGM95 si componeva di 1150 vertici, con una densità media sul territorio di circa un vertice ogni 10 kmq. La rete IGM95 quindi non solo si sostituiva a quella vecchia del primo ordine, ma rimpiazza anche le reti di ordine inferiore.



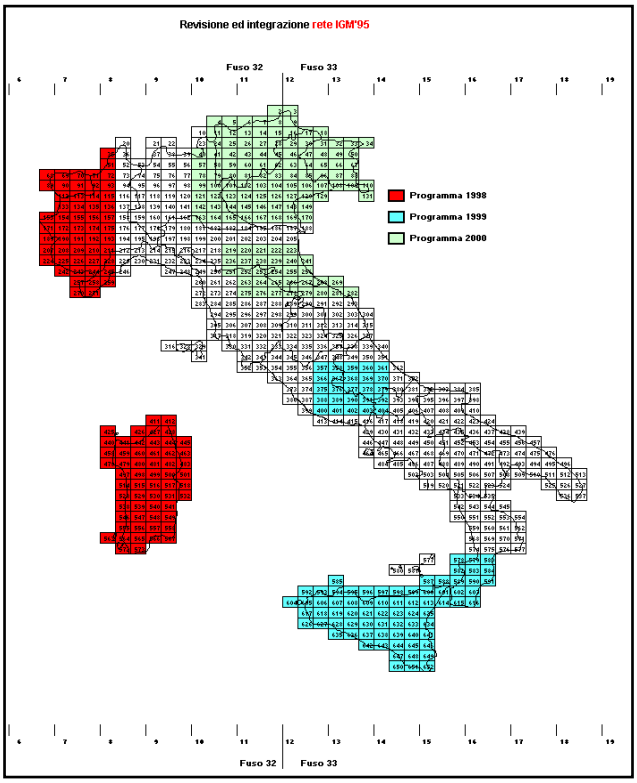




Centrini IGM a Venezia: in alto a sinistra in Piazza S. Marco, a destra su un ponte, in basso sul vaporetto n. 20 che collega Venezia con l'isola di San Servolo (Foto dell'anno 2003).

[30] L'Istituto Geografico Militare (IGM) svolge le funzioni di Ente Cartografico dello Stato ai sensi della Legge n. 68 in data 2 febbraio 1960, alle dipendenze del Comando Logistico dell'Esercito.

La rete geodetica italiana IGM95 è nata nel 1992 ed è stata realizzata con le procedure geodetiche satellitari GPS in soli 4 anni; essa ha fornito alla nazione un riferimento geotopocartografico sufficientemente accurato ed affidabile per quegli anni.



Nel febbraio 2012 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale un provvedimento, il D.M. 10 novembre 2011, di adozione del nuovo sistema di riferimento nazionale.: ETRF2000 (2008.0)

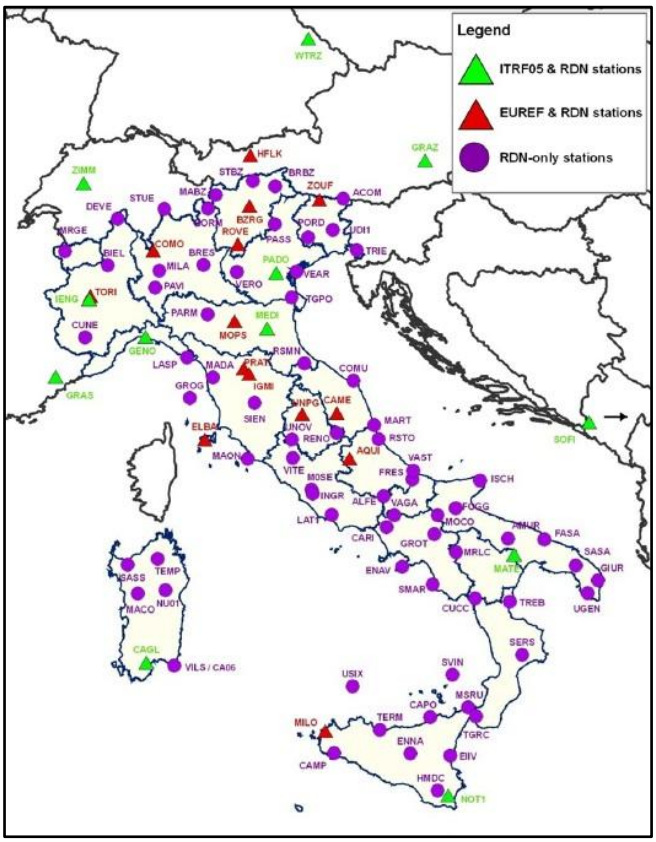


La rete IGM95

Al momento in Italia sono ancora in uso tre sistemi locali: Bessel su Genova, ROMA40 ed ED50, nessuno del tutto ancora abbandonato, materializzati dalla rete trigonometrica dell'IGMI (Istituto Geografico Militare Italiano, spesso abbreviato semplicemente come IGM). Nel 1996, per poter sfruttare a pieno le nuove possibilità offerte dal GPS, l'IGM ha adottato il primo sistema globale: ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), voluto dall'EUREF[31] (Reference Frame Sub-Commission for Europe) e già adottato in gran parte dell'Europa. Basato su una nuova rete geodetica, interamente realizzata con metodologia satellitare: l'IGM95 con precisione di circa 5 cm. L'Italia aveva così un ottimo sistema, attuale ed in linea con il resto d'Europa. Il motivo per cui si è dovuto introdurre un nuovo sistema va ricercato nell'evoluzione delle metodologie GPS, in particolare nell'RTK supportato dalle reti di stazioni permanenti che forniscono la correzione in tempo reale: i 5 cm di precisione dell'ETRF89 non erano più sufficienti. Per evitare il rischio che le nuove infrastrutture, realizzate in Italia principalmente a livello regionale, utilizzassero altri sistemi più performanti e quindi potenzialmente più sistemi diversi, nessuno dei quali ufficiale, l'IGM ha adottato dal 01.01.2009 un nuovo riferimento geodetico con precisione in grado di supportare anche le applicazioni più esigenti:

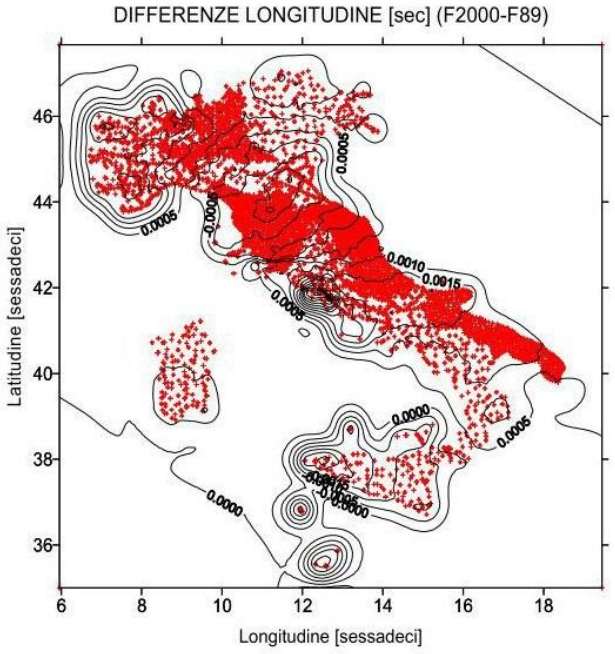
[31] L'EUREF, fondata nel 1987, è una sotto-Commissione dello IAG (International Association of Geodesy) che si occupa della definizione, realizzazione e manutenzione dell`European Reference Frame, l'infrastruttura geodetica per i progetti multinazionali che richiedono accuratezza nella georeferenziazione.

ETRF2000(2008.0). È stata perciò realizzata la Rete Dinamica Nazionale (RDN), composta da 99 stazioni permanenti GPS omogeneamente distribuite sul territorio, tutte di proprietà di enti pubblici. Le precisioni sono inferiori a 10 mm in planimetria ed a 15 mm in altimetria, consentendo di ottenere dall'EUREF il riconoscimento ufficiale.

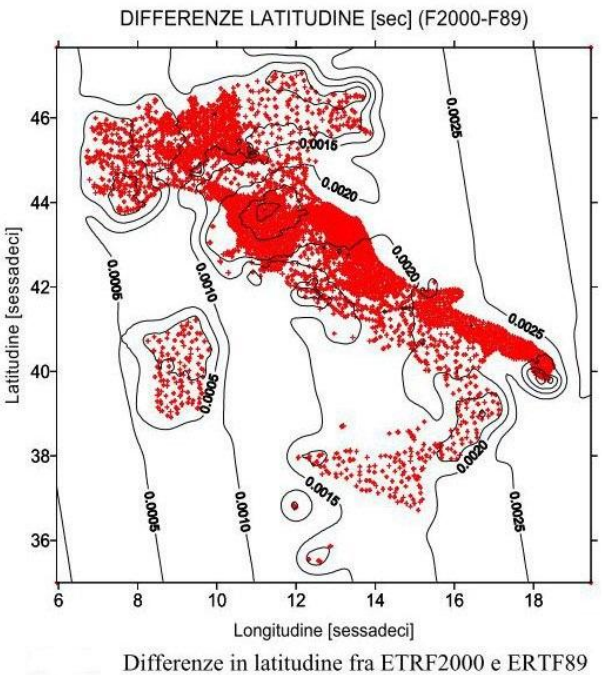


Il Decreto in particolare stabilisce che le Pubbliche Amministrazioni sono obbligate ad utilizzare il nuovo sistema di riferimento per tutto ciò che producono nel settore delle informazioni territoriali (cartografia, basi di dati, immagini ed altro ancora), col risultato di ottenere finalmente l'omogeneità dei dati territoriali dal punto di vista della georeferenziazione; è inoltre previsto che anche i dati territoriali precedentemente acquisti in altri sistemi siano convertiti nel nuovo sistema.

La necessità di un nuovo sistema si è resa evidente a seguito di discordanze misurate da reti di Posizionamento Satellitare Regionali GNSS. I sistemi di riferimento legati al Centro dinamico della Terra subiscono infatti continui spostamenti nel tempo; si stima che i movimenti diverranno di nuovo apprezzabili intorno al 2020.

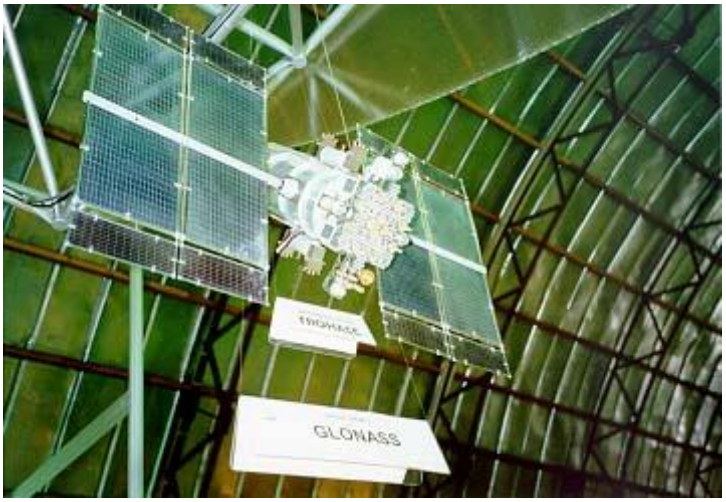


Differenze in longitudine fra ETRF2000 e ERTF89



Differenze in latitudine fra ETRF2000 e ERTF89

4.1.2. GLONASS



Il blocco denominato allora Unione Sovietica ha messo in orbita i primi satelliti del sistema GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System) nell'ottobre del 1982 dal cosmodromo di Baikonur in Kazakhstan.

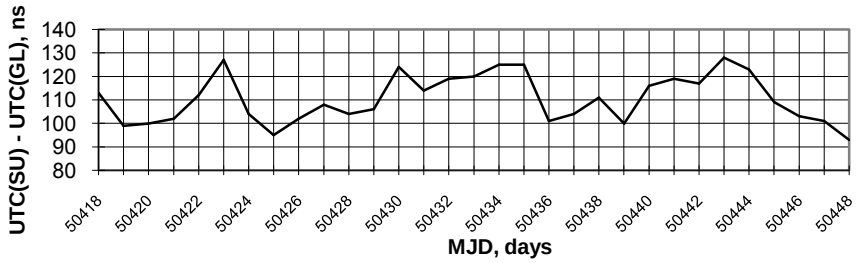
I satelliti russi attualmente in orbita sono 24, disposti su 3 orbite circolari inclinate di 64.8° rispetto al piano dell'equatore e spaziate tra loro di 45°, e compiono una rivoluzione completa in 11 ore e 15 minuti, alla distanza dalla terra di 19.100 chilometri.

Il programma russo prevedeva il lancio di tre nuovi tipi di satelliti Glonass rispettivamente dal 2003, dal 2005 e dal 2010-2011. Il tempo di vita previsto per i primi in orbita era di 3 anni, saliti rispettivamente a 7 ed a 10-12 ed oltre per i nuovi modelli da lanciare. Il peso è per ora di 1400 kg, maggiore di quello dei satelliti americani (862 kg), ma il peso dei successivi fu 750 kg. La precisione garantita inizialmente agli utenti per il posizionamento verticale era di 60 m, ridotta a 15 m nel 2003 ed ulteriormente scesa a 5-8 m dal 2005; in seguito, con il Global Differential Data, la precisione si è attestata a 20-30 cm.

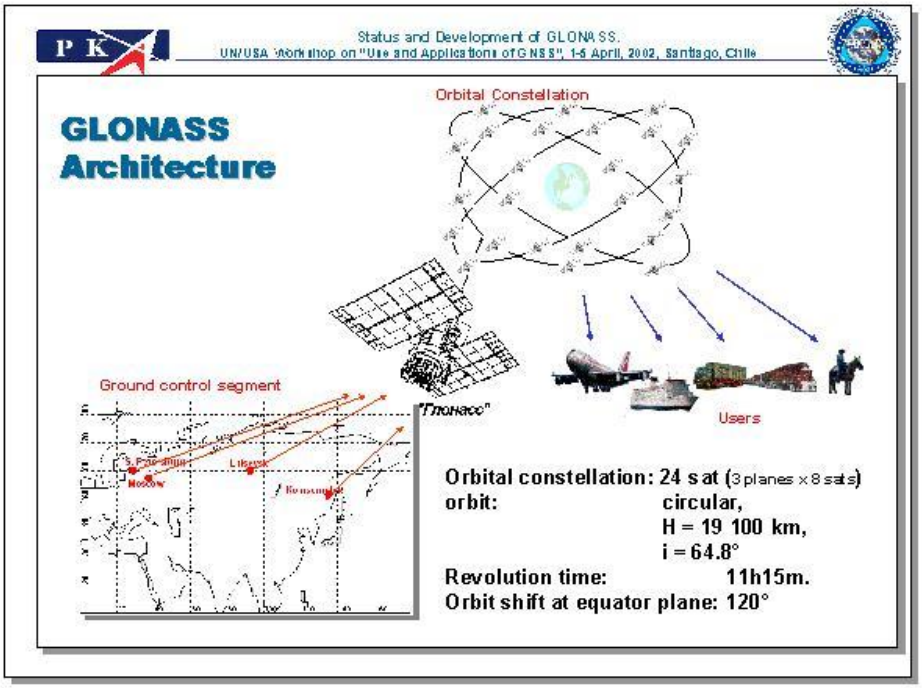
Gli altri dati tecnici "storici" si possono evincere dagli schemi presentati dal rappresentante della Agenzia Russa dello Spazio e dell'Aviazione (PKA) agli incontri sui GNSS tenuti da Nazioni Unite e USA rispettivamente a Vienna dal 26 al 30 novembre 2001 ed a Santiago del Cile dall'1 al 5 aprile 2002, leggibili nelle diapositive riprodotte nelle pagine seguenti.

Tra le novità più importanti dei prossimi satelliti Glonass è la determinazione dell'integrità (Integrity), già prevista per il 2005 ma attuata con forti ritardi.

Fin dalla seconda metà del 1996 l'ICAO (International Civil Aviation Organization) e l'IMO (International Maritime Organization) ha ufficialmente accettato la proposta della Federazione Russa di collaborare con le organizzazioni internazionali degli utenti per un servizio GNSS integrato GPS-Glonass. Esperti di parecchie organizzazioni internazionali (ICAO, IMO, BIPM, IONE, DSNS, ecc.) hanno ripetutamente espresso un'opinione favorevole sui vantaggi e sui benefici di uso integrato di GLONASS e GPS al fine di migliorare l'affidabilità dei sistemi. Il problema principale allora rilevato e poi risolto consisteva nel coordinare i relativi riferimenti di tempo e spazio, per la differenza esistente tra il tempo GPS e quello Glonass.



Difference UTC(SU) - GLONASS time



GLONASS Status and Progress.

GLONASS Navigation Satellite Specification



	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS-K
Life-Time	3 years	7 years	10—12 years
Mass	1400 kg	1400 kg	750 kg
SV Numberin a group launch: - PROTON - SOYUZ	 3 -	 3 -	 6 2
Power capability	1000 W	1000 W	1000 W
Number of Civil Signals	1	2	3
Number of Special Signals	2	2	3
On-board clock daily stability	$5 \bullet 10^{-13}$	$1 \bullet 10^{-13}$	$1 \bullet 10^{-13}$
Additional Task	-	-	SAR

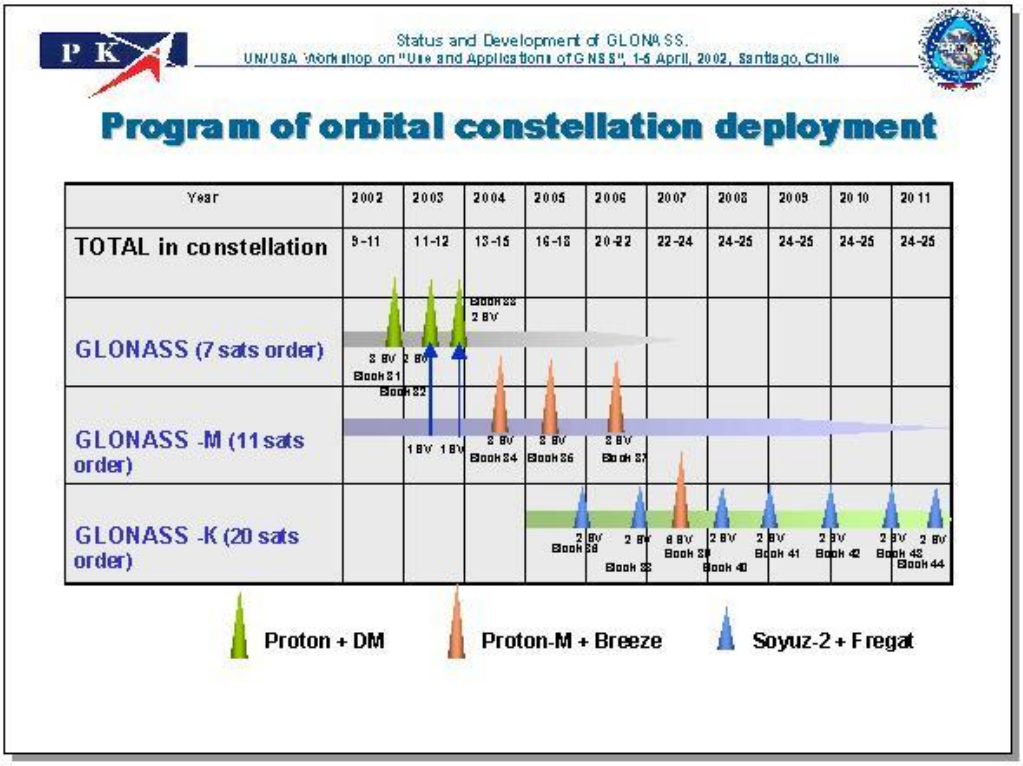
Status and Development of GLONASS.
UN/USA Workshop on "Use and Applications of GNSS", 1-5 April, 2002, Santiago, Chile

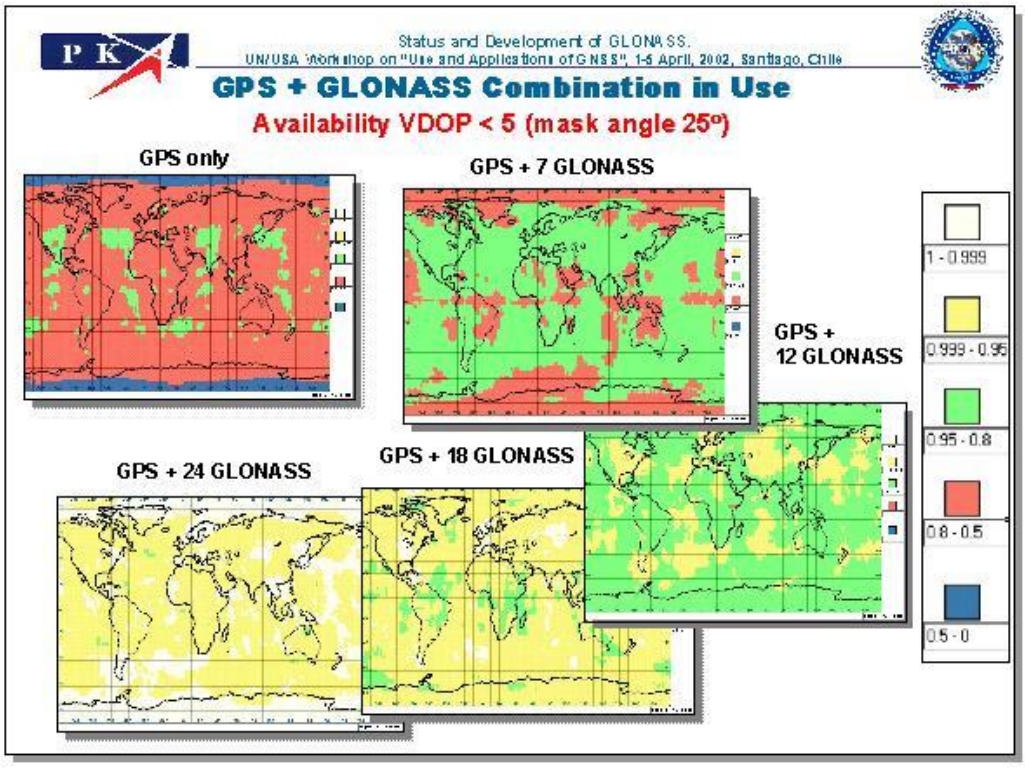
GLONASS System Specification



	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS-K	GLONASS-NG
First Flight Test Launch	existing	2003	2005	2010-2011
Life-Time	3 years	7 years	10—12 years	extended
Mass	1400 kg	1400 kg	750 kg	TBD
SV Numberin a group launch: - PROTON - SOYUZ	 3 -	 3 -	 6 2	 6 (TBC) 2 (TBC)
Power capability	1000 W	1000 W	1000 W (TBC)	TBD
User positioning accuracy (vertical, real-time)	60 m	15 m	5-8 m (TBC) (20 – 30 cm with global differential data)	TBD
Number of Civil Signals	1	2 (since G-M#1)	3 (TBC)	3 (TBC)
Number of Control Access Signals	2	2	3 (TBC)	TBD
On-board clock daily stability	$5 \bullet 10^{-13}$	$1 \bullet 10^{-13}$	$1 \bullet 10^{-14}$ (TBC)	TBD
Intersatellite Link	-	since G-M#3	yes	yes
Additional Functions	-	Nuclear Tests Monitoring	+ SAR (TBC), Integrity (TBC) Global Differential (TBC)	+ User oriented service (TBD)

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

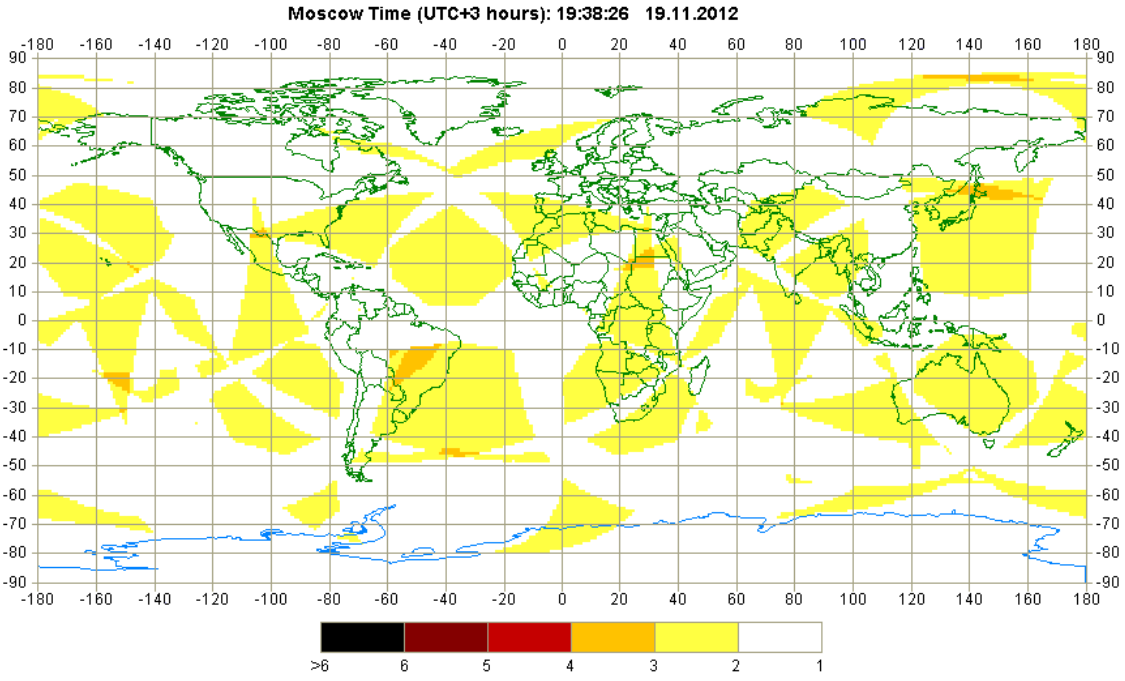

Status and Development of GLONASS.
UN/USA Workshop on "Use and Applications of GNSS", 1-5 April, 2002, Santiago, Chile
Program of orbital constellation deployment
Year
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
TOTAL in constellation
9-11
11-12
13-15
16-18
20-22
22-24
24-25
24-25
24-25
24-25
GLONASS (7 sats order)
GLONASS -M (11 sats order)
GLONASS -K (20 sats order)
Proton + DM
Proton-M + Breeze
Soyuz-2 + Fregat


Status and Development of GLONASS.
UN/USA Workshop on "Use and Applications of GNSS", 1-5 April, 2002, Santiago, Chile
GPS + GLONASS Combination in Use
Availability VDOP < 5 (mask angle 25°)
GPS only
GPS + 7 GLONASS
GPS + 12 GLONASS
GPS + 18 GLONASS
GPS + 24 GLONASS
1 - 0.999
0.999 - 0.95
0.95 - 0.8
0.8 - 0.5
0.5 - 0

Nel 2002, a causa della grave situazione economica della Russia, erano ancora operativi solamente otto satelliti e la rete era pressoché inutilizzabile. I satelliti operativi divennero 11 nel marzo del 2004. Tre satelliti di nuova concezione, con una vita operativa estesa a sette anni, furono lanciati il 26 dicembre 2004. In seguito ad un accordo commerciale con l'India, la rete è tornata operativa nell'aprile 2010, con 21 satelliti in funzione su 24. A luglio 2012 la costellazione è ritornata pienamente operativa con 24 satelliti attivi, una "riserva" di 4 satelliti e 3 satelliti in stato di riparazione o fuori uso. La copertura è quindi quasi paragonabile a quella del sistema statunitense GPS.

Solo a fine 2011 cominciano ad essere facilmente reperibili sul mercato dispositivi elettronici di consumo che integrano ricevitori GPS e Glonass. Adesso ne dispongono anche i telefoni più venduti[32] (come il Samsung Galaxy S3 e l'iPhone 4S).

Di seguito l'immagine, confrontabile con quelle nella precedente slide risalente al 2002, illustra la migliorata copertura dei soli satelliti Glonass.



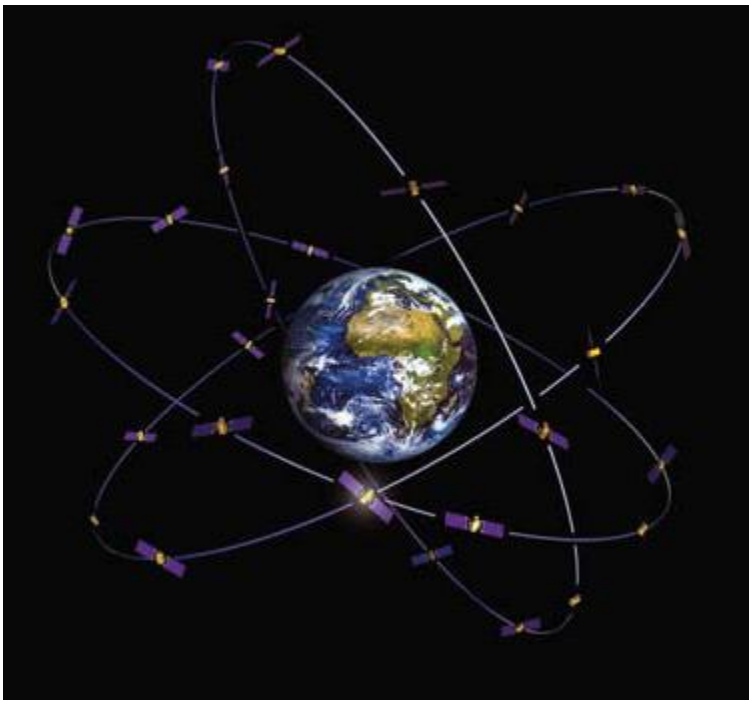
[32] Come il Samsung Galaxy S3 e l'iPhone 4S.

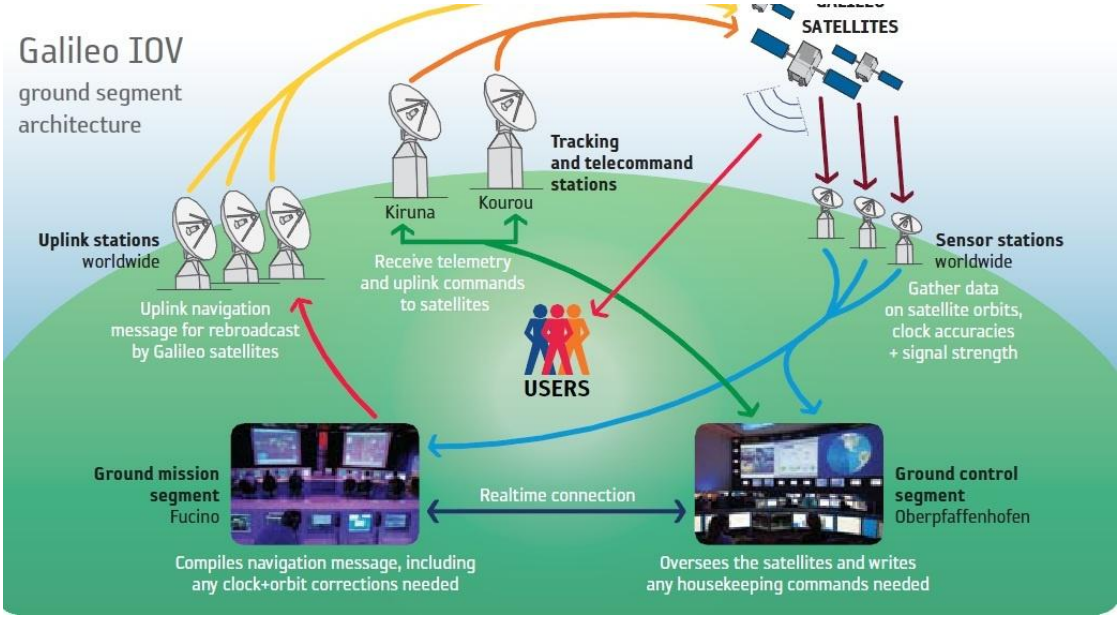
4.1.3. GALILEO



Il programma GALILEO di radionavigazione via satellite è il primo grande programma che riunisce l'Unione europea e l'Agenzia spaziale europea. Mira a sviluppare una tecnologia di avanguardia che permetterà all'utente fornito di un ricevitore di ricevere segnali emessi da molti satelliti e di determinare, ovunque e in qualsiasi momento, la sua posizione esatta nel tempo e nello spazio. Galileo sarà il primo sistema satellitare di radionavigazione globale civile, e sarà inoltre il primo a fornire un servizio altamente preciso e garantito dal punto di vista dell'integrity. Sarà interoperabile con il GPS e GLONASS, gli altri due sistemi di navigazione satellitare. Ogni utente potrà determinare la propria posizione con lo stesso ricevitore dai satelliti di tutti i sistemi.

Offrendo le frequenze doppie come standard, tuttavia, Galileo assicurerà l'esattezza del posizionamento in tempo reale con errore al di sotto del metro, che è senza precedenti per un sistema disponibile al pubblico. Garantirà la disponibilità del servizio in tutte le circostanze, anche le più estreme, ed informerà gli utenti entro pochissimi centesimi di secondo dei guasti dei satelliti. Ciò lo renderà adatto ad applicazioni dove la sicurezza è cruciale, quali i trasporti ferroviari, la guida delle automobili e l'atterraggio dei velivoli.





Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Giove A



Giove B



GALILEO è basato su una costellazione di 30 satelliti (27 + 3 di riserva) in tre piani orbitali, nell'orbita terrestre media (MEO), cioè ad un'altitudine di circa 24 000 km (precisamente 23686 km), ad un'inclinazione sull'equatore di 56°, che copre in permanenza tutta la superficie della Terra. Stazioni terrestri completano e gestiscono il sistema.

A seguito della decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo del 26 marzo 2002, il regolamento che crea l'impresa comune GALILEO è stato formalmente adottato il 21 maggio 2002.

(Regolamento (CE) n. 876/2002 del Consiglio, del 21 maggio 2002, relativo alla costituzione dell'impresa comune GALILEO, GU L 138 del 28.5.2002, pag. 1).

> "L'impresa comune GALILEO ha l'obiettivo di completare la fase di sviluppo del programma (2002-2005). Successivamente, tenuto conto delle molteplici ripercussioni commerciali legate ai crescenti contratti di servizi di navigazione via satellite in numerosi settori, il programma sarà gestito durante le fasi di spiegamento (2006-2007) e di esercizio operativo (a partire dal 2008) da un'entità privata. A tal fine, una gara di appalto sarà indetta dall'impresa comune GALILEO per permettere la selezione del consorzio privato cui sarà attribuita la concessione per lo spiegamento e l'esercizio del sistema."

Il lancio dell'impresa comune GALILEO ha registrato ritardi a seguito delle difficoltà incontrate dall'Agenzia spaziale europea nel finalizzare i rispettivi contributi degli Stati partecipanti contenuti nella sua dichiarazione di programma relativa a GALILEO. Per ragioni soprattutto politiche, alcuni Stati membri rivendicano lo status di principale contribuente finanziario a questo programma, situazione difficile da trattare nel quadro della convenzione dell'Agenzia spaziale europea. Nell'immediato, se non si giunge ad una soluzione, l'Unione europea dovrà trattare la questione. È infatti imperativo realizzare l'impresa comune il più rapidamente possibile per approvare il piano delle gare di appalto per la fase di sviluppo. Senza una decisione su questo ultimo punto, gli industriali interessati avranno grandi difficoltà a mantenere in attività i loro gruppi di ingegneri.

Il primo satellite sperimentale facente parte della cosiddetta base di prova del sistema Galileo (GSTB) sarà lanciato verso la fine del 2004. L'obiettivo di questo satellite sperimentale è caratterizzare le tecnologie critiche, che sono già in sviluppo nel quadro dei contratti di SEC. Da allora in poi fino a quattro satelliti operativi saranno lanciati nel periodo 2005-2006 per convalidare lo spazio di base del Galileo ed il segmento terrestre relativo. Una volta che questa fase di Verifica In Orbita (IOV) è stata completata, i satelliti restanti saranno installati per raggiungere la possibilità operativa completa (FOC).

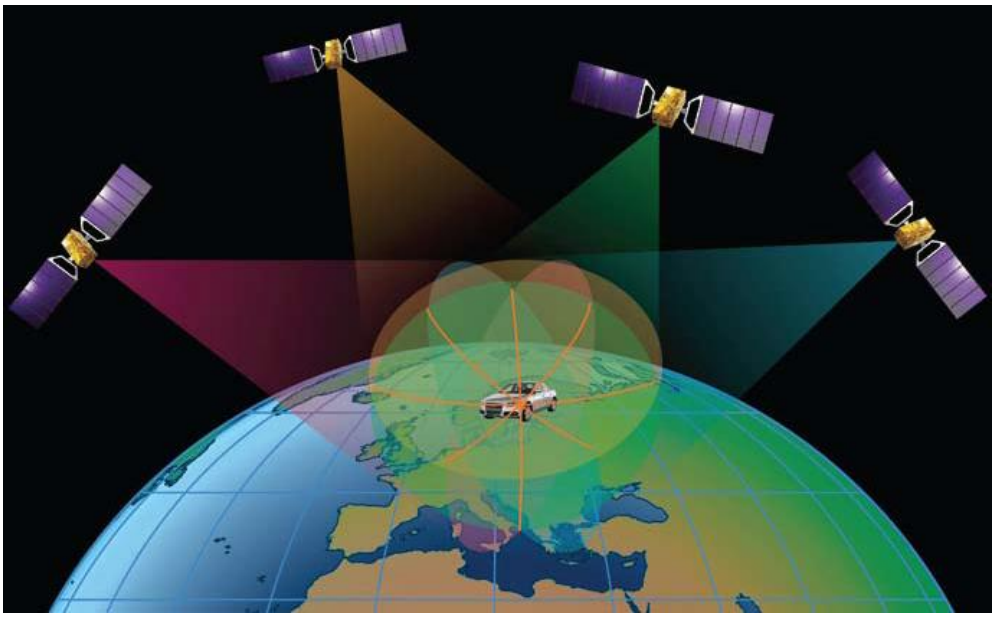
Il sistema completo dell'impresa comune Galileo consiste in 30 satelliti (27 + 3 di ricambio attivi operativi), posizionati in tre orbite medie circolari intorno alla terra (MEO) a 23616 chilometri di altezza sopra la superficie terrestre e ad un'inclinazione dei piani orbitali di 56 gradi. Una volta che

questo sarà realizzato, i segnali di navigazione di Galileo forniranno una buona copertura anche alle latitudini fino a 75 gradi nord, che corrisponde al capo nord ed oltre. Il gran numero di satelliti insieme all'ottimizzazione della costellazione e la disponibilità dei tre satelliti di ricambio attivi consentiranno di far sì che la perdita di un satellite non abbia effetto percepibile dall'utente.

Due centri di controllo del Galileo (GCC) saranno organizzati su terra europea per prevedere il controllo dei satelliti e per effettuare l'amministrazione della missione di navigazione.

I dati forniti tramite una rete globale di venti satelliti Galileo saranno trasmesse ai centri di controllo del Galileo attraverso una rete di comunicazioni ridondante. Il GCC's userà i dati delle stazioni del sensore per computare le informazioni di integrità e per sincronizzare il segnale di tempo di tutti i satelliti e degli orologi della stazione a terra. Lo scambio di dati fra i centri di controllo ed i satelliti sarà realizzato attraverso le cosiddette stazioni di up-link. Cinque stazioni di up-link della S-band e 10 stazioni di up-link della C-band saranno installate intorno al globo a questo fine. Come caratteristica ulteriore, Galileo fornirà una funzione di ricerca globale e salvataggio (SAR), basata sul sistema operativo di Cospas-Sarsat. Per fare così, ogni satellite sarà dotato di un risponditore, che può trasferire i segnali di pericolo dai trasmettitori dell'utente al centro di coordinazione di salvataggio, che allora inizierà l'operazione di salvataggio. Allo stesso tempo, il sistema fornirà un segnale all'utente, informandolo che la sua situazione è stata rilevata e che l'aiuto è in corso. Questa caratteristica è nuova ed è considerata un aggiornamento importante confrontato al sistema attuale, che non fornisce risposte all'utene.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), è un servizio geostazionario europeo di navigazione ed è la prima iniziativa in Europa nel campo della navigazione satellitare. Apre la strada a Galileo, il sistema globale indipendente di navigazione satellitare dell'Europa attualmente in fase di sviluppo. EGNOS è operativo e disponibile per l'utilizzo sia con un Open Service che con un servizio di salvaguardia della vita per l'aviazione.



Nel leggere la storia dell'impresa comune GALILEO interessante è considerare come un servizio civile quale quello europeo si è posto nei confronti degli omologhi statunitense ed allora sovietico ed analizzarne le sfide.

La Commissione nel 2002 ha proposto una definizione dei servizi ed orientamenti per i negoziati con i paesi terzi delineando il futuro servizio[33].

> "Sei mesi dopo che il Consiglio dei ministri ha definitivamente lanciato GALILEO, il progetto europeo di radionavigazione via satellite, la Commissione europea prosegue lo sviluppo di questo primo grande programma che riunisce l'Unione europea e l'Agenzia spaziale europea. Oggi ha adottato una comunicazione sullo stato di avanzamento in cui tratta in particolare i diversi servizi offerti da GALILEO, le questioni di sicurezza, le relazioni con gli Stati Uniti e la cooperazione internazionale con gli altri paesi terzi. "Sbloccando i fondi necessari, il Consiglio dei Ministri ha chiaramente dimostrato, il 26 marzo 2002, la ferma volontà dell'Unione europea di dotarsi nei prossimi anni di un sistema completo ed autonomo di radionavigazione via satellite" ha dichiarato Loyola de Palacio, Vicepresidente responsabile dei Trasporti e dell'Energia. "La comunicazione adottata oggi costituisce una prima relazione intermedia sui progressi verso la messa in servizio di Galileo nel 2008".
> La comunicazione adottata oggi traccia un bilancio dei vari aspetti importanti dello sviluppo del programma Galileo.
> La definizione dei servizi e del piano di frequenza
> […]
> GALILEO proporrà molti livelli di servizio ad accesso aperto o più o meno ristretto:
> […]
> La sicurezza
> […]
> Le relazioni con i paesi terzi"

[33] Press release n. Ip/02/1358 del 24 settembre 2002: europa.eu/rapid/press-release_IP-02-1358_it.htm

Caratteristiche principali dei servizi GALILEO

		Servizio aperto (posizionamento)	
Tipo di ricevitore	**Portanti**	Frequenza unica	Doppia frequenza
	Calcolo dell'integrità	No	
	Correzione ionosferica	Di modello semplice	Basato su misure a doppia frequenza
Copertura		Mondiale	
Precisione (95%)		H: 15 m V: 35 m	H: 4 m V: 8 m
Integrità	**Limite di allarme**	Non applicabile	
	Intervallo di tempo fino all'allarme		
	Rischio di integrità		
Disponibilità		99,8%	

	Servizio aperto (datazione)
Portanti	Tripla frequenza
Copertura	Mondiale
Precisione di datazione rispetto a UTC/TAI	30 nanosecondi
Disponibilità	99,8%

		Servizio "Sicurezza della vita"
Tipo di ricevitore	**Portanti**	Tre frequenze
	Calcolo dell'integrità	Sì
	Correzione ionosferica	Misure a doppia frequenza
Copertura		Mondiale

		Livello critico	Livello non critico
Precisione (95%)		H: 4 m V: 8 m	H: 220 m
Integrità	**Limite di allarme**	H: 12 m - V: 20 m	H: 556 m
	Intervallo di tempo fino all'allarme	6 secondi	10 secondi
	Rischio di integrità	$3,5 \times 10^{-7}$/150 secondi	10^{-7}/ora
Rischio di continuità		10^{-5}/15 secondi	10^{-4}/ora – 10^{-8}/ora
Certificazione/responsabilità		Sì	
Disponibilità di integrità		99,5%	
Disponibilità di precisione		99,8%	

		Servizio pubblico regolamentato
Tipo di ricevitore	**Portanti**	Doppia frequenza
	Calcolo dell'integrità	Sì
	Correzione ionosferica	Misure a doppia frequenza
Copertura		Mondiale
Precisione (95%)		H: 6,5 m V: 12 m
Integrità	**Limite di allarme**	H: 20 m - V: 35 m
	Intervallo di tempo fino all'allarme	10 secondi
	Rischio di integrità	$3,5 \times 10^{-7}$/150 secondi
Rischio di continuità		10^{-5}/15 secondi
Precisione di datazione rispetto a UTC/TAI		100 nanosecondi
Disponibilità		99,5%

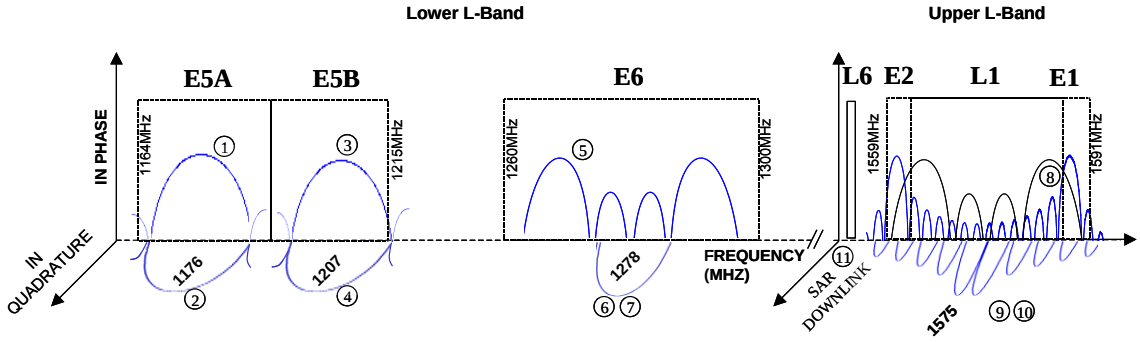
Supporto GALILEO al servizio "ricerca e salvataggio" (SAR/GALILEO)	
Capacità	Ogni satellite trasmette i segnali provenienti da fino un massimo di 150 radiofari simultaneamente in funzione
Tempo di latenza del sistema in avanti	La comunicazione dai radiofari alle stazioni SAR a terra permette l'individuazione e la localizzazione di un messaggio di emergenza in meno di 10 minuti. Il tempo di latenza va dalla prima attivazione del radiofaro fino alla sua localizzazione
Qualità di servizio	Tasso di errore di bit < 10^{-5} per collegamento di comunicazione: segnale alla stazione SAR a terra
Flusso dati di ricevimento	6 messaggi di 100 bit ciascuno, al minuto
Disponibilità	> 99,8%

Tipo di elementi locali	Diffusione di correzioni differenziali	Diffusione di correzioni differenziali	Assistenza ad utenti in ambienti interni
Precisione (95%)	< 1 m	< 10 cm	50 m (da confermare)
Integrità TTA	fino a 1 secondo	Da precisare	Da precisare
Limite di allarme di integrità	Da precisare	Da precisare	Da precisare
Disponibilità	99-99,95 (da precisare)	99-99,9 (da precisare)	99-99,9 (da precisare)
Comunicazioni	Diffusione	Dati mono/bidirezionali	Dati e voce mono/bidirezionali

Caratteristiche principali dei segnali GALILEO

Il seguente diagramma descrive l'emissione dei segnali di navigazione di GALILEO:

- 4 segnali sono trasmessi nella gamma di frequenza 1 164-1 215 MHz (E5a-E5b)
- 3 segnali sono trasmessi nella gamma di frequenza 1 260-1 300 MHz (E6)
- 3 segnali sono trasmessi nella gamma di frequenza 1 559-1 591 MHz (L1)



Sia il codice di misure della distanza che i dati portano le informazioni specifiche necessarie per un servizio specifico. Fra i 10 segnali della navigazione:

- 6 sono progettati per OS e SoL (segnali 1, 2, 3, 4, 9 e 10);
- 2 sono progettati specificatamente per Cs (segnali 6 e 7);
- 2 sono progettati specificatamente per PRS (segnali 5 e 8).

Identificazione dei segnali	Segnali	Frequenza centrale	Modulazione	Tasso di chip	Crittografia di codice	Tasso di dati	Crittografia dei dati
1	Segnale di dati in E5A	1 176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	No	50 sps/25 bps	No
2	Segnale pilota in E5A	1 176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	No	Nessun dato	Nessun dato
3	Segnale di dati in E5B	1 207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	No	250 sps/125 bps	No
4	Segnale pilota E5B	1 207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	No	Nessun dato	Nessun dato
5	Segnale di spettro diviso (*split-spectum signal*) in E6	1 278 MHz	BOC (10,5)	5 Mcps	Sì – governativo approvato	250 sps/125 bps	Sì
6	Segnale di dati commerciale in E6	1 278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sì – commerciale	1000 sps/500 bps	Sì
7	Segnale pilota commerciale in E6	1 278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sì – commerciale	Nessun dato	Nessun dato
8	Segnale di spettro diviso (*split-spectum signal*) in L1	1 575 MHz	BOC (n,m)	m Mcps	Sì – governativo approvato	250 sps/125 bps	Sì
9	Segnale di dati in L1	1 575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	No	200 sps/100 bps	No
10	Segnale pilota in L1	1 575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	No	Nessun dato	Nessun dato

Le applicazioni di Galileo saranno moltissime:

- Aeronautica
- Raccolta dati ambientali
- Raccolta dati per GIS
- Tracciamento veicoli
- Navigazione veicolare
- Navigazione marina
- Rilievi topografici
- Servizi d'emergenza
- Posizionamento di precisione
- Agricoltura
- Fotogrammetria
- Divertimento
- Esplorazione
- Comunicazione
- Social geotagging
- Image geotagging
- Servizi immobiliari
- Servizi assicurativi
- Etc. etc.











4.2. Le tecniche di trattamento delle immagini telerilevate

4.2.1. Analisi d'Immagine *Object Based*

L'utilizzo di dati telerilevati riveste una crescente importanza nell'ambito di studi rivolti alla cartografia di ambienti naturali e semi-naturali su basi ecologiche. Accanto al tradizionale uso di fotografie aeree nella cartografia di coperture vegetali, in tempi relativamente recenti si sta sempre più verificando l'opportunità d'impiego di dati satellitari al fine di sfruttare il loro notevole contenuto informativo in questo campo.

Differenze culturali e d'impostazione metodologica tra esperti nel campo del telerilevamento satellitare e studiosi degli aspetti botanici e vegetazionali hanno costituito in passato un freno allo sviluppo delle applicazioni in questo campo, nel quale ancora oggi sono abbastanza limitati gli esempi di lavori pubblicati sull'argomento. Attualmente si possono constatare importanti progressi nel campo delle applicazioni che si possono mettere in relazione allo sviluppo che le varie discipline coinvolte hanno avuto in tempi recenti.

I sistemi di telerilevamento satellitare d'altra parte hanno conosciuto negli ultimi anni una notevole evoluzione, nell'ambito di un processo in cui sono andati di pari passo l'innovazione tecnologica, che ha consentito la messa in orbita di sistemi d'osservazione della terra sempre più sofisticati, e l'evoluzione degli strumenti informatici per l'elaborazione delle immagini, che sono progressivamente risultati alla portata di un numero sempre più vasto di utenti.

Tra le più recenti tecnologie per ottenere l'informazione dal dato satellitare, interessante, per le caratteristiche di omogeneità e riproducibilità nel tempo dei risultati, è l'analisi strutturale basata sugli oggetti che tra l'altro consente di processare grandissime quantità di dati al fine del rapido riconoscimento delle caratteristiche degli oggetti sulla superficie terrestre. All'uso di questa tecnologia sono ascrivibili i buoni risultati ottenuti in diversi progetti europei.

Le tecniche di miglioramento delle immagini telerilevate possono essere classificate secondo le diverse finalità che si propongono.

Sono finalizzate al miglioramento delle immagini le elaborazioni che tendono a migliorare l'interpretabilità visiva delle immagini, come ad esempio mediante la variazione del contrasto o della forma degli istogrammi, la variazione della codifica in colori dei dati, l'evidenziazione dei contorni tra oggetti diversi o la diminuzione della variabilità in aree omogenee.

Le elaborazioni di correzione/ricostruzione delle immagini hanno lo scopo di eliminare gli errori e le modifiche provocate dal sistema di ripresa ricostruendo la scena osservata a partire dall'immagine corretta. Sono anche in questa classe le tecniche di filtraggio di rumore, di miglioramento della focalizzazione, di eliminazione degli effetti del movimento del soggetto, etc. Se il sistema di ripresa è lineare esso determina una convoluzione tra la sua risposta impulsiva e la scena osservata: ricadono allora in questa classe tutte le tecniche di deconvoluzione ed i filtraggi che rimuovono il rumore di tipo aleatorio o le interferenze note dalla teoria di elaborazione numerica dei segnali.

L'interpretazione delle immagini ha il fine di individuare per ogni pixel una definizione che ne descriva le proprietà. Rientrano in questa classe le tecniche di individuazione e riconoscimento delle forme, o *pattern recognition*, di segmentazione delle immagini, oppure di assegnazione di una classe di appartenenza a tutti i pixel dell'immagine.

Anche se non rientrano esattamente nel campo della vera e propria elaborazione delle immagini, nel caso di immagini telerilevate si considerano spesso appartenenti a tale ambito con una accezione più ampia anche elaborazioni finalizzate al controllo di qualità, che hanno lo scopo di determinare la qualità del dato acquisito o attestare quella del prodotto telerilevato da fornire all'utente finale. Nei sensori operanti nel visibile e nell'infrarosso queste servono a determinare il grado di copertura nuvolosa presente nella scena.

Le correzioni geometriche hanno lo scopo di riproiettare le immagini rispetto ad un sistema di riferimento sulla superficie terrestre, compensando le distorsioni indotte dal sistema di ripresa, in special modo dal meccanismo di scansione.

Si distinguono le distorsioni sistematiche determinate da effetti noti del meccanismo di scansione, come le distorsione panoramiche nei sensori con grande campo di vista, le distorsioni dovute alla vista laterale ed alla discriminazione in tempo nei radar d'immagine etc., e le distorsioni aleatorie dovute ad errori non misurati o noti a priori, come scostamenti della piattaforma dalla traiettoria nominale, variazioni non note dell'assetto, variazioni non note dell'elevazione della scena, etc.. Allo stesso modo

vengono classificate le tecniche di correzione geometrica tra quelle di tipo sistematico, basate sulla conoscenza accurata del meccanismo di acquisizione delle immagini, quindi dell' orbita e dell' assetto, della geometria di scansione etc., e quelle invece che si basano sulla individuazione di un certo numero di punti di controllo a terra (Ground Control Points: GCP), ovvero della conoscenza delle coordinate a terra di un certo numero di pixel individuati sull' immagine, come incroci stradali, costruzioni, etc., e riconosciuti su una carta geografica della zona osservata. In questo i punti di controllo sono utilizzati per costruire un modello di distorsione dell'intera immagine senza informazioni aggiuntive sul meccanismo di scansione. Esistono anche approcci intermedi per cui una correzione di tipo sistematico può utilizzare punti di controllo per stimare alcuni dei parametri di sistema che non siano del tutto noti con l'accuratezza necessaria.

Le correzioni geometriche mediante punti di controllo permettono quindi di rettificare l'immagine in assenza di conoscenze sui meccanismi di distorsione geometrica e possono perciò essere utilizzate anche dagli utenti finali. Permettono di raggiungere buone accuratezze geometriche ma sono dispendiose quanto a risorse umane impiegate nella fase di acquisizione dei punti di controllo. Esse si basano sul riconoscimento, in genere ad opera di un operatore umano, di un congruo numero di oggetti sia nelle immagine che su carta geografica dell'area ripresa e sulla acquisizione delle loro coordinate sull'immagine e sulla carta. I punti di controllo a terra dovranno essere ben distribuiti nell'immagine ed essere acquisiti con grande accuratezza, anche se un certo errore è insito nel processo di acquisizione sia sulla carta che sulla immagine. A partire da tali punti di controllo viene poi determinata la trasformazione tra le coordinate di ingresso y x, e quelle di uscita. y'x'.

Le correzioni radiometriche hanno lo scopo di determinare, a partire dal segnale numerico fornito dal sensore di telerilevamento, una grandezza fisica che rappresenta una proprietà radiativa dell'oggetto osservato. Permettono ad esempio di ricavare, a partire dal segnale in uscita dal rivelatore, la temperatura di brillanza dell'energia che incide sull'antenna di un radiometro a microonde oppure l'emissività della superficie del terreno osservata. Nel caso di un sensore elettro-ottico, permettono di determinare, a partire dal segnale elettrico in uscita all'elemento fotosensibile, la radianza del pixel oppure, valutando l'irradianza dovuta al sole, la sua riflettanza. Le correzioni radiometriche di solito includono la calibrazione interna ed esterna del sistema di misura, le correzioni degli effetti dell'atmosfera, la determinazione delle condizioni di illuminazione dell'oggetto osservato tenendo conto, nel caso più complesso, della pendenza e dell'elevazione della porzione di superficie considerata.

Un sensore di telerilevamento che permette la generazione di immagini effettua, per ogni pixel, un certo numero di misure di un parametro radiativo (radianza, riflettanza, etc.) in corrispondenza di diversi valori della frequenza della radiazione, della polarizzazione, dell'angolo di osservazione o dell'istante di tempo in cui avviene l'osservazione. La classificazione di un'immagine consiste nell'identificare a quale classe appartiene ciascun pixel dell'immagine stessa. Se facciamo riferimento alle classi di copertura del suolo l'immagine di una certa porzione di territorio classificata permette di realizzare una carta tematica, cioè un documento cartaceo che, rispetto ad una proiezione cartografica, indica con una diversa colorazione o segno grafico, come descritto da un'apposita legenda, le porzioni di territorio che, nel caso del *land use*, saranno ad uso agricolo, aree urbane, aree industriali, specchi d'acqua, foreste, prati, pascoli, etc.

Si usa distinguere due tipi fondamentali di tecniche di classificazione.

Le tecniche di classificazione senza supervisione (*unsupervised*) non utilizzano alcuna informazione a priori e raggruppano tutti i pixel dell'immagine in maniera automatica in base alla loro posizione nello spazio multidimensionale individuando pertanto un certo numero di gruppi o clusters sufficientemente distinti. In una seconda fase si dovrà poi associare a ciascun cluster individuato in base alle proprietà spettrali, Classe spettrale, una classe reale presente nel territorio. Tale secondo passo avviene in genere con metodi che prevedono l'intervento dell'operatore umano. Spesso accade che diverse classi spettrali corrispondano ad una medesima classe reale e viceversa (la variabilità del suolo o della sua umidità possono differenziare classi spettrali a parità di vegetazione presente).

Le tecniche di classificazione *supervised* si basano sulla conoscenza dell'appartenenza alle diverse classi di un congruo numero di pixel dell'immagine (dati di training). Questa conoscenza può derivare da cartografia esistente, statistiche o da sopralluoghi all'uopo realizzati. A partire dai dati di training si determina la firma spettrale di ciascuna classe e si determina una regola di decisione che permetta di classificare automaticamente tutti i restanti pixel dell'immagine.

La necessità di produrre cartografia anche degli ambienti naturali e semi-naturali, d'altro canto, è diventata sempre maggiore sulla scorta di leggi e regolamenti che mirano a soddisfare crescenti esigenze di pianificazione e gestione ambientale del territorio a livello locale (Regioni, Province, Enti Parco), nazionale ed europeo (Direttiva 43 del 1992 sulla conservazione di habitat naturali, fauna e flora selvatica).

La maggior parte delle applicazioni è legata all'approccio tradizionale prima illustrato, che vede nel telerilevamento da piattaforme aeree e satellitari uno strumento capace di estendere e generalizzare i dati raccolti a terra e dare quindi un contributo importante alla definizione dei limiti cartografici. Nello stesso tempo la gamma sempre più vasta di dati a diversa risoluzione spaziale e spettrale a disposizione permette di superare alcune limitazioni del passato relative alla possibilità di analizzare e cartografare in dettaglio ambienti ecologicamente rilevanti ma di estensione limitata. In aggiunta hanno fatto la loro comparsa sistemi informatici che consentono un'interpretazione automatica e semi-automatica delle immagini finalizzata alla produzione cartografica, primi passi verso un nuovo tipo di approccio che non esautora la figura dell'esperto tematico, comunque indispensabile, ma va nella direzione di superare la soggettività insita nel processo di interpretazione manuale.

L'informazione geofisica che giunge dal sensore del satellite è solo la quantità di energia elettromagnetica a diverse lunghezze d'onda. Per l'utilizzatore in genere l'informazione sulla quantità energia rispetto alla lunghezza d'onda è un'informazione irrilevante rispetto al suo problema di ricerca (a meno che il campo di ricerca non riguardi, ad esempio, lo studio della fisica dell'atmosfera etc.).

I sistemi di riconoscimento automatico devono essere in grado di collegare l'informazione originaria con quella richiesta dal campo applicativo, in modo manuale o automatico. L'informazione di base nel caso, ad esempio, del riconoscimento della quantità di popolazione presente su un dato territorio, non è l'informazione sulla quantità di popolazione ma la quantità di energia, cioè un'informazione di livello basso dal punto di vista semantico. Non si ottengono infatti mappe dal satellite.

I sistemi automatici permettono però di superare questo *gap* semantico tra il tipo di informazione disponibile e quella d'interesse.

Nello studio della popolazione i demografi partono da un livello semantico molto più alto: si sa già che vi sono delle persone, si parte allora dall'età, da altri dati di base su cui poi si costruisce il modello.

Poniamo che la domanda sia: quante persone risiedono in una certa area? L'informazione disponibile proveniente da un sistema automatico (un sensore che vola viaggiando a diverse migliaia di metri dal terreno) potrà essere solo a basso livello semantico. Un sensore all'infrarosso non spiegherà che cos'è l'oggetto, ma dirà tutto, ad esempio, sulla quantità di energia nell'infrarosso termico che promana dal terreno in quel posto a quell'ora.

I dati captati dal sensore si possono rappresentare come se fossero fotografie; ma non sono foto da satellite, bensì dati sull'energia elettromagnetica. Possono somigliare ad una fotografia o ad una mappa tematica o ad una cartografia, il risultato però è una elaborazione, sempre presente tra i dati e l'interprete. Fotografie erano invece quelle delle vecchie riprese telerilevate da aereo o anche da satellite, che, su emulsione, venivano poi lanciate a terra col paracadute e recuperate (come nel periodo della guerra fredda).

Ora invece sono disponibili dati sull'energia elettromagnetica che a seconda delle combinazioni e delle preparazioni possono presentarsi come fotografie o come carte tematiche, oppure come cartografie con case, strade etc.

Si tratta però sempre di un'elaborazione dei dati mediata dal cervello biologico dell'interprete.

Nel caso in cui sia necessario conoscere il numero di persone residenti in un certo luogo ciò è possibile basandosi sui dati da satellite, ma questi non sono direttamente comprensibili dal nostro cervello. Una tabellina di dati sulla popolazione residente è già comprensibile, cioè ha una informazione di base già direttamente interpretabile. Ma nel caso del dato satellitare non è possibile la diretta comprensione di milioni di misure della quantità di energia emessa in un certo luogo. Deve quindi trasferirsi l'informazione in concetti direttamente comprensibili dal nostro cervello, alzandone il livello semantico ad esempio con una rappresentazione di tipo fotografico (mimetica rispetto al mondo in cui si è abituati a muoversi). Si deve costruire un sistema che colleghi tutti questi numeri con i colori per rappresentare la realtà.

Perciò la maniera in cui si rappresentano visivamente i dati costituisce una tecnica di esplorazione degli stessi al fine di interpretarli.

In una scena che comprenda mare e terra si vedrà che questi hanno diversi comportamenti spettrali. Operando uno *stretching* unico si vede solo il mare nero e la terra chiara, ma è un'interpretazione della banca dati: se lo *stretching* è centrato sul mare si vedrà la terra bianca, ma concentrando l'attenzione sul mare saranno visibili i fenomeni che avvengono in quel luogo (inquinamenti, particolati in sospensione, ecc) che ha un comportamento spettrale diverso dal deserto, dalla roccia o dalle zone forestate.

Si può quindi fare uno *stretching* per visualizzare i dati relativi ad ogni tipo di superficie da analizzare.

L'interpretazione visiva è la via più comune per innalzare il livello semantico, ottenendo il significato di questa informazione (sembra un paradosso, ma per aumentare la comprensione devo ridurre la quantità di informazione che gestisco ed eliminare così gran parte dell'informazione numerica.

Il livello più comune di interpretazione è quello umano in cui si rappresenta il sistema su un dispositivo (uno schermo o altro) che ne permetta l'interpretazione.

Innalza il livello semantico, per fare un esempio, il sistema di riconoscimento caratteri (OCR) dello scanner, con un software che dai punti ricava i caratteri. Quindi si parla di riconoscimento, rilevazione automatica di cose; non si tratta più solo di una lista di puntini neri e puntini bianchi..

L'analisi spettrale non è che un'analisi che fa una statistica, cioè dirà quanti puntini neri e quanti puntini grigi o bianchi sono nella scena, quindi una statistica di quanti pixel appartengono a categorie spettrali date.

I metodi dell'analisi automatica che si basano su questo tipo di approccio associano al pixel una lista di numeri corrispondenti ad una quantità di bande di lunghezze d'onda. Questa lista di numeri diventa un punto in uno spazio multidimensionale, ogni vettore dello spazio multidimensionale è una dimensione nella quale c'è un numero che posiziona il pixel nello spazio. Togliendo l'informazione dallo spazio di tipo geografico e posizionandola in uno spazio di tipo statistico la distanza e la posizione dell'informazione non saranno di tipo geografico (metri, km) ma nello spazio delle *features*, delle caratteristiche del dato, della distanza, della differenza di segnale tra 0 e 255; e questo per tutti i pixel, milioni e milioni di pixel che esistono in una scena Landsat, ad esempio, 37.000.000, su cui si hanno sette informazioni spettrali che, messe in uno spazio a sette dimensioni andranno a formare nuvole di *cluster*.

Tutti i metodi di elaborazione spettrale si fondano sul fatto che oggetti simili nel mondo reale sono simili anche nel mondo della rappresentazione dell'informazione spettrale.

Tutto ciò toglie l'informazione dal suo contesto geografico. Il pixel, se ha quelle caratteristiche definite da quella stringa, se ha esattamente quel colore, portato in questo spazio è esattamente identico a qualunque altro pixel con quel colore ovunque sia posto nella scena. Il contesto geografico, la distanza tra i pixel, pattern spaziali ecc, non sono presi in considerazione in questo caso, ma conta solo il dato delle caratteristiche spettrali misurate dal sensore.

Metodi di questo genere vanno bene per dire, ad esempio, quanti pixel grigi esistono in quella immagine, quanti neri ecc, e sono metodi adatti per calcolare superfici.

Sono infatti tecniche nate per fare cartografia tematica di superfici sviluppate negli anni sessanta - settanta per conoscere le quantità di bosco o di acqua, ottenendo tabelle di superfici: ettari per tipo di superficie.

Il satellite Landsat è stato realizzato per le stime agricole nel Nord America:, cioè per conoscere in anticipo (un anno prima o tre mesi prima o un mese prima) quante tonnellate di grano o di mais sarebbe stato prodotto, al fine di programmare meglio sul mercato la vendita di questi prodotti. Era cioè un problema di tipo pratico cui si rispondeva con una soluzione che lavorava per superfici.

Se si deve risolvere un problema che può essere modellato in termini di superfici questo è ancora un sistema efficiente. È certamente meno efficiente se si va a rompere il nesso logico che c'è tra similarità spettrale e similarità tematica, che è l'assunzione che detta prima circa gli oggetti uguali dal punto di vista semantico nell'immagine (acqua, foresta ecc) che sono uguali, o simili, o vicine anche nello spazio delle caratteristiche. Questa è un'assunzione che non viene verificata perché non possiamo controlliamo le caratteristiche di ripresa. I sistemi di sensori funzionano *indoor*, cioè dove si controllano esattamente tutte le caratteristiche di ripresa: quantità di luce che si manda, umidità del suolo, dell'atmosfera, cioè tutto il sistema è controllato nei suoi parametri fondamentali, e l'unica cosa che cambia è il tipo di superficie che sta sotto i sensori. In quel caso il sistema funziona, cioè ha la stessa risposta spettrale per il materiale uguale.

Invece quando si lavora nel mondo reale non si può controllare nessuna delle condizioni al contorno, cioè non si sa che umidità c'è al suolo, non si sa che umidità c'è al suolo in ambito locale, perché nella stessa zona possono esserci zone umidissime e secche, non si sa cosa succede nella pila di atmosfera che c'è tra il sensore ed il materiale al suolo: può esserci nebbia, nuvole, aria secca, ecc. Si può avere ad esempio una bruma che falsa completamente la risposta nel blu o in altre lunghezze d'onda. Ci sono anche effetti del rilievo del suolo: si può avere una parte dell'immagine in ombra ed una al sole; una parte può avere la radiazione solare in pieno ed un'altra con diverse angolazione. Nel mondo reale non si controlla alcuna delle condizioni al contorno, che possono cambiare in maniera radicale la risposta spettrale. Quindi si può avere lo stesso oggetto tematico ma con risposte spettrali diverse a seconda che sia al sole, all'ombra, in umido, fuori, dentro etc.

Accade quindi che la foresta spettrale si trovi dappertutto, e quel che è tema della foresta può risultare uguale alla risposta spettrale dell'acqua, se per caso c'è ombra, umidità, ecc.

La prima critica a questo tipo di approccio si fonda su questa osservazione: non c'è diretta relazione tra comportamento spettrale osservato e appartenenza tematica. Questo *link* si deve imporre, ma si può dimostrare che ciò in realtà non avviene.

Non si riesce infatti a risolvere il problema che si possono avere risposte spettrali diverse per lo stesso materiale, come si possono avere due risposte spettrali uguali per materiali differenti. Non c'è tecnica statistica che riesca a cambiare questo dato di fatto: esistono tecniche che riescono solo a diminuire ad esempio i problemi dovuti agli effetti atmosferici.

Il secondo argomento di critica è che alcune categorie di informazione tematica, cioè alcuni livelli semantici, non fanno appello a nozioni relative al tipo di materiali che sono al suolo

La risposta spettrale, con qualche problema di illuminazione, di presenza di umidità, si può più o meno collegare alla natura fisica della superficie che riflette l'energia (acqua, argilla, ecc, e già abbiamo visto che non è semplice il passo tra energia e natura fisica della superficie a causa delle condizioni al contorno), ma alcune volte ciò che serve non è la natura della superficie dei terreni che interessa, ma un'informazione ancora più astratta, a più alto livello semantico, come, ad esempio, la distinzione tra urbanizzato e non urbanizzato.

Esistono molti progetti che hanno questo obiettivo (Unione Europea, databases dell'uso del suolo, o del suolo urbano), per realizzare una mappa dell'urbanizzato. Ma cos'è il suolo urbano? Non è certo composto di materiale omogeneo come una foresta di faggi o un campo di mais.. Chiamiamo superficie urbana quella dove c'è tutto: dall'erba all'asfalto, alla pietra all'argilla dei tetti, al gesso, al bitume ecc.

Ci sono classi tematiche definite dall'utente che non sono definibili neanche in quanto costituite da materiale omogeneo. Se già il link tra risposta spettrale e materiale era già vago ed aleatorio, qui non c'è neanche il link tra materiali e classi tematiche, cioè tra l'informazione a livello semantico richiesta dall'utente.

Allora si possono solo fare due cose: richiedere sensori con maggiore risoluzione dal punto di vista spaziale oppure chiedere sensori più "risolti" dal punto di vista spettrale (esempio: liste di spettri del materiale che compone la scena urbana e vederne la corrispondenza – la complessità del sistema

diventa esplosiva, il problema cresce in maniera esponenziale diventando maggiore quanto maggiore è la risoluzione della scena urbana), e non si risolve il nocciolo del problema.

Si corre quindi il rischio di individuare un verde che non è foresta, ma un giardinetto di begonie magari perfettamente uguale alla palude degli alligatori, perché in questa tecnica contano le superfici di pixel simili e lo spazio geografico non è più rilevante

L'interprete umano capisce subito che non è la stessa cosa, perché vede il contesto spaziale (distanze, statistiche spaziali, ecc).

Ma nell'approccio spettrale non si può descrivere in maniera formalizzata il contesto spaziale dell'informazione.

Questa è la differenza tra i due approcci.

Nel secondo approccio esiste tutta una serie di metodi per riuscire a descrivere il contesto spaziale.

Quindi la differenza è che il contesto spaziale e le sue regole e nozioni (di distanza, etc.) sono le prime cose che vengono definite parlando di elaborazione strutturale dell'informazione.

In questo approccio strutturale, avendo l'informazione spettrale un link debole con l'informazione tematica, occorre aggiungere altri criteri per migliorare l'accuratezza e la significatività della rilevazione automatica. Si può farlo perché esistono formalismi che permettono di definire "vicino a" o "incluso in" , cioè le regole di relazione spaziale che si possono descrivere con formule matematiche.

Come nei GIS, si definiscono combinazioni di entità che non sono linee, poligoni, punti, ma pixel. La nozione fondamentale è che si può parlare di vicinanza, di inclusione, di intersezione con determinate metodologie. Alcune sono topologiche, altre sono statistiche e descrivono l'intorno del pixel "interrogato", che ha una forma ed una dimensione e, definito l'intorno, ne descrivono la distribuzione statistica. Analogamente a quanto accade sulla scena globale, ma con la definizione dell'intorno (nell'altro caso la scena viene considerata infinita dal punto di vista concettuale).

È per la definizione dell'intorno che si parla anche di media mobile (una finestra con un numero di pixel in cui si calcola la media dei valori, da cui si estrae una banca dati, sempre raster, in cui in ogni punto si ha non il valore originario ma la media dei punti dell'intorno). Una media locale è il primo esempio di una funzione strutturale di base, la più semplice, ed è esattamente come fare la media

globale, solo che in questa media locale si è costretti a definire l'intorno, cioè a rispondere alle domande: Che forma ha? Quanti pixel ci sono dentro? Che regole di connessione ha con l'intorno? Il tentativo è quello di elaborare l'informazione originaria con metodi di tipo strutturale e costruire, generare e calcolare informazione aggiuntiva che descriva le strutture presenti al suolo e rilevate dal sensore. Quest'ultimo viene visto non solo come un sistema per rilevare l'energia in un punto, ma come una struttura regolare in cui si può definire la nozione di distanza.

Si può chiedere al sistema di cercare tutti i punti molto chiari ma vicini ad un punto molto scuro, si può aumentare la raffinatezza della richiesta al sistema e quindi chiedere di trovare una linea di costa, che è il luogo dove il segnale va molto giù perché assorbito dall'acqua, ma c'è la spiaggia, dove il segnale va molto su perché riflette molto. "Linea di costa" è indicibile nell'analisi spettrale; è dicibile in quella strutturale, dove si può indicare una certa finestra dove si rileva statisticamente una grande varianza del valore.

Tutti i filtri Passa-alto, di varianza o Laplaciani, sono metodi di elaborazione strutturale dell'immagine che indicano dove aumenta il gradiente, cioè dove il segnale ha pendenza; come in un DTM, modello della realtà del terreno che per ogni pixel dà l'altezza s.l.m. del terreno in quel punto ed unendo tutti i punti darà la superficie in 3D. La stessa cosa è l'informazione che darà il sensore; però invece dell'altezza dirà quanta energia proviene da quel punto. Tutti questi metodi lavorano sulla quantità assoluta di energia. Quindi se il pixel è localizzato a 1500 m dentro una valle o su un picco è lo stesso.

Nel caso dell'analisi strutturale invece ci si può chiedere: dove sono i punti a 1500 m ma in una valle, cioè estrarre tutte le valli a 1500 m. Il versante è calcolato con il gradiente, viene individuato sottraendo i valori minimi dai valori massimi. Si trova quindi una "pendenza" dei valori della superficie. Occorre quindi definire un intorno perché la pendenza deve avere almeno due punti. Se si considera infatti un solo punto non esiste pendenza.

Per definire la linea di costa si deve indicare che nella linea di costa si ha un alto gradiente nell'infrarosso medio, ad esempio nel canale 5 del Landsat TM, perché ha una lunghezza d'onda che viene fortemente assorbita dall'acqua e fortemente riflessa dalle superfici silicee o calcaree come la sabbia, ed in poco spazio c'è una grande variazione di questo segnale.

Si può utilizzare questa informazione e costruire un *kernel*, sistema di analisi dell'informazione strutturale che estragga questa caratteristica.

Esisterà quindi un *layer* specifico della linea di spiaggia, cioè si può integrare l'informazione aggiungendo un valore che darà l'appartenenza alla linea di spiaggia.

In sintesi: esisterà un vettore che dà l'informazione sul valore del pixel, e questo si può arricchire aggiungendo un altro valore che descriva matematicamente la distribuzione spaziale dall'intorno; ed è possibile inoltre dare anche altri valori.

Due pixel che si trovino uno sulla spiaggia l'altro sulla montagna possono avere la stessa firma spettrale, ma possono distinguersi perché l'ultimo non sarà vicino ad un corpo d'acqua.

Se le informazioni vengono ricostruite in uno spazio multidimensionale i punti prima adiacenti non lo sono più, perché in una certa proiezione vengono discriminati da questo criterio descritto matematicamente.

In contrapposizione all'analisi che prescinde dal contesto, quella strutturale ha alcune nozioni principali: nell'ordine, statistica locale, tessitura, struttura, oggetto, entità. L'ordine è quello dell'astrattezza dell'informazione che viene restituita.

Si parte dalla statistica locale, un concetto che è anche del raster; man mano si va a tessitura che descrive il pattern di colori, in cui si analizza come sono messe le macchie; la struttura è invece come la linea di costa, o linea ad alto gradiente, e può essere costituita anche da un punto solo (un punto solo però non fa tessitura, per la quale è necessario avere una superficie in cui si trova un'occorrenza di punti); appare come tessitura quando la risoluzione del sensore si approssima a quella degli oggetti che compongono la scena a terra.

Ha esperienza di classificazione della tessitura chi fa analisi dei materiali, ma le analisi della tessitura si applicano all'analisi delle strutture urbane.

L'accuratezza della classificazione di tessuti urbani può essere verificata dai dati di sensori con risoluzione di dieci o cinque metri. Se poi la risoluzione aumenta a mezzo metro gli oggetti diventeranno collezioni di oggetti. Aumentando la risoluzione l'edificio infatti non appare più come tessitura (saranno allora le tegole a fare tessitura).

La linea di costa non è un oggetto, non ha un contorno ben definito, dal punto di vista spaziale è un oggetto fuzzy.

Un oggetto è invece qualcosa con cui ci si può rapportare, si può definire il dentro ed il fuori: per passare da struttura ad oggetto occorre eliminare l'informazione fuzzy. Oggetti sono regioni connesse di pixel che appartengono a uno stesso criterio. Entità sono collezioni o pattern specifici di oggetti che si possono definire con determinati criteri: se si hanno come oggetti i tetti degli edifici, le strade costituiscono altri oggetti ed i giardini altri ancora. Se però l'utente è interessato ad avere la mappa delle zone urbane si deve fare un salto logico, chiedersi com'è la mappa delle zone urbane e, poiché le zone urbane sono quelle che hanno almeno il 15 % delle superfici coperto dagli edifici ecc, si costruirà un sistema che interpreti gli oggetti e passi alle entità, che diventano in tal caso zona urbana di densità media (quelle che hanno il 15 % delle superfici coperto dagli edifici).

C'è un ramo di matematica che viene chiamata Matematical Morphology (o morfologia matematica) e si occupa di formalizzare strutture. Essa offre un pacchetto coerente di metodi e di immagini che permette di estrarre strutture specifiche senza passare per la nozione di oggetto (che alcune volte costituisce un problema).

Perché conviene utilizzare tecniche di analisi strutturale per realizzare mappe di copertura del suolo, come ad esempio il Corine Land Cover?

Diversi problemi incontrati nella realizzazione del Corine Land Cover costituiscono punti a favore dei sistemi automatici di analisi strutturale.

Il problema principale incontrato è proprio la nozione di Land Cover, che in molte applicazioni non funziona; cioè che sia possibile o utile definire un'area omogenea che corrisponda ad una classe. Nella struttura gerarchica della classificazione classica il pixel può appartenere o alla classe A o alla B, non può appartenere contemporaneamente ad A e B. L'appartenenza ad entrambe la classi con gradi diversi è invece il concetto della fuzzy classification.

Pur risolvendo questo problema con l'introduzione della logica fuzzy, ne rimangono altri, come l'esplosione della complessità della struttura di classificazione e l'incompatibilità tra le scale. Alcune regioni stanno infatti predisponendo un aggiornamento del CLC dall'originaria scala 1:100.000 giungendo fino all'1:25.000. Ciò comporta la caduta della nozione di superficie omogenea.

Il cambiamento di scala opera delle trasformazioni ulteriori: infatti ciò che in una scala sembra omogeneo diventa complesso in un'altra. Con grandi superfici forestate omogenee è abbastanza semplice individuare specie diverse, ed infatti questi metodi sono stati ben utilizzati dai forestali per quantificare le superfici boschive.

Problemi di significato e di instabilità dell'informazione si creano inoltre quando, ad esempio, si affida l'individuazione ad un interprete umano che non è sempre lo stesso. Nel caso del CLC in Italia l'interpretazione è stata appaltata a tante società diverse, e ciò ha inficiato l'omogeneità dei criteri.

Lo stesso operatore a distanza di tempo può dare interpretazioni diverse, immaginiamo allora interpreti diversi, culture diverse, come possono interpretare ad esempio la classe del paesaggio complesso, e quale sia il limite del concetto di paesaggio urbano. Certamente l'interpretazione umana fornisce una maggiore ricchezza, ma dal punto di vista della coerenza della banca dati c'è una caduta di qualità inesorabile.

È vero che, dal punto di vista del tempo impiegato nella comprensione l'interpretazione umana è molto più veloce, il training è rapido e si ottengono presto dei risultati che hanno un senso, ma svantaggi sono nei problemi di omogeneità e di costo del lavoro umano nella restituzione completa, che richiede parecchio tempo.

Con l'interpretazione strutturale automatica si lavora molto per il settaggio del sistema, ma si ha il vantaggio dell'omogeneità dei criteri. Inoltre, trovati algoritmi e metodi, il sistema si può tranquillamente alimentare con dati nuovi.

Gli ambienti militari utilizzano sistemi non automatici di ricognizione che però lavorano in ambiti molto limitati (nella sorveglianza soltanto di impianti nucleari, aeroporti, ecc.), gran parte del lavoro viene fatto sulle pellicole in tempi brevi da interpreti veramente esperti.

Ma anche in questi ambienti il vantaggio dei sistemi automatici consiste nella suscettibilità di essere utilizzati in applicazioni di routine in cui l'operatore umano non può comparare con sicurezza, ad esempio, la nuova immagine con il ricordo dell'immagine del giorno prima.

Il software tedesco eCognition, prima della Definiens Imaging GmbH di Monaco, è il primo e l'unico software sinora disponibile in commercio che si basa su nozioni di analisi strutturale orientata agli oggetti per elaborare le immagini. Per eCognition oggetto è una regione connessa di pixel che si

sostanzia in un poligono vettoriale. Non è questo l'unico metodo per l'analisi strutturale, ne esistono infatti altri, ma eCognition opera basandosi su questi concetti..

Gerd Binnig, nel 1986 premio Nobel per la fisica per alcuni progetti sul microscopio a effetto tunnel, aveva fondato nel 1994 la Definiens Imaging che nel 2000 divenne impresa commerciale e nel 2001 vi ha realizzato il software eCognition, che nello stesso anno ha ottenuto il premio dell'European Information Society Technology.

Essendo l'ideatore interessato al conteggio di globuli rossi e bianchi nel sangue o tessuti biologici, l'ambito in cui è stato inventato questo software è di tipo medico, per immagini da microscopio elettronico o ottico, da cui estrarre oggetti visibili sullo sfondo, da classificare in base alla forma o al colore. L'ambito di origine ha influenzato l'idea di oggetto, poi è stato applicato ad un altro tipo di immagini, quelle che provengono dai sensori di telerilevamento. Accompagna questa nozione di oggetto un motore di inferenza basato sulla logica fuzzy.

Esiste in realtà un software concorrente in commercio, il nordamericano Feature Analyst, appartenente alla famiglia ERDAS, che è il maggior pacchetto di elaborazione immagini di uso professionale, consorziato commercialmente con ESRI che produce il maggior pacchetto di GIS vettoriali, ma i due software partono da concetti differenti, ed anche i risultati divergono. Inoltre lo stesso software ERDAS ormai comprende concetti di segmentazione e riconoscimento oggetti, che si attuano però in termini diversi. Ed anche ENVI, software inizialmente di ITT solutions ora di Exelis, ha implementato la segmentazione ma solo a seguito della classificazione, con un procedimento inverso rispetto a quello di eCognition.

Il software eCognition partendo dall'immagine la segmenta, estraendo gli oggetti (che hanno una definizione generica) passa quindi da una rappresentazione raster ad una ad oggetti. Con la segmentazione d'immagine copre tutta la scena, cioè la segmentazione è una tassellazione completa dell'immagine (ad ogni tassello dell'immagine corrisponde un oggetto). Poi vengono calcolate delle "features" basate su statistiche dei pixel, tessitura, struttura, ecc. (è possibile applicare un'ampia gamma di criteri). Gli oggetti ottenuti vengono infine classificati con un motore inferenziale basato su logica fuzzy.

Con Feature Analyst invece l'operatore individua sull'immagine la rappresentazione di un oggetto (può essere un aereo, un bosco, un campo di atterraggio o altro) la disegna e chiede al sistema di trovare

tutto ciò che è simile. Cioè il software non opera una tassellazione completa dell'immagine, agendo così in modo completamente diverso da eCognition perché estrae solo gli oggetti simili a quello richiesto al sistema. Viene quindi usato per l'*object recognition* (l'origine è militare), mentre eCognition può essere utilizzato per la cartografia tematica.

I software di elaborazione di immagini mediche che fanno operazioni di segmentazione non sono adatti all'uso su immagini derivate dai sensori che si utilizzano nel telerilevamento, perché queste contengono enormi quantità di pixel e per questo richiedono tecnologie per l'elaborazione diverse da quelle adoperate per le immagini mediche, ed un sistema di gestione dei dati in grado di gestire qualunque dimensione del file.

Anche eCognition ha problemi che derivano dalla sua origine biologica, la segmentazione applicata a banche dati di grandi dimensioni è lenta, e questo è un punto a sfavore dell'elaborazione ad oggetti. L'elaborazione orientata al pixel è più veloce perché le tecnologie utilizzate sono più adatte per tale elaborazione, l'immagine raster è già un'immagine della memoria fisica registrata sul disco rigido, mentre gli oggetti hanno una struttura più raffinata.

Nonostante ciò esistono elaborazioni che è possibile realizzare solo con l'analisi strutturale.

È necessario utilizzare l'elaborazione strutturale dei dati satellitari per determinare, ad esempio, la frammentazione del territorio agricolo [34].

Inoltre, l'informazione tematica può essere adattata meglio alle strutture effettivamente presenti sull'immagine. Normalmente infatti sovrapponendo un vettoriale sopra un'immagine raster non avrò mai una perfetta corrispondenza (il vettoriale sarà sempre un po' spostato), e l'eventuale lavoro di adattamento geometrico impegna centinaia di ore/uomo e può non essere soddisfacente.

Lavorare ad oggetti sull'immagine permette invece di automatizzare questo lavoro, perché gli oggetti vengono generati dall'immagine stessa, e si è quindi sicuri che i loro contorni seguano esattamente le strutture ed i contorni degli oggetti presenti nell'immagine.

---

[34] Introducendo un indice di frammentazione basato sulla densità di bordi inclusi nei poligoni del Corine Land Cover, come in Pesaresi M., Gerhardinger A. e Temporin G., *Ic&CLC2000 data fusion by advanced Image Processing technology: agricultural parcelling structure and image fusion on the test site of Arles*, 7° EC-GI&GIS Workshop, Potsdam, 13-15 giugno 2001.

Inoltre è possibile realizzare incroci topologici tra due banche dati GIS ed assegnare ad una classe tutti i poligoni estratti che si trovano nel poligono di un'altra banca dati, secondo una classificazione basata su criterio di maggioranza o di massima rappresentanza. L'effetto finale è che i poligoni che si ottengono sono esattamente quelli che sono presenti in una banca dati, ma classificati secondo una classificazione che proviene da un'altra banca dati.

Queste operazioni possono essere applicate, ad esempio, a tecniche di aggiornamento automatico del CLC per piccole variazioni dei bordi avvenute nel tempo, costituendo un esempio di integrazione in modo raffinato dell'informazione strutturale proveniente dall'immagine con l'informazione proveniente da un'altra banca dati vettoriale.

Anche adesso che i GIS elaborano sia raster che vector la maggior parte delle applicazioni consiste solamente nel sovrapporre ad un'immagine un vettoriale, ma dall'immagine non proviene alcuna informazione integrativa al vettoriale poiché spesso non c'è, oltre al link visivo e di georiferimento, un link logico che colleghi le due banche dati. E questo è il vantaggio che invece si ha con l'uso di questo software.

La struttura o la disposizione spaziale degli oggetti con le caratteristiche della vicinanza svolge un ruolo importante nel sistema visivo umano per il riconoscimento delle forme e la classificazione dell'immagine. Le tradizionali tecniche *pixel-oriented* di elaborazione di immagini si sono rivelate inadeguate per la rilevazione dell'*urban land use* utilizzando dataset di satelliti ad alta risoluzione, anche a causa della natura complessa delle caratteristiche urbane. Eppure è necessaria una procedura digitale efficace per classificare le categorie urbane di utilizzazione delle terre usando i dati ad alta definizione.

Inoltre la cartografia tematica risultante dalla classificazione di immagini telerilevate deve spesso poter essere inserita in un GIS, rappresentando una componente fondamentale per lo sviluppo e l'aggiornamento dei database spaziali. Le potenzialità derivanti dall'uso integrato di GIS ed immagini telerilevate sono state, d'altra parte, ampiamente dimostrate. Ciononostante, gli algoritmi classificativi più diffusi sono basati sulla classificazione di singoli pixel, producendo una ricostruzione geometrica della copertura del territorio che non corrisponde alla rappresentazione di entità spaziali reali, quali, ad esempio, campi, strade o corpi d'acqua. Conseguentemente, le immagini classificate necessitano di essere editate in modo estensivo (tramite applicazione di filtri, correzioni manuali, etc.) prima di poter entrare a far parte di un database GIS.

Le classificazioni *object-oriented* basate sulla segmentazione delle immagini digitali sono state sviluppate per ovviare a questo inconveniente, e generare cartografia tematica direttamente utilizzabile. La particolarità di queste tecniche risiede nell'essere mirate alla classificazione di regioni (ossia di gruppi di pixel adiacenti corrispondenti ad oggetti reali sul terreno), anziché di singoli pixel. Tali classificazioni producono perciò come risultato il tipico input per un database GIS: un insieme di entità spaziali (regioni) caratterizzate da attributi (come, ad esempio, classi di copertura del suolo). L'efficacia della procedura di segmentazione è però frequentemente limitata dalla risoluzione spaziale dell'immagine, che, soprattutto nel caso di dati satellitari, fino a non molto tempo fa era tale da non permettere una precisa delineazione delle regioni.

La classificazione di immagini telerilevate *object-oriented* si basa sull'attribuzione di una determinata categoria tematica a oggetti geometrici (poligoni) generati tramite segmentazione dell'immagine grezza.

Viene di seguito illustrata l'impostazione della strategia di classificazione *object-oriented* e le basi teoriche degli algoritmi di segmentazione multirisoluzione implementati nel software eCognition.

Una gestione sostenibile delle risorse naturali richiede un costante e dettagliato monitoraggio dei diversi aspetti dell'ambiente. In tale ambito l'importanza delle informazioni acquisite tramite telerilevamento, aereo e satellitare, è riconosciuto da decenni. In campo forestale tali fonti informative sono utilizzate, tra l'altro, per la realizzazione di cartografie tematiche per fotointerpretazione manuale in ambiente GIS dell'originario dato telerilevato. Tali applicazioni sono comunque concettualmente assimilabili alla realizzazione di cartografia di uso o copertura del suolo, in genere a scale comprese tra l'1:10.000 e l'1:250.000.

La fotointerpretazione manuale è però condizionata da alcuni limiti oggettivi, tra cui l'implicita soggettività del processo di classificazione (sia nel riconoscimento delle classi tematiche, sia nell'individuazione dei limiti tra le diverse unità) e l'elevato costo del processo di valutazione dell'accuratezza tematica e geometrica della cartografia prodotta.

Nel corso degli anni sono stati sviluppati e sperimentati nuovi e sempre più sofisticati sistemi di classificazione automatica (*unsupervised*) o semi-automatica (*supervised*) delle immagini telerilevate. Tali sistemi, con approcci metodologici assai diversi tra loro (analisi statistiche con o senza l'ausilio della logica *fuzzy*, reti neurali, ecc) permettono di derivare l'informazione tematica ricercata senza o con minimo contributo manuale del fotointerprete.



Nella pratica operativa i metodi di classificazione automatica o semi-automatica stentano però a sostituire la fotointerpretazione manuale. Il motivo di questo gap tra gli sviluppi della ricerca e il trasferimento tecnologico operativo è da ricercarsi nei limiti frequentemente dimostrati dagli elaborati prodotti con i metodi di classificazione semi-automatici, in termini di rapporto tra complessità dei sistemi di nomenclatura implementati e accuratezza tematica della classificazione.

Un ulteriore motivo che tende a limitare la diffusione delle cartografie tematiche prodotte per classificazione automatica o semiautomatica di immagini telerilevate è l'approccio *pixel-oriented* prevalentemente impiegato: l'uso del suolo è identificato per ogni pixel dell'immagine, e pertanto la cartografia prodotta tende ad apparire meno leggibile rispetto a quelle tradizionalmente prodotte per fotointerpretazione. In questo quadro, sono andate sviluppandosi e diffondendosi tecniche di classificazione di immagini telerilevate *object-oriented*, solo recentemente introdotte in pacchetti software commerciali quali eCognition. Con questo approccio la classificazione ha per oggetto i poligoni vettoriali generati tramite un processo di segmentazione dell'immagine, anziché i singoli pixel. Il risultato finale della classificazione *object-oriented*, che è indipendente dell'algoritmo di classificazione utilizzato, è di tipo vettoriale in contrapposizione a quello raster derivante dall'approccio per pixel. In tal senso, eCognition produce output più vicini alle aspettative degli utenti finali e ai canoni standard tradizionali della cartografia tematica.

Il software eCognition opera una segmentazione di tipo *bottom-up*: i pixel dell'immagine originaria vengono aggregati in una serie di passaggi successivi finché i poligoni creati non hanno caratteristiche corrispondenti a quelle definite dall'utente. La procedura tende alla minimizzazione dell'*eterogeneità spettrale* di ciascun poligono derivata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi e sulla base dell'*eterogeneità geometrica* dipendente dalla forma dei poligoni creati. L'eterogeneità spettrale h_s di ciascun poligono generato con il processo di segmentazione è calcolata come somma pesata dalle deviazioni standard dei

valori di *digital number* di ciascuna banda spettrale disponibile rilevati per ciascuno dei pixel inclusi nel poligono:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c$$

dove: h_s = eterogeneità spettrale del poligono considerato; q = numero di bande spettrali disponibili (4 nel caso di un'immagine QuickBird o Ikonos); s_c = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel poligono considerato; w_c = peso attribuito alla c-esima banda spettrale.



Però se il processo di segmentazione tende alla esclusiva minimizzazione dell'eterogeneità spettrale avviene la generazione di poligoni estremamente frammentati, caratterizzati da una dimensione frattale molto elevata. Questo effetto è tanto più sensibile quanto maggiore è la risoluzione geometrica dell'immagine. Per questo motivo i poligoni creati devono anche tendere a minimizzare il valore di eterogeneità geometrica (h_g), a sua volta definita da due fattori di forma. Il primo è il *fattore frattale* (h_{g_smooth}), che dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione:

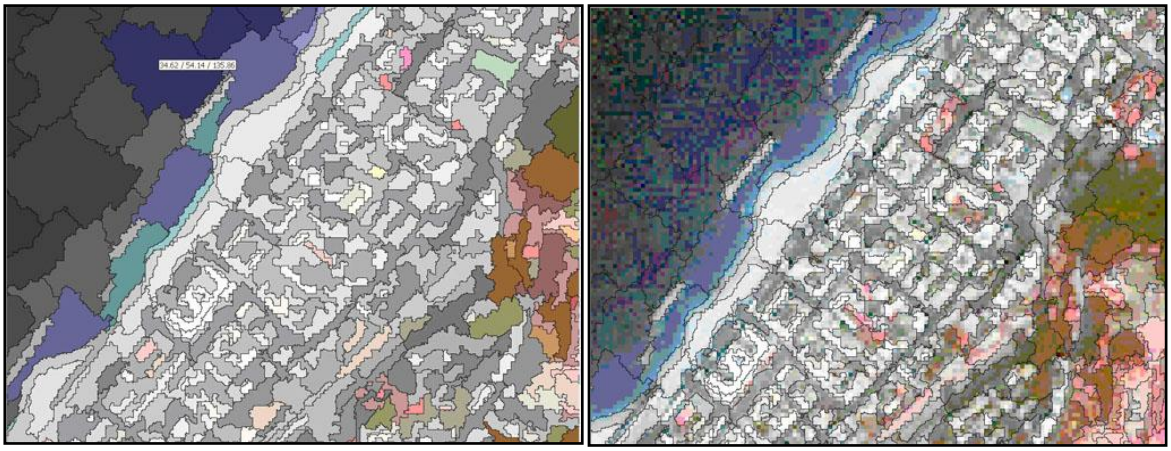
$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}}$$

dove: h_{g_smooth} = fattore frattale dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; $\boldsymbol{n}$ = numero di pixel di cui è costituito il poligono considerato.

Il secondo è il *fattore di compattezza* ($h_{g_compact}$) che dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b}$$

dove: $h_{g_compact}$ = fattore di compattezza dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; b = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono considerato.



L'algoritmo di segmentazione procede, a partire da ogni pixel dell'immagine, fondendo poligoni adiacenti fino a quando il cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni originari e il nuovo poligono generato non supera una certa soglia definita dall'utente (*fattore di scala*). Se il cambiamento di eterogeneità non supera la soglia già definita la fusione viene effettivamente realizzata, altrimenti i due poligoni rimangono separati.

La differenza di eterogeneità (*overall fusion value*) tra il potenziale oggetto fuso e i due poligoni originari è pari a:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f)\Delta h_g$$

dove: f = *overall fusion value*; w_f = peso attribuito in base all'importanza relativa dell'eterogeneità spettrale rispetto all'eterogeneità geometrica, compreso tra 1 (viene considerata solo l'eterogeneità geometrica) e 0 (viene considerata solo l'eterogeneità spettrale).

La differenza di eterogeneità spettrale (Δh_s) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \left[n_{merge} \sigma_{merge_c} - \left(n_{obj1} \sigma_{obj1_c} + n_{obj2} \sigma_{obj2_c} \right) \right]$$

dove: n_{merge} = numero di pixel inclusi nel poligono generato dalla fusione;

σ_{mergec} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel poligono generato dalla fusione; n_{obj1} = numero di pixel inclusi nel primo dei due poligoni prima della fusione; σ_{obj1c} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel primo dei due poligoni prima della fusione; n_{obj2} = numero di pixel inclusi nel secondo dei due poligoni prima della fusione; σ_{obj2c} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel secondo dei due poligoni prima della fusione.

La differenza di eterogeneità geometrica (Δh_g) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g_compact} + \left(1 - w_g\right) \Delta h_{g_smooth}$$

dove: w_g = peso attribuito all'importanza relativa del fattore frattale rispetto a quello di compattezza, compreso tra 1 (viene considerato il solo fattore frattale) e 0 (viene considerato il solo fattore di compattezza);

$$\Delta h_{g_compact} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\}$$

$$\Delta h_{g_smooth} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\}$$

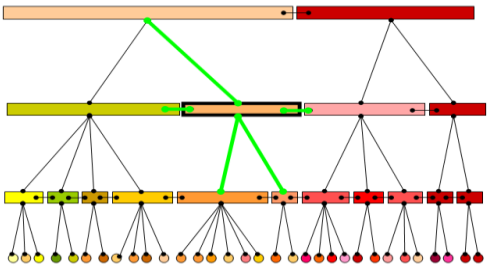
con l_{merge} = lunghezza del perimetro del poligono generato dalla fusione; l_{obj1} = lunghezza del perimetro del primo dei due poligoni prima della fusione; l_{obj2} = lunghezza del perimetro del secondo dei due poligoni prima della fusione; b_{merge} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono generato dalla fusione; b_{obj1} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il primo dei due poligoni prima della fusione; b_{obj2} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il secondo dei due poligoni prima della fusione.

Durante il processo di segmentazione, se il valore di *f* risulta minore del quadrato del fattore di scala impostato dall'utente i due poligoni vengono fusi in uno solo e il processo di aggregazione procede. Se invece *f* è superiore al quadrato del fattore di scala impostato, allora i due poligoni rimangono separati e il processo di segmentazione si arresta.

L'impostazione del fattore di scala permette quindi di calibrare la grandezza dei poligoni che vengono creati con la segmentazione, e la sua definizione è legata alla scala di riferimento della cartografia che l'utente deve ottenere.

Il processo di segmentazione in eCognition è multirisoluzione nel senso che, a partire da una stessa immagine, è possibile generare diversi livelli gerarchici di poligoni con diversi fattori di una scala. Diminuendo il fattore di scala i poligoni generati divengono sempre più piccoli perché minore deve risultare la variabilità spettrale intra-poligoni, e viceversa aumentando il fattore di scala. La particolarità della multirisoluzione consiste nel collegamento esistente tra i poligoni dei diversi livelli gerarchici della segmentazione. In eCognition, una volta generato un primo livello di poligoni è possibile generare ***n*** nuovi livelli gerarchici di livello superiore al primo se il fattore di scala è più grande del primo (poligoni mediamente più grandi) o di livello inferiore se il fattore di scala è più piccolo del primo (poligoni mediamente più piccoli).

I poligoni di livello gerarchico inferiore sono sempre geometricamente consistenti con quelli del livello gerarchico superiore, ovvero ogni poligono di livello inferiore appartiene a uno e uno solo dei poligoni di livello superiore. Tutti i poligoni dei diversi livelli di segmentazione costituiscono un'unica banca dati in cui sono registrati tutti i collegamenti esistenti tra i poligoni dello stesso o di diverso livello gerarchico. Per ogni poligono sono quindi noti i poligoni in contatto sullo stesso livello gerarchico. I poligoni di cui è costituito nell'eventuale livello gerarchico inferiore e il poligono in cui è contenuto nell'eventuale livello gerarchico superiore.

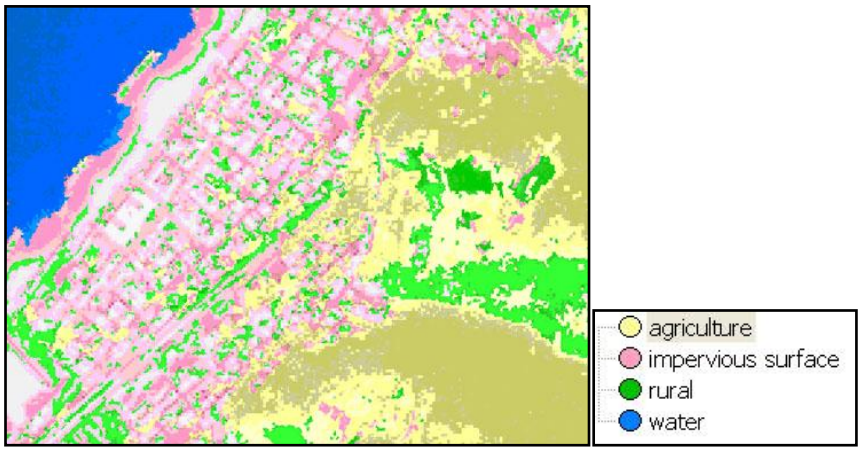


La creazione di un primo livello di segmentazione dell'immagine da classificare è di norma la prima fase di lavoro. Sulla base delle caratteristiche spettrali e geometriche dell'immagine telerilevata, del sistema di nomenclatura prescelto e della scala della cartografia che s'intende produrre, devono essere definiti i diversi fattori guida del processo che, per il resto, è totalmente automatico. La segmentazione viene ripetuta cambiando i parametri guida fino a quando la dimensione e la dislocazione dei poligoni generati non corrisponde esattamente ai requisiti del sistema di nomenclatura prescelto: in pratica, si cerca, con metodo iterativo per minimizzare l'errore, di generare poligoni più grandi possibile ma caratterizzati da non più di una sola classe di copertura del suolo. Questo livello di segmentazione costituisce l'oggetto della successiva fase di classificazione nel senso che ad ogni poligono generato dovrà essere associata una e una sola classe del sistema di nomenclatura prescelto.

La seconda fase del processo è la classificazione vera e propria. Dal punto di vista delle possibili applicazioni operative si possono considerare due alternative estreme per classificare i poligoni generati dalla segmentazione: per fotointerpretazione (manualmente) oppure per classificazione automatica.

Spesso in realtà si procede raffinando e correggendo manualmente una classificazione automatica i cui risultati possono essere interpretati più come un suggerimento per il fotointerprete che come la definiva identificazione del poligono.

Del processo *object-oriented* in questo caso si sfrutta solo, per la realizzazione dei poligoni vettoriali, la segmentazione che così sostituisce la digitalizzazione manuale. Al fotointerprete rimane il compito di etichettare i poligoni associandoli a una delle classi del sistema di nomenclatura ed eventualmente correggere la segmentazione con un'operazione manuale di *splitting* per suddividere poligoni non omogenei afferenti a più categorie.



Tutti gli algoritmi sviluppati per approcci *pixel-oriented* possono essere teoricamente applicati anche ai poligoni generati con la segmentazione: metodi *supervised* o *unsupervised*, con logica booleana o *fuzzy*, parametrici (come gli algoritmi di massima verosimiglianza) o non parametrici (come il *k-nearest neightbours* o le reti neurali), con o senza probabilità a priori, etc. ovviamente per i metodi *supervised* è necessaria l'acquisizione di un certo numero di poligoni di *training* per derivare delle statistiche descrittive per ogni categoria utilizzata. L'approccio *object-oriented*, in particolare quello derivante da una segmentazione *multiresolution* come quella implementata in eCognition, permette di ampliare il numero di fonti informative utilizzabili nella classificazione perché maggiori sono le informazioni associabili ai poligoni derivanti dalla segmentazione rispetto a quelle disponibili per i singoli pixel dell'immagine.

In riferimento al livello di segmentazione in cui viene attivata la classificazione, le informazioni che possono essere associate ai singoli poligoni sono di diverso tipo:

1. spettrali: dati statistici calcolati per ogni poligono a partire dai valori di *digital number* dei rispettivi pixel afferenti per ciascuna delle bande spettrali disponibili. Ad esempio, deviazione standard, minimo, massimo, ecc.

2. geometriche: sono informazioni derivate dalle caratteristiche geometriche dei poligoni originati con il processo di segmentazione. Tra le più comuni l'area, il perimetro, la dimensione frattale (rapporto area – perimetro) o altri coefficienti di forma. In questa categoria rientrano anche quelle informazioni sulla localizzazione spaziale dei poligoni (a esempio più o meno a nord, o più o meno ad est).

3. tessiturali: informazioni derivate dall'analisi della struttura spaziale interna ai poligoni ottenuti con la segmentazione. Queste si possono avere dall'analisi dei singoli pixel contenuti nei poligoni oppure

dall'analisi dei poligoni ottenuti con un processo di segmentazione di livello inferiore (o con un fattore di scala più piccolo).

4. gerarchiche: sono statistiche calcolate per ogni poligono del livello di segmentazione oggetto della classificazione sulla base dei relativi poligoni di un diverso livello gerarchico (ad esempio il numero dei poligoni collegati sul livello gerarchico superiore o inferiore).

5. attributi tematici: sono informazioni derivanti da strati informativi accessori, ancillari alle bande dell'immagine telerilevata utilizzata (a esempio DEM, dati climatici ecc).

Nell'ambiente di eCognition, terminata la fase di segmentazione (con uno o più livelli gerarchici), la classificazione può poi procedere con approccio *supervised* con un numero virtualmente infinito di approcci.

Le strategie più comuni sono due: in parallelo o in serie.

Nell'approccio in parallelo tutte le classi in cui devono essere classificati i poligoni vengono definite contemporaneamente, e la classificazione avviene con un unico processo. Operativamente la procedura consiste nelle seguenti fasi:

- definizione del sistema di nomenclatura da applicare alla classificazione;
- definizione del livello della segmentazione da classificare (nel caso si sia realizzata una segmentazione multirisoluzione);
- selezione delle informazioni associate ai poligoni da classificare tra le diverse tipologie disponibili;
- acquisizione manuale di un certo numero di poligoni di *training*;
- applicazione di un algoritmo di classificazione (in eCognition è disponibile un robusto classificatore *k-NN fuzzy* ma è possibile anche creare specifiche funzioni di appartenenza *fuzzy* per ogni categoria da classificare e per ognuna delle informazioni utilizzate);
- valutazione dell'accuratezza della classificazione rispetto a delle aree di test classificate manualmente per fotointerpretazione o per controllo a terra.

Tutto il processo può essere reiterato se l'accuratezza della classificazione non soddisfa, sia acquisendo nuovi poligoni training, sia cambiando la base informativa (o il peso delle diverse informazioni) oppure il sistema di nomenclatura.

La classificazione nell'approccio in serie avviene ad "albero". L'immagine viene infatti classificata con dettaglio tematico progressivamente crescente con una segmentazione post-classificazione. La procedura si articola nelle seguenti fasi:

1. definizione di un sistema di nomenclatura con struttura ad albero a dettaglio progressivo;

2. classificazione al primo livello tematico del sistema di nomenclatura (si seguono in pratica i punti da 3 a 6 della procedura in parallelo);

3. segmentazione post-classificazione con dettaglio geometrico maggiore.

Con la segmentazione post-classificazione è possibile derivare nuovi poligoni geometricamente coerenti con il risultato della classificazione del livello gerarchico superiore. Il processo viene reiterato per tutti i livelli gerarchici del sistema di nomenclatura, per ognuno di essi verrà realizzato anche un nuovo livello di segmentazione.

Le tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione *object-oriented* sono capaci di valorizzare l'elevato contenuto informativo della componente geometrica delle immagini telerilevate. Per questo motivo le tecniche di classificazione *object-oriented* risultano di crescente utilità all'aumentare della risoluzione geometrica e al diminuire della risoluzione spettrale (intesa come numero di bande spettrali utilizzabili) delle immagini da classificare. L'approccio *object-oriented* non definisce intrinsecamente un metodo di classificazione. Una volta definiti per segmentazione i poligoni essi possono essere classificati in maniera totalmente manuale o tramite un qualsiasi metodo di classificazione di tipo *supervised* o *unsupervised*. L'ambiente di lavoro eCognition mette a disposizione un completo set di strumenti per la classificazione *object-oriented*.

Anche se inizialmente non intuitivo, l'ambiente di eCognition, che simula l'approccio seguito nella fotointerpretazione manuale, permette di sviluppare strategie di classificazione ottimizzate sulla base delle specifiche esigenze, sia in termini di target della classificazione, sia di fonti informative utilizzate.

Una motivazione per l'approccio orientato agli oggetti è che il risultato previsto di molte analisi di immagine è l'estrazione di oggetti del mondo reale, adeguati nella figura e nella classificazione. Questa aspettativa come detto in precedenza non può essere soddisfatta dai classici metodi *pixel-oriented*.

Anche se eCognition è una combinazione specifica di differenti procedure, presenta alcune funzioni caratteristiche di base del metodo *object-oriented*, indipendente dai metodi particolari. La rete di questi oggetti immagine è direttamente collegata alla rappresentazione delle informazioni dell'immagine stessa per mezzo di oggetti. Considerando che la relazione topologica di singoli pixel adiacenti è data implicitamente dalla trama, l'associazione degli adiacenti oggetti immagine deve essere risolta esplicitamente, per richiamare gli oggetti contigui. Di conseguenza, la rete topologica risultante presenta un vantaggio grande quando permette la propagazione efficiente di molti generi differenti di informazioni relazionali. Ogni operazione di classificazione è indirizzata ad una determinata scala. Quindi è importante che la risoluzione media degli oggetti immagine sia adattata alla scala di interesse. Le informazioni di immagine possono essere rappresentate in scale differenti basate sul formato medio degli oggetti immagine. Le stesse immagini possono essere segmentate in oggetti più piccoli o più grandi, con un considerevole impatto praticamente su tutte le informazioni che possono essere derivate dagli oggetti immagine. Quindi è accessibile l'informazione specifica della scala.

Ancora, è possibile rappresentare le informazioni dell'immagine simultaneamente in scale differenti da strati differenti. Portare gli strati differenti in relazione gli uni con gli altri può contribuire all'estrazione di ulteriori importanti informazioni. Ciò può essere realizzato, per esempio, tramite una rete e una rappresentazione gerarchiche degli oggetti immagine. Oltre agli oggetti vicini, ogni oggetto conosce anche quelli relativi ai livelli inferiore e superiore in una struttura gerarchica rigorosa. Ciò permette l'analisi precisa delle sottostrutture di una regione specifica, e non è possibile senza una struttura gerarchica rigorosa. Ancora, basandosi sugli oggetti del livello inferiore, la figura degli oggetti superiori può essere cambiata.

Persino i singoli pixel o oggetti composti da un singolo pixel sono un caso speciale degli oggetti immagine. Rappresentano infatti la più piccola scala d'elaborazione possibile. Una caratteristica sorprendente dell'analisi di immagine orientata agli oggetti è il gran numero di informazioni supplementari che può essere derivato basandosi sugli oggetti di immagine. Oltre il tono, sono la figura, la struttura, il contesto e le informazioni da altri strati dell'oggetto. Usando queste informazioni, la

classificazione giunge a migliorare la differenziazione semantica ed a risultati più esatti e più specifici. In una prospettiva concettuale, le caratteristiche disponibili possono essere distinte come:

- caratteristiche intrinseche: le proprietà fisiche dell'oggetto, che sono determinate dal mondo reale descritto e dalla situazione di formazione dell'immagine - sensore ed illuminazione. Tali caratteristiche descrivono il colore, la struttura e la forma degli oggetti;

- caratteristiche topologiche: caratteristiche che descrivono i rapporti geometrici fra gli oggetti o la scena intera, come stare a sinistra, a destra, o ad una determinata distanza da un certo oggetto, o essere in una certa zona all'interno dell'immagine;

- caratteristiche di contesto: le caratteristiche che descrivono i rapporti semantici degli oggetti; per esempio, un parco è quasi al 100 % circondato dalle aree urbane.

Sulla base della classificazione l'elaborazione degli oggetti immagine può essere fatta localmente in modo specifico. Dal momento che un oggetto è classificato come *foresta*, per esempio, tutto ciò che discende per il futuro da questo oggetto e dal relativo ambiente può mantenere una proprietà di *foresta*. Invece di elaborare tutte le zone di un'immagine con gli stessi algoritmi, una procedura differenziata può essere molto più adatta, e questa è la caratteristica particolare dell'analisi di immagini basata sugli oggetti.

Caratteristica del metodo basato sugli oggetti è, per concludere, un'interazione circolare fra l'elaborazione e la classificazione degli oggetti immagine. Sulla base di segmentazione, scala e figura degli oggetti immagine, informazioni specifiche sono disponibili per la classificazione. A loro volta, possono essere attivati specifici algoritmi basati sulla classificazione.

In molte applicazioni l'informazione geografica desiderata e gli oggetti di interesse sono estratti per gradi, con cicli iterativi di classificazione e di elaborazione. Quindi gli oggetti immagine come unità di elaborazione possono cambiare continuamente la propria figura, classificazione e rapporti reciproci. Simile ai processi umani di comprensione dell'immagine, questo tipo di elaborazione iterativa si ottiene da una sequenza di condizioni intermedie, con crescente differenziazione della classificazione e crescente astrazione dalle informazioni originali dell'immagine. In ogni grado di astrazione sono generate nuove informazioni e nuova conoscenza, che possono essere usate favorevolmente per il successivo grado di analisi. Quindi, l'astrazione interessa non soltanto la figura ed il formato degli oggetti immagine, ma anche la loro semantica. È interessante notare che il risultato di questo processo

circolare è molto lontano non soltanto dall'aggregazione spaziale dei pixel nelle regioni dell'immagine, ma anche dal contenuto spaziale e semantico che struttura l'immagine. Considerando che i primi gradi si basano su dati guidati, di volta in volta maggiore conoscenza e differenziazione semantica possono essere applicate ai passi successivi. La rete risultante degli oggetti immagine classificati può essere vista come una rete spaziale e semantica. Dopo un'analisi riuscita, informazioni supplementari possono essere derivate dalle elaborazioni in questa rete.

L'approccio *object-based* è per prima cosa indipendente dalle tecniche specifiche di classificazione e di segmentazione. Tuttavia, la giusta scelta dei metodi di lavorazione può aggiungere molta efficacia alla procedura ed i giusti metodi di classificazione e di addestramento possono dare all'utente il massimo vantaggio che discende dal metodo.

Il fattore di scala ha una funzione cruciale per la comprensione dell'immagine Anche se nel campo del telerilevamento una determinata scala è presunta sempre dalla risoluzione del pixel, gli oggetti di interesse hanno spesso la loro propria scala. La scala determina la presenza o meno di una certa classe dell'oggetto. Lo stesso tipo di oggetti appare diverso a differenti scale. Viceversa, l'operazione di classificazione e i rispettivi oggetti di interesse determinano direttamente una scala particolare.

Si noti la differenza fra la scala e la risoluzione: la risoluzione esprime comunemente il formato medio dell'area che un pixel copre sul terreno, mentre la scala descrive la grandezza o il livello dell'astrazione in cui un determinato fenomeno può essere descritto. Quindi studiare un'immagine da differenti livelli di scala anziché alle differenti risoluzioni ne facilita l'analisi. Gli esempi tipici relativi di telerilevamento sono le aree urbane o gli ecosistemi.

Immaginiamo di osservare una grande immagine ad alta definizione di una città. Quando si osserva da molto vicino si possono riconoscere le singole case, le costruzioni, le strade ed altri oggetti urbani. Se si aumenta la distanza di osservazione non si possono scoprire le singole costruzioni, ma le zone residenziali o i quartieri. Possono essere distinti anche dalle strutture differenti e dal formato e dall'aspetto differenti. La struttura del quartiere contiene i propri oggetti e strutture in scala ridotta - le case, le strade, i giardini ecc. - ed esso è determinato particolarmente dal loro tono, figura ed anche dalle loro relazioni topologiche.

Disponendo l'immagine su una parete ed osservandola dalla distanza di qualche passo potreste distinguere appena la stessa città e forse alcune zone agricole o foreste che la circondano. Ci si può

rendere conto che le zone agricole e le foreste circostanti sono di formato paragonabile alla città. Si può notare che le città, le foreste e le zone agricole sono a scala simile. Lo stesso è valido per gli alberi e le case in un'altra grandezza. In una concettualizzazione astratta, l'esistenza della struttura simultaneamente sulle scale differenti è una funzione della geometria e della topologia frattale in natura e, così, anche nell'immagine.

Inoltre, c'è una gerarchia sia nella nostra descrizione che nella concettualizzazione dei fenomeni differenti e della struttura degli oggetti reali del mondo che stiamo rilevando. Questa gerarchia è determinata ovviamente dalla scala: astraendo le case, le costruzioni, le strade e gli altri oggetti si ottengono zone residenziali e quartieri. L'aggregazione di parecchie zone residenziali costituisce una città. Gli ecosistemi mostrano modelli analoghi: la combinazione di parecchi alberi costruisce un gruppo di alberi e l'unione di più gruppi di alberi realizza una foresta.

Le foreste e le città sembrano avere un livello simile di astrazione. Entrambi sono della scala paragonabile ed entrambi posseggono un'alta astrazione semantica. Le dipendenze gerarchiche della scala fra queste classi di oggetti sono evidenti: i quartieri sono sottostrutture delle città e le case sono sottostrutture dei quartieri.

Queste dipendenze gerarchiche della scala sono implicitamente manifeste in ogni osservazione e descrizione delle strutture reali del mondo. Tuttavia, con la relativa rappresentazione esplicita, questi modelli possono aggiungere importanti informazioni ai metodi automatizzati di comprensione dell'immagine. La possibilità per classificare le case in un'area urbana è semplicemente molto superiore che se fossero situate in foreste, per esempio. Quindi, per analizzare in modo soddisfacente un'immagine è necessario rappresentare il relativo contenuto in parecchie scale simultaneamente ed esplorare le dipendenze gerarchiche dalla scala fra gli oggetti risultanti.

È evidente che questi rapporti e dipendenze non possono essere analizzati appena cambiando la risoluzione dell'immagine. Ciò, inoltre, condurrebbe alla perdita di parecchie delle informazioni utili.

Una delle funzioni più importanti della comprensione dell'immagine è l'informazione sul contesto. Ci sono due tipi di informazioni contestuali: contesto globale, che descrive la situazione dell'immagine - essenzialmente tempo, sensore e posizione - e contesto locale, che descrive i rapporti reciproci o il significato reciproco delle regioni dell'immagine. È evidente che l'elaborazione delle informazioni di

contesto è sempre coscientemente o in modo inconscio presente nella percezione umana e contribuisce essenzialmente alle sue grandi possibilità.

Per ricevere le informazioni significative di contesto, le regioni dell'immagine in una giusta scala devono essere introdotte in una relazione. La scala è data dalla combinazione dell'operazione di classificazione e dalla risoluzione dei dati dell'immagine.

Si supponga per esempio di operare una classificazione per identificare i parchi in un'immagine ad altissima risoluzione. Un parco è sempre una grande area vegetata contigua. Questa differente scala distingue i parchi dai giardini. Ulteriormente, i parchi sono distinti dai pascoli, per esempio dalla loro inserimento nelle aree urbane. Le singole costruzioni vicine non sono una condizione sufficiente per descrivere i pascoli come parchi. Tuttavia, la loro vicinanza a singoli edifici è criterio di verifica per distinguere i giardini dai pascoli.

Questo semplice esempio già mostra quanto le informazioni di contesto disponibili dipendano dalla scala delle strutture introdotte nella relazione. Questo sorprendente fatto spiega perché sia così difficile o persino impossibile descrivere relazioni significative di contesto usando i metodi basati sui pixel. Soltanto rappresentando le informazioni dell'immagine basate sugli oggetti immagine della scala adatta è possibile gestire la semantica dell'immagine. Inoltre, perché gli oggetti immagine siano resi "consapevoli" del loro contesto spaziale è necessario collegarli. Così si genera una rete topologica.

Questa rete diventa gerarchica quando gli oggetti immagine di scale differenti sono collegati nella stessa posizione. Ora ogni oggetto conosce i propri vicini, l'oggetto che è sotto e quello che sta sopra. Ciò permette ulteriormente una descrizione delle dipendenze gerarchiche della scala. Insieme alla classificazione ed alle dipendenze reciproche fra gli oggetti e le classi, una simile rete può essere vista come una rete semantica spaziale.

Comprendere l'immagine significa sempre occuparsi della sua semantica; ma ciò finora non è stato sufficientemente assicurato dalla capacità dell'analisi digitale dell'immagine, particolarmente nel campo di telerilevamento.

Vari tipi di incertezze influenzano l'estrazione delle informazioni dai dati telerilevati. In primo luogo, ci sono molti fattori che influenzano i processi di acquisizione dei dati, dell'elaborazione dei dati e della generazione dell'immagine, e che differiscono da scena a scena, anche se i dati vengono dallo stesso sensore. Un problema basilare, intrinseco nei dati di osservazione della terra è che i tipi di terreno

possono sembrare differenti, secondo la stagione, l'ora, le condizioni di luce ed il tempo atmosferico. Ancora, lo stesso tipo di oggetti appare in modo molto diverso a seconda del sensore e della risoluzione.

La dipendenza fra le caratteristiche ed i tipi di copertura o uso del suolo è modellata soltanto approssimativamente e l'imprecisione è inerente anche ai concetti di *land cover* e di *land use*. Le misure del sensore - fonte dei pixel dell'immagine - hanno limitata risoluzione radiometrica anche dopo la calibratura attenta dello strumento. La risoluzione geometrica nel telerilevamento - ed in qualsiasi processo di acquisizione di dati - è pure limitata. Questo effetto conduce a classificare un mix all'interno di una cella di risoluzione: se una cella di risoluzione riguarda la transizione acqua-terra, il pixel relativo rappresenta ad un certa grado di acqua ed un certo grado di terreno della zona costiera.

Il processo di generazione dell'immagine converte le misure del sensore in dati di immagine. Inoltre questi dati devono essere compressi per ridurre le necessità della trasmissione di dati e di archiviazione. Nella maggior parte dei casi, questi passi dell'elaborazione dei dati causano ambiguità che conducono ad incertezza supplementare nei dati finali dell'immagine.

Solitamente esistono soltanto concetti vaghi per i tipi di terreno e l'utilizzazione delle terre. Non c'è alcuna soglia esatta tra zona densamente e scarsamente popolata, o fra vegetazione bassa ed alta. Ogni volta che le soglie sono definite in termini di numeri, sono principalmente idealizzazioni insoddisfacenti del mondo reale e quindi successivamente conducono ai problemi durante la valutazione di prestazioni della classificazione.

Il reperimento delle informazioni dalle basi di dati di telerilevamento è basato in larga misura su conoscenze vaghe. Particolarmente le informazioni importanti di contesto sono espresse in genere soltanto in termini di regole linguistiche vaghe. Per esempio, se gli alberi "quasi completamente" sono circondati da area urbana, sono assegnati alla classe *parco*.

Ancora, in molti casi le informazioni desiderate per un'operazione specifica di classificazione non sono affatto, o non sono sufficientemente, contenute nei dati disponibili di immagine. Ciò può essere causato dalla risoluzione spaziale o radiometrica, perché il rapporto di segnale/disturbo è troppo basso, o semplicemente perché il sensore non trasporta i differenti segnali per i differenti tipi di informazioni di interesse.

Se queste incertezze non vengono considerate nell'estrazione delle informazioni, la classificazione non sarà affidabile e trasferibile. Ci sono parecchi metodi, cosiddetti classificatori *soft*, che prendono in considerazione queste incertezze.

La segmentazione è la suddivisione di un'immagine in regioni separate.

Per molti anni, le procedure per la segmentazione d'immagine sono state uno dei campi principali di ricerca nell'ambito della *Image Analysis*. Molti metodi differenti sono stati seguiti, tuttavia pochi di questi conducono a risultati qualitativamente convincenti che siano robusti ed applicabili ai contesti operativi. Un motivo è che la segmentazione di un'immagine in un dato numero di regioni è un problema con un numero astronomico di soluzioni possibili. L'alto numero di gradi di libertà deve essere ridotto alle poche soluzioni che rispondono alle esigenze. Un altro motivo è che in molti casi le regioni di interesse sono eterogenee; sorgono ambiguità e le informazioni discernenti necessarie non sono direttamente disponibili. Le condizioni riguardo a qualità, prestazioni - formato dell'insieme di dati e del tempo di lavorazione - e riproducibilità possono essere soddisfatte allo stesso tempo soltanto tramite pochissimi metodi.

Nella segmentazione di immagine l'aspettativa in molti casi è di poter estrarre automaticamente gli oggetti di interesse da un'immagine per una determinata operazione. Tuttavia questa aspettativa ignora il considerevole numero di operazioni (che aumentano di molto il livello semantico) che nella maggior parte dei casi deve essere gestito per raggiungere con successo questo risultato, oppure conduce allo sviluppo di algoritmi altamente specializzati applicabili soltanto ad una ridotta classe di problemi e di immagini.

Naturalmente esiste una varietà di metodi per la generazione degli oggetti immagine che non possono essere ricapitolati qui, e ciascuno di questi presenta vantaggi e svantaggi. Alcuni sono completamente automatizzati mentre altri sono semiautomatici. Fornendo una descrizione approssimativa, secondo la ricerca recente sulla comprensione di immagini, i metodi di segmentazione si possono ricondurre a due approcci principali: metodi guidati dalla conoscenza (dall'alto in basso, *top-down*) contro i metodi guidati dagli stessi dati (*bottom-up*).

Nei metodi *top-down* l'utente già conosce che cosa desidera estrarre dall'immagine, ma non sa effettuare l'estrazione. Formulando un modello degli oggetti voluti, il sistema prova a trovare il miglior

metodo di elaborazione dell'immagine per estrarli. Il modello di oggetto formulato dà implicitamente il significato degli oggetti.

Nei metodi *bottom-up* i segmenti sono generati basandosi su un insieme di metodi e parametri statistici per l'elaborazione dell'intera immagine. I metodi *bottom-up* possono inoltre essere visti come un tipo di astrazione di dati o di compressione di dati. Ma, come con i metodi che raggruppano in cluster, all'inizio i segmenti generati dall'immagine non hanno alcun significato, essi potrebbero essere meglio denominati primitive dell'oggetto immagine. Spetta all'utente determinare che genere di oggetti del mondo reale gli oggetti generati dall'immagine rappresentano. La differenza fondamentale fra i due metodi è che i metodi *top-down* conducono solitamente a risultati locali perché contrassegnano proprio i pixel o le regioni che rispondono al modello, mentre i metodi *bottom-up* realizzano una segmentazione completa dell'immagine. Questi raggruppano i pixel in *cluster* spaziali che rispondono a determinati criteri di verifica di omogeneità e di eterogeneità.

Per ottenere le primitive dell'oggetto immagine come unità di elaborazione di base, l'approccio dell'analisi orientata agli oggetti richiede la segmentazione completa dell'immagine.

Sorvolando sulla descrizione dei tanti metodi, anche se la segmentazione di struttura conduce a risultati riproducibili, eccellenti per specifiche applicazioni ed a volte anche molto veloci, molti di essi sono principalmente applicabili soltanto ad un numero limitato di tipi di dati immagine, di tipi di tessitura e di problemi. La tessitura spesso deve essere molto regolare per essere riconosciuta ed i risultati non possono essere raggiunti su ogni scala scelta.

Alternative comuni sono i metodi basati sulla conoscenza. Questi provano a comprendere la conoscenza derivata da aree di addestramento o da altre fonti nel processo di segmentazione. Questi metodi principalmente realizzano una classificazione basata sui pixel, sul raggruppamento in uno spazio globale della caratteristica. I segmenti sono prodotti implicitamente dopo la classificazione, semplicemente fondendo tutti i pixel adiacenti della stessa classe. In tal modo questi metodi non sono in grado di separare le unità o i differenti oggetti di interesse della stessa classificazione.

Una ulteriore procedura relativamente comune è la segmentazione *watershed* (spartiacque), dal modo in cui la procedura suddivide le regioni in bacini di raccolta. La procedura in primo luogo trasforma i dati originali in un'immagine di pendenza. L'immagine di tono grigio risultante può essere considerata come una superficie topografica. Se "inondiamo" questa superficie dai suoi minimi e se impediamo la

fusione delle acque che vengono da fonti differenti, abbiamo diviso l'immagine in due serie differenti: i bacini di raccolta e le linee di spartiacque. I bacini della raccolta dovrebbero corrispondere teoricamente alle regioni omogenee del livello grigio di questa immagine. Questo metodo funziona per la separazione essenzialmente degli oggetti di interesse convessi e relativamente regolari. Quando funziona, è conveniente, veloce e potente. Tuttavia, per i dati da telerilevamento, che contengono tipicamente un certo rumore e contrasti non sempre forti, questo metodo non è in grado di raggiungere risultati appropriati.

Solitamente classificare significa assegnare un certo numero di oggetti ad una determinata classe secondo la descrizione della stessa classe. Quindi, una descrizione della classe è una descrizione delle proprietà tipiche possedute o delle condizioni soddisfatte dalla classe voluta. Gli oggetti allora sono assegnati (classificati) a seconda di come hanno o non hanno soddisfatto queste proprietà o condizioni. Nei termini del linguaggio delle basi di dati si può dire che lo spazio della caratteristica è suddiviso in regioni distinte che conducono a relazioni molti-a-uno fra gli oggetti e le classi. Di conseguenza ogni oggetto appartiene ad una classe definita o a nessuna classe. I classificatori tradizionali nel telerilevamento (per esempio, massima verosimiglianza, distanza minima o parallelepipedo) quindi assegnano agli oggetti una condizione di appartenenza di 1 o di 0, che esprime se un oggetto appartiene ad una certa classe oppure no. Tali classificatori solitamente inoltre sono denominati classificatori *hard* (duri) poiché esprimono l'appartenenza degli oggetti ad un classe soltanto in modo binario. In opposizione, i classificatori *soft* (principalmente sistemi fuzzy e/o classificatori Bayesiani) usano un grado di appartenenza/una probabilità per esprimere l'assegnazione dell'oggetto ad un classe. Il valore di appartenenza si trova solitamente fra 1.0 e 0.0, dove 1.0 esprime piena appartenenza/probabilità (un'assegnazione completa) ad un classe e 0.0 esprime un'assoluta non appartenenza/improbabilità. Quindi il grado di appartenenza/probabilità dipende dal grado in cui gli oggetti soddisfano le proprietà/condizioni che descrivono la classe. Un vantaggio importante di questi metodi *soft* si trova nella loro possibilità di esprimere le incertezze circa le descrizioni delle classi. Ciò permette inoltre di esprimere l'appartenenza di ogni oggetto in più di una classe o della probabilità di appartenere ad altre classi, ma con differenti gradi di appartenenza o probabilità. Riguardo alla comprensione dell'immagine i risultati di questa classificazione *soft* sono in grado di esprimere meglio l'incertezza della conoscenza umana del mondo e così conducono a risultati di classificazione più vicini al linguaggio, al pensiero ed alla mente umani. In altre parole: i classificatori *soft* sono più onesti delle loro controparti *hard*. Ma purtroppo molte applicazioni usando le informazioni di *land use* o *land cover* non possono gestire i

risultati di classificazioni *soft*. Quindi i risultati di classificazioni *soft* devono essere resi *hard*, il che può condurre a simulare classificazioni vere ed esatte.

Per quanto riguarda i metodi di classificazione, possono essere essenzialmente separati in metodi *supervised* ed *unsupervised* Mentre i metodi *supervised* chiedono all'utente come le classi volute devono essere, i metodi *unsupervised* sono quasi indipendenti dall'utente. Questi piuttosto possono essere visti come metodi statistici, che riuniscono oggetti con proprietà simili. Mentre i metodi *unsupervised* funzionano quasi automaticamente, i metodi *supervised* devono essere addestrati dall'utente - solitamente prelevando campioni o descrivendo le proprietà delle classi.

Di conseguenza, le informazioni di descrizione devono essere le più precise, rappresentative e complete possibili, cosa che in realtà nella maggior parte dei casi è impossibile.

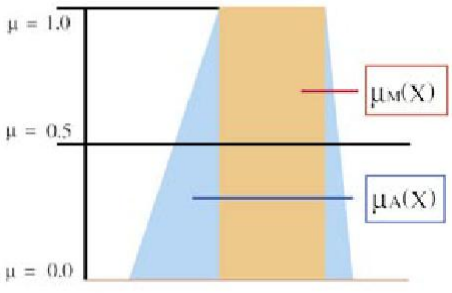
Quindi una descrizione della classe può soltanto essere una valutazione generale delle proprietà della classe. La valutazione delle proprietà inoltre significa presupporre una maggiore o minore incertezza conosciuta circa la descrizione della classe o un'imprecisione conosciuta circa i valori delle proprietà misurati. La formulazione di queste incertezze può essere realizzata soltanto usando i classificatori *soft*. Confrontando i metodi di classificazione *supervised* ed *unsupervised*, ciascuno presenta vantaggi e svantaggi. I metodi *unsupervised* sono notevolmente più veloci di quelli *supervised*, ma poiché costituiscono un modo particolare per ottenere degli algoritmi, i loro risultati devono essere interpretati dall'utente – il che può essere difficile in alcuni casi, e condurre a numerose ripetizioni della classificazione con leggere modifiche dei parametri. Un altro vantaggio dei classificatori *unsupervised* è la loro capacità di analizzare completamente e sistematicamente le statistiche degli oggetti.

Quindi i risultati di una classificazione *unsupervised* possono dare indicazioni utili sulle classi rilevabili ma, in generale, la formulazione dell'incertezza è soltanto possibile se relativa ai parametri di classificazione, non alle classi ed alle loro proprietà. In opposizione, i metodi di classificazione *supervised* possono essere più laboriosi poiché l'utente deve descrivere le proprietà delle classi esplicitamente o prelevando i campioni come tipicamente rappresentativi. I loro vantaggi sono in primo luogo la maggiore qualità e la possibilità di enumerare e denominare a priori delle classi, e secondariamente la possibilità di formulare in modo esplicito l'incertezza relativa alla classe. In caso di errata classificazione particolarmente l'ultimo punto facilita la ricerca dei motivi. Ma le stesse descrizioni delle classi sono più facili da capire poiché potrebbero essere il risultato di un ragionamento umano e così più facile da studiare.

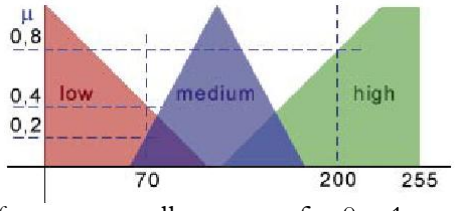
I classificatori *soft* più potenti sono classificatori basati sui sistemi *fuzzy*. La logica *fuzzy* è un metodo matematico di approccio alle dichiarazioni di misurazioni incerte. L'idea di base è sostituire rigorosamente le due dichiarazione logiche "sì" e "no" con la gamma continua di [0... 1], dove 0 significa "esattamente no" e 1 significa "esattamente sì". Tutti i valori fra 0 e 1 rappresentano condizioni più o meno determinate di "sì" e "no". Quindi, la logica *fuzzy* può emulare l'essere umano che pensa e considerare persino regole linguistiche. I sistemi di classificazione *fuzzy* sono molto adatti a gestire la maggior parte dell'imprecisione nell'estrazione delle informazioni da dati telerilevati. Il parametro ed il modello delle incertezze sono considerati usando gli insiemi *fuzzy* definiti dalle funzioni di appartenenza (*membership functions*). Invece della logica binaria "vero" e "falso", la logica *fuzzy* a valori multipli permette transizioni fra "vero" e "falso". Inoltre vi esistono realizzazioni più o meno rigorose delle operazioni logiche "e" ed "o".

L'uscita di un sistema di classificazione *fuzzy* è una classificazione *fuzzy*, in cui il grado di appartenenza ad ogni classe di *land cover* o *land use* è dato per ogni oggetto. Ciò permette l'analisi dettagliata delle prestazioni e la comprensione della mescolanza di classi per ogni oggetto immagine. Questo è un importante vantaggio della classificazione *soft*. Il grado massimo di appartenenza determina la classificazione finale per sviluppare un'interfaccia ai sistemi *crisp* (booleani). I sistemi *fuzzy* consistono in tre passi principali, *fuzzification*, regola *fuzzy* e *defuzzification*, che brevemente sono descritti di seguito.

Fuzzification descrive la transizione da un sistema *crisp* ad un sistema *fuzzy*. Si assegna un grado di appartenenza (valore di appartenenza) fra 0 e 1 ad ogni valore della caratteristica. Il valore di insieme dei membri è definito da una cosiddetta *membership function* (funzione di appartenenza). Secondo l'aspetto della funzione, la transizione fra "sì" e "no" può essere *crisp* (per una funzione rettangolare) o *fuzzy*.

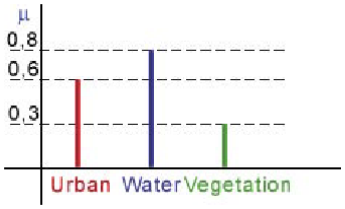


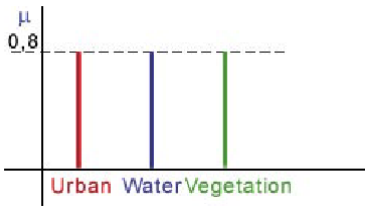
L'insieme dei valori della caratteristica che producono un valore di appartenenza maggiore di 0 può essere denominato "insieme *fuzzy*". In generale, più vasta è la funzione di appartenenza, più vago è il concetto sottostante; più bassi sono i valori di appartenenza, più incerta è l'assegnazione dell'insieme.



La combinazione delle caratteristiche differenti all'interno di un sistema *fuzzy* si realizza sempre dopo che la caratteristica sia *fuzzified*. Di conseguenza, tutti i valori dell'input per le combinazioni *fuzzy* sono nella gamma fra 0 e 1, indipendentemente dalla dinamica delle caratteristiche originariamente *crisp*. Ciò facilita il funzionamento in uno spazio della caratteristica multidimensionale con differenti dinamiche e caratteristiche di vari tipi, per esempio, sensori differenti, informazioni geografiche, informazioni di struttura e rapporti gerarchici.

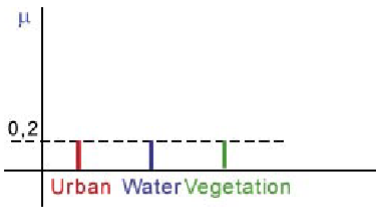
Perché una classificazione riesca è cruciale una scelta intenzionale della *membership function*. Ciò permette l'introduzione di conoscenze approfondite nel sistema. Migliore è la conoscenza circa la modellazione del sistema reale da parte delle *membership functions*, migliore è il risultato finale della classificazione. È possibile definire più di un insieme *fuzzy* su una caratteristica, per esempio, per definire gli insiemi *fuzzy* basso, medio ed alto per una caratteristica dell'oggetto. Più si sovrappongono le appartenenze, più gli oggetti sono comuni negli insiemi *fuzzy*, più vaga diventa la classificazione finale. Sono caratterizzati dalla sovrapposizione di *membership functions* triangolari. Per un oggetto immagine con un valore della caratteristica x = 70, l'appartenenza alla classe bassa è 0.4, alla media è 0.2 ed alla alta è 0.0. Se il valore x della caratteristica è uguale a 200, l'appartenenza alle classi è rispettivamente 0.0, 0.0, 0.8.





Una regola di base *fuzzy* è una combinazione di regole *fuzzy*, che uniscono differenti insiemi *fuzzy*. Le regole *fuzzy* più semplici dipendono da un solo insieme *fuzzy*.

Le regole *fuzzy* sono regole del tipo "se – allora". Se una circostanza è compiuta, avviene un'azione. Riferendosi alla seconda figura, si è potuto definire la seguente regola: "se" la caratteristica x è bassa, "allora" l'oggetto immagine dovrebbe essere assegnato al *land cover* W.



Se la caratteristica x è un membro dell'insieme *fuzzy* basso, allora l'oggetto immagine appartiene al tipo di terreno W. Secondo la definizione nella seconda figura, nel caso in cui il valore della caratteristica fosse x = 70, l'appartenenza al tipo di terreno W sarebbe 0.4, nel caso x = 200, l'appartenenza al tipo di terreno W sarebbe 0.

Per generare regole *fuzzy* avanzate gli insiemi *fuzzy* possono essere combinati. Un operatore restituisce un valore *fuzzy* derivato dagli insiemi *fuzzy* uniti. Come questo valore sia derivato dipende dall'operatore. Gli operatori di base sono "e" e "o". "e" rappresenta il minimo, significa che il valore minimo di tutti gli insiemi definisce il valore di ritorno. "o" rappresenta il valore massimo, significa che il valore massimo di tutti gli insiemi definisce il valore di ritorno. I risultati sono molto trasparenti ed accertano l'indipendenza della sequenza delle combinazioni logiche all'interno della regola base (A "e" B fornisce stesso risultato di B "e" A). In più una struttura gerarchica che segue la logica comune (per esempio, A "o" (B "e" C) uguali (A "o" B) "e" (A "o" C)) può essere generato facilmente.

Una regola base *fuzzy* di regola produce una classificazione *fuzzy*, che consiste dei valori discreti di ritorno per ciascuna delle classi di uscita considerate. Questi valori rappresentano il grado dell'assegnazione di classe.

Si consideri che la classificazione *fuzzy* dà una possibilità perché un oggetto appartenga ad una classe, mentre classificazione basata sulla probabilità darà una probabilità di appartenenza ad una classe. Una possibilità fornisce informazioni su un oggetto distinto. Una probabilità conta sulle statistiche e fornisce informazioni su molti oggetti. Considerando che la probabilità di tutti gli eventi possibili equivale ad uno, questo non è necessariamente vero per le possibilità.

Più alto è il valore di ritorno per la classe più possibile, più certa è l'assegnazione. Nel primo esempio l'appartenenza all'acqua è piuttosto alto e nella maggior parte delle applicazioni questo oggetto quindi sarebbe assegnato alla classe acqua. Il valore che minimo di appartenenza che un oggetto deve avere per essere assegnato ad un classe può essere definito.. Più grande è la differenza tra il valore di appartenenza più alto ed il secondo, più chiara e stabile sarà l'applicazione. La stabilità e l'affidabilità di classificazione in eCognition possono essere calcolate e visualizzate.

La classificazione *fuzzy* con la sua potenziata analisi delle prestazioni di classificazione del mix di classi, dell'affidabilità e della stabilità di classificazione è un approccio potente alla classificazione *soft*. I

risultati della classificazione *fuzzy* sono un input importante per la fusione delle informazioni negli attuali e futuri sistemi di telerilevamento con fonti multidata. L'affidabilità delle assegnazioni di classe per ogni sensore può essere usata per trovare l'assegnazione di classe più possibile e più probabile. Una soluzione è possibile, anche se ci sono contraddittorie assegnazioni di classe basate sui dati differenti del sensore; per esempio, i sensori ottici sono considerati meno certi dei sensori radar se vi è nebbia pesante.

Per fornire risultati come mappe per applicazioni standard relative al land use ed al land cover i risultati *fuzzy* devono essere tradotti nuovamente in un valore *crisp*, che significa che un oggetto è assegnato ad un classe oppure no. Nella fase della classificazione è solitamente scelta la classe con il più alto grado di appartenenza. Per questo tipo di output le misure ricche di incertezza della classificazione *fuzzy* sono perse.

La *defuzzification* è il processo d'inversione della *fuzzification*. Ottiene una classificazione *crisp*. Se il grado di appartenenza ad una classe è inferiore ad un certo valore nessuna classificazione sarà realizzata, per assicurare l'affidabilità minima.

Alcune considerazioni: aumentando la risoluzione geometrica delle immagini aumenta anche la complessità del problema dell'estrazione dell'informazione da questi dati, anche perché diminuisce il potere discriminante della risoluzione radiometrica e spettrale. Più si aumenta il dettaglio dell'informazione più composita dal punto di vista statistico è la risposta radiometrica del materiale. L'aumento di dettaglio dal punto di vista dell'estrazione dell'informazione tematica può essere un grosso problema.

L'altissima risoluzione geometrica può portare ad un aumento dell'inconsistenza spaziale (come nell'ortorettifica con DTM a risoluzione molto diversa) e l'incremento del volume di dati da processare è geometrico, perché l'incremento del numero di immagini da immagazzinare/classificare aumenta non in maniera proporzionale ma in modo quadratico,

Così è immensa la quantità di dati che occorrerebbe per coprire, a d esempio, l'intero globo con una copertura a 0,50 m di risoluzione spaziale.

Occorrerebbe andare verso una diversa descrizione dell'informazione basata su altri principi. Inoltre servirebbe un processo veloce dell'informazione, che rispetto a quella, ad esempio dei dati Landsat, è circa 20.000 volte più complessa.

Occorrerebbe inoltre superare quella che è la variabilità del target: ciò che si chiama, ad esempio, "campo di rifugiati", nella realtà ha una diversità morfologica, strutturale ed una variabilità enorme anche dal punto di vista radiometrico.

Messa da parte questa digressione, per tornare all'analisi basata sugli oggetti, di seguito un prospetto di raffronto dei punti di forza e di debolezza rispetto ad altre tecnologie di analisi.

	Advantages	Disadvantages
API	• Interpretation of real objects • Identification of complex patterns and complex situations • Ability to include or ignore features intelligently • Multi-scale representation • Use of shape, context, neighborhood relationships	• Subjective • Time consuming • A fixed scale is necessary • Inconsistency in the use of a steady scale to the whole image • Human error
Pixel Based	• Objective (the rules are applied to the whole image) • Spectral information is extracted from features intrinsic of single pixel	• The context hasn't any role • Pixel hasn't semantic information • Inability to include or ignore features intelligently • Vector polygons from the classification often do not coincide with the image
OBIA	• Objective (the rules and chosen parameters are subjective but the rules are applied to the whole image objectively) • Multi-scale representation • Hierarchical connection between multiscales • Use of shape, context, neighborhood relationships • Transferable rules: boundaries reproduced automatically across different data sets	• Identification of image objects, not real objects • Inability to include or ignore features intelligently • Fusion of real objects due to spectral

4.2.2. Morfologia Matematica

Molti passi avanti sono stati compiuti in questi ultimi anni grazie agli studi ed ai progressi nell'ambito della Morfologia Matematica. In particolare, l'analisi strutturale dell'immagine satellitare con le sue preziose caratteristiche ha preso l'avvio proprio da questa particolare branca della matematica.

La Morfologia Matematica è quella branca della matematica che si dedica all'elaborazione delle immagini ed in genere all'analisi delle forme geometriche. Si applica nell'elaborazione digitale delle immagini, appartiene alla disciplina della topologia digitale ed è derivata dalla Teoria degli insiemi; consente di estrarre dalle immagini informazioni utili a descrivere e rappresentare le forme e, nel contempo, di trascurare particolari non rilevanti con grande attenzione però alle informazioni sulla forma degli oggetti.

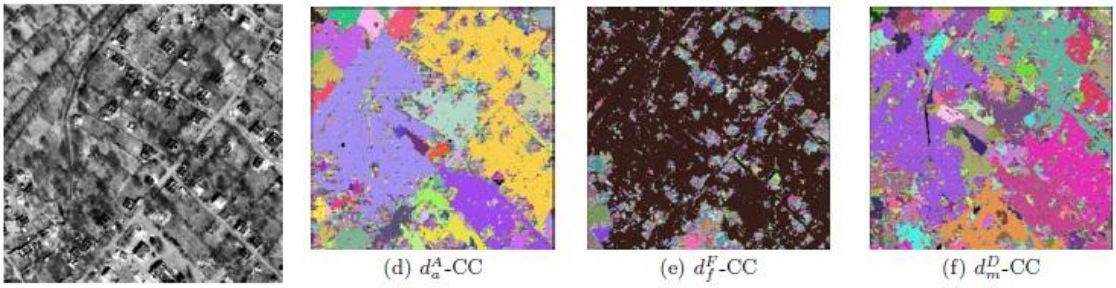
Viene applicata in genere su immagini binarie ma elabora anche immagini grayscale. Le principali operazioni di base sono: intersezione e unione, complemento, differenza, mentre i due operatori caratteristici della disciplina, su cui si basa la maggior parte delle operazioni morfologiche più complesse, sono Dilatazione ed Erosione.

A seguito dell'applicazione degli operatori Dilatazione (Dilation) ed Erosione (Erosion) l'immagine viene modificata dilatandosi od erodendosi. Altri operatori sono Apertura (Opening), che si ottiene con Erosione seguita da Dilatazione, la cui funzione è separare oggetti debolmente connessi e rimuovere piccole regioni; e Chiusura (Closing), che si ottiene con Dilatazione seguita da Erosione, la cui funzione è riempire buchi e piccole concavità e rafforzare la connessione di regioni unite debolmente

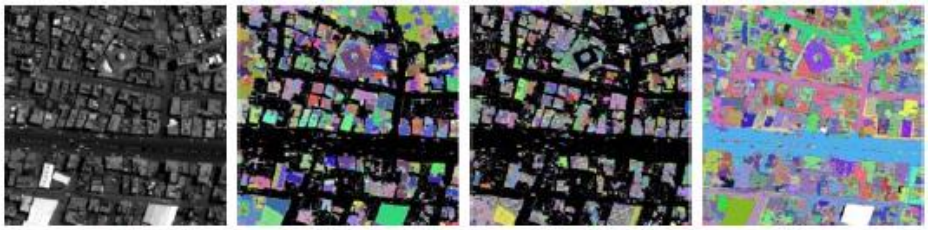
Le caratteristiche azioni di erosione-dilatazione delle immagini che, descritte matematicamente, consentono di formalizzare e schematizzare la visione, sono alla base delle elaborazioni che consentono, ad esempio, di estrarre dalle immagini satellitari tutta la struttura dell'urbanizzato [Bianchin, Pesaresi, 1992] oppure i reticoli stradali [Bianchin et al., 2002].

La Morfologia Matematica è alla base delle analisi della computer vision con applicazioni in campo medico, industriale e militare. Per quanto concerne il Remote Sesing, l'approccio strutturale all'analisi d'immagine ha consentito e consente grandi progressi in termini di estrazione rapida di informazione ad alto livello semantico.

Alcune delle seguenti immagini si riferiscono all'ultimo simposio inyternazionale sulla Morfologia Matematica tenutosi nel 2011 e descrivono problematiche connesse alle elaborazioni delle immagini da satellite, ma anche la variabilità dei risultati a partire alla stessa immagine satellitare al variare della diverse funzioni di dissimilarità [Gueguen, Soille, 2011].



(d) d_a^A-CC (e) d_f^F-CC (f) d_m^D-CC



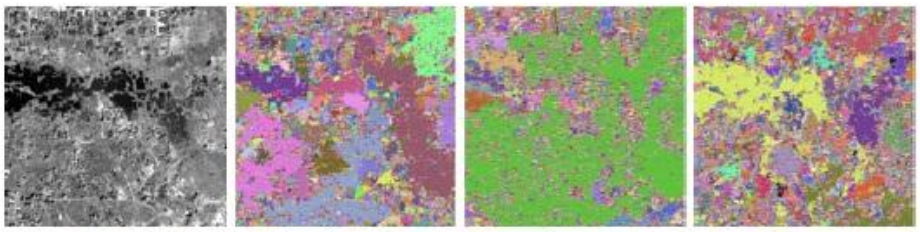
(a) image I_1 (b) d_a^A-CC of I_1 (c) d_f^F-CC of I_1 (d) d_m^D-CC of I_1



(e) image I_2 (f) d_a^A-CC of I_2 (g) d_f^F-CC of I_2 (h) d_m^D-CC of I_2

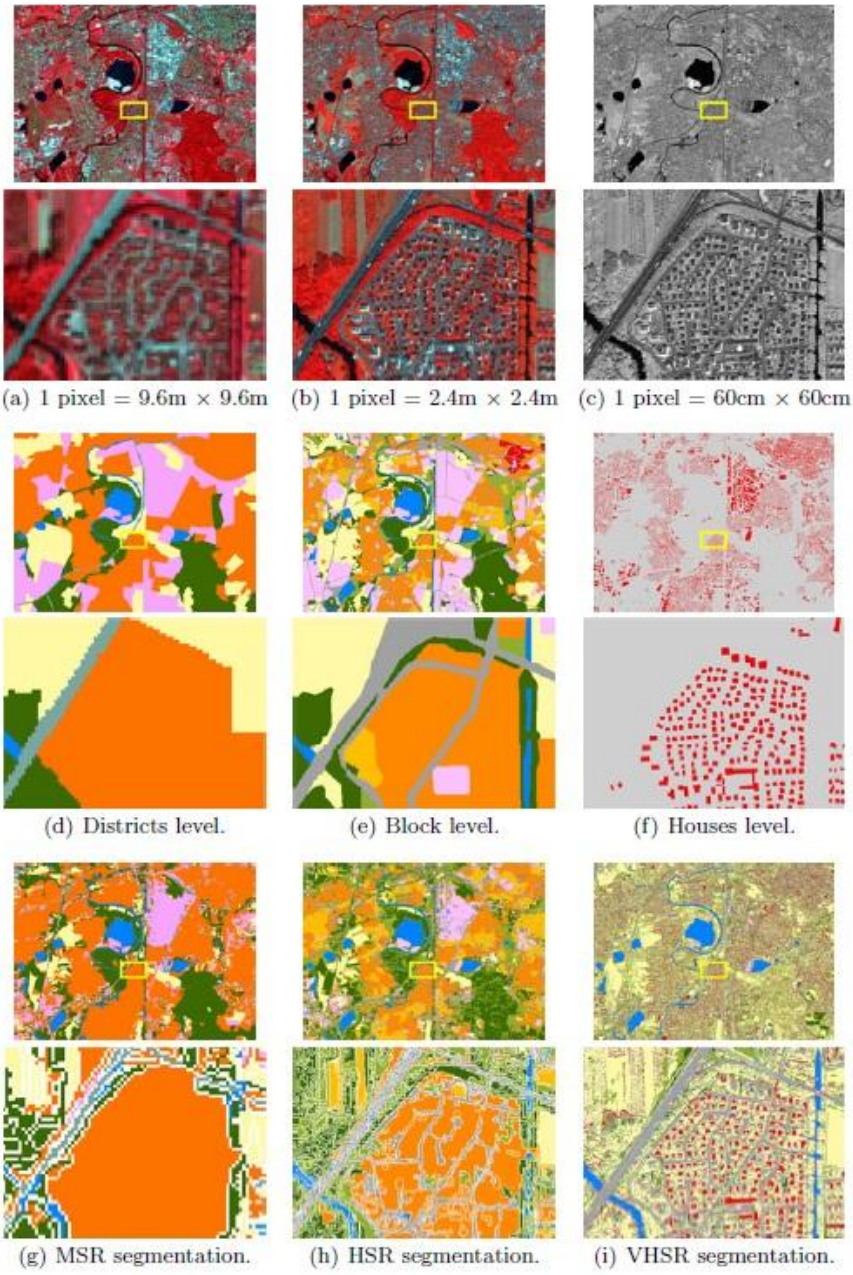


(i) image I_3 (j) d_a^A-CC of I_3 (k) d_f^F-CC of I_3 (l) d_m^D-CC of I_3



(m) image I_4 (n) d_a^A-CC of I_4 (o) d_f^F-CC of I_4 (p) d_m^D-CC of I_4

Oppure illustrano particolari parametri della segmentazione multirisoluzione in grado di estrarre diversi oggetti ai diversi livelli della segmentazione stessa [Kurtz et al., 2011].

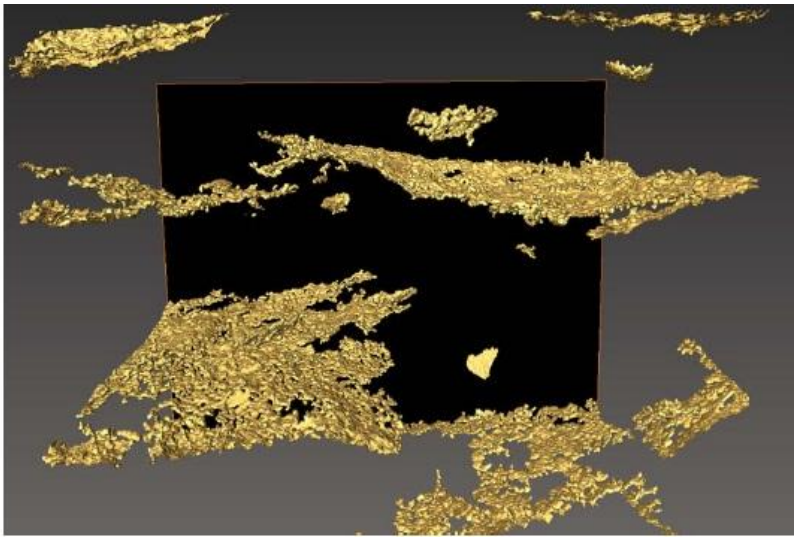


(a) 1 pixel = 9.6m × 9.6m (b) 1 pixel = 2.4m × 2.4m (c) 1 pixel = 60cm × 60cm

(d) Districts level. (e) Block level. (f) Houses level.

(g) MSR segmentation. (h) HSR segmentation. (i) VHSR segmentation.

L'ultima figura della serie è un case study di tipo geologico: l'applicazione della segmentazione a rocce scistose e relativo rendering tridimensionale per individuare le fratture nelle rocce stesse [Urbach et al., 2011].



La continua evoluzione negli studi, applicati a moltissimi campi tra cui fin dall'inizio quelli medici, come si è visto nel caso della ideazione del primo tool commerciale di segmentazione e classificazione ad oggetti, è certamente foriera di futuri importanti progressi. Il riconoscimento dell'importanza di tali tecnologie è tale che i più importanti progetti europei ne hanno apprezzato le caratteristiche così da utilizzarle come tecniche di base grazie soprattutto alla possibilità di trattare in modo automatico grandi moli di dati e di ottenerne risultati omogenei anche nel tempo.

CAPITOLO 5 I SISTEMI DI OSSERVAZIONE DELLA TERRA: NUOVE RISPOSTE

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

5.1. Rischio

5.1.1. Portali di supporto e progetti

Come si è visto in tema di interventi della Commissione Europea, da qualche tempo sono stati avviati progetti internazionali basati su un continuo flusso di dati satellitari e su una struttura fisicamente costituita da un WebGIS come nel caso del DMA.

Oltre a questi, sono nati una gran quantità di WebGis con funzioni analoghe, alcuni gestiti dagli uffici di Protezione Civile, altri ancora dai comuni

Un servizio dell'INGV (Hai sentito il terremoto?) consente al cittadino di collaborare all'indicazione degli effetti avvertiti nella propria zona dopo ogni evento sismico, contribuendo così alla realizzazione della mappa degli effetti macrosismici pubblicata in tempo quasi reale sullo stesso sito dell'Istituto.

Analogamente il GeoSDI sviluppato dall'Istituto di metodologie per l'analisi ambientale (Imaa) del CNR ed utilizzato dalla Protezione Civile nazionale italiana è un portale per monitorare in tempo reale tutte le informazioni sul territorio, le condizioni meteo, la percorribilità delle vie di comunicazione ed i danni subiti dagli edifici in caso di sisma. Il sistema era stato inizialmente pensato per supportare il servizio d'intercettazione incendi all'interno del sistema informativo geografico della Protezione civile. GeoSdi è stato di recente completato con l'introduzione di una finestra sul mondo social – tanto importante in situazioni del genere: con gli smartphone (e rispondendo, scegliendo fra i valori proposti, a una serie di domande sul tipo di evento, l'area colpita, il numero di persone coinvolte, etc.) analogamente a ciò che viene richiesto dall'INGV, ma consente di scattare e caricare foto che, grazie al GPS dello smartphone, vengono dotate di dati geografici e si aggiungono al database del portale, con l'ulteriore possibilità di condividere le informazioni geografiche provenienti da enti e società diverse che di solito non comunicano tra loro.

Non sono solo gli eventi sismici ad interessare il territorio. La combinazione di fattori geografici, geologici e climatici rende l'Italia uno dei territori europei più soggetti alle frane, con una media che, negli ultimi 50 anni, è stata di oltre cinquanta vittime all'anno. Ma oggi una serie di prodotti basati su

immagini satellitari possono individuare movimenti millimetrici che precedono smottamenti su scala maggiore.

Un progetto europeo specifico per la realizzazione di strumenti per la mappatura e il controllo delle zone a rischio di frana è il progetto SLAM (Service for Landslide Monitoring, ovvero servizio per il controllo delle frane), iniziato nel maggio 2003 nell'ambito del Data User Programme (DUP) dell'ESA.

In linea con il programma DUP, SLAM è nato a supporto dell'utenza finale per fornirle prodotti pensati per le istituzioni coinvolte in prima persona nella gestione del rischio idrogeologico, integrando dati satellitari e osservazioni in-situ, in conformità alla legislazione del settore e alle necessità degli utenti. SLAM fornisce tre prodotti progettati per essere facilmente integrati negli archivi di dati degli utenti stessi.

Il primo prodotto è la Landslide Motion Survey (survey dei movimenti delle frane), che serve a identificare aree instabili non ancora note e aggiornare le informazioni sullo stato o la distribuzione delle attività di smottamento. Il prodotto ha una risoluzione spaziale di 20 metri e mostra i movimenti con una precisione di un centimetro attraverso l'intera area in esame.

Il secondo è il Displacement Monitoring Service (servizio per il controllo degli spostamenti). Aggiornato con maggiore regolarità di quanto non sia il Landslide Motion Survey, ha una risoluzione spaziale di cinque metri e misura movimenti del terreno dell'ordine dei millimetri: l'obiettivo è di rilevare piccole variazioni di pendenza nel tempo.

Il terzo, Landslide Susceptibility Mapping, integra dati spaziali con tutte le carte tematiche disponibili che mostrano pendenze, utilizzo del terreno, geomorfologia e altri parametri per creare mappe geologiche del pericolo da frana, da aggiornare a brevi intervalli di pochi anni.

Tali progetti vedono il coinvolgimento delle autorità ambientali, dei gruppi per la prevenzione dei disastri idro-geologici e della Protezione Civile. In Italia utilizzatori locali sono stati l'Assessorato all'Ambiente e alla Difesa del Suolo della Regione Campania per quanto riguarda le aree nei pressi di Benevento e di Avellino, e l'Autorità di bacino del fiume Arno.

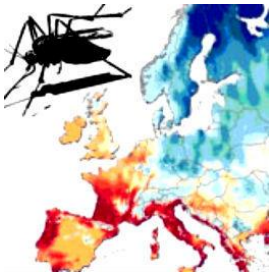
SLAM trova applicazione anche in Svizzera grazie allo Swiss Federal Office for Water and Geology (FOWG), ed è stato realizzato da un consorzio internazionale guidato da Planetek Italia in

collaborazione con Tele-Rilevamento Europa, l'Università di Firenze, Gamma Remote Sensing (CH), Geotest (CH) e Spacebel (B).

Per quanto riguarda altri tipi di rischi, ambientali e per la salute, i dati satellitari si rivelano comunque preziosissimi. È infatti possibile individuare con essi gli scarichi a mare o nei corpi d'acqua, la presenza di discariche abusive, di depositi incontrollati di rifiuti anche pericolosi, di coperture realizzate con materiali contenenti amianto.[35] Anche il territorio sottoposto a rischio incendi può essere monitorato regolarmente così da individuarne gli effetti e, per quanto possibile, prevenirne i danni.

Una particolare applicazione relativa a rischi per la salute è il monitoraggio dell'habitat delle zanzare. Ad esempio, realizzando una mappa per individuare le aree di insediamento della zanzara tigre, che potrà servire da supporto per le azioni gestionali di controllo, prevenzione e monitoraggio della specie attuate delle amministrazioni locali.

Alcuni studiosi, utilizzando i dati di temperatura del suolo rilevati dai satelliti, hanno messo a punto una metodologia di analisi ed elaborando i dati raccolti hanno creato una mappa di distribuzione potenziale di questo insetto. La ricerca è applicabile anche per studiare altri insetti pericolosi per l'uomo, basta conoscere i parametri climatici che ne regolano le esigenze ecologiche.



I governi possono quindi monitorare gli spostamenti degli insetti vettori di malattie. Primo tra questi sistemi è stato quello promosso dall'Istituto olandese per la Salute Pubblica e l'Ambiente (Rivm) denominato Vecmap: si tratta di una rete di sorveglianza che tiene traccia dei focolai di infezione sparsi per il territorio grazie all'integrazione, in tempo reale, di mappe satellitari con i sistemi di comunicazione mobile.

L'obiettivo è quello di avere un'indicazione precisa delle zone in cui vivono le zanzare così da aiutare i governi a formulare le giuste previsioni sui rischi legati alle epidemie. Vecmap combina i dati geometeorologici raccolti dall'ESA riguardo a vegetazione, temperatura della superficie terrestre,

[35] Alcune casistiche tra queste sono state esplorate dalla scrivente mediante analisi d'immagine basata sugli oggetti per verificarne le potenzialità applicative; per alcune di queste indagini si preferiscono ancora i dati aerei al monitoraggio con i dati satellitari, che appare invece preferibile grazie alla maggiore disponibilità di dati, al miglioramento delle acquisizioni dal punto di vista della risoluzione geometrica, spettrale e temporale ed al prezzo, che va sempre più riducendosi.

umidità e specchi d'acqua direttamente con i rilevamenti effettuati sulla Terra. Ai tecnici di bonifica impegnati nella lotta alle zanzare basterà collegarsi alla rete satellitare tramite uno smartphone per ricevere tutti gli aggiornamenti su scala nazionale e ritrasmettere le informazioni entomologiche ottenute sul luogo.

"Malattie come la febbre Dengue o quella del Nilo sono trasmesse dalle zanzare e rappresentano un crescente problema di salute pubblica in molti stati europei. Tuttavia, sappiamo ben poco circa la diffusione delle malattie e dei vettori: proprio per questa ragione, abbiamo bisogno di sviluppare di accurate mappe per ipotizzare dove e quando le zanzare potrebbero nuocere alla popolazione umana"[36].

Vecmap è stato sperimentato per la prima volta nel 2009 in alcune zone nei Paesi Bassi, in Inghilterra, Belgio, Francia, Svizzera e Italia. Con opportuni aggiustamenti, il sistema potrebbe essere adattato anche al monitoraggio di altri tipi di malattie infettive. Una volta perfezionato – grazie al contributo di un consorzio di partner industriali guidato da Avia-Gis – si prevede che gli Stati membri possano acquistare i diritti per accedere alle informazioni contenute nei database del servizio, che si pensa di commercializzare e mettere a disposizione anche delle Università e degli Istituti di ricerca europei entro il 2013.

5.1.2. La Nuova Geografia

Neogeography o nuova geografia indica il fenomeno sociale dell'uso di massa delle mappe virtuali e della creazione di contenuti informatici di carattere spaziale con l'ausilio dei dispositivi GPS di ormai larga diffusione. Vi è infatti un crescente interesse pubblico al mondo della cartografia virtuale di libero accesso e della condivisione delle informazioni, come fenomeno sociale e come nuovo rapporto con gli spazi fisici.

[36] Dal sito ESA:
http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Mapping_the_deadly_mosquito - ultima visita il 22.01.2013.

Gli utilizzatori impiegano strumenti e tecniche geografiche con approccio collaborativo, per attività di diffusione e condivisione di dati e informazioni geografiche, creano ed utilizzano mappe personalizzate combinando le informazioni da fonti differenti secondo la logica e le tecniche dei mash-up e delle API.

Il termine anglosassone Neogeography comparve nel 1922 ma nell'accezione odierna risale al 2006, mentre l'interesse alla neogeografia è cresciuto negli ultimi anni grazie alla semplificazione della produzione d'informazione geografica che si diffonde con le tecnologie di mappatura geografica offerte dal Web, come Google Maps, Google Earth e OpenStreetMap, grazie anche al calo dei prezzi dei dispositivi GPS portatili, siano essi inclusi o no nei smartphone.

I GIS hanno sviluppato nel tempo strumenti e tecniche per applicazioni professionali che richiedono precisione e accuratezza. La neogeografia tende invece a diffondere applicazioni più accessibili e familiari ai "non addetti ai lavori". Ciò crea quasi una contrapposizione tra chi lavora nella geomatica, cui serve rigore e precisione, e chi fa un uso sociale dei dati georiferiti.

La neogeografia è stata anche connessa all'aumento del contenuto geografico generato dall'utente e quindi con l'Informazione geografica volontaria o Geografia volontaria (VGI). In questi casi si attua una raccolta attiva di dati utili alla comunità, come report di eventi, immagini e videoclip, come accade in OpenStreetMap, oppure una collezione di dati personalizzati, come per le tag di Flickr.

Questa nuova geografia è il risultato del libero accesso alla georeferenziazione dei luoghi, il geotagging dei contenuti, una facile integrazione delle risorse in ambienti web utilizzando le API e l'uso quotidiano in crescita di GPS e dispositivi di posizionamento (telefoni cellulari, PDA, browser) nella vita quotidiana. Con l'impiego più convenzionale, la dimensione collaborativa della creazione di mappe permette la diffusione, il controllo e l'aggiornamento del contenuto generato dalla moltitudine d'individui coinvolti. Ciò può tradursi anche in strumento di democrazia partecipativa e di cittadinanza attiva, nell'ottica della cultura gratuita nel web che nasce dal principio condiviso di porre dei limiti all'appropriazione commerciale di beni considerati come indispensabili e che dunque devono restare di libero accesso per tutti. Così per i promotori di progetti di cartografia mondiale e collettiva OpenStreetMap. L'obiettivo della partecipazione è dunque quello di non rendere indispensabile la dipendenza da organizzazioni commerciali per la creazione e riproduzione di mappe e carte adatti ad ogni esigenza.

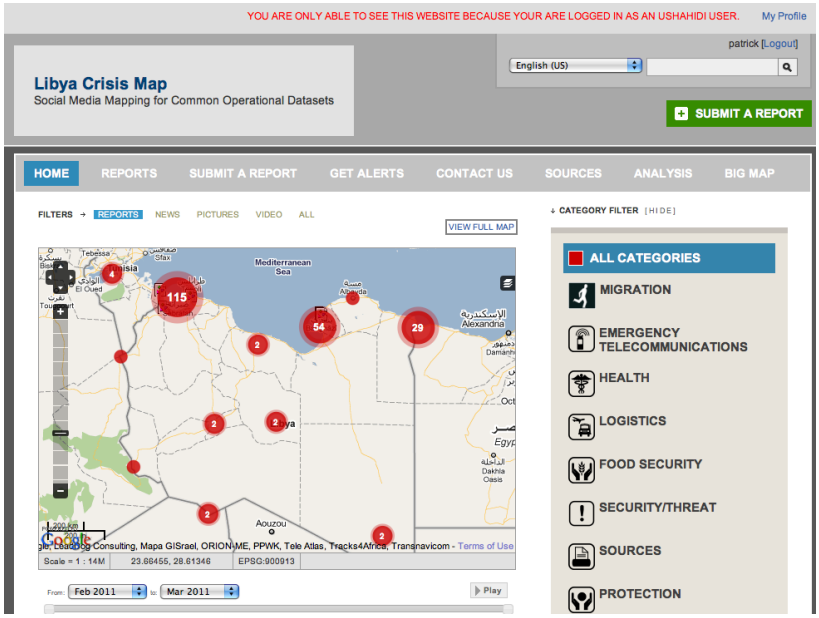
Da un punto di vista oggettivo, più che una vera e propria scienza la neogeografia è utilizzata come mezzo, come vettore di informazione, la cui caratteristica principale non è necessariamente geografica. Il suo impiego all'interno della comunità riflette l'uso diffuso della geolocalizzazione come supporto per la descrizione delle attività di ciascuno.

5.1.3. Ushahidi

Le sfide che questo nuovo secolo sta prospettando non possono prescindere dai nuovi movimenti politici e dal risveglio della popolazione degli Stati che si affacciano sulla parte meridionale del bacino del Mar Mediterraneo. Traccia di questi eventi è stata predisposta, tra l'altro, su un particolare software, Ushahidi.

Ushahidi (in Swahili significa "testimone") fu usato per la prima volta nelle contrastate elezioni in Kenya del 2007 ed è anche il nome del software open source per la *Crowdsourcing Crisis Information* sviluppato per il sito ushahidi.com. Sin dalla sua nascita è stato usato per molti progetti simili in tutto il mondo. Il sito kenyano è stato proposto all'inizio da Ory Okolloh, sviluppato con poche risorse economiche e messo on line in pochi giorni.

Le violenze successive alle elezioni in Kenya del 2007 furono l'oggetto di uno studio dell'istituto Harvard Humanitarian e furono menzionate in un rapporto del Berkman Center. Immediatamente dopo il suo uso iniziale in Kenya, il software Ushahidi fu usato per creare un sito simile per tenere traccia degli episodi di xenofobia nel maggio del 2008 in Sud Africa. Il software è stato da allora usato per mappare la violenza in Congo all'inizio del novembre 2008 e poi in Kenya, Malawi, Uganda e Zambia per tenere traccia delle scorte di magazzino dei farmaci per prevenirne il loro esaurimento. Infine, è stato usato per monitorare le elezioni in Mexico e in India e da Al Jazeera per raccogliere le testimonianze oculari durante la guerra di Gaza del 2008-2009.



La sua task force di volontari sempre in standby è stata attivata anche a seguito della crisi libica. È stata infatti utilizzata da grandi strutture internazionali come OCHA, UNOSAT e NetHope che hanno collaborato con la Comunità Volontari tecnico (VTC) in particolare, compresi i CrisisMappers, Open Street Map, e il team di Google Crisis Response. La Standby Task Force CrisisMappers ha intrapreso una mappatura dei social media e delle nuove relazioni in Libia e lungo i confini, su richiesta di OCHA. Inoltre, la Task Force ha aiutato nella raccolta e mappatura di informazioni per la risposta, mentre UNOSAT ospita i set di dati operativi comuni utilizzati e da utilizzare durante l'emergenza.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

5.2. Questioni ambientali ed energia

5.2.1. Perché ambiente ed energia

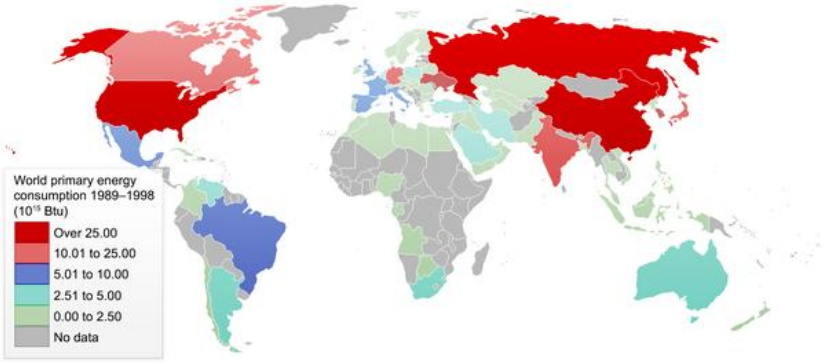
Questioni ambientali ed energia, come si è visto, sono strettamente interconnesse. Si è infatti dimostrata il peso dell'uso delle risorse energetiche non rinnovabili nella produzione di CO^2 e quindi nel cosiddetto effetto serra che influenza il cambiamento climatico. Inoltre il fattore energetico, stimolando la capacità produttiva di un Paese, spesso ne trasforma ambiente e paesaggio.

Quindi l'energia, oltre ad avere un valore di mercato, ha anche e soprattutto una valenza ambientale. L'uso delle fonti energetiche convenzionali, infatti, può comportare danni all'ambiente in cui viviamo ed alla collettività, con dei "costi" sociali aggiuntivi spesso difficili da esprimere in termini monetari e quindi sono difficilmente incorporabili nei prezzi. Il consumo di energia oggi non è quindi illimitato e privo di problemi, ma deve essere indirizzato al fine di uno sviluppo sostenibile delle risorse. Il concetto di "Sostenibilità" e "Sviluppo Sostenibile"è stato introdotto nel Rapporto Our Common Future (1987) della World Commission on Environment and Development (Commissione Bruntland), che gli diede la sua accezione più nota[37]. Il tema dei consumi energetici è perciò legato strettamente alla tematica ambientale.

Una prima questione è la crisi energetica con riferimento all'aumento dei prezzi dei combustibili fossili, che condizionano l'intera agendo sul costo della vita. L'aumento dei prezzi dipende da fattori congiunturali, quali la politica di cartello dei paesi OPEC e quella fiscale dei paesi UE, che accrescono considerevolmente il prezzo di mercato del greggio in confronto ai costi reali di produzione. Nonostante le scorte dei combustibili fossili, secondo alcune stime dureranno ancora per diversi anni. Tali stime, risalenti all'anno 2000, indicavano in circa 45 anni le riserve ancora disponibili per il petrolio, 63 anni quelle del gas naturale, 230 anni le riserve di carbone e 235 quelle da combustibile da fissione.

[37] Cioè sostenibile è lo sviluppo che "garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri".

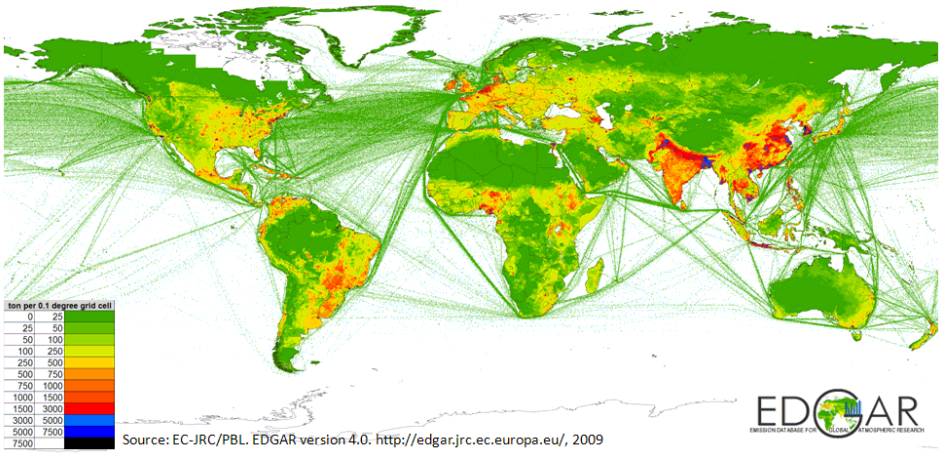
Inoltre la domanda di energia è in continua crescita. L'EIA (US Energy Information Administration) stimava nel 2000 che "la domanda mondiale di greggio dovrebbe crescere del 51% al 2020 rispetto ai valori di quell'anno e passare da 76 milioni di barili al giorno a 115 milioni di barili al giorno". Nonostante tali stime siano state in parte riviste nel 2006, indicano l'urgenza di un cambio di rotta nelle politiche globali per ambiente ed energia. Secondo il rapporto dell'EIA del 2011, l consumo mondiale di energia commercializzata crescerà del 53 % dal 2008 al 2035[38]. Inoltre il costo dell'energia primaria da combustibili fossili tenderà a crescere nei prossimi anni soprattutto grazie alla forte richiesta di energia che accompagnerà i paesi in via di sviluppo ed in misura più marginale anche dai paesi industrializzati, che già si stanno orientando verso un maggiore uso di fonti rinnovabili. Dall'esigenza di disporre di grandi quantità di energia deriva l'inquinamento ambientale, anche perché attualmente le fonti energetiche nel mondo sono ancora legate in gran parte alle fonti fossili.

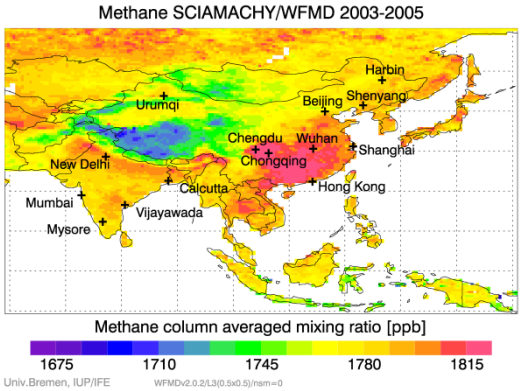


Le cause dell'inquinamento sono dovute principalmente agli autoveicoli, agli impianti di riscaldamento, alle centrali termoelettriche, agli inceneritori ed alle industrie.

Molto eloquente è l'immagine ricostruita grazie ai dati acquisiti dallo spettrometro SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY ma anche, dal greco σκιάμάχη, "che combatte le ombre", uno dei dieci strumenti del grande satellite ambientale Envisat dell'ESA di recente non più operativo. Questo strumento ci ha fornito dati sulle emissioni in atmosfera in tuttio il globo e si è visto quindi che la maggiore quantità delle emissioni inquinanti riguardava proprio i paesi emergenti e, tra questi, in particolare la Cina e poi l'India.

[38] http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm , ultima visita al sito in data 9 dicembre 2012.





La formazione di composti è più o meno direttamente correlata alla produzione ed al consumo di energia, ed in generale a questi agenti inquinanti sono dovuti diversi impatti ambientali.

L'inquinamento diretto danneggia la salute dell'uomo e delle altre specie viventi, gli ossidi di azoto in quantità elevate in particolare possono danneggiare l'apparato respiratorio, mentre il monossido di carbonio riduce la capacità di ossigenare i tessuti. Si è inoltre accertata la cancerogenicità per l'uomo di alcuni composti organici volatili, come il benzene. Le polveri sottili hanno invece sia un effetto fisico sull'apparato polmonare, sia possono agire da vettori di piombo e composti organici volatili.

Le piogge acide invece sono dovute principalmente a sottoprodotti delle centrali termoelettriche, di alcune attività industriali, degli scarichi di autoveicoli e degli impianti di riscaldamento domestico quali gli ossidi di azoto e l'anidride solforosa che interagiscono con l'umidità dell'aria originando composti acidi che hanno effetti negativi sulla salute dell'uomo, sulla vegetazione, sulla fauna e sui monumenti.

Lo smog fotochimico proviene dall'interazione tra i raggi solari e gli ossidi di azoto e carbonio oltre che sui Composti Organici Volatili

Il "buco dell'ozono" è causato soprattutto dagli ossidi d'azoto e dai clorofluorocarburi che riducono lo strato di ozono in stratosfera. Le radiazioni solari ultraviolette se non vengono schermate possono raggiungere il suolo e provocare alterazioni delle molecole di DNA (cioè effetti mutageni e cancerogeni) alle diverse forme di vita.

L'effetto serra è stato da sempre presente in natura: il vapore acqueo e l'anidride carbonica trattengono il calore che la terra riemette dopo aver assorbito i raggi solari e permettono di mantenere la temperatura nella biosfera a livelli ottimali per la vita. Tuttavia l'aumento di anidride carbonica e di altri gas come il metano in atmosfera in quantità superiori alla loro normale presenza causa un aumento della temperatura che negli ultimi anni è osservato con sempre più attenzione, tanto che rispetto all'era preindustriale l'anidride carbonica è aumentata del 30%, il metano del 145%.

Il riscaldamento del globo rappresenta la principale emergenza ambientale da affrontare in questo secolo: le maggiori preoccupazioni non riguardano tanto il fatto che il clima possa cambiare, ma soprattutto la velocità con la quale possano avvenire tali cambiamenti: una variazione troppo repentina del clima potrebbe avere effetti imprevedibili sulla struttura dell'ambiente e degli ecosistemi in generale. L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), una commissione scientifica costituita nel 1988, ipotizza che con il trend attuale la temperatura media della terra aumenterà dai 0,6°C ai 5,6°C entro il 2100 con un tasso di riscaldamento molto più elevato rispetto a quello del 20 secolo. Ciò potrebbe voler dire il rischio di desertificazione per ampie regioni del globo e fenomeni di inondazioni, uragani ecc.. in altre aree. Il Terzo Rapporto dell'IPCC (TAR) del 2001, riporta che i cambiamenti recenti del clima possono essere attribuiti alle attività umane[39].

Questa sintesi dei maggiori problemi ambientali che connettono questioni ambientali ed energetiche vuole chiarire come non si possa prescindere per il futuro da una più oculata gestione delle risorse energetiche, dallo sviluppo delle fonti rinnovabili, primo tra tutti il solare fotovoltaico, dalla gestione dell'energia con sistemi intelligenti che consentano di ridurre dispersione termica e sprechi.

---

[39] "Il sistema climatico della terra presenta cambiamenti dimostrabili, sia su scala globale che regionale a partire dall'era pre-industriale e alcuni di questi cambiamenti sono attribuibili ad attività umane. […] Le attività umane hanno aumentato dall'era pre-industriale le concentrazioni di gas serra in atmosfera. […] Ci sono nuove e più forti prove che il riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile ad attività umane. […] La concentrazione atmosferica di anidride carbonica (CO2) è aumentata di circa il 30% fino ad oggi; negli ultimi 20 anni per tre quarti a causa dell'utilizzo dei combustibili fossili"

Ma torniamo al contributo di conoscenza che le nuove risorse apportano in questo campo.

I satelliti ci consentono non solo di comprendere l'impatto umano sul mondo ma anche di prendere decisioni consapevoli in merito ad un eccessivo consumo delle sue risorse, così da preservare l'equilibrio che rende possibile la sopravvivenza del mondo naturale.

Tra le risorse preziose, la domanda di acqua è in crescita inesorabile. L'accesso all'acqua è fondamentale - non solo per bere, ma anche per l'agricoltura, l'energia ed i servizi igienico-sanitari. In alcune regioni del mondo, la scarsità d'acqua è causata dalla crescita della popolazione, le condizioni climatiche e l'aumento della variabilità del clima, lo sviluppo economico e l'urbanizzazione.

Con molti paesi africani che soffrono della mancanza di acqua, l'ESA con la propria iniziativa TIGER ha costruito la capacità di mappare la preziosa risorsa. Questa nuova conoscenza sta aprendo la strada ad azioni di gestione sostenibile dell'acqua.

Le osservazioni satellitari del nostro pianeta sono state ampiamente riconosciute come uno strumento indispensabile per la raccolta di informazioni sulle risorse idriche disponibili. Ciò è particolarmente vero per le aree attraversate da bacini fluviali, come il bacino del Nilo e come gli undici paesi che ne sono interessati.

In risposta a questa esigenza di informazione in materia di acque, l'ESA ha avviato iniziative tese all'esecuzione di progetti ed alla costruzione di capacità per l'utilizzazione della tecnologia spaziale per la gestione delle risorse idriche in collaborazione diretta con diverse organizzazioni africane ed internazionali, come il Consiglio dei ministri africani per l'acqua, l'UNESCO-IHP[40], l'African Water Facility, l'UN-ECA[41] e l'Agenzia spaziale canadese.

I progetti avviati dall'ESA sono focalizzati su diversi aspetti della gestione delle risorse idriche tra bacini di caratterizzazione, qualità dell'acqua, esplorazione delle acque sotterranee, monitoraggio dell'umidità del suolo e dell'agricoltura irrigua.

---

[40] International Hydrological Programme dell'Unesco, cioè dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura, dall'acronimo inglese United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
[41] United Nations Economic Commission for Africa

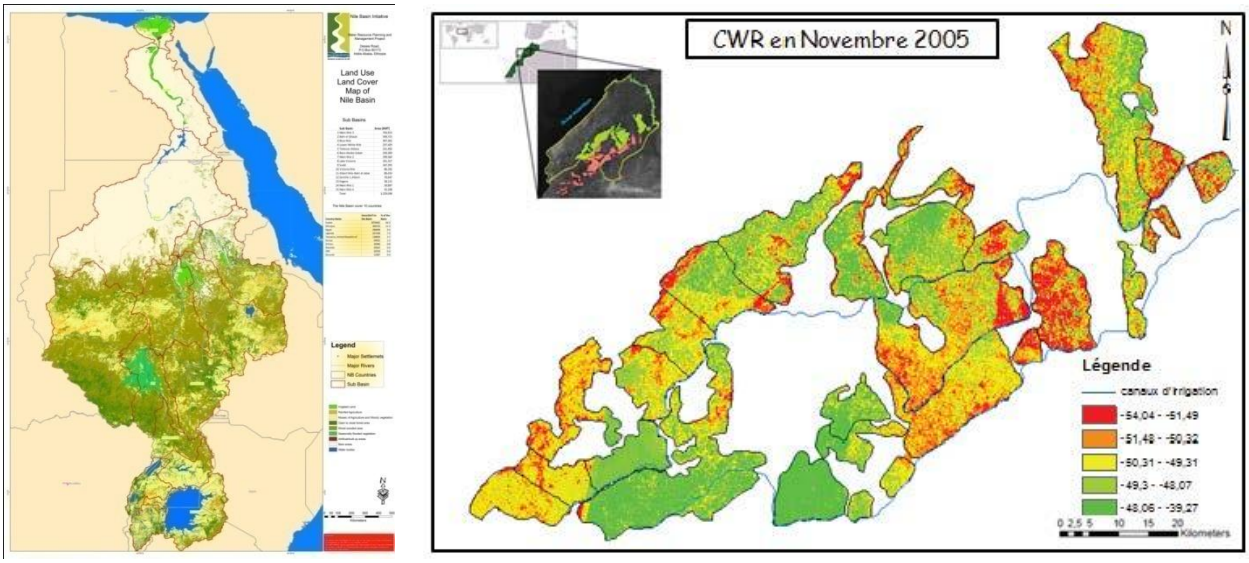
Una componente importante di tali progetti è dedicata a sostenere gli scienziati africani, i centri tecnici e le autorità di bacino per sviluppare le competenze scientifiche e la capacità tecnica di fare il miglior uso della tecnologia di Osservazione della Terra per meglio comprendere, valutare e monitorare lo stato delle risorse idriche in Africa. L'iniziativa è inoltre dedicata a sostenere i partner africani per ottenere una migliore comprensione di come l'Osservazione della Terra può aiutare a valutare i potenziali impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e quindi creare una solida base scientifica per lo sviluppo di un efficace adattamento e lo studio di misure di mitigazione in tutto il continente.

Le proposte selezionate comprendono, tra gli altri, l'uso sostenibile delle risorse idriche, modelli di inondazioni, il monitoraggio della qualità dell'acqua, la modellazione della sedimentazione, la valutazione delle risorse sotterranee, aspetti idrologici e ambientali delle zone umide e degli impatti dei cambiamenti climatici.

Questi progetti possono beneficiare di libero accesso ai dati di Osservazione della Terra, agli strumenti software ed alla consulenza scientifica di esperti internazionali, nonché alla formazione dedicata con fasi di ricerca nei laboratori di esperti, a sostegno per la partecipazione a corsi post-laurea ed alla pubblicazione dei risultati scientifici.

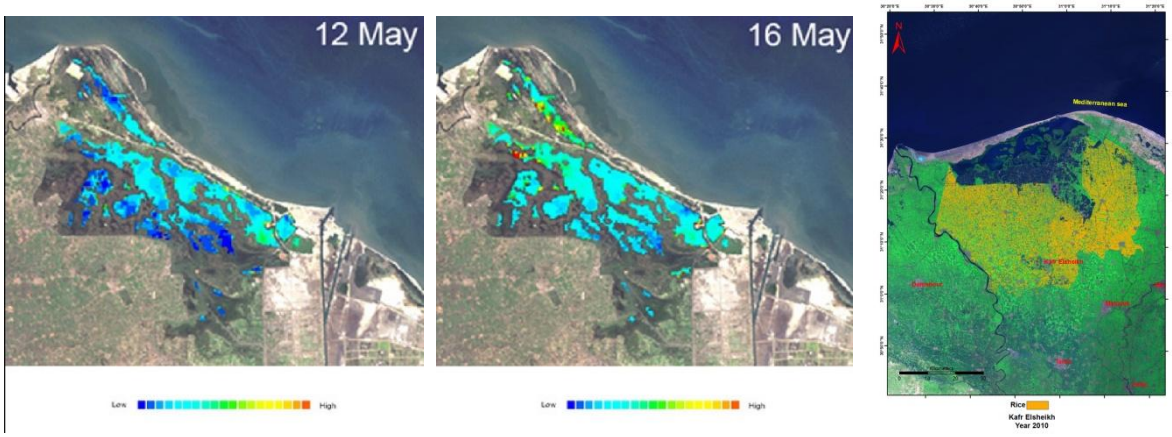
L'agricoltura in Marocco, nella regione Doukkala, è di grande importanza per la produzione alimentare nazionale. Tuttavia una crescente siccità sta limitando la fornitura di acqua e compromette la produttività - un problema tipico di molte parti dell'Africa.

Gli scienziati di un'università locale hanno messo a punto un sistema che utilizza i dati satellitari per calcolare la quantità di acqua effettivamente necessaria per le colture. Le mappe risultanti si stanno dimostrando fondamentali per ottimizzare l'uso delle scarse risorse idriche per l'irrigazione, proteggendo gli agricoltori dalla perdita dei raccolti a causa della siccità.



Le figure precedenti illustrano studi condotti in Egitto (a sinistra l'area del bacino del Nilo) ed in Marocco (a destra la regione Doukkala) grazie ai dati satellitari dell'ESA

Università egiziane hanno monitorato l'area del bacino del Nilo, le condizioni delle acque del lago Manzala (sotto, a sinistra ed al centro) e, nella regione di Kafr El Sheikh (immagine sotto a destra, Ministero delle Risorse idriche e irrigazione, Egitto anno 2010), l'andamento delle coltivazioni di riso, coltura che richiede una notevole quantità d'acqua.

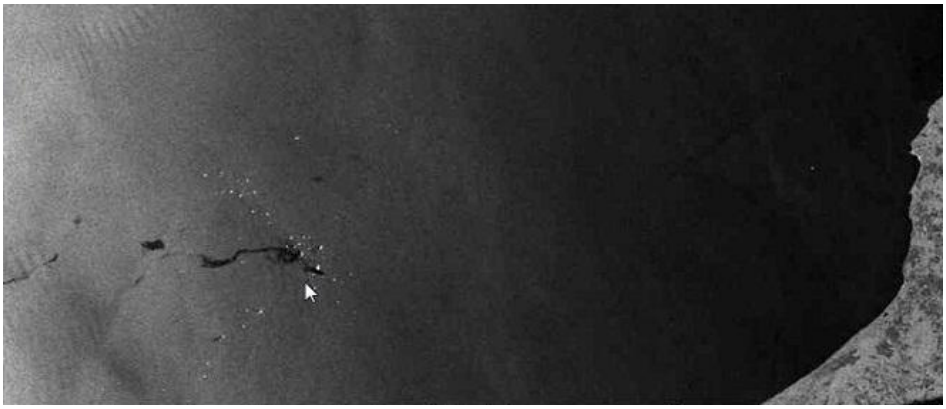


Grande importanza ha assunto il monitoraggio ambientale ai fini della prevenzione dei rischi naturali ed antropici. Oltre alla prevenzione del rischio idrogeologico, un efficace controllo può garantire rapide risposte di intervento in situazioni di particolare degrado o alterazione dell'ambiente (e fra queste le catastrofi naturali), costituendo un punto chiave dello sviluppo sostenibile.

Situazioni di rischio che è possibile monitorare, oltre al controllo dei movimenti franosi di cui si è ià detto, sono quelle che concernono:

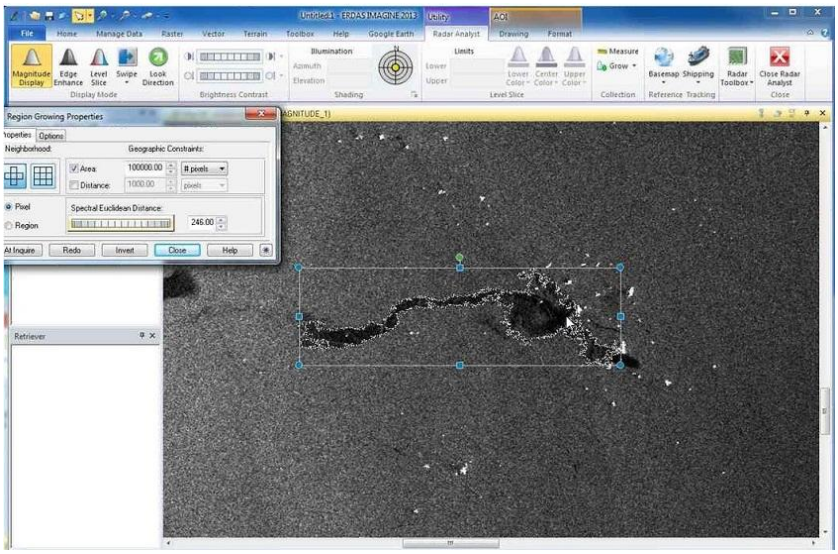
- inquinamento atmosferico
- inquinamento elettromagnetico
- inquinamento acustico
- inquinamento delle acque
- incendi boschivi
- controllo dei bacini fluviali

Ma anche la perdita di suolo ed i cambiamenti climatici possono essere monitorati con dati telerilevati da satellite, come si è dimostrato nell'ambito dei progetti GUS e GSE-land che fanno parte di GMES.



Un particolare tipo di monitoraggio che si realizza mediante dati satellitari da sensore radar è il controllo dei versamenti di petrolio in mare da parte delle navi. In particolare nel Mar Mediterraneo, mare chiuso, la Commissione Europea fa sorvegliare il passaggio delle navi al fine di evitare questo dannoso inquinamento.

La caratteristica dei dati radar, che rilevano le rugosità delle superfici, consente di individuare sulla superficie del mare, costantemente increspata perché percorsa da onde, la scia liscia del petrolio che si deposita in un velo sulla superficie rendendola liscia, e misurarne anche l'ampiezza con opportuni software.


Region Growing Properties
Options
Neighborhood:
Geographic Constraints:
Area
100000.00
ft pixels
Distance
1000.00
pixels
Pixel
Region
Spectral Euclidean Distance:
246.00
Redo
Invert
Close
Help
Retriever

5.2.2. Efficienza energetica

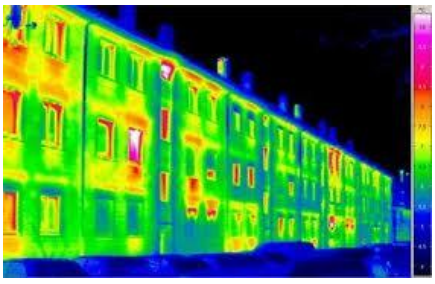
Ridurre il consumo di energia e prevenirne gli sprechi sono obiettivi prioritari dell'Unione europea. Favorendo il miglioramento dell'efficienza energetica, l'UE dà un contributo decisivo alla competitività, alla sicurezza degli approvvigionamenti e al rispetto degli impegni assunti nel quadro del protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici.

Le possibilità di riduzione esistenti sono notevoli, in particolare nei settori ad alto consumo di energia, quali il settore dell'edilizia, delle industrie manifatturiere, della conversione dell'energia e dei trasporti.

Alla fine del 2006 l'UE si è impegnata a ridurre del 20% il consumo annuo di energia primaria entro il 2020. Per conseguire questo obiettivo, essa mobilita i cittadini, i responsabili politici e gli operatori del mercato, e fissa, tra l'altro, norme minime di rendimento energetico e regole in materia di etichettatura, applicabili ai prodotti, ai servizi e alle infrastrutture

La Commissione ha proposto diverse misure per aumentare l'efficienza in tutte le fasi della catena energetica:. Consumo generazione, trasformazione, distribuzione e finali

Le misure si concentrano sui mezzi pubblici e dell'edilizia, dove il potenziale di risparmio è maggiore. Altre misure comprendono l'introduzione di contatori intelligenti che incoraggiano i consumatori a gestire meglio il loro consumo energetico.



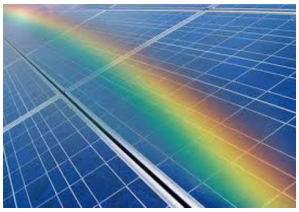
Al fine di ricercare un modo per migliorare l'efficienza energetica degli edifici, si fa uso di diverse tecniche tra cui quella innovativa della termografia per individuare le situazioni di maggior dispendio e perdita di calore, così da contenere la dispersione termica nell'edilizia.

5.2.3. Due idee per una Smart City

Nell'ambito di una serie di proposte e schede progetto del corso di Dottorato Nuove Tecnologie per una migliore gestione energetica delle città, la scrivente ha presentato due proposte, una delle quali basata sul Remote Sensing per l'individuazione delle coperture di edifici adatte alla produzione di energia da solare fotovoltaico, che si ripropongono in questo lavoro con l'esclusione della parte relativa alla descrizione della rete ed all'elenco delle risorse.

Dopo aver analizzato lo scenario presente, e considerando che nei centri urbani e nei loro dintorni vive tre quarti della popolazione europea ed è lì che viene prodotta la maggior parte delle emissioni nocive, si considera che per avviare un'economia che raggiunga gli obiettivi fissati per l'Europa in tema di sostenibilità ambientale occorre iniziare da azioni che riguardino le città.

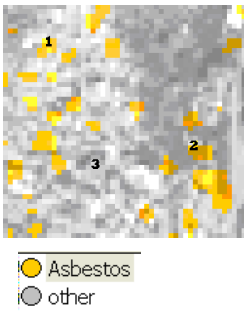
Le attuali politiche energetiche favoriscono la produzione di energia da fonti rinnovabili, ed il miglioramento di tale produzione è uno degli obiettivi che un'attenta gestione del territorio può consentire. Per quanto riguarda il fotovoltaico, scelte dettate da ragioni di tutela dell'esistente possono coesistere con tecnologie soft che comunque consentano di collocare o inserire sugli edifici e sulle loro coperture i classici pannelli fotovoltaici oppure tegole modificate o, ancora, celle costituite da film sottile, ciò che l'industria del solare fotovoltaico nella sua più recente evoluzione tecnica sta producendo.



Altro problema ancora da risolvere sul nostro territorio è l'individuazione delle coperture contenenti asbesto, nocivo, come è noto, sia per gli effetti dannosi di lungo termine sull'organismo che per i rischi sanitari connessi con la eventuale dispersione di fibre. Sino ad ora la presenza di cemento amianto nelle coperture era individuabile a seguito di campagne di voli aerei predisposte su specifiche aree già note (voli CNR-IIA-LARA di Roma). Di recente, invece, è stato dimostrato che anche attraverso dati da satellite è possibile la discriminazione di tale materiale nelle coperture[42].

[42] Bilotta G., Barrile V., Pannuti F., "A comparison between methods – a specialized operator, object oriented and pixel-oriented image analysis – to detect asbestos coverages in building roofs using remotely sensed data" – The International

Il nuovo Conto Energia riconosce incentivi anche per la sostituzione delle coperture in eternit con pannelli fotovoltaici, come già avvenuto in altre regioni con specifici progetti regionali finalizzati all'eliminazione del materiale nocivo. Partire dai centri urbani per l'analisi della potenzialità energetica diffusa considerando anche la sostituzione delle coperture in eternit consentirebbe di avere un motivo in più per avviare la produzione di energia elettrica dal sole su larga scala.

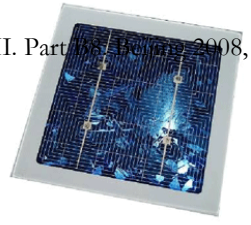


Il progetto riguarda in sintesi l'incentivazione alla trasformazione degli edifici in macchine che producono energia pulita attraverso la mappatura delle potenzialità energetiche degli edifici di intere aree urbane. Un'opzione importante collegabile a questa iniziativa però è che gli stessi centri business e le aziende ivi presenti inizino da subito questo percorso virtuoso installando sulle coperture dei propri edifici il maggior numero possibile di pannelli fotovoltaici, rendendo collettivamente il proprio centro business il primo centro sostenibile della città o della regione. Diverrebbero così un catalizzatore nel processo di trasformazione e darebbero un segno vitale per l'industria del settore. Questa azione avrebbe molti effetti positivi, dal momento che, oltre a dare slancio all'industria ed al mercato dell'energia sostenibile, sarebbe un segnale con effetto di traino sul resto della popolazione. L'azione potrebbe essere sorretta da una piattaforma per la collaborazione sulla sostenibilità e l'opportunità di raccogliere questa sfida sia nel senso degli investimenti che per organizzare le attività di partecipazione all'iniziativa che, a sua volta, avrebbe un proprio label da attribuire alle imprese aderenti. Un altro vantaggio dell'approccio collettivo a questa iniziativa è che sarebbe possibile ottenere risultati nel più breve possibile con un rapido ritorno sull'investimento.



Un sistema che utilizzi dati telerilevati da satellite ed un DTM può, calcolando dimensioni delle coperture degli edifici, esposizione, orientamento, posizione delle ombre, fornire una quantificazione del potenziale energetico realizzabile con impianti fotovoltaici da parte di un'area coperta da edifici. Infatti attraverso un riconoscimento ad alta definizione delle coperture (colmi e falde dei tetti) ricavate da immagini satellitari è possibile rilevare le esposizioni e le inclinazioni ottimali per lo sfruttamento dell'energia solare con impianti fotovoltaici. La dimensione complessiva ottenuta rende quantificabili le potenzialità

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008, pp. 427-433 – ISSN 1682-1750



Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

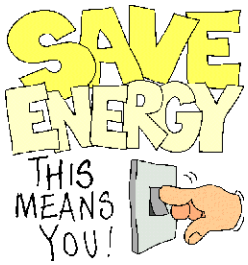
energetiche del territorio. Inoltre, con l'analisi di dati satellitari scelti opportunamente per quanto riguarda caratteristiche spettrali e geometriche e con un tool di segmentazione e classificazione ad oggetti, mediante segmentazione e classificazione semi automatica dell'intera scena si possono anche discriminare le coperture ancora contenenti amianto, così da prevederne in modo prioritario la sostituzione.

Il sistema sarebbe trasparente per il cittadino attraverso un sito web che illustri, istante per istante, il fabbisogno previsto, la quantità di energia prodotta dal sole e lo stato di attuazione del progetto.

Questo sistema potrebbe prevedere la possibilità di connessioni con altri sistemi per il controllo del consumo energetico eventualmente avviati, così da consentire un bilancio tra energia prodotta dal sole e consumo energetico delle componenti urbane.

Nell'altro progetto, si parte dalla considerazione che comunque le città sono essenziali per raggiungere l'obiettivo del risparmio energetico e per avviare una vera economia ad emissioni ridotte.

Il consumo di energia purtroppo sta crescendo sempre più e la rete elettrica, che fino ad oggi era semplicemente una rete di distribuzione di energia elettrica dai luoghi di produzione centrale agli utenti, assume anche altre funzioni. Oggi l'elettricità non è più prodotta solo in sedi centrali ma viene generato in modo distribuito, in tutto la rete. Il settore energetico, inoltre, sta attraversando una fase di liberalizzazione del mercato, tanto che in alcuni paesi il trasporto e la distribuzione sono stati separati dall'aspetto della produzione e vendita dell'energia, e mutevoli condizioni del mercato hanno effetto sulle attività e sugli investimenti delle imprese energetiche.



Su tutto ciò si può influire anche attraverso gli utenti, migliorando l'efficienza energetica degli edifici attraverso l'incentivazione di comportamenti per un consumo energetico consapevole, con dati verificabili anche via web e da dispositivi mobili.

Domani una Smart City che produca da sé l'energia necessaria per le sue attività potrebbe anche verificare mediante le sue connessioni nervose il consumo energetico delle sue componenti istante per istante, graduando le previsioni di fabbisogno energetico ed evitando gli sprechi e l'iperproduzione di energia.

Un sistema per la gestione dell'energia che abbia la finalità di rendere i residenti e le ditte più consapevoli del loro consumo di energia, aiutandoli nel tempo a risparmiarla, potrebbe consentire sul breve periodo un risparmio energetico consistente per centinaia di famiglie ed imprese venete.

Spesso noi non siamo consapevoli del nostro consumo energetico anche perché nelle nostre case esso non è direttamente visibile. Né, data l'abitudine all'uso, si presta attenzione agli apparecchi che utilizzano una grande quantità di energia che ormai si rivelano indispensabili. Molti elettrodomestici, poi, sono inutilmente lasciati in stand-by con conseguente ulteriore inutile consumo.

Il progetto che si propone rende possibile l'uso di tecnologie intelligenti per il controllo del consumo energetico con l'integrazione dell'informazione geografica. Tali tecnologie dovrebbero cambiare la consapevolezza delle famiglie e, conseguentemente, il consumo energetico di ogni apparecchio/elettrodomestico in ogni ambiente o locale o alloggio riconducibile alla famiglia o all'impresa.



L'obiettivo è quello di salvare almeno il 12 per cento di energia e allo stesso tempo, ridurre l'equivalente quantità di CO2 prodotta, come è già stato dimostrato che avviene con comportamenti attenti al consumo domestico di energia. Questo progetto non si limita al controllo del consumo energetico residenziale ma allarga l'utenza alle aziende che così vedranno ridotti nel tempo i costi dell'energia consumata e nel contempo potranno aggiungere l'obiettivo raggiunto in questo campo ai risultati aziendali, apprezzabile quale componente importante per le politiche europee per l'ambiente.

Si potrebbe utilizzare questo sistema per controllare, elettrodomestico per elettrodomestico, ambiente per ambiente o alloggio per alloggio, quanta energia è utilizzata, di volta in volta oppure nel complesso della giornata, da tutta la famiglia o dall'impresa. Essendo possibile vedere il consumo per apparecchio come ad esempio, nell'uso residenziale, quello della lavatrice, del frigorifero o del microonde, si rendono evidenti le eventuali anomalie e si stimola alla sostituzione consapevole degli apparecchi dal consumo eccessivo. Inoltre, rendendo le persone più informate e coscienti del loro consumo energetico, si incentiva un comportamento indirizzato al risparmio energetico attraverso obiettivi personali di risparmio da prefissarsi e raggiungere attraverso la moderazione nell'uso di energia e gas.

Il sistema di gestione dell'energia all'interno dell'alloggio si interfaccia con l'utente attraverso un display wireless collegato con i contatori digitali del gas e dell'energia elettrica. All'interno ed all'esterno può essere utilizzato un sistema geografico ad accesso controllato, sia dal web che da smartphone, che localizza sia il/gli alloggi che i singoli apparecchi collegati al sistema, accesi o spenti, con i relativi dati di consumo ed interruttori virtuali per l'invio del comando di accensione o spegnimento dei singoli apparecchi. Lo stesso sistema fornisce i dati relativi all'energia risparmiata e quindi alla riduzione di gas serra mediante comparazione con consumi precedenti.

L'uso dei dati cumulativi sarebbe già interessante per verificare gli obiettivi complessivi raggiunti dal progetto. Con la sua estensione, poi, un livello generale di monitoraggio può contribuire al miglioramento dell'efficienza energetica dell'intera città. Sarebbe infatti possibile il controllo del consumo energetico delle componenti urbane istante per istante e, quindi, evitare sprechi e graduare le previsioni di fabbisogno energetico.

5.3. Mobilità

5.3.1. Trasporto, infomobilità e tecnologie di localizzazione

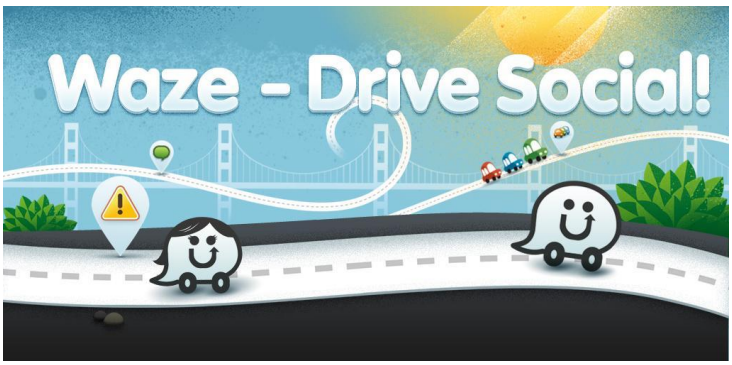
Il trasporto è essenziale per la civiltà moderna. Tuttavia, la società ha capito che la domanda costante e crescente del mondo per la mobilità non può essere soddisfatta con la semplice espansione degli attuali mezzi di trasporto. Proprio i sistemi di trasporto sono tra le principali cause di congestione del traffico, di morte e di lesioni da incidenti, del cambiamento climatico, dell'esaurimento delle risorse, di problemi di salute pubblica a causa dell'inquinamento atmosferico e acustico e del deterioramento degli ecosistemi. Ma i sistemi basati sulla tecnologia spaziale, in particolare con l'uso di sistemi globali di navigazione via satellite e delle telecomunicazioni via satellite, possono sempre contribuire a far fronte alle sfide della mobilità con servizi innovativi.

Per infomobilità si intende, come è noto, l'impiego di tecnologie dell'informazione a supporto ed a favore della mobilità e per semplificare ed agevolare gli spostamenti sia di persone che di merci

La rapida diffusione di strumenti basati su sistemi di navigazione satellitare quali GPS e Glonass (alcuni dei quali già predisposti per il prossimo Galileo) e lo sviluppo di dispositivi e strumenti informatici e mobili degli ultimi anni hanno reso possibile il trattamento completo, diffuso ed accessibile dell'informazione geografica relativa alla mobilità sia di persone (gestione e controllo del traffico stradale) che di cose (logistica).

I cittadini che si muovono nel traffico (in auto, in moto oppure anche in bici ed a piedi) e quelli che utilizzano mezzi di trasporto pubblico, beneficiano dei servizi per l'infomobilità quando ricevono notizie in tempo reale sui tempi di attesa per treni e bus (le flotte di bus con GPS hanno ormai tradizione ventennale in alcune città italiane). A questi servizi se ne affiancano di nuovi quali la localizzazione delle fermate di metro e bus, i servizi per l'utilizzo dei sistemi di *bike sharing*. Servizi sia per i cittadini sia per i team di recapito postale e gli operatori della logistica. Hanno diversi mezzi di diffusione: su pannelli oppure sul web, ed ultimamente sempre più su dispositivi mobili, possono giungere a scelta via SMS, tramite un navigatore satellitare (con cui si può anche individuare il miglior percorso) oppure attraverso le varie app di infomobilità dedicate create per gli smartphone come l'iPhone o quelli dotati di sistema operativo Android o i tablet, sempre più diffusi.

Tra le tante, di seguito due applicazioni-tipo per l'infomobilità.



Waze ad esempio, per chi va in auto, è un applicazione sociale gratuita per la guida che sfrutta il GPS e che utilizza gli avvisi in tempo reale inviati dagli utenti per muoversi nel traffico. È molto più di un navigatore: il lato social di Waze offre la possibilità ai guidatori di interagire tra loro inviandosi informazioni sullo stato del traffico stradale in qualsiasi momento. L'applicazione incorpora nelle mappe aggiornate le nuove informazioni fornite dall'utente a cui consente un ruolo attivo condividendo con gli avvisi notizie su incidenti o pericoli sulla strada, fornendo agli altri utenti nella zona un avviso su cosa li attende e ricevendo a propria volta avvisi e informazioni. Ad oggi gli utenti sono oltre 3 milioni in tutto il mondo.



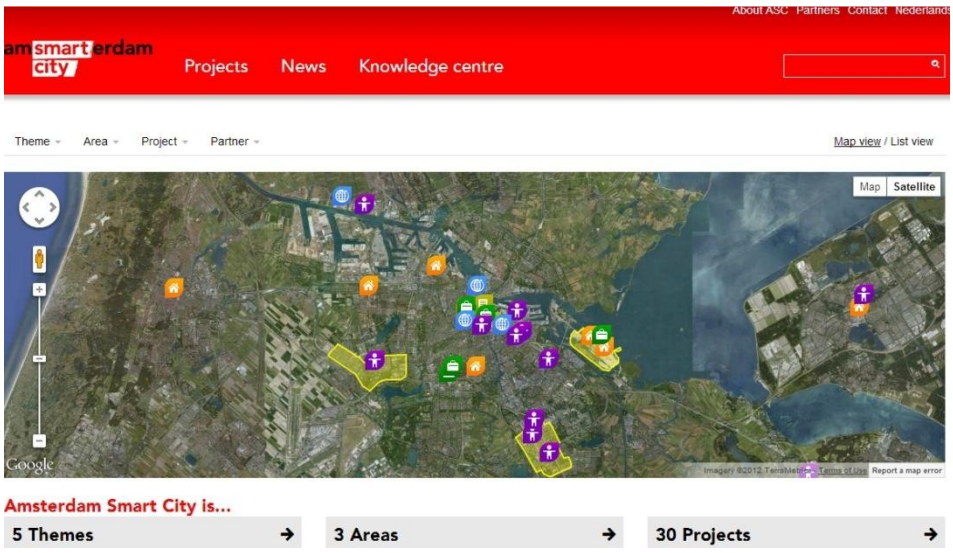
Cycle Hire Widget è un'applicazione per trovare la più vicina postazione per il bike sharing a Milano, a Londra ed in molte altre città in tutto il mondo ed è disponibile in sei lingue, incluso l'italiano. Si può trovare la più vicina postazione per il bike sharing, ricevendo per ogni postazione la disponibilità reale e aggiornata di bici e stalli.

Ma l'infomobilità non consiste solo in applicazioni per lo smartphone.

Alcune volte i sistemi ed i progetti relativi alla logistica hanno anche aspetti connessi alle verifiche di legalità. Si pensi infatti per le merci ai progetti per la gestione ed il controllo dei movimenti dei trasporti pericolosi. L'Advanced Tracking System (ATS) è un sistema di monitoraggio che utilizza i dati di navigazione satellitare per monitorare quotidianamente gli spostamenti di centinaia di container caricati su autocarri che trasportano scarti industriali.

La capacità di determinare con precisione e comunicare la propria posizione in qualsiasi momento grazie al GNSS sta cominciando ad avere un impatto significativo sulla gestione delle flotte di navi e camion, sul traffico stradale e sul monitoraggio ferroviario, sulla mobilitazione dei servizi di emergenza, sul monitoraggio delle merci trasportate nel trasporto multimodale e sul controllo del traffico aereo.

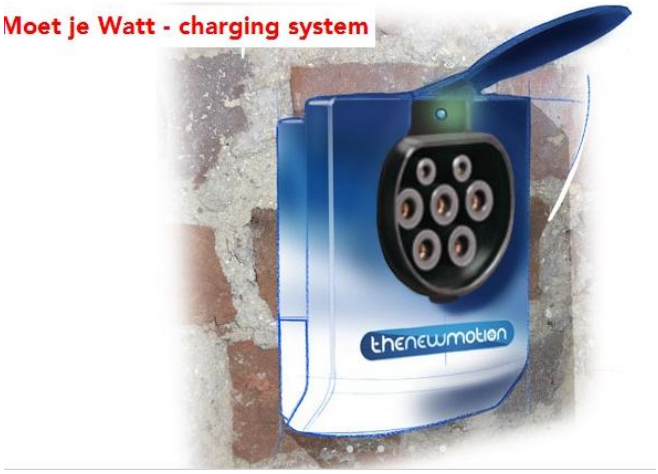
In questo panorama anche i mezzi ad energia elettrica ed idrogeno giocano un ruolo fondamentale nella realizzazione di quella che viene definita eMobility, con una particolare attenzione all'efficienza energetica nell'ambito della pianificazione urbana e del traffico. Noti sono i progetti di Amsterdam, anzi Amsterdam Smart City, una partnership unica tra imprese, enti, istituti di ricerca e cittadini di Amsterdam che nel suo sito illustra i propri progetti relativi a cinque temi: vita, lavoro, mobilità, servizi pubblici ed Open Data.



Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Per quanto concerne la mobilità, questa ed i mezzi di trasporto che vanno da automobili, autobus, camion e scooter fino alle navi da crociera[43], sono responsabili di circa un terzo delle emissioni totali di CO^2 di Amsterdam. Al fine di determinare quali tecnologie, concetti, approcci e forme di cooperazione siano di maggior successo, sono stati avviati diversi progetti relativi alla mobilità. Tutti concentrandosi su modi sostenibili di trasporto e delle infrastrutture necessarie per la loro realizzazione. Per esempio l'implementazione di nuovi concetti logistici, di concetti dinamici di gestione del traffico e di una rete di punti di ricarica per scooter elettrici in tutta la città.

Tra questi, il progetto Moet je Watt - sistema intelligente di ricarica della batteria elettrica per auto elettriche, a casa e al lavoro, che comunica con un contatore intelligente per impedire lo spreco di potenza e il sovraccarico. Lo scopo di questo progetto è quello di testare la combinazione: è infatti molto facile sovraccaricare le auto elettriche. Il MJW è una stazione di ricarica della batteria che impedisce che ciò accada comunicando con un contatore, in modo che il processo di carica della batteria sia in sintonia con la capacità massima del collegamento elettrico.



Il progetto MJW si integra con i contatori intelligenti che vengono utilizzati a casa e in ufficio, iniziando quindi con il lancio dei contatori smart attualmente organizzati dai gestori della rete elettrica. Un ulteriore obiettivo del progetto è quello di studiare le opportunità disponibili per la ricarica intelligente della





[43] Il passaggio delle navi da crociera in ambito urbano, periurbano o, comunque, in aree sensibili è un problema di cui soffrono, ad esempio, sia Amsterdam che Venezia.

batteria per diversi veicoli in un unico luogo (come in un ufficio). Lo scopo del progetto è quello di trovare una soluzione di ricarica della batteria (in sintonia con i contatori smart) sia per i consumatori che per le imprese, con enormi risparmi per i consumatori che vogliono guidare autovetture elettriche e per i gestori della rete elettrica che dovrebbero facilitare questa tendenza in rapida crescita.

Analogamente, nel progetto E-Harbours – ReloadIT si impiega una tecnologia innovativa per la mobilità pulita, ottimizzando lo sfruttamento delle energie rinnovabili e mobilità elettrica. Con il continuo monitoraggio sul livello di carica e sul raggio d'azione di ogni auto di una determinata flotta, abbinando i viaggi di linea con il processo di ricarica e il livello di carica, si dispone di informazioni in tempo reale sul veicolo e il collegamento alla rete (intensità di carica). Anche in questi casi vengono anche utilizzati dati satellitari per il monitoraggio del posizionamento dei veicoli.

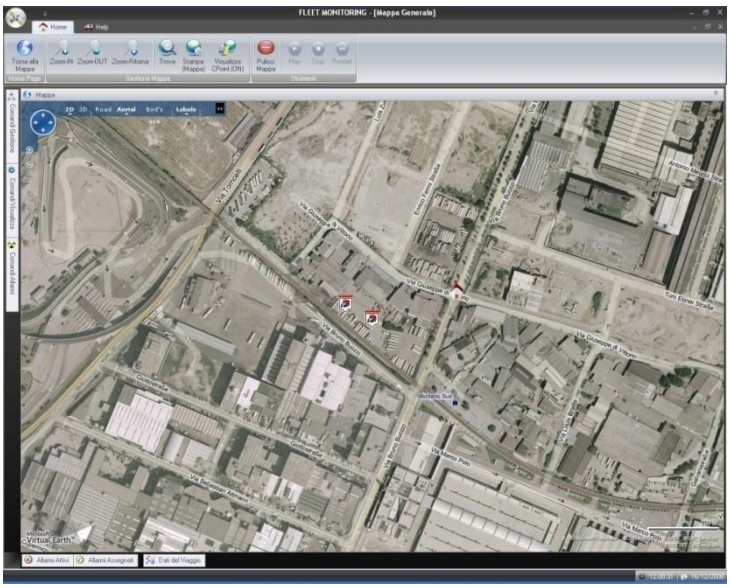
Il progetto Walstroom (si può tradurre con Navi in rete) utilizza quasi 200 piccole centrali elettriche installate a terra per consentire alle navi di connettersi e caricare energia verde invece di basarsi per la loro alimentazione su dei generatori diesel a bordo inquinanti. Il porto di Amsterdam per navi da crociera e navi cargo interne si trova vicino al centro della città. Quando queste sono ormeggiate, la loro energia è generata dai rumorosi generatori diesel a bordo che emettono gas di scarico. Con l'installazione nel porto di tutte queste piccole centrali si utilizza energia verde in sostituzione degli inquinanti generatori diesel di bordo.





La prima fase del progetto è relativa agli incrociatori interni ed alle navi cargo interne, mentre le grandi navi da crociera oceaniche possono essere aggiunti in una futura estensione del progetto. Con una semplice telefonata il capitano è in grado di attivare un collegamento con la stazione di generazione inserendo il suo codice personale. La connessione è disattivata mediante disconnessione dell'account o staccandosi dal punto di connessione ed il denaro dovuto è automaticamente trasferiti dall'account dell'imbarcazione. Le emissioni di CO2 dell'energia rinnovabile utilizzata sono minime. Questo progetto è finanziato con il sostegno del Fondo europeo di sviluppo regionale della Commissione europea.

Il trasporto dei rifiuti industriali pericolosi dal sito di origine a quello in cui verranno trattati aumenta di anno in anno. Normalmente gli autocarri che trasportano i container carichi di rifiuti e di scorie viaggiano almeno due o tre giorni, attraversando vari paesi europei.



Per ragioni di sicurezza, e per assicurare che tutti i rifiuti arrivino alla destinazione designata, una piccola azienda italiana ha sviluppato un innovativo sistema di tracking, che utilizza i dati geografici da Global Navigation Satellite System (GNSS) per seguire con precisione il viaggio dei rifiuti industriali.

"Il nostro Advanced Tracking System (ATS) è una piattaforma completa che integra varie tecnologie per fornire una soluzione valida al problema del monitoraggio dei trasporti pericolosi. Il sistema segnala immediatamente se un autocarro abbandona il percorso programmato o se i rifiuti vengono scaricati illegalmente lungo il tragitto" è la spiegazione di Allix, azienda italiana della classe Piccole e medie imprese.

Esistono anche grandi progetti ESA per monitorare gli spostamenti dei container grazie ai sistemi di navigazione satellitare.



Il traffico mondiale dei container via mare, ferrovia e camion dovrebbe aver raggiunto circa 19 milioni di unità entro il 2012. Visibilità e monitoraggio di tale traffico sono urgentemente necessari per rendere il trasporto dei container più efficiente e per migliorare la sicurezza degli scambi.

Il progetto dal nome "CONT-TRAK: Container Tracking Terminal Development" fornisce una soluzione a basso costo per rispondere a questa sfida, garantendo il continuo monitoraggio globale e il tracciamento fin dal punto di origine di container su camion, treno o nave (anche sepolti in ambienti di stivaggio) sino alla destinazione finale.

Una suite di sensori all'interno del contenitore garantisce la notifica immediata via satellite di eventuali manomissioni, aumentando così la sicurezza e la sicurezza del trasporto container. Il progetto

Cont-Trak si traduce in prodotti e servizi competitivi in grado di fornire una visibilità globale continua ai container commerciali, con il controllo e monitoraggio intermodale[44] di prodotti e servizi in ambienti di stivaggio.

Le esigenze degli utenti principali considerate includono: visibilità in transito, bassa manutenzione e lunga durata della batteria, copertura globale e una interfaccia user-friendly. La visibilità in transito è stata raggiunto attraverso l'integrazione di una capacità esistente GlobalWave[45] Satcom (con GPS integrato), e una UHF wireless inter-contenitore di collegamento di comunicazione.

Un modulo CTIM (Container Tracking Interface Module) su ogni contenitore comunica con il terminale satellitare, con sensori dello stesso container e con altri container.





La durata della batteria è stata estesa tramite un sistema proprietario GlobalWave. Risultati di copertura globale sono ottenuti in roaming senza soluzione di continuità attraverso le varie regioni di

[44] Con "intermodalità" si definisce il trasferimento di merce effettuato utilizzando più sistemi di trasporto per una stessa unità di carico, in modo da evitare la cosiddetta "rottura del carico". L'unità di carico è generalmente un veicolo stradale, cioè un'unità dì trasporto intermodale. L'intermodalità è stata regolata in area comunitaria dalla Direttiva CEE 92/106 del 7.12.92, recepita dall'Ordinamento italiano con il Decreto pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 65 del 19/03/2001. Per quanto riguarda l'Unione Europea all'accezione "trasporto intermodale" vengono attribuiti più significati:
- il Trasporto Multimodale, inteso a fini normativi come convogliamento di merci da due o più modalità di trasporto ;
- il Trasporto Intermodale, inteso in senso funzionale: movimento di merci in una stessa unità di carico usando due o più modalità, senza rottura del carico stesso;
- il Trasporto Combinato, che sottende il significato politico, cioè l'orientamento a far prevalere i viaggi a mezzo ferrovia, o vie d'acqua, al posto della strada, con l'obiettivo di far percorrere su gomma solamente brevi tragitti.

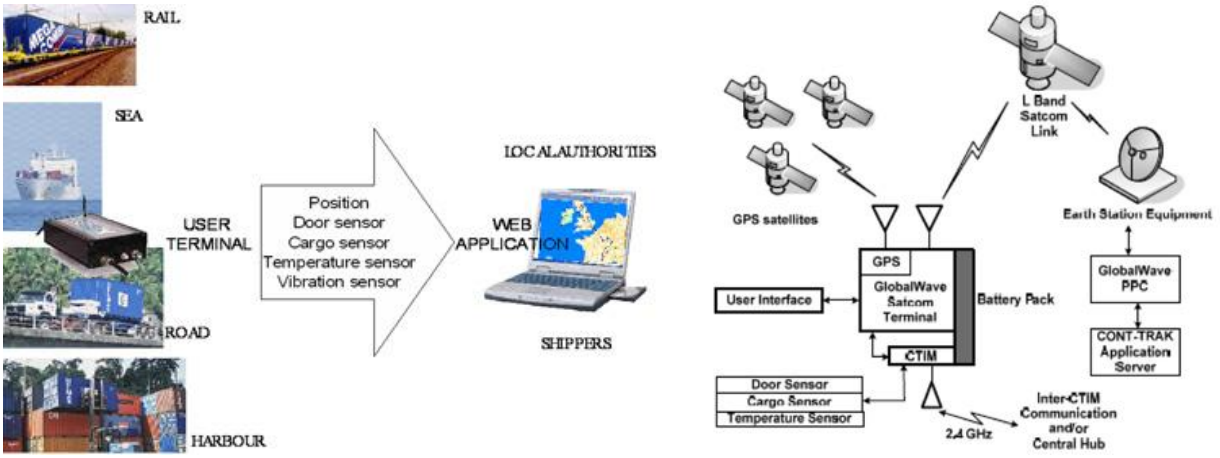
[45] I sensori GlobalWave sono montati in beni mobili e fissi come barche, camion e serbatoi di stoccaggio. Segnali di allarme provenienti dai sensori vengono combinati con coordinate GPS utilizzando un terminale di bordo GlobalWave MT200. Queste informazioni vengono inviate via satellite alle stazioni terrestri locali (LES) e messe sulla rete GlobalWave in cui il valore aggiunto GlobalWave Application Server (GWVAS) rende queste informazioni disponibili su Internet agli utenti finali.

copertura GlobalWave, in tutto il mondo. Una interfaccia user-friendly è stato ottenuta dallo sviluppo dell'applicazione server Cont-Trak basata su una piattaforma esistente Novacom.

La questione tecnica chiave affrontata è stata la sfida di progettare un efficace ed efficiente modulo CTIM che fornisse la necessaria efficacia e potenza nella connessione di rete inter-container. Una seconda questione chiave è stata il raggiungimento di un funzionamento di rete senza soluzione di continuità e di roaming del terminale Cont-Trak in tutto il mondo nel sistema GlobalWave. La rimanente questione tecnica è stata lo sviluppo dell'interfaccia dell'applicazione server per gli utenti, che doveva presentare senza soluzione di continuità su un display i dati durante il roaming dei container nelle differenti regioni del globo.

Questo progetto sfrutta sia l'attuale sistema collaudato GlobalWave sia un Core modem miniaturizzato di terza generazione in un sistema molto competitivo in quanto è stato progettato fin dall'inizio per monitoraggio ed applicazioni di monitoraggio a basso costo.

La frequenza senza fili per il modulo CTIM è di 2,4 GHz, che fornisce sia un intervallo ragionevole per la comunicazione inter-contenitore ed è anche ammessa per il funzionamento in tutto il mondo.



Le prove utente iniziali sono state condotte su più container viaggianti in treno e in nave tra l'Europa e il Nord America. In particolare, le prove in campo sono state effettuate in un deposito di container ad Halifax, Canada, per testare diverse situazioni di accatastamento, e durante il trasporto dall'Europa al Nord America. I contenitori sono stati dotati di terminali Cont-Trak, settati per fornire il report ogni quattro ore, e inviati sulle rotte normali.

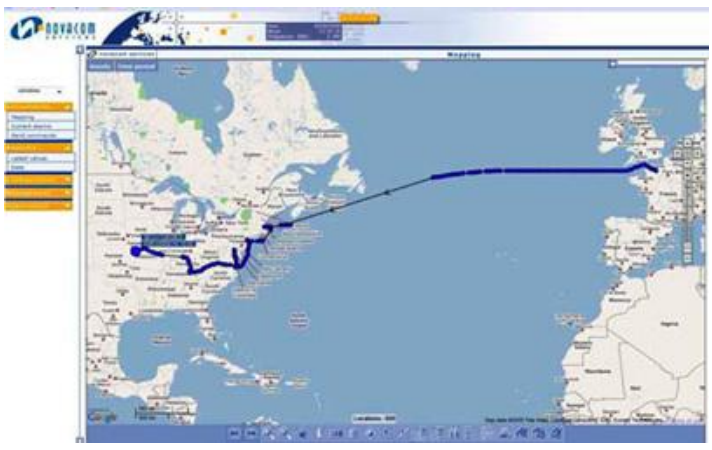
Questi test hanno raggiunto una copertura senza soluzione di continuità tra il Nord America e l'Europa. Le trasmissioni sono state effettuate dalle navi, in porto, sui camion e su rotaia, e per tutto il tempo il sistema è stato in grado di ricevere ed elaborare i comandi di polling.

"Cont-Trak è in grado di monitorare i container in località remote in cui le reti di comunicazione terrestri non sono disponibili", spiega Norbert Hübner dell'ESA, "come il transito di container via ferrovia, su strada, per la spedizione in mezzo al mare, o lo stoccaggio di contenitori in remote località di tutto il mondo".

"La sfida principale era quella di risolvere il problema dei contenitori impilabili, che rappresenta tipicamente un ostacolo per il requisito di comunicazione linea-di-vista con i satelliti. Questa sfida è stata vinta."

La soluzione Cont-Trak consiste in un terminale satellitare sullo scafo esterno del container, con due elementi distinti. Il primo è il terminale GPS e Satcom che fornisce informazioni di posizione così come il collegamento ai satelliti.

Il secondo elemento è il nuovo modulo di monitoraggio Container Interface (CTIM). Questo comunica con il terminale satellitare, con sensori dello stesso container e di altri container che non hanno una linea di vista necessaria per un satellite di telecomunicazioni, attraverso una rete wireless UHF inter-contenitore. I dati sono raccolti e trasmessi tramite un satellite in banda L al server Cont-Trak. Per la prova, in Europa è stato utilizzato un I-3 Inmarsat satellitare e nel Nord America il Venture Mobile Services MSAT-01.



"Il CTIM si collega al container che ha la linea di vista verso un satellite di comunicazione, in tal modo si crea una rete autonoma di comunicazione tra tutti i contenitori dotati di Cont-Trak", dice Norbert Hübner. "Un grande vantaggio di questa soluzione è che può essere applicato globalmente, come anche la frequenza del CTIM, che è stata scelta di 2,4 GHz, non ha limitazioni di utilizzo in tutto il mondo rispetto ad altre frequenze."

Esistono molti altri progetti ESA che riguardano mobilità e logistica. Alcuni si interfacciano con il controllo AIS[46], come il progetto dell'EMSA (European Maritime Safety Agency) a supporto della sicurezza marittima europea, il Progetto Pilota Blue Belt (Cintura Blu) che è stato avviato dalla Presidenza belga dell'Unione europea e approvato il 2 dicembre 2010 dal Consiglio dei Ministri dei Trasporti perché fosse attuato a cura dell'EMSA. L'obiettivo è quello di facilitare la navigazione a corto raggio e sostenere le autorità doganali dell'Unione europea, fornendo loro ulteriori informazioni sulle navi, sulle loro rotte e sul loro carico all'interno dell'UE. L'obiettivo del progetto è quello di combinare gli strumenti doganali ufficiali e di monitoraggio delle navi con nuovi strumenti di monitoraggio, al fine di facilitare le procedure doganali e fare assistenza ai processi decisionali. Nell'ambito del Progetto Pilota Blue Belt sono stati utilizzati i dati AIS spaziali, rilevando durante questa manifestazione più di 21.000 navi ed elaborando 14 milioni di messaggi.

Il sistema di identificazione automatica AIS è un sistema di tracciamento rapido attualmente utilizzato sulle navi per fornire l'identificazione e le informazioni sulla posizione.

Le navi trasmettono messaggi AIS, che vengono poi raccolti da altre navi e da stazioni a terra. La copertura a terra è limitata a circa 40 miglia nautiche dalla costa. Per estendere la copertura al di là di

[46] AIS o Automatic Identification System è un sistema automatico di tracciamento utilizzato su navi commerciali a partire da un certo tonnellaggio (con stazza lorda superiore a 300 tonnellate) e su tutte quelle passeggeri: i natanti tramite un'apparecchiatura elettronica (transponder o transceiver) montatavi sopra trasmettono i propri dati attraverso un sistema VHF predefinito(identificazione del natante, posizione, stato, rotta e velocità) allo scopo di assistere gli ufficiali di rotta e di consentire alle autorità marittime di monitorare i movimenti delle navi, aumentando inoltre la sicurezza perché previene la possibilità di collisioni.

questo limite e verso l'alto mare, senza alcun cambiamento nelle apparecchiature delle navi, una soluzione adottata ha utilizzato il rilevamento via satellite di segnali AIS. Con questa soluzione, messaggi AIS sono raccolti dallo spazio, consentendo un controllo continuo delle navi partecipanti oltre la regione costiera, con possibilità di copertura mondiale.

Con la guida di CLS prime contractor (satelliti Collecte Localisation), con exactEarth Europa, KSAT/FFI e LuxSpace come subappaltatori, l'ESA ha presentato un servizio Blue Belt basato sull'integrazione via satellite dei dati AIS per integrare i dati terrestri raccolti da EMSA.

I dati spaziali AIS sono stati raccolti nel corso di un periodo di nove mesi. Circa 250 "navi blu" sono state monitorate in tutto il mondo, così come tutte le navi che nella costa meridionale del Mar Mediterraneo (Nord Africa), e l'approccio del sud Atlantico verso l'Europa (compresa la Baia di Biscaglia).

Le autorità doganali degli Stati membri dell'UE hanno ricevuto relazioni tempestive notifica prima dell'arrivo di ogni nave blu per un porto comunitario. Conoscere il percorso effettivo della nave al di là della regione costiera è importante per le autorità doganali.

EMSA ha avviato il progetto pilota Blue Belt di promozione del trasporto marittimo a corto raggio per assistere le autorità doganali dell'UE fornendo loro ulteriori informazioni sulle navi, il loro viaggio e del loro carico all'interno dell'UE, con un monitoraggio del traffico delle navi, utile per controllare grazie ai GNSS i percorsi dei mezzi navali, in particolare quelle con trasporti di merci pericolose.

L'ESA l'ha sostenuto con la manifestazione dallo stesso nome allo scopo di dimostrare che i servizi basati su dati satellitari sono in grado di fornire un valore aggiunto come complemento alla rete AIS terrestre. Il progetto ESA si è proposto di offrire, sulla base di tecnologia SAT-AIS, capacità di monitoraggio globale delle navi blu a prescindere dalla loro posizione (quindi anche in alto mare, fuori range per la copertura VHF), dimostrando così che i dati satellitari AIS base in grado di fornire un complemento adeguato e pertinente. Anche se tale monitoraggio si è svolto per tutto il mondo, la principale area di interesse è l'Europa (in particolare la costa meridionale del Mediterraneo (Nord Africa), e l'approdo meridionale dell'Atlantico verso l'Europa, compreso il Golfo di Biscaglia).

Per un periodo di 9 mesi a partire dal 20 ottobre 2012 il progetto ha fornito ad EMSA dati SAT-AIS su:

- 252 “navi blu” che partecipavano alla manifestazione, in partenza da e per l'Europa (copertura mondiale).
- tutte le navi (cioè “navi blu” e non “navi blu”) operanti nella descritta area di interesse.

Uno degli aspetti più importanti di questo progetto è stato quello di garantire un feed di dati permanente e in tempo quasi reale per gli utenti finali attraverso l'EMSA (utilizzando tutte le interfacce esterne EMSA). Altri punti chiave valutati durante il progetto sono stati l’andamento complessivo dei dati SAT-AIS in termini di probabilità di rivelazione, di intervallo di tempo dell’aggiornamento e di tempestività. L’EMSA ha riconosciuto il valore aggiunto e la complementarità dei dati spaziali forniti all’AIS con il servizio, conclusosi a fine luglio 2012, e ha dichiarato che la Commissione europea sta attualmente discutendo le modalità di un servizio permanente e di un corrispondente aggiornamento delle norme doganali.

Sono numerosi gli altri progetti ESA riguardanti mobilità e logistica basandosi sulla capacità di determinare con precisione e comunicare la propria posizione grazie al GNSS.

Il progetto Live Land ha l’obiettivo di ridurre il rischio e l'esposizione delle attività di infrastrutture di trasporto a fenomeni di frane e subsidenza. Ha lo scopo di offrire un servizio di previsione, monitoraggio ed allarme definito dall'utente relativamente a situazioni di frane e subsidenze, tecnologicamente flessibile e scalabile a livello globale



3INSAT (Train Integrated Safety Satellite System) è un progetto che mira a sviluppare e validare un nuova piattaforma basata su satellite da integrare in un controllo dei treni SIL 4[47] e relativo sistema di gestione. L’obiettivo del progetto è quello di dimostrare che



[47] Il Safety Integrity Level (SIL) è definito come livello relativo di riduzione dei rischi fornito da una funzione di sicurezza , o per specificare un livello target di riduzione del rischio . In termini semplici, SIL è una misura necessaria per le prestazioni di una Safety Instrumented Function (SIF), cioè una funzione di controllo specifica svolte da un SIS (Safety Instrumented System) che è un sistema tecnico di sicurezza (SIS), parte di una complessa strategia di riduzione del rischio volta ad eliminare la probabilità di un evento già, precedentemente identificato. Nelle norme europee di sicurezza funzionale in base alla norma IEC 61508 che definisce lo standard internazionale di norme applicate al settore industriale, sono definiti quattro SIL con SIL 4 che è il livello più affidabile e SIL 1 è il minimo. Un SIL è determinato sulla base di una serie di fattori quantitativi in combinazione con fattori qualitativi come processo di sviluppo e la sicurezza della gestione del ciclo di vita.

le attività satellitari (localizzazione e telecomunicazioni) possono essere integrate per fornire una soluzione interessante per il traffico non ad alta velocità e per le linee regionali, il trasporto ferroviario rurale, il trasporto merci (in particolare del settore minerario, tanto che la prima applicazione su una linea di 50 km riguarda la Sardegna). Questo progetto, di cui è capofila l'italiana Ansaldo STS, si basa su cinque pilastri:

1. multi-costellazione: capacità di evitare la dipendenza da GPS sfruttando i satelliti GLONASS ed in futuro la costellazione GALILEO, i cui servizi si prevede siano avviati entro il 2015;
2. l'uso di EGNOS e più in generale dei dati di potenziamento SBAS[48] per aumentare la precisione e il controllo di integrità;
3. lo sviluppo di "Track Area Augmentation" e "Integrity Monitoring Network" nelle regioni fuori della copertura SBAS;
4. capacità di monitoraggio indipendente dell'integrità a bordo, al fine di ridurre ulteriormente gli errori GNSS e autonomamente valutare l'integrità del posizionamento GNSS in caso di temporanea indisponibilità dei servizi di potenziamento (ad esempio per indisponibilità di EGNOS SIS).
5. Telecomunicazione alternativa al GSM-R attraverso l'uso di SATCOM[49].

Il progetto DG-Trac – riguarda la prestazione di servizi a supporto del trasporto di merci pericolose in campo medico, tra cui lo scambio sicuro di informazioni di trasporto e merci, la tracciabilità e la rintracciabilità delle merci e l'allarme in caso di incidenti, inviando le relative informazioni ai servizi di emergenza.

PLANET2 si propone di fornire gli aggiornamenti delle informazioni in volo

[48] SBAS (Satellite Based Augmentation System) sono innovativi sistemi legati alla navigazione satellitare il cui scopo è quello di fornire ai ricevitori GPS e GLONASS, specificatamente abilitati a questo servizio, un'informazione aggiuntiva che consente di correggere l'errore dei dati di posizionamento ricevuti.

[49] Le SATCOM sono reti satellitari; in particolare sono reti di telecomunicazioni a radiofrequenza per la comunicazione a distanza di informazione attraverso collegamenti radio satellitari tra stazioni ricetrasmittenti a terra e satelliti artificiali in orbita sotto forma di ponti radio satellitari, radiodiffusioni, telediffusioni e sistemi di radiolocalizzazione e navigazione. Hanno ampia applicazione nel campo delle telecomunicazioni (telefonia, televisione e telematica), nella navigazione marittima e nel campo militare. Sono rese possibili dalla nascita e dallo sviluppo delle tecnologie di lancio a partire dalla seconda metà del XX secolo, e rappresentano spesso l'unica soluzione applicabile in mancanza di infrastrutture terrestri.

sulle condizioni meteo e sui relativi pericoli all'aviazione ed alle attività connesse, contribuendo nel contempo alla osservazione dell'atmosfera grazie a misurazioni in situ (ad esempio pressione, temperatura e vento) inviate dall'aeromobile alle agenzie meteorologiche.

Europort, progetto per l'ottimizzazione del trasporto merci intermodale attraverso i porti europei, ha come obiettivo la valutazione della fattibilità tecnica e della redditività commerciale di una soluzione integrata e dei servizi correlati che supportano l'ottimizzazione del trasporto merci attraverso i porti (ad esempio, il routing e la programmazione), sulla base di una migliore comprensione da parte degli utenti e delle esigenze delle parti interessate, migliorando le condizioni di trasporto e lo scambio di informazion.

iPort – Il progetto studia la fattibilità della creazione di un progetto dimostrativo per supportare mediante dati satellitari l'ottimizzazione del trasporto merci intermodale attraverso i porti europei**.**

S^2BAS (Space Services Benefits in Aviation Systems) è una dimostrazione delle prestazioni dei servizi spaziali applicati all'aviazione e si propone di sviluppare, implementare e dimostrare (attraverso un'adeguata campagna di voli di prova) una piattaforma per la fornitura di un insieme integrato di servizi via satellite a basso costo mirati ad aeroporti piccoli e regionali. Il concetto consiste nel sostenere gli aspetti relativi alla intero ciclo di vita di un volo, dal suo sviluppo e pianificazione alla sua esecuzione e controllo, con l'obiettivo di migliorare l'accesso, le operazioni in aeroporto e aumentare la sicurezza ma con costi bassi.

Il progetto i-enquire Solaris S-band - il futuro del Mobile Content, fa parte dell' iniziativa ESA "Newcomers" (i nuovi arrivati) del programma ARTES 3-4, e mira allo sviluppo, integrazione e convalida di un insieme di applicazioni mobili a bordo di veicoli come auto, pullman e camion, utilizzando la piattaforma S-Band di Solaris sul satellite Eutelsat W2A.

iTRAQ – per la gestione del traffico integrato con controllo della qualità dell'aria è un progetto per sviluppare un sistema di gestione dinamica del traffico per ottimizzare l'uso della rete stradale cercando di soddisfare le crescenti esigenze di mantenere elevati standard di qualità dell'aria negli ambienti urbani.

IRISS - Intelligent Railways via Integrated Satellite Services (Ferrovie intelligenti per mezzo di servizi satellitari integrati) è un progetto di fattibilità che ha individuato le domande ed i requisiti per un sistema integrato di informazione, comunicazione e gateway di navigazione all'interno del settore del trasporto ferroviario, ha progettato e sviluppato una soluzione ed eseguito una prova di attività.

SSMART - System for Safety in Multimodal Assisted Remotely Transports) è uno studio di fattibilità su un sistema per la sicurezza nella mobilità multimodale con assistenza da remoto. Il progetto SSMART fornirà soluzioni per il monitoraggio e la gestione multimodale (strada, ferrovia, vie d'acqua) dei trasporti di merci pericolose. L'integrazione e l'utilizzo di tecnologie spaziali disponibili (navigazione satellitare, comunicazioni satellitari, osservazione della Terra) con i sistemi terrestri SSMART migliorerà la sicurezza, il coordinamento, lo scambio di informazioni, e di comunicazione per le operazioni di trasporto sia di routine sia per situazioni di emergenza.

SINUE - Satellites enabling the Integration in Non-segregated airspace of UAS in Europe (Satelliti che permettono l'integrazione degli UAS[50] in spazio aereo non segregato in Europa). Lo studio SINUE studierà la fattibilità tecnica e la redditività economica/normativa dell'integrazione di sistemi spaziali con gli UAS, al fine di consentire la loro integrazione nello spazio aereo non segregato e di trasmettere dati dal carico utile per nuovi servizi istituzionali e commerciali quasi in real-time.



Bird Strikes Risk Reduction for Civil Aviation – Riduzione dei rischi per l'Aviazione Civile causati dalla collisione con volatili. Attualmente l'attività si occupa di ridurre tali rischi di incidente per l'aviazione civile nell'ambiente dello spazio aereo dell'aeroporto.

[50] UAS - Unmanned Aircraft System (Sistema aereo senza pilota) e UAV - Unmanned Aerial Vehicle (Aeromobile a pilotaggio remoto), quest'ultimo anche conosciuto come drone, indicano un sistema caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo del velivolo. Il suo volo è controllato dal computer a bordo sotto il controllo remoto di un navigatore o pilota che si trova sul terreno o in un altro veicolo. Il termine UAS - sistema di velivoli senza pilota - sottolinea l'importanza di altri elementi al di là dell'UAV quali sistema di controllo (se il controllo è a terra è denominato GCS - Ground Control System), collegamento di controllo, altre apparecchiature correlate di supporto.



SECCOH "Centro di gestione per il trasporto di merci pericolose nella regione alpina" è un'attività dedicata all'identificazione degli utenti e dei requisiti per la definizione dei servizi relativi al trasporto di merci pericolose nella regione alpina.



FlySafe: i volatili in volo di collisione rappresentano una vera e propria minaccia alla sicurezza dell'aviazione militare e civile. A seconda delle circostanze specifiche, quali la velocità del velivolo, il punto di impatto, la massa dell'uccello, il numero di uccelli e il tipo di aeromobile, il bird strike può causare incidenti devastanti. FlySafe mira a migliorare ed armonizzare i sistemi di allarme nazionali in un sistema di sistemi (SoS) esteso e standardizzato per migliorare la sicurezza del volo nel nord-ovest dell'Europa iniziando dalle Forze Aeree.

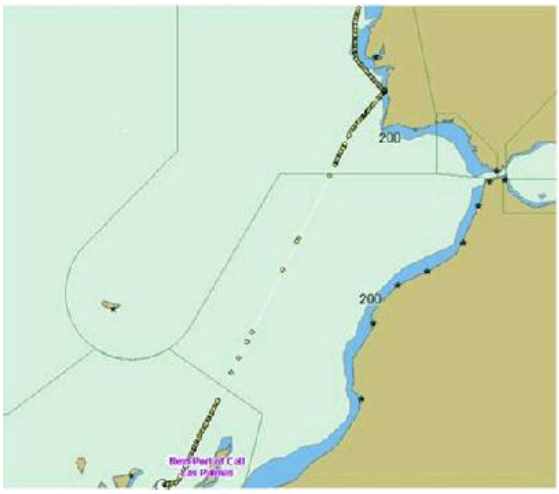
RISING - Road Information System for Next-Generation Cars (Sistema Informativo stradale auto di nuova generazione). L'obiettivo del progetto è quello di sviluppare e dimostrare un sistema non proprietario ed una piattaforma indipendente dal linguaggio per l'aggregazione, la fornitura, la diffusione e la disponibilità di informazioni sul traffico e sul viaggio (TTI - Traffic and Travel Information) ai conducenti dei veicoli.

Oltre a tutti i progetti su descritti, tra i controlli incrociati che grazie al Remote Sensing è possibile effettuare sulle navi con dati da satelliti radar ai fini ambientali sono la ricerca e l'individuazione delle situazioni di *oil spill*[51] che portano ad un maggiore inquinamento dei nostri mari.

[51] È denominata *oil spill* in inglese la perdita del petrolio dalle petroliere, in italiano viene spesso detto versamento di petrolio. Il petrolio ha un peso specifico inferiore a quello dell'acqua: prima forma una pellicola impermeabile all'ossigeno sopra il pelo libero dell'acqua, causando danni per fenomeni fisici e tossici sulla macrofauna ed un'anaerobiosi che uccide il plancton; in seguito precipita sul fondale ripetendo l'impatto negativo anche sugli organismi bentonici, ma danneggia anche gli uccelli ed i mammiferi merini. L'effetto è ancora più dannoso in mari chiusi come il Mar Mediterraneo e la bonifica dell'ambiente danneggiato richiede molto tempo. La quantità di idrocarburi versati in mare è in media di 4 milioni di tonnellate l'anno per tutto il pianeta e di 600.000 tonnellate per il solo Mediterraneo. La Commissione Europea ha precisi programmi per individuare e sanzionare i responsabili di tali reati, individuandone gli effetti grazie alla proprietà del petrolio di rendere liscia la superficie del mare, perciò le scie di petrolio sono immediatamente visibili nelle immagini radar per il contrasto con il pelo dell'acqua normalmente increspato.

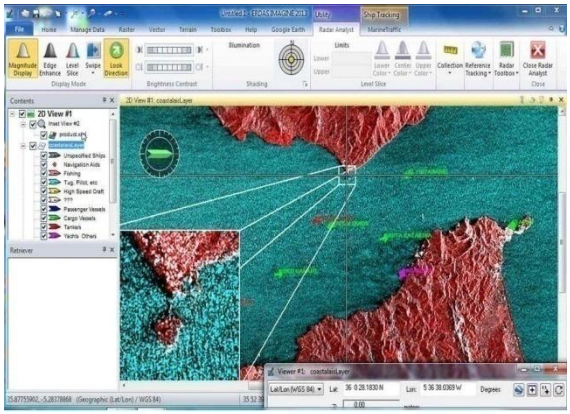
Infine, un tema che si trova a metà tra i problemi di mobilità e quelli della sicurezza: la pirateria marittima.

Circa il 90% del commercio mondiale è trasportato dal settore navale internazionale. Qualsiasi interruzione di rotte di navigazione del mondo ha quindi un impatto significativo sull'economia mondiale. Il recente forte aumento della pirateria marittima è una delle più grandi minacce per la navigazione marittima degli ultimi decenni. Anche se varie contromisure sono state messe in atto, nessuna soluzione è stata ancora trovata, e i pirati diventano più forti di anno in anno. Solo nel 2010, 53 navi da carico-sono stati dirottate e 1181 membri di equipaggi presi in ostaggio. La situazione si è ulteriormente deteriorata nel 2011, con vertiginosi aumenti del numero degli attacchi, della brutalità dei pirati e dei riscatti pagati, che ha raggiunto un massimo storico nel mese di aprile 2011 con tredici milioni di dollari pagati per il rilascio della petroliera di proprietà greca Irene SL.

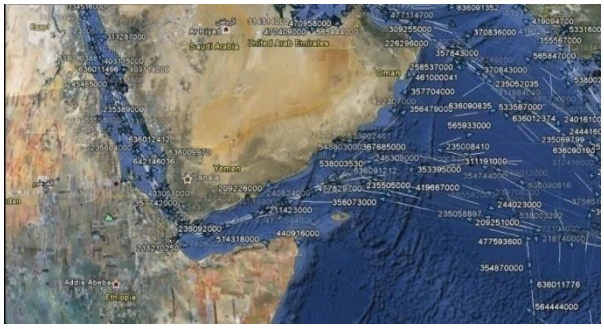


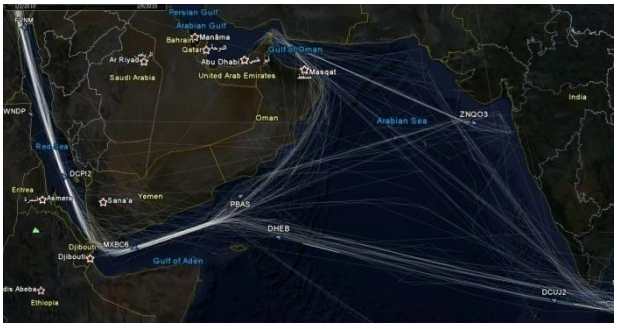
.

Esiste la possibilità di incrociare l'informazione AIS con i dati di Osservazione della Terra al fine di verificare la regolarità delle posizioni dei natanti e delle relative attività.

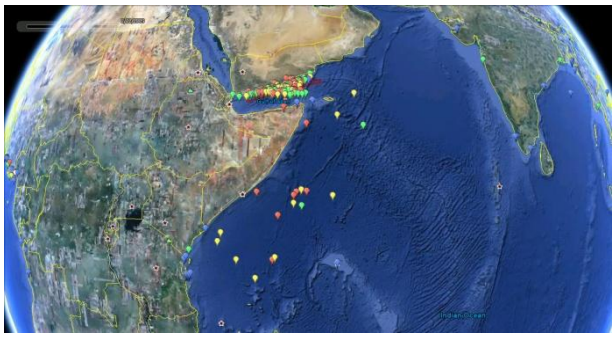


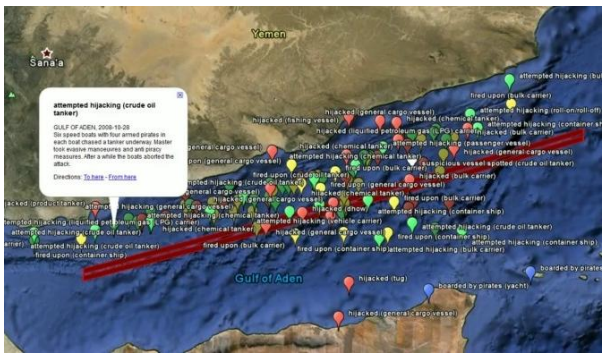
La disponibilità di immagini da satellite per le istituzioni che possono averle in tempo quasi reale permette di effettuare diversi controlli per la sicurezza della navigazione. È vero che ovviamente i natanti su cui o con cui si compiono azioni illecite non invieranno messaggi di identificazione ma sono comunque identificabili grazie appunto all'incrocio con dati AIS: a seguito di alert via AIS da parte di navi colpite da attacco pirata, poiché l'invio del segnale di identificazione è obbligatorio, grazie al Remote Sensing i natanti di adeguate dimensioni senza segnale possono già essere seguiti e controllati da vicino dalle Guardie Costiere. Ma esistono altre possibilità.









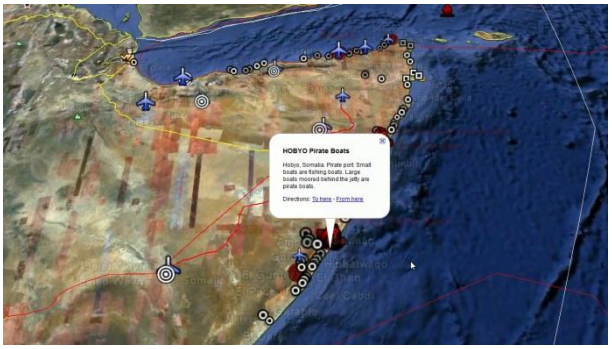




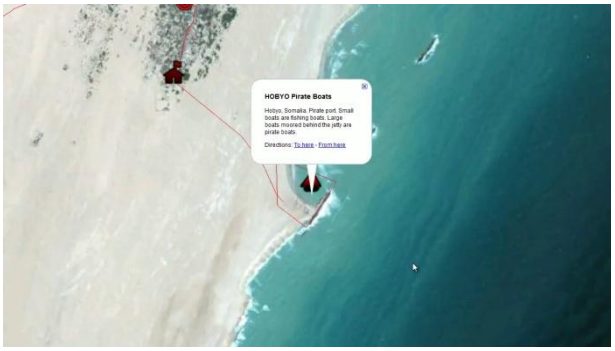


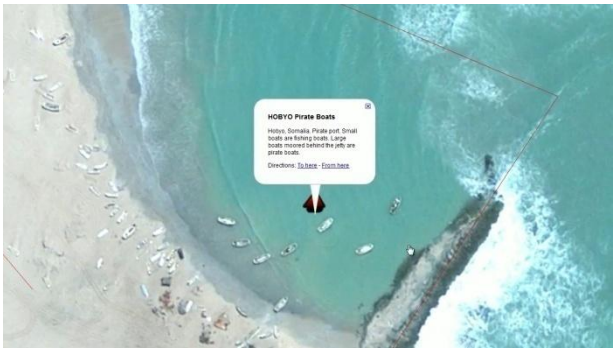














Qui sopra alcune sequenze delle schermate di identificazione di natanti pirati in azione tra Golfo di Aden e costa etiopica. Nella pagina precedente le rotte a rischio e le comunicazioni delle navi da carico attaccate. Il rifugio, identificato in una rada non lontana da Mogadiscio, è raffigurato nelle ultime cinque

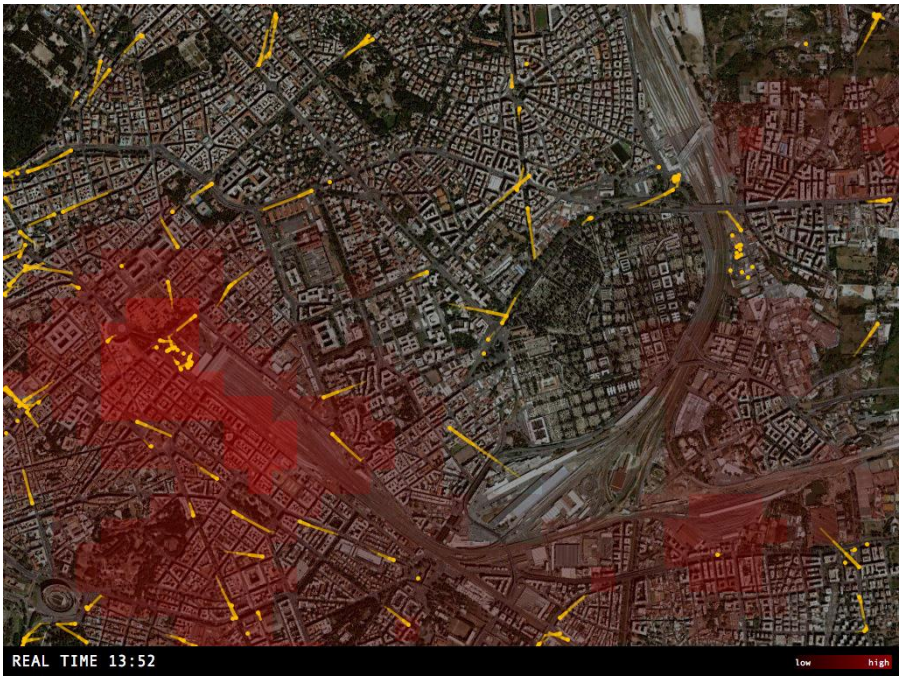
immagini. Lo studio è stato condotto da ATG (Agent Technology Center), un centro universitario di ricerca della Repubblica Ceca specializzatosi nella ricerca di base ed applicata nel campo dell'agent-based computing e nei sistemi multi-agent. In sintesi, il team di ricerca ha convertito una certa gamma di dati relativi alla pirateria nel formato KML, così da poter usare Google Earth per visualizzarli. Questi vanno da posizioni e traiettorie delle navi, episodi di pirateria più di sei anni di dati UNOSAT e informazioni sulla costa somala. La conversione in KML permette di utilizzare Google Earth per la visualizzazione interattiva e l'esplorazione di dati relativi alla pirateria. Lo studio è supportato dall'US Office of Naval Research Global.

La sequenza di immagini è stata estratta dalla scrivente da un video liberamente presente in rete in cui il gruppo di ricerca illustra come sistemi multi-agente, un ramo dell'intelligenza artificiale, possono essere utilizzati per migliorare la sicurezza marittima, con particolare attenzione alla lotta contro la pirateria marittima, con l' obiettivo finale di sviluppare un insieme integrato di tecniche algoritmiche per massimizzare la sicurezza di transito, date le limitate risorse di protezione disponibili . Ciò si può ottenere migliorando il coordinamento del movimento delle navi mercantili e delle pattuglie navali, tenendo conto del comportamento dei pirati.

5.3.2. Dove l'utente è il segnale

Alcune particolari applicazioni connesse con l'infomobilità sono state ideate e realizzate da Carlo Ratti e dal suo Senseable City Lab del MIT (Massachusetts Institute of Technology) di Boston. Sono certamente linee per il futuro a partire da ciò che la più avanzata tecnologia ci consente già oggi.

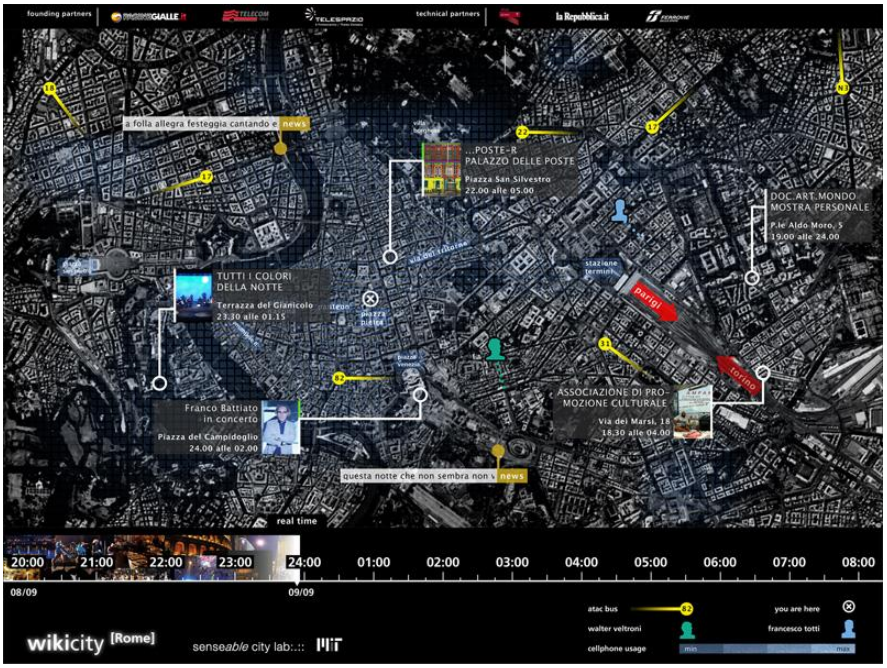
Tra queste il progetto Real Time Rome del 2006, presentato alla Biennale di Venezia di quell'anno, che analizza in tempo reale le dinamiche della città in relazione al movimento delle persone a piedi e sui mezzi pubblici.



Interessante ed innovativa è la parte che vi hanno le tecnologie di comunicazione, nel caso dell'analisi di connettività utilizzate solo come fonte di segnale, A differenza dei vecchi sistemi per l'analisi dei flussi di traffico pedonale ed urbano in genere, in cui non si poteva prescindere dalle interviste e dalle situazioni di incertezza che comunque in certa misura davano, nel caso di Roma l'idea geniale è data dal tracciamento del movimento dei segnali dei dispositivi di telefonia mobile che, con la loro stessa velocità, consentono di distinguere il traffico pedonale da quello in auto e nei mezzi pubblici.

È così resa facilmente comprendibile la conoscenza in tempo reale di fenomeni urbani che con i loro flussi e le loro pulsazioni influenzano il rapporto della città, delle parti statiche con quelle dinamiche e ne segnano la connettività.

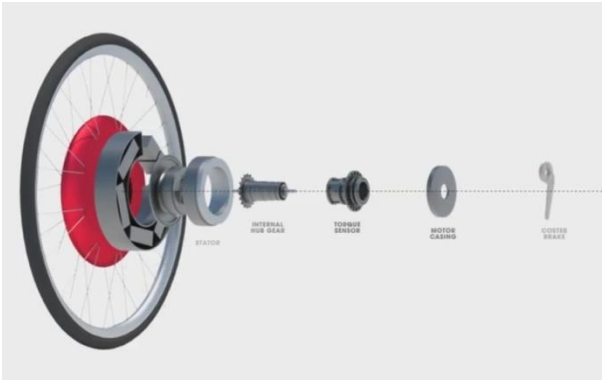
Dopo Real Time Rome, il progetto WikiCity del settembre 2007 ne è il naturale completamento che, sempre in tempo reale, analizza e si trasforma in impulsi il complesso di attività ed eventi voluti e caricati nel sistema dagli stessi cittadini e quindi con il loro contributo attivo e volontario. Anche questo è stato realizzato sulla base dei dati in tempo reale forniti dai partner del progetto e della piattaforma software per l'aggregazione dei dati, l'elaborazione e la visualizzazione sviluppato dal SENSEable City Lab del MIT e la mappa stessa vi ha un ruolo attivo: l'avere accesso ai dati in tempo reale nel contesto di azioni possibili modifica il processo decisionale.



Un altro degli esempi di buone pratiche e di idee geniali connesse con l'infomobilità, successiva a WikiCity, è la Copenhagen Wheel (Rota di Copenhagen) di Carlo Ratti e del Senseable City Lab. La bici progettata per fornire dati sull'ambiente unitamente alle informazioni sulla localizzazione è comunque un modo intelligente di combinare infomobilità ed istanze ambientali: è un ausilio per il normale spostamento quotidiano in ambiente urbano che offre anche un monitoraggio ambientale con approccio di tipo collaborativo.

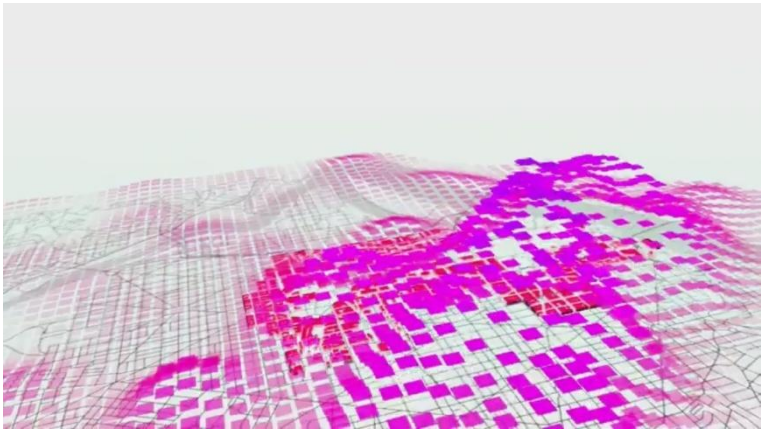
Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012





Sviluppato da SENSEable City Lab del MIT, la Ruota di Copenhagen trasforma una bicicletta in un ibrido smart electric con capacità di rigenerazione e di rilevamento in tempo reale.

I componenti del progetto sono una ruota di bicicletta elettrica che può essere facilmente installata in qualsiasi bicicletta normale e sensori ambientali e di posizione posizionati nel mozzo ed alimentati dal moto della stessa bicicletta, che a loro volta forniscono dati per una varietà di applicazioni.



Elegante ed intelligente, sensibile alle istanze ambientali, la Copenhagen Wheel è un nuovo simbolo per la mobilità urbana. Trasforma rapidamente biciclette normali in ibride che fungono anche da unità mobili di rilevamento. La Copenhagen Wheel consente di catturare l'energia dissipata e salvarla per quando occorre un po' di spinta. Consente inoltre di individuare i livelli di inquinamento, la congestione del traffico e i problemi di viabilità in tempo reale.



Controllata attraverso uno smartphone, la Copenhagen Wheel si presenta come una naturale estensione della vita di tutti i giorni. È possibile utilizzare il telefono cellulare per sbloccare e bloccare il moto elettrico, cambiare marcia e selezionare la quantità del motore che assiste la pedalata. Si aggiungono inoltre l'acquisizione del livello di sforzo (performance fisica) ed informazioni sull'ambiente circostante, sulle condizioni della viabilità, sulla presenza di monossido di carbonio, di ossidi di azoto, del rumore, sui livelli della temperatura ambiente e dell'umidità relativa (con frequenza di 2 secondi).





È possibile accedere a questi dati tramite il telefono o il web e utilizzarli per pianificare i percorsi ciclabili più sani, per raggiungere gli obiettivi di allenamento o per incontrarsi con amici in movimento. È inoltre possibile condividere i dati con gli amici, o con la stessa città - in forma anonima se si desidera - contribuendo in tal modo a costruire un database di informazioni ambientali da cui tutti possono trarre beneficio. Sono così acquisiti ed analizzabili dati di tipo personale-fisico, di tipo ambientale e di tipo sociale, con l'accumulo inoltre di chilometri verdi che possono essere scambiati con altri ed incentivare quindi un modo più sano ed ecologico di spostarsi.

La Copenhagen Wheel, presentata nel 2009 presso la Conferenza delle Nazioni Unite sul clima, è stata ideata e sviluppata dal SENSEable City Lab per la Kommune Københavns, cioè la Municipalità di

Copenhagen. I prototipi sono stati realizzati con l'aiuto del partner tecnico Ducati Energia grazie a finanziamenti del Ministero dell'Ambiente italiano. Progical Solutions LLC ha fornito il supporto tecnico per il controllo dei veicoli dall'iPhone.

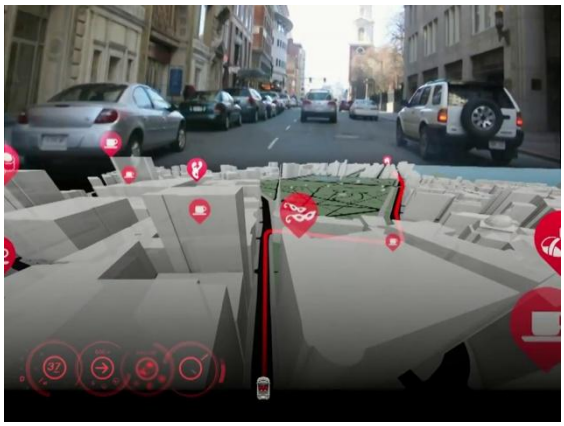
Il progetto della Copenhagen Wheel dimostra che le piccole implementazioni intelligenti possono portare a grandi cambiamenti. Questo lavoro è stato presentato al vertice sul clima delle Nazioni Unite in cui si è firmata l'ultima versione del protocollo di Kyoto.

5.3.3. Mobilità intelligente

Una quantità sempre maggiore di informazioni in tempo reale è sempre disponibile per gli automobilisti che si muovono in tutta la città - informazioni sul traffico e condizioni della strada, eventi in programma, attività per il tempo libero e situazione e posizione degli amici, per citarne solo alcune. Come si possono presentare tutti questi dati in modo automatico, senza causare distrazione per chi guida?

Un progetto del SENSEable City Lab, sviluppato con alcuni laboratori automobilistici tedeschi con sede negli USA, è AIDA 2.0 (Affective Intelligent Driving Agent), che intende raccogliere questa sfida in due modi.

In primo luogo, AIDA 2.0 si propone di stimare la destinazione probabile del guidatore basandosi su modelli di mobilità collettiva della città e informazioni individuali dal profilo - come comportamenti ed eventi passati, comprese le voci del calendario on-line. Essere in grado di stimare la destinazione probabile del guidatore aiuta molto nello sforzo di filtrare i frammenti di informazioni rilevanti o non rilevanti.





In secondo luogo, AIDA 2.0 propone un'interfaccia che consente al conducente di accedere a queste informazioni. Nel tentativo di portare la mappa virtuale più vicina all'attuale città fisica vista attraverso il parabrezza, l'interfaccia di AIDA 2.0 sfrutta zona meno utilizzate sul cruscotto per stabilire un collegamento diretto tra la strada reale e la sua rappresentazione sulla mappa digitale per collegare senza soluzione di continuità il mondo virtuale con il reale.

AIDA 2.0 è quindi un "sistema predittivo di raccomandazioni in-car " in grado di filtrare le informazioni rilevanti per il conducente in base alla sua posizione corrente ed ai suoi interessi. L'obiettivo di questo sforzo di filtraggio è quello di presentare al guidatore solo le informazioni pertinenti a lui in un determinato momento e luogo per ridurre la distrazione da sovraccarico di informazioni.

Il progetto AIDA 2.0 nasce da una collaborazione tra Volkswagen of America e il Massachusetts Institute of Technology (SENSEable City Lab e Personal Robots Group del Media Lab). È una piattaforma che comprende un robot personale e un sistema di navigazione intelligente per accompagnare in un'esperienza innovativa di guida. Immaginiamo un sistema di navigazione che imita l'esperienza amichevole di un compagno di guida che abbia familiarità sia con il guidatore che con la città. Invece di concentrarsi esclusivamente sulla determinazione dei percorsi verso una specifica tappa, il sistema utilizza l'analisi del comportamento di guida per individuare la serie di obiettivi che il conducente vorrebbe raggiungere. Inoltre, AIDA 2.0 aiuta alla comprensione della città, al di là di ciò che può essere visto attraverso il parabrezza, incorporando informazioni relative ad affari e shopping, punti turistici e residenziali, nonché informazioni in tempo reale su eventi e condizioni ambientali. Funzionalità tutte che raccolgono informazioni sulle preferenze del guidatore ed inoltre aiutano AIDA

2.0 a comportarsi in modo più intelligente. Un compito obbligatorio per AIDA 2.0 è quello di prevedere la destinazione del conducente e la via più probabile che lui o lei seguirà. Ciò a sua volta consente risposte utili da AIDA 2.0 quali proposte di percorsi alternativi, quando succede qualcosa di inaspettato nel percorso previsto, oppure di informazioni giuste al momento giusto (ad esempio, un avviso di carburante prima di passare da una stazione di distribuzione del carburante) o anche informazioni che aiutino a risparmiare energia.

5.3.4. L'auto che guida da sola

Ma non è solo il laboratorio americano del MIT a fornire risposte in tema di futura mobilità.

In Germania sono iniziati esperimenti su modelli di auto da mettere prossimamente in commercio e che presentano aspetti molto innovativi.

Esistono già prototipi di auto che quasi "guidano da sole". La più famosa è la Toyota Prius di Google, ma anche Volkswagen ed Audi hanno i loro prototipi. Obiettivo: permettere a chi sta a bordo di lavorare in sicurezza durante gli spostamenti. In particolare, l'Audi TT autonoma ha percorso 20 km alla Pikes Peak Hill Climb nelle montagne del Colorado, la celebre cronoscalata che si tiene ogni anno a 16 km da Colorado Springs; mentre la Google Car ricavata da una Toyota Prius, auto a guida automatica che può viaggiare completamente senza bisogno del conducente, da un mese è stata autorizzata a circolare sulle autostrade californiane oltre che in Nevada e Florida.



"L'aspetto è identico a quello della «normale» berlina giapponese, se non fosse per le appendici sparse sulla carrozzeria: sopra il tetto un lidar, un sistema di 60 laser che eseguono quasi mille rotazioni al minuto riproducendo in una mappa tridimensionale ciò che circonda l'auto in un raggio di oltre sei metri; accanto allo

> specchietto retrovisore interno, una videocamera che individua semafori, cartelli stradali, pedoni, ciclisti ecc.; sulla ruota posteriore sinistra, un sensore che rileva i movimenti dell'auto, individuandone (con l'ausilio del Gps) l'esatta posizione in ogni istante. Per ultimi i radar, tre anteriori e uno posteriore, che determinano la distanza dagli ostacoli. Tutti dispositivi che permettono al computer di bordo di muovere il veicolo hands-off and feet-off , cioè: senza le mani e senza i piedi del guidatore. Ma eyes-on , gli occhi sì, quelli veri, del conducente, che monitora la strada: l'autorizzazione californiana prevede che ci sia a bordo almeno una persona." (da *Corriere Motori* del 5 novembre 2012).

«Il ruolo del trasporto, come internet, è centrale nella vita di tutti i giorni» spiega Sergey Brin, co-fondatore di Google:. Internet ha aperto a tutti il mondo che ci circonda e «allo stesso modo, un'auto di questo tipo può far viaggiare anche chi è troppo giovane, troppo anziano o è disabile».

Il principale obiettivo della ricerca è però la sicurezza. Negli Usa chi è alla guida nel 25-30 per cento del tempo trascorso in auto non guida soltanto ma fa molto altro: telefona, invia sms, risponde alle e-mail. Negli incidenti stradali nove volte su dieci la colpa del sinistro è di chi si trova al volante. Negli Stati Uniti circa quarantamila persone muoiono per incidenti stradali, nel mondo sono più di un milione. Il sistema di guida autonoma può incrementare la sicurezza risolvendo in parte il problema.

Non è solo Google a lanciarsi nell'auto autonoma. L'industria automobilistica si sta preparando: sempre in America, un'Audi TTS come già scritto ha percorso 20 chilometri della gara Pikes Peak senza alcun intervento umano. Ma anche una Volkswagen Passat adattata ha completato da sola un circuito urbano riprodotto nel centro ricerche della Casa tedesca: frenate e accelerazioni non sono morbide, il comfort non è elevato, ma nel frattempo si può inviare una mail senza alcun pericolo. E forse entro cinque anni, stando alle previsioni, si potrà comprare un'auto a guida autonoma.

Nel frattempo la progressiva automatizzazione del veicolo è avviata, Volvo nel 2014 con introdurrà un assistente che si sostituirà alla guida negli stop and go del traffico. Anche Bmw sta partecipando alla sfida: sta per lanciare un sistema che, in caso di malore del guidatore, fa in modo che l'auto raggiunga da sola la corsia di emergenza e chiami i soccorsi. Sempre nel 2014, Nissan (che ha già di serie i sistemi che tengono la distanza di sicurezza, frenano, parcheggiano) proporrà il primo sterzo a controllo indipendente, che manterrà l'auto nella corsia di marcia senza alcun bisogno di correzioni da parte del guidatore.

CAPITOLO 6 CONCLUSIONI

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

6.1. Riorientare le politiche: più terra meno spazio

La comprensione dei fenomeni che avvengono sul territorio è base necessaria per intervenire nel governo dei processi territoriali.

Tali esigenze trovano nuove risposte anche nella disponibilità di dati satellitari che vengono acquisiti grazie ai grossi investimenti delle Agenzie Spaziali le quali, realizzando nuove missioni e inviando in orbita piattaforme satellitari commisurate alle nuove esigenze, rendono disponibile un enorme patrimonio di dati di Osservazione della Terra costantemente aggiornati.

Ma è proprio così? Studiando l'evoluzione delle missioni commerciali e quella delle missioni delle Agenzie Spaziali si può notare una certa divergenza negli obiettivi.

Mentre le prime si stanno orientando verso una sempre maggiore risoluzione geometrica, come per il lancio dei satelliti GeoEye-1 e GeoEye-2 in cui la società californiana Google ha una parte importante di finanziatore ed utilizzatore nei propri servizi Google Earth e Google Maps, dei vari satelliti della costellazione RapidEye[52], e del satellite WorldView-2 di DigitalGlobe, che fornisce anche un'informazione spettrale ad 8 bande piuttosto innovativa, le Agenzie Spaziali, dall'ESA alla NASA, compresa anche l'italiana ASI, danno il via a missioni che vanno in senso opposto e che hanno una maggiore valenza dal punto di vista scientifico piuttosto che da quello applicativo nei servizi alla collettività, e che quindi difficilmente possono essere utilizzati per il governo del territorio.

Appare quindi auspicabile che nelle nuove missioni per l'Osservazione della Terra le Agenzie Spaziali indirizzino le caratteristiche di satelliti e sensori verso una maggiore rispondenza alle istanze

[52] RapidEye è una costellazione di cinque satelliti artificiali tedeschi per il telerilevamento della superficie terrestre. I satelliti sono identici, hanno lo stesso tipo di equipaggiamento di sensori, e quindi anche la stessa risoluzione spaziale di 5 metri. Viaggiano uno dietro l'altro nella stessa orbita, permettendo quindi un tempo di rivisitazione molto breve. Le applicazioni comprendono diversi campi: agricoltura, foreste, sicurezza, ambiente, monitoraggio di infrastrutture ed energia

degli enti territoriali e quindi della popolazione, dal momento che solo esse hanno forza, ruolo e competenze per soccorrere le realtà locali, impossibilitate a far fronte ai propri compiti sia per la scarsità di risorse finanziarie, aggravate dall'ultima crisi, sia per l'assenza di strutture idonee a svolgere autonomamente il necessario controllo del territorio.

E come possono ad esempio le piccole amministrazioni locali, quelle cioè più a contatto con il territorio ed il cittadino, sfruttare queste nuove risorse?

6.2. Raccordare domanda e offerta: attivazione di meccanismi di ascolto

L'evoluzione dei sensori satellitari ed il conseguente aumento crescente della risoluzione spaziale delle immagini da satellite ci ha dato la possibilità di trovare nuove aree di applicazione.

È per questo che si è giunti, a partire dalle prime applicazioni di stima delle grandi estensioni coltivate per l'agricoltura, alle attuali applicazioni connesse alla sicurezza oppure addirittura al conteggio delle abitazioni.

Il contributo di innovazione portato dai sistemi di Earth Observation arricchisce chi questi dati può utilizzare per porre mano ai suoi compiti di governo del territorio. Le nuove risorse costituite da satelliti, sensori, dati, sono in grado di contribuire quindi allo sviluppo equilibrato del territorio.

In particolare, sappiamo che il nuovo sistema di posizionamento globale europeo Galileo, integrandosi con i due già esistenti (Glonass e GPS) potrà fornire all'utente civile in tutta sicurezza ciò che finora è stato certo appannaggio dei dipartimenti militari, che in passato perciò disturbavano il segnale dei propri satelliti.

Ma ciò che interessa al semplice cittadino è che i grandi temi che lo riguardano – rischio, ambiente-energia, mobilità – possano avere risposte più adeguate grazie al contributo delle nuove risorse rese disponibili con lo sforzo comune dei cittadini europei..

Nello scenario europeo, peraltro non immobile ma in continua evoluzione, da un lato c'è il sistema dei governi locali, con i cittadini da salvaguardare, dall'altro l'ESA e la Commissione Europea. Il ruolo di queste due entità è certamente quello di tutelare i primi ma per far questo occorre che il movimento dal basso che ha costituito NEREUS (in cui sono protagoniste le regioni) trovi ulteriori occasioni per far ascoltare la propria voce.

NEREUS in fondo è un'aggregazione di regioni che spingono l'Agenzia a dare risposte, in un tentativo di riorientamento delle politiche dell'ESA ed europee a favore dei cittadini, alle cui istanze occorre dare risposte. E l'ESA deve dare servizi: da parte della galassia dei soggetti che si occupano della gestione del territorio c'è una presa atto delle possibilità offerta dalle nuove risorse.

La principale richiesta è quindi quella di raccordare le politiche e le azioni, e quindi le missioni dell'ESA guardando la Terra e le esigenze dei cittadini europei, che con GMES (ora denominato Copernicus) hanno la possibilità di fruire dei servizi dell'ESA. Tali servizi offrono un grande contributo di conoscenza del territorio e dell'ambiente in cui essi vivono, grazie all'importante impatto che su questo tipo di conoscenza ha operato la disponibilità di dati satellitari ottenuta nelle missioni di Osservazione della Terra. E certamente lo sviluppo delle risorse spaziali mette a disposizione una grande quantità di dati con una grande quantità di tecniche e di software in continua trasformazione, poiché la crescente qualità delle caratteristiche dei dati è accompagnata dall'evoluzione degli strumenti in grado di sfruttarli bene ed estrarre informazione utile.

In attesa che i grandi Enti europei rispondano però la domanda dal basso non è rimasta ferma ma si è organizzata. Open Street Map è una delle forme di autorganizzazione sociale per rispondere al fatto che gli organi istituzionali a livello europeo non ascoltano le domande di conoscenza dal basso e che le missioni non sembrano essere a sostegno delle istanze diffuse, mentre occorrerebbe raccordare le tecnologie alle missioni di interesse sociale. L'esperienza e le risorse sono tante ma non si adoperano perché gli scopi attuali dell'ESA sembrano più legati ala ricerca scientifica che al governo del territorio.

Ci si organizza allora con scelte oculate e fatti oggettivi come l'utilizzazione dei dati satellitari proposta, ad esempio, dalla Planetek con il prodotto Preciso: ha una così vasta gamma di possibilità e di caratteristiche che con esso è possibile ridurre i costi ed utilizzare al meglio dati pensati originariamente per altri scopi.

Allo stesso modo, sul versante spaziale le piccole società si attrezzano con missioni che mettono in orbita microsatelliti a basso costo.

6.3. I nuovi scenari: il lancio di microsatelliti

Il lancio di microsatelliti[53], cioè di satelliti miniaturizzati, si sta prospettando come la vicina frontiera

Questi sono satelliti artificiali molto piccoli e leggeri, di peso solitamente al di sotto di 500 kg; il gruppo si suddivide in varie categorie in base alla massa, considerando anche il peso del carburante: minisatellite (tra 500 e 100 kg), microsatellite (tra 100 e 10 kg), nanosatellite (tra 10 e 1 kg) e picosatellite (tra 1 kg e 100g). Mentre i primi tre tipi possono orbitare in formazione o costellazione, gli ultimi due tipi vengono spesso utilizzati in "sciami" che fanno riferimento ad un "satellite madre" per le comunicazioni a terra, perché non dotati di dispositivi sufficientemente potenti per questa operazione.

I minisatelliti in genere usano le stesse tecnologie dei satelliti di normali dimensioni, anche se spesso queste sono semplificate. Tra questi alcuni nomi sono:

Minisatelliti: Demeter, Essaim, Parasol, Picard, Microscope, Taranis, Elisa, Smese, SSOT, Smart-1, Spirale, Jason-1, Jason-2.

Microsatelliti: Astrid-1, Astrid-2, LauncherOne.

Nanosatelliti: CubeSat.

Con i progressi nella miniaturizzazione in continuo aumento, la capacità della tecnologia elettronica e l'uso di costellazioni di satelliti, i nanosatelliti sono in grado di effettuare le missioni commerciali che precedentemente si richiedevano ai microsatelliti, con lo stesso costo ma con un significativo incremento della frequenza di rivisitazione. Ogni area del globo può essere ripresa da un gruppo di nanosatelliti CubeSat ogni 3,5 ore anziché una volta ogni 24 ore come con la costellazione RapidEye.

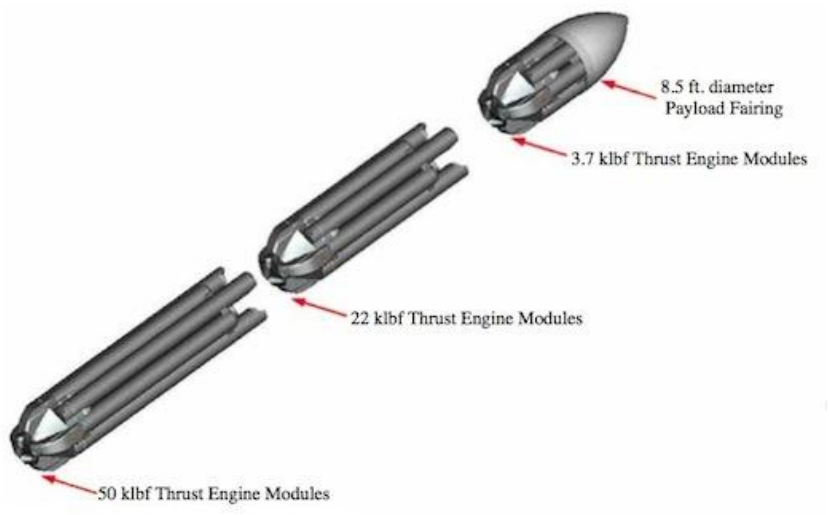
Una maggiore frequenza di rivisitazione è un miglioramento significativo per le organizzazioni che si occupano di rapida risposta alle catastrofi, argomento che era lo scopo della costellazione RapidEye.

[53] Il termine "microsatelliti" ha anche una valenza nel campo dello studio del DNA, indicandone particolari sequenze.

Inoltre sarebbe possibile che più nazioni possiedano il satellite per finalità non di emergenza quale la raccolta dei dati di Osservazione della Terra.

Con l'emergere dei progressi tecnologici di miniaturizzazione e l'aumento di capitale per sostenere iniziative private avviate negli ultimi anni per il volo spaziale, sono state formate diverse *startup* per perseguire le opportunità di sviluppo di una varietà di veicoli di lancio adatti.

L'esercito degli Stati Uniti sta sviluppando il programma di avvio SWORDS, finalizzato a implementare nanosatelliti in "orbite precise da qualsiasi posizione con un costo ultra-basso"[54]. SWORDS è l'acronimo di Soldier-Warfighter Operationally Responsive Deployer for Space e per ogni nanosatellite si ipotizza un peso di 25 kg. Il primo volo orbitale di prova dovrebbe avvenire durante l'estate del 2013.



Tra i motivi per cui si usano satelliti in miniatura il principale è per ridurre i costi: più è grande un satellite, più grande infatti deve essere il vettore necessario per portarlo in orbita, con conseguenze sui costi; i satelliti piccoli, invece, oltre a poter essere messi in orbita a prezzi più bassi, possono anche essere lanciati in maggior numero, inviando più satelliti contemporaneamente con lo stesso lanciatore. Inoltre se un satellite è piccolo se ne possono produrre più esemplari in catena di montaggio, cosa che invece non accade per i satelliti perché ognuno di questi ultimi è quasi sempre un esemplare unico.

[54] http://www.parabolicarc.com/2012/11/19/u-s-army-nasa-working-on-low-cost-nanosat-launcher/ visitato il 16.12.2012.

Oltre ai costi di lancio ridotti, un altro vantaggio sei satelliti miniaturizzati è la possibilità di realizzare tipi di missioni non possibili per satelliti singoli, come costellazioni di satelliti per comunicazioni a bassa velocità ed ispezione in orbita di satelliti più grandi.

Le più dinamiche imprese del settore spaziale europeo si stanno specializzando nella realizzazione di microsatelliti. Produttori a livello mondiale di microsatelliti sono la californiana SpaceDev e la britannica Surrey Satellite Technology Ltd , di nanosatelliti GomSpace, ISIS, NovaNano e UTIAS-SFL, di picosatelliti Nanotsat Group.

Le sfide tecniche riguardano sistemi di propulsione innovativi, il controllo di assetto , sistemi di comunicazione e di calcolo.

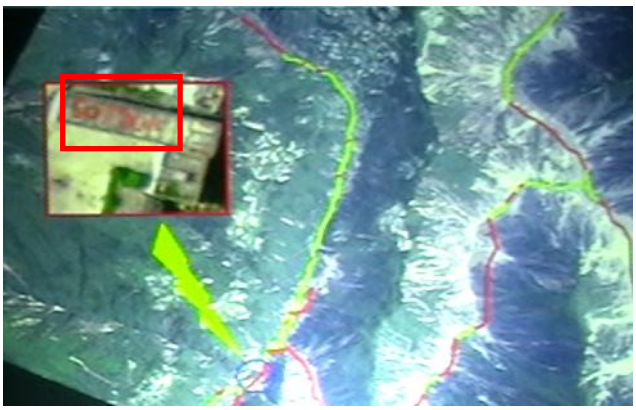
I satelliti più grandi di solito usano, per propulsione e controllo d'assetto, razzi che richiedono di dissipare il calore prodotto. Questi sistemi sono utilizzati su grandi micro/minisatelliti, mentre altri micro /nanosatelliti utilizzano una propulsione elettrica, a gas compressi, a liquidi vaporizzabili come butano o diossido di carbonio o altri sistemi di propulsione innovativi semplici, a basso costo e scalabili.

Altre sfide riguardano le comunicazioni miniaturizzate, altre ancora l'elettronica che deve essere rigorosamente testata e modificata per essere resistente nell'ambiente dello spazio esterno (vuoto, microgravità, estreme escursioni termiche ed esposizione alle radiazioni). I satelliti miniaturizzati danno la possibilità di testare il nuovo hardware con una spesa ridotta in fase di test. Inoltre, dato che il rischio finanziario complessivo della missione è molto più basso, in micro e nanosatelliti può essere utilizzata ed incorporata tecnologia meno collaudata nello spazio rispetto a quella di missioni molto più grandi, più costose ma, appunto per questo, devono rischiare di meno.

Tutto ciò è in continua evoluzione. Con la scoperta delle proprietà di nuovi materiali (ad esempio, il grafene, studiato dalle università polacche e su cui l'Unione Europea ha di recente finanziato ricerca e sviluppo), è possibile che si mettano in orbita in futuro elementi molto più leggeri e quindi meno costosi, così da rendere più sostenibile l'uso delle tecnologie satellitari.

E forse anche grazie a queste evoluzioni sarà possibile il dialogo via Osservazione della Terra, in cui l'immagine acquisita tramite Remote Sensing sarà semplicemente un mezzo di comunicazione tra chi esprime un'esigenza ad un altro che ascolta.

Qualche segno? Nel caso del terremoto in Cina, nella provincia di Sichuan, in cui chi era nell'area disastrata ed aveva bisogno di soccorso ha immaginato che sarebbe stato visto dall'alto ed ha disegnato per l'interprete dell'immagine un SOS, così da inviare un messaggio a chi metteva in azione il processo decisionale per inviare gli aiuti.





O come nel caso più triste delle immagini che seguono, in cui i soldati israeliani hanno lasciato una chiara traccia di sè, visibile però solo dall'altro, per marcare il territorio conquistato.







Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

Oppure infine nell'immagine sopra, un campo in Afghanistan, in cui i contadini inviano un messaggio "no drugs" per far capire a chi guarda attraverso gli UAV (i droni) americani che quell'area è già stata testata e non ci sono coltivazioni di oppio[55].

L'immagine diventa così background comune attraverso il quale due persone dialogano, rompendo il paradigma classico del telerilevamento. È il territorio che parla ad un decisore remoto che lo guarda dall'alto, così come una volta l'uomo primitivo disegnando sulle pareti di una grotta parlava ad una divinità che volava da qualche parte alta nel cielo.

[55] Queste ed altre immagini ed informazioni nel testo sono tratte da un seminario organizzato dalla scrivente e tenuto il 28 gennaio 2010 presso la sede dell'Università IUAV da M. Pesaresi, responsabile dell'azione Isferea del JRC-IPSC della Commissione Europea, che qui si ringrazia.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., *La tutela internazionale dei diritti umani* , Ed. Simone, 2006 e 2008.

AA.VV., *Le mani sullo Spazio*, Limes - Rivista Italiana di Geopolitica, n.5, Gruppo Editoriale L'Espresso, Roma, 2004.

AA.VV., *Report from the 4th GMES FORUM*, Baveno, 26 – 28 Novembre 2003.

Alberti M., *Advances in urban ecology - Integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*, University of Washington, Seattle, WA, USA, Springer, 2008.

Anderson J.R., Hardy E.E., Roach J.T., Witmer R.E., *A Land Use and Land Cover Classification System for use with Remote Sensing Data*, Geological Survey Professional Paper, United States Government Printing Office (Washington DC), 1976.

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R., *Basi di Dati*. Seconda edizione. McGraw-Hill, 1999

Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G., *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München, Germany, 2004.

Bahree, M. *Citizen Voices* (2008). Forbes Magazine.
http://www.forbes.com/forbes/2008/1208/083.html

Benediktsson J. A., Arnason K., Pesaresi M., *The Use of Morphological Profiles in Classification of Data from Urban Areas*, IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Rome, Italy, 8-9 November 2001.

Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K., *Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No.9, September 2003.

Bianchin A., Pesaresi M., *Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica*, in Atti del V Convegno Nazionale A.I.T., Milano, Italy, 25/29 Maggio 1992.

Bianchin A., Pesaresi M., *Monitoraggio della crescita del costruito attraverso l'elaborazione di immagini da satellite*, in Il telerilevamento ed i sistemi informativi territoriali nella gestione delle risorse ambientali, Trento, Italy, 27 October 1994.

Bianchin A., Bravin L., Vanino S., *Metodi per l'estrazione di strade da immagini da satellite*. Atti della Sesta Conferenza ASITA, pp. 441-446, Perugia 2002.

Bianchin A., Bravin L., *Approcci contestuali su immagini Ikonos – Esperienze in ambito urbano*, in L'Informazione Territoriale e la dimensione tempo, Atti 7ª Conferenza Nazionale ASITA, Verona, Italy, 28 - 31 ottobre 2003.

Borga G., *City Sensing*. Tesi di dottorato, Università Iuav di Venezia, 2010.

Burnley C., Buda D., Kayitakire F., *Quantitative global model for armed conflict risk assessment*, EUR - Scientific and Technical Research Report, 2008.

Burnley C., Stephenne N., Buda D., Ehrlich D., *Definitions, Concepts and Geospatial Dimensions of Security* in Remote Sensing from Space - Supporting International Peace and Security, Springer Ed, 2009.

Burrough P.A., *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Oxford University Press, 1994

Burrough P.A., *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press, 2006.

Chirici G., Corona P., Filiberti F., Travaglini D., *Segmentazione multirisoluzione e classificazione object-oriented di immagini telerilevate*, in L'Informazione Territoriale e la dimensione tempo, Atti 7ª Conferenza Nazionale ASITA, Verona, Italy, 28 - 31 ottobre 2003.

Chirici G., Corona P., Travaglini D., *Sperimentazione di tecniche di classificazione object-oriented di immagini QuickBird a fini forestali*, in L'Italia Forestale e Montana, n. 4 del 2003 - Atti del Workshop "Utilizzo di dati telerilevati per le statistiche di copertura del suolo negli ambienti forestali", Firenze, Italy, 22 gennaio 2003.

Ciarlo A., Ferner D., *eCognition Evaluation – Object Oriented Image Analysis*, presentation, ESA, EOP-AGR, 18 December 2000.

Davis S., *GIS for Web Developers*, The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, 2007.

De Longueville B., Smith R.S., Luraschi G (2009). *OMG, from here, I can see the flames!: a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires*. Atti del 2009 International Workshop on Location Based Social Networks, ACM (2009), 73-80.

De Longueville, B., Luraschi, G., Smits, P., Peedell, S., and De Groeve, T. (2010). *Citizens as sensors for natural hazards: a VGI integration workflow*. Geomatica 64, 1

De Rubeis,V., Sbarra P., Sorrentino D.,Tosi P. (2008). *Web based macroseismic survey: fast information exchange and elaboration of seismic intensity effects in Italy*. In J. Landgren e S. Jul, ed., Atti del 6th International ISCRAM Conference Gothenburg, Sweden. ISBN - 978-91-633-4715-3. 2009.

Dermanis A., Biagi L., Telerilevamento – *Informazione territoriale mediante immagini da satellite*, Milano, Casa Editrice Ambrosiana, 2002.

European Commission, *Libro Bianco sullo Spazio - Spazio: una nuova frontiera europea per un'Unione in espansione - Piano di azione per attuare una politica spaziale europea*, SEC(2003)1249 - COM(2003) 673 dell'11.11.2003.

European Commission, *La Governance Europea - Un libro bianco*, COM(2001) 428 del 5.8.2001.

European Commission, *Libro verde sull'informazione del settore pubblico nella società dell'informazione,* COM(1998) 585 del gennaio 1999.

Faggiani A., *La logica fuzzy nella soluzione dei problemi territoriali multicriteriali*, Tesi di laurea, Istituto Universitario di Architettura di Venezia, Dipartimento di Urbanistica,Venezia, 1997.

Ferner D., *Report on Installation and Evaluation of eCognition*, Technical Report, ESA, EOP-AGR, 19 December 2002.

Flanders D., Hall-Beyer M., and Pereverzoff J., *Preliminary evaluation of eCognition object-based software for cut block delineation and feature extraction*, Canadian Journal of Remote Sensing, Volume 29, Number 4, August 2003.

Gamba P., Herold M., *Global Mapping of Human Settlement: Experiences, Datasets and Prospects*, CRC Press, Boca Raton 2009.

Geneletti D., *A method for object-oriented land cover classification combining Landsat TM data and aerial photographs*, in International Journal of Remote Sensing, 2003, vol. 24, no. 6, 1273-1286.

Geneletti D., *Integrazione di dati telerilevati per classificazione di copertura del suolo object-oriented*, in La Qualità nell'Informazione geografica, Atti 5ª Conferenza Nazionale ASITA, Rimini, Italy, 9 - 12 ottobre 2001.

Goodchild M.F. (2007). *Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research 2 24–32.

Griguolo S., *L'uso delle Reti Neurali nell'analisi di immagini telerilevate, in S. Lombardo* (a cura), Ingegneria del Territorio ed ingegneria della conoscenza, Firenze, Alinea, 147-188, 2003.

Guenguen L., Soille P., *Frequent and Dependent Connectivities*, Mathematical Morphology and Its Applications to Image and Signal Processing, 10th International Symposium, ISMM 2011, Verbania-Intra, Italy, Proceedings July 6-8, 2011, 108-131.

Hofmann T., Puzicha J. Buhmann J.M., *Unsupervised Texture Segmentation in a Deterministic Annealing Framework,* IEeE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Rome, Italy, 8-9 November 2001.

Hughes, A.L. and Palen, L. (2009). *Twitter Adoption and Use in Mass Convergence and Emergency Events*. Proceeding of the 6th International ISCRAM Conference.

Human Security Centre. *Human Security Report 2005: War and Peace in the 21st Century*. New York: Oxford University Press, 2005 http://www.hsrgroup.org/human-security-reports/2005/text.aspx

Indra Espacio (a cura di), *Making Cities a Friendly place to live* – Product Portfolio, Madrid, 2003.

Jasani B., Pesaresi M., Schneiderbauer S., Zeug G., (2009). *Introduction* in Remote Sensing from Space - Supporting International Peace and Security, Springer Ed, 2009.

Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P., *Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology*, Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98). September 23-25, 1998, Vienna, Austria. ICSC Academic Press, 1998.

Kurtz C., Passat N., Puissant A., Gançarski P., *Hierarchical Segmentation of Multiresolution Remote Sensing Images*, Mathematical Morphology and Its Applications to Image and Signal Processing, 10th International Symposium, ISMM 2011, Verbania-Intra, Italy, Proceedings July 6-8, 2011, 331-354.

Lillesand T.M., Kiefer R.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th ed., John Wiley & Sons, New York, 2008.

Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., Hanappe, P. and Steels, L. (2009). *Citizen Noise Pollution Monitoring*. dg.o '09: Proceedings of the 10th Annual International Conference on Digital Government Research (Puebla,Mexico; May 17-20,2009), May 2009. Digital Government Society of North America / ACM Press.

Meier P., Lambert N., *Information and Communication Technology in Haitian Earthquake Relief: Organizational Experience*. in Information, Telecommunications and Social Networks in Haitian Relief. NDU Press, 2011.

Meier P., *Crisis Mapping in Action: How Open Source Software and Global Volunteer Networks Are Changing the World, One Map at a Time*, Journal of Map and Geography Libraries, 2012.

Meyer F., Beucher S., *Morphological Segmentation,* Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 1, No.1, September 1990.

Navulur K., *Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm*, CRC Press, Boca Raton 2006.

Norton P., Keams D., *Le reti*, Ed. Apogeo, Milano, 2000.

O'Hara C.G., King J.S., Cartwright J.H., King R.L., *Multitemporal Land Use and Land Cover Classification of Urbanized Areas Within Sensitive Coastal Environments*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No.9, September 2003.

Palen L., Vieweg S., Liu S., Hughes A., *Crisis in a networked world: Features of computer-mediated communication* in the April 16, 2007, Virginia Tech event. Social Science Computer Review 27, 4, 2009, 467-480.

Pesaresi M., Kanellopoulos I., *Una nuova tecnica di segmentazione morfologica e una rete neurale per la rilevazione delle strutture urbane*, AITinforma – Rivista Italiana di Telerilevamento, n. 16 – maggio 1999.

Pesaresi M., Gerhardinger A., Temporin G., I&CLC2000 data fusion by advanced Image Processing technology: agricultural parcelling structure and image fusion on the test site of Arles, 7° EC-GI&GIS Workshop, Potsdam, 13-15 giugno 2001.

Pesaresi M., Kanellopoulos J., *Morphological Based Segmentation and Very High Resolution Remotely Sensed Data*, in Detection of Urban Features Using Morphological Based Segmentation, MAVIRIC Workshop, Kingston University, 18-21 May 1998.

Pesaresi M., *Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-resolution Panchromatic Satellite Imagery*, in Geographical & Environmental Modelling, Vol. 4, No. 1, 2000, 43- 63.

Pineschi L. (a cura di), *La tutela internazionale dei diritti umani*, Ed. Giuffrè, 2006.

Redazione Geomedia, (a cura di), *L'automazione di analisi delle immagini passa per eCognition*, intervista in *Geomedia* settembre/ottobre 2001.

Schade S., Luraschi G., De Longueville B., Cox S., Díaz L. (2010). *Citizens as sensors for crisis events: sensor web enablement for volunteered geographic information*,

Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2,* Theoretical Advances, New York, Academic Press, 1988.

Shackelford A.K., Davis C.H., *A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High Resolution Multispectral Data Over Urban Areas*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No.9, September 2003.

Sherman G., *Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools*, Ed. Sherman, 2008.

Small C., *Multiresolution Analysis of Urban Reflectance,* IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Rome, Italy, 8-9 November 2001.

Soille P., Pesaresi M., *Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No.9, September 2002.

Solana J., *A secure Europe in a better world*, documento adottato dai Capi di Stato e di Governo del Consiglio Europeo a Bruxelles il 12 Dicembre 2003 (The European Union Institute for Security Studies, Paris, France, 2003).

Stephenne N., Pesaresi M., *Spatial Permeability Model at the European Union Land Border*, EUR - Scientific and Technical Research Report, 2006.

Stephenne N., Burnley C., Kayitakire F., Di Mauro C., Savin I., Caravaggi I., Rucevska I., Radvanyi J., *Consultative assessment and Geographical Information Systems techniques to develop a regional spatial decision support model of instability - Test Case on the Caucasus Region,* EUR - Scientific and Technical Research Report, 2009.

United Nations Development Programme (UNDP), *Human Development Report 2006 - Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*, 2006.

United Nations, *A more secure world: Our shared responsibility*, Report of the High-level Panel on Threats, Challenges and Change, 2004.

Urbach E.R., Pervukhina M., Bischof L., *Segmentation of Cracks in Shale Rock*, Mathematical Morphology and Its Applications to Image and Signal Processing, 10th International Symposium, ISMM 2011, Verbania-Intra, Italy, Proceedings July 6-8, 2011, 451-460.

Giuliana Bilotta, *Umanità vista da lontano*, 2012

SITI CONSULTATI

L'impresa comune GALILEO
ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/index_en.htm

GALILEO: comunicazione della Commissione Europea del 24 settembre 2002
europa.eu/rapid/press-release_IP-02-1358_it.htm

GLONASS
http://www.glonass-ianc.rsa.ru

GMES Services
ec.europa.eu/enterprise/policies/space/gmes/services/index_en.htm
www.gmes.info/

GMES GSE-LAND
www.gmes-gseland.info/

GMES Urban Atlas
www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas

Planetek Italia: telerilevamento, ambiente e territorio
www.planetek.it
http://blog.planetek.it/2012/10/15/cambiare-l%E2%80%99economia-dello-spazio/

Rivista GEOmedia
www.rivistageomedia.it

Euronews
http://it.euronews.com/2012/11/16/l-industria-spaziale-europea

Limes, Rivista italiana di geopolirica
http://temi.repubblica.it/limes/le-nuove-guerre-stellari/22683
http://desiderio-limes.blogautore.espresso.repubblica.it/2011/07/08/geopolitica-dello-spazio-houston-we-have-a-problem/

ASI (Agenzia Spaziale Italiana)
http://www.asi.it/it/news/spazio_scenari_di_competizione

EIA (US Energy Information Administration)
http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm

NEREUS

http://www.nereus-regions.eu
http://www.doris-net.eu

INDICE DELLE SIGLE

ASAR: Advanced Synthetic Aperture Radar

ASI: Agenzia Spaziale Italiana

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer

CAD: Codice dell'Amministrazione Digitale

CCD: Charge Coupled Device

CEDU: Carta Europea dei Diritti Umani

CGR: Compagnia Generale Ripreseaeree

CLC: CORINE Land Cover

CORINE: Co-ORdination of INformation on the Environment

CSV: Comma Separated Values

CTR: Carta Tecnica Regionale

DEM: Digital Elevation Model

DSM: Digital Surface Model

DTM: Digital Terrain Model

EEA: European Environment Agency

EMAS: Eco Management & Audit Scheme

ENVISAT: ENVIronment SATellite

EO: Earth Observation

ERS: European Remote Sensing Satellite

ESA: European Space Agency

ESDP: European Spatial Development Perspective

ESPON: European Spatial Planning Observation Network

ESRIN: European Research Space Institute

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FIR: Far InfraRed

FOV: Field Of View

GCP: Ground Control Points

GIS : Geographic Information System

GMES: Global Monitoring of Environment and Security

GMOSS: Global Monitoring for Security and Stability

GNSS: Global Navigation Satellite Systems

GPS: Global Positioning System

GUS: GMES Urban Services

HRG: Haute Résolution Géométrique

HRV: Haute Résolution Visible

HRVIR: High Resolution Visible in Infra Red

ICT: Information and Communication Technology

IES: Institute for Environment and Sustainability (JRC)

IFOV: Istantaneous Field Of View

INGV: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

InSAR: Interferometry SAR

ISTAT: Istituto Nazionale di Statistica

JRC: Joint Research Centre

LA21: Local Agenda 21

LANDSAT: LAND SATellite

LEO: Low Earth Orbit

LISS: Linear Imaging and Self Scanning Sensor

LOROP: Long Range Oblique Photography

MEMS: Micro Electro Mechanical System

MEO: Medium Earth Orbit

MIR: Medium InfraRed

MIT: Massachusetts Institute of Technology

MS: Multi Spectral

MSS: Multispectral Scanner System

NASA: National Aeronautics and Space Administration

NASA: National Areonautics and Space Administration

NIR: Near InfraRed

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

OBIA: Object Based Image Analysis

OCR: Optical Character Recognition

OCSE: Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico

ODbL: Open Data Commons Open Database License

OGC: Open Geospatial Consortium

OMS: Organizzazione Mondiale della Sanità

OOIA: Object Oriented Image Analysis

OSM: Open Street Map

PAN: PANchromatic

RBV: Return Beam Vidicon

SAR: Synthetic Aperture Radar

SDK: Software Development Kit

SIT: Sistema Informativo Territoriale

SLAR: Side-Looking Radar

SPOT: Satellite Probatoire d'Observation de la Terre

TIN: Triangular Irregular Network

TM: Thematic Mapper

UAV: Unmanned Aerial Vehicle

UN: United Nations

UNECE: United Nations Economic Commission for Europe

UNEP: United Nations Environment Programme

USGS: United States Geological Survey

UTM: Universal Transverse Mercator

VGI: Volunteered Geographic Information

WGS84: World Geodetic System, versione 1984, riveduta nel 2004

WHO: World Health Organization

WiFS: Wide Field Sensor

WSN: Wireless Sensor Network

XML: Extensible Markup Language

Pubblicazioni e presentazioni a convegni

1. Bilotta G., *Metodologie avanzate applicate allo studio dell'uso della terra*, Cartographica n. 12, MondoGIS ediz., Roma, aprile 2005, pp. 21-24 - ISSN 1128-8175;

2. Bilotta G., Barrile V., *Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale*, XI ASITA 2007, Torino, pp 267-272 - ISBN 978-88-903132-0-2;
http://www.attiasita.it/Asita2007/Pdf/075.pdf

3. Bilotta G., Barrile V., *An application of object-oriented analysis to very high resolution satellite data on small cities for change detection*, 3a WSEAS (World Scientific and Engineering Academy and Society) Conference on Remote Sensing - Proceedings, Venezia, 2007 - ISSN: 1790-5117 - ISBN: 978-960-6766-18-3;
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2007venice/papers/570-613.pdf

4. Bilotta G., Barrile V., *Object-oriented analysis applied to high resolution satellite data*, Wseas Transactions on Signal Processing, Volume 4, March 2008, pp. 68-75 - ISSN: 1790-5052;
http://www.wseas.us/e-library/transactions/signal/2008/25-580.pdf

5. Armocida G, Barrile V., Bilotta G, *Sistema integrato per il rilievo e la gestione del catasto delle aree incendiate*, XII Conferenza Asita, L'Aquila, 2008 - ISBN/ISSN 978-88-903132-1-9;
http://www.attiasita.it/Asita2008/Pdf/200.pdf

6. Bilotta G., Barrile V., Pannuti F., *A comparison between methods – a specialized operator, object oriented and pixel-oriented image analysis – to detect asbestos coverages in building roofs using remotely sensed data*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008, pp. 427-433 – ISSN 1682-1750;
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/2_WG-VIII-2/51.pdf

7. Bilotta G., Barrile V., *An Application of Remote Sensing: Object-Oriented Analysis of Satellite Data*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008, pp. 107-113 – ISSN 1682-1750;
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/1_WG-VIII-1/20.pdf

8. Barrile V., Meduri G., Bilotta G., *Laser scanner surveying techniques aiming to the study and the spreading of recent architectural structures*, Recent Advances In Signals And Systems, Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Signal, Speech And Image Processing (SSIP '09), pp. 92-95, ISSN: 1790-5109, ISBN: 978-960-474-114-4;
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/budapest/MIV-SSIP/MIV-SSIP15.pdf

   pubblicato anche su altra rivista scientifica dello stesso Editore: Recent Advances in Engineering Mechanics, Structures and Engineering Geology, Proceedings of the 2nd WSEAS International

Conference on Engineering Mechanics, Structures and Engineering Geology (EMESEG '09), pp. 25-28, ISSN: 1790-2769, ISBN: 978-960-474-101-4;
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/rodos/EMESEG/EMESEG01.pdf

9. Barrile V., Bilotta G., Di Capua F., *GIS for calculating electromagnetic field*, Recent Advances in Urban Planning and Transportation, Proceedings of 2nd WSEAS International Conference on Urban Planning and Transportation (UPT '09), pp. 117-124, ISSN: 1790-5109, ISBN: 978-960-474-114-4;
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/rodos/UPT/UPT15.pdf

10. Barrile V., Armocida G., Bilotta G., *GIS supporting the Plan of BTS (Base Transceiver Stations) for mobile network in urban context*, Wseas Transactions on Communications, Issue 8, Volume 8, August 2009, pp.775-784, ISSN: 1109-2742;
http://www.wseas.us/e-library/transactions/communications/2009/29-639.pdf

11. Barrile V., Armocida G., Bilotta G., *Remote Sensing Imagery for Soil Characterization: a Wavelet Neural Data Fusion Approach*, Recent Advances in Remote Sensing, Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Remote Sensing (REMOTE '09), pp. 33-38, ISSN: 1790-2769, ISBN: 978-960-474-129-8.
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/genova/REMOTE/REMOTE-05.pdf

12. Barrile V., Meduri G.M., Bilotta G., *Laser scanner technology for complex surveying structures*, WSEAS Transactions on Signal Processing, Issue 3, Volume 7, July 2011, pp. 65-74 - ISSN: 1790-5052;
http://www.wseas.us/e-library/transactions/signal/2011/53-180.pdf

13. Bilotta G., Barrile V., Meduri M. G., *Recognition and Classification of Illegal Dumps with Object Based Image Analysis of Satellite Data*, Third Annual Hyperspectral Imaging Conference, 15-16 May 2012, Rome, pp.12-17;
http://istituto.ingv.it/l-ingv/convegni-e-seminari/archivio-congressi/convegni-2012/hsi2012-1/Ext_abstract_book_vol2.pdf

14. Barrile V., Bilotta G., Meduri M. G., *Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare*, 16a Conferenza Nazionale ASITA, 6 – 9 novembre 2012, Fiera di Vicenza, pp. 137-142, ISBN 978-88-903132-7-1.
http://www.attiasita.it/ASITA2012/Pdf/111.pdf

METODOLOGIE AVANZATE APPLICATE AL CAMBIAMENTO NELL'USO DELLA TERRA

di Giuliana Bilotta

I dataset satellitari ad alta risoluzione costituiscono preziose risorse per l'analisi e la gestione del territorio. Le relative applicazioni si estendono dal classico monitoraggio delle coltivazioni al rilevamento delle aree percorse da incendio, ed ancora al monitoraggio del territorio dal punto di vista della sostenibilità ambientale e della protezione civile. Con alcune metodologie avanzate di analisi strutturale, nel caso specifico l'Object Oriented Image Analysis (OOIA), è possibile anche il governo del territorio dal punto di vista urbanistico. L'OOIA permette una ricchezza di informazioni - difficile da ottenere con l'analisi spettrale (pixel oriented) - immediatamente integrabili nei GIS mediante classificazioni già in formato vector e con la dotazione di gerarchie di attributi topologici e statistici.

Pregio principale dell'analisi automatica object-oriented è la riproducibilità del processo di fotointerpretazione sinora affidato all'interprete umano, sicuramente non raggiungibile per raffinatezza ed esperienza ma impossibile da rendere omogeneo nel tempo e quindi raffrontabile. La firma tessiturale della struttura urbana, ottenuta con l'accurata attribuzione delle caratteristiche alle membership function che strutturano la gerarchia di classi, è individuabile in tempi molto più brevi e con costi inferiori. Questa disponibilità e l'accessibilità dei dataset satellitari ad alta ed altissima risoluzione ed a brevi distanze temporali fanno sì che il monitoraggio possa realizzarsi anche ad intervalli di alcuni mesi, rendendo effettivo ed efficace il controllo del territorio. Il limite dell'analisi pixel oriented, anche se realizzata automaticamente, è nel portare la macchina a riconoscere solo informazioni a basso livello semantico come la riflettanza, cioè la quantità di energia emessa dal pixel, mentre il contesto non vi assume alcuna importanza. Nell'analisi object oriented invece il livello semantico si innalza. Si aggiungono regole di relazione spaziale, informazioni topologiche e statistiche. In sintesi, viene definito il contesto. Il riconoscimento si basa su concetti di Mathematical Morphology applicata all'analisi delle immagini e segue i principi della Fuzzy Logic; inoltre ogni regola può assumere il peso opportuno, ed il contesto diviene importante come nella fotointerpretazione umana.

Contesto e obiettivi

È ormai irrinunciabile, ai fini delle scelte di governo del territorio, la realizzazione di Sistemi Informativi Territoriali che riescano a monitorare gli assetti in divenire e che, cogliendo gli aspetti salienti delle trasformazioni avvenute, divengano veri sistemi di supporto alle decisioni. Questa esigenza è tanto sentita che è divenuta oggetto di specifici progetti internazionali.

La conoscenza di questi fenomeni si esprime anche attraverso mappe dell'uso del suolo per il controllo dello sviluppo urbano.

Obiettivo dello studio di carattere metodologico, condotto nell'ambito del Master in SIT e Telerilevamento dell'Università IUAV di Venezia presso l'ESRIN (European Research Space Institute), stabilimento dell'ESA (European Space Agency) in Italia, è la determinazione di un metodo da seguire per la messa a punto di processi che conducano alla realizzazione di mappe dell'uso del suolo per il governo del territorio urbano partendo da dataset satellitari ad alta risoluzione integrati da dati di altra origine (ortofoto, cartografia), con l'uso di software per l'analisi object-oriented oltre al tradizionale software pixel-oriented.

Immagini telerilevate

Fino a tempi recenti, la risoluzione spaziale delle immagini offerta dai satelliti per l'osservazione della terra non era sufficiente a fornire caratteristiche topografiche dettagliate come forma e struttura, e questo era molto sentito in ambiti applicativi come quello dell'analisi e del monitoraggio dell'ambiente urbano. Applicando la procedura standard di classificazione multispettrale l'aumento della risoluzione porta però, rispetto alle immagini a minore definizione spaziale, ad un aumento dell'ambiguità nella definizione statistica delle classi d'uso o copertura del suolo e ad una diminuzione dell'accuratezza della rilevazione automatica.

Si rendono perciò necessari nuovi strumenti d'analisi che permettano di utilizzare anche l'informazione strutturale e di forma contenuta nelle immagini. Alcuni di questi strumenti hanno già una lunga tradizione d'utilizzo in altri campi come l'elaborazione delle immagini mediche.

Tecniche innovative object oriented

L'informazione che giunge dal sensore del satellite è solo la quantità di energia elettromagnetica a diverse

lunghezze d'onda, informazione in genere irrilevante rispetto al problema di ricerca. Oltre a ciò, tutti i metodi di elaborazione spettrale si fondano sull'assunto che oggetti simili nel mondo reale sono simili anche nel mondo della rappresentazione dell'informazione spettrale.
Nella realtà non c'è diretta relazione tra comportamento spettrale osservato e appartenenza tematica. Esistono infatti risposte spettrali diverse per lo stesso materiale o risposte spettrali uguali per materiali differenti.
Inoltre alcune categorie di informazione tematica, cioè alcuni livelli semantici, non fanno appello a nozioni relative al tipo di materiali che sono al suolo. Nell'approccio spettrale infatti non si può descrivere in maniera formalizzata il contesto spaziale dell'informazione.
La via più comune per innalzare il livello semantico dell'informazione è l'interpretazione visiva umana, in cui la struttura e la disposizione spaziale degli oggetti svolgono un ruolo importante per il riconoscimento delle forme e la classificazione dell'immagine. Così avviene anche con le tecniche object-oriented.

Segmentazione multirisoluzione

Con il software utilizzato i pixel dell'immagine originaria vengono aggregati in una serie di passaggi successivi finché i poligoni creati non hanno caratteristiche corrispondenti a quelle volute. Si tende alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale di ciascun poligono derivata dai valori di digital number dei pixel inclusi sulla base dell'eterogeneità geometrica dipendente dalla forma dei poligoni creati. Se il processo di segmentazione tendesse solo alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale verrebbero generati poligoni tanto più frammentati quanto maggiore è la risoluzione geometrica dell'immagine. I poligoni creati devono anche tendere a minimizzare il valore di eterogeneità geometrica, definita a sua volta da due fattori di forma: il fattore frattale, che dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione, ed il fattore di compattezza che dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono. L'impostazione del fattore di scala permette di calibrare la grandezza dei poligoni che vengono creati con la segmentazione, e la sua definizione è legata alla scala di riferimento della cartografia che l'utente deve ottenere.
Il processo di segmentazione in eCognition è multirisoluzione: diminuendo il fattore di scala i poligoni generati divengono sempre più piccoli perché minore deve risultare la variabilità spettrale interna, e viceversa aumentando il fattore di scala. Particolarità della multirisoluzione è il collegamento esistente tra i poligoni dei diversi livelli gerarchici della segmentazione.

Applicazione
Materiali e metodi

L'area di studio è localizzata nel Comune di Melito di Porto Salvo (Provincia di Reggio Calabria), comune costiero all'estremo sud della penisola italiana che si estende su poco più di 35 km^2. La quota varia tra 0 e 780 metri sul livello del mare.
L'applicazione si è svolta con l'uso dei programmi ER Mapper, ERDAS ed eCognition, utilizzando anche il software ENVI per l'ampia interoperabilità che presenta, MapInfo ed Autodesk Map per particolari interventi su dati vettoriali.
L'obiettivo è la classificazione di immagini multispettrali con le due tecniche di classificazione pixel-oriented e object-oriented. La classificazione finale dovrebbe fondarsi su un sistema di nomenclatura in nove classi su tre o quattro livelli tematici ed essere consistente con il sistema di nomenclatura europeo Corine Land Cover , nato negli anni '90.

Elaborazione dati ancillari e georeferenziazione dati satellitari

Documentazione cartografica di base è l'aerofotogrammetria comunale con restituzione del 1999 a seguito di un volo del 1998. Sempre del 1998 sono le riprese aeree per la produzione di ortofoto a colori in scala 1:10.000 (It2000 della CGR). È stato scelto il file dxf dell'aerofotogrammetria in scala 1:10.000, da cui si sono estratte le curve di livello ogni 10 metri e 50 metri distinte in due layer, georeferenziate poi nella rappresentazione Gauss Boaga fuso Est, Datum Roma 40. Si sono corretti gli errori trovati nelle quote editando le polilinee 3D delle curve nel dxf, riportando la sola elevazione punto per punto al valore corretto e mantenendo le altre dimensioni.
Dalle curve corrette è stato possibile realizzare in ER Mapper un DTM (Digital Terrain Model) con il procedimento della minima curvatura, griglia di 10x10 metri.
Per la prima analisi di immagine telerilevata dallo spazio è stata presa in considerazione una serie di immagini Landsat ETM+, fornite all'ESA da Eurimage come tutte le immagini Landsat.
Inizialmente si sono georeferenziate le Landsat ETM+ 7 multispettrale e pancromatica sulla base del mosaico delle ortofoto.
Nell'immagine in figura 1 sono i confini del comune (linea rossa) sovrapposti al Landsat ETM+ 7 multispettra-



FIGURA 1
Visualizzazione in 3D del DTM ottenuto dall'aerofotogrammetria. L'immagine Landsat ETM+, realizzata da Eurimage, è di proprietà dell'ESA

le in true colors (321) e la visualizzazione in 3D del DTM. Al centro in alto il DTM da solo ed in basso in 3D insieme ai subset scelti di entrambe le immagini.
L'anomalia del DTM, molto evidente nella visualizzazione 3D, si è risolta con un subset del solo territorio comunale, in ERDAS con un file dxf con i limiti comunali (trasformato in shapefile con l'Universal Translator di MapInfo) tramite la realizzazione di una AOI (Area Of Interest). Lo stesso procedimento è stato applicato alle Landsat ETM+ ed alle ortofoto mosaicate.
È stata poi effettuata una classificazione supervised del subset Landsat del 1984.
Fase successiva, qui non realizzata, dovrebbe essere la classificazione per subset anche delle due scene Ikonos fornite all'Esa da European Space Imaging approfondendo e migliorando la definizione delle classi.

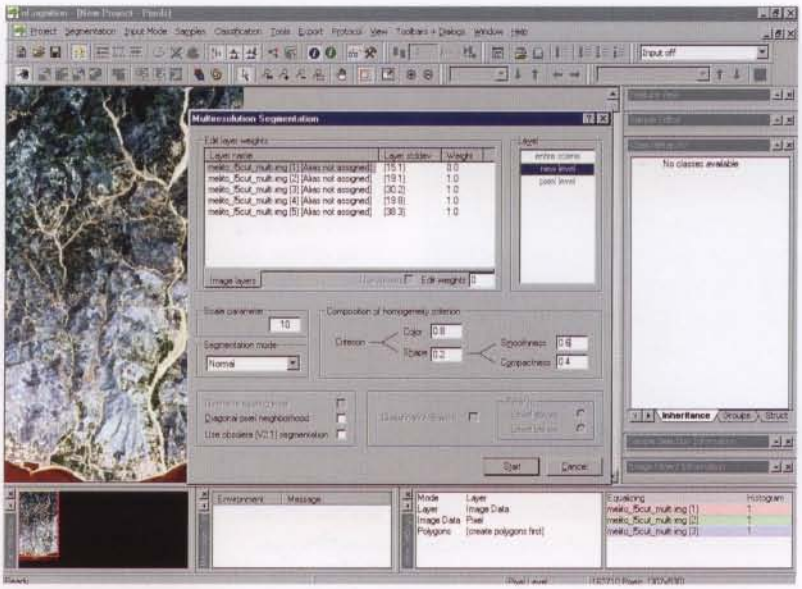


FIGURA 2
Settaggio della Multiresolution Segmentation. L'immagine Landsat ETM, di proprietà dell'ESA, è stata realizzata da Eurimage

Elaborazioni con eCognition

Con eCognition (versione 3.0) della Definiens Imaging GmbH è stata eseguita la prima elaborazione sull'immagine Landsat ETM+ 7 multispettrale del 13.07.2001, utilizzandone cinque bande: Blue, Green, Red, NIR (Near Infrared), MIR) (Medium Infrared), per cui sono state rimosse le bande dell'Infrarosso Termico e dell'Infrarosso Lontano (FIR), cioè la banda sei e la banda sette, applicando una visualizzazione diversa con il layer mixing; dopo uno stretch dell'istogramma (Equalizing: Histogram) si è attribuito il settaggio "three layer mix" assegnando il Red alla banda 1, lasciando il Green alla 2 ed imponendo il Blue alla banda 3.
Per creare un primo livello di oggetti immagine che raggruppino i pixel si è operato con la Multiresolution Segmentation, settando a zero il peso da attribuire alla banda 1; gli altri parametri scelti, e cioè la scala (10) ed i criteri di omogeneità quali color (0.8) e shape (0.2), e di quest'ultimo smoothness (0.6) e compactness (0.4), sono illustrati nella figura 2.
È seguita la creazione dei poligoni e di una semplice gerarchia di oggetti immagine.
Per ottenere una conoscenza base per mezzo della Class Hierachy, dopo aver aperto la finestra di dialogo Open Class Hierachy sono state definite le quattro classi: Impervious surface (superficie impermeabile), Water (acqua), Agricolture (agricoltura) e Rural (rurale).

Classificazione del dataset Landsat

Il software eCognition offre due classificatori differenti: nearest neighbor e membership function. Qui è stata applicata la nearest neighbor.
La classificazione nearest neighbor degli oggetti del campione in eCognition è simile alle classificazioni supervised nel software tradizionale di analisi di immagine.
In questa fase per rendere più facile l'identificazione degli oggetti immagine occorre cambiare la vista da "object mean" al "pixel" ed attivare le outlines nei View Settings, e poi cambiare il layer mixing attribuendo il rosso alla banda 3, il verde all'infrarosso vicino ed il blu all'infrarosso medio, ottenendo cioè una rappresentazione 543.
Gli oggetti che rappresentano zone agricole sono così verde intenso, gli oggetti impermeabili compaiono in porpora e viola e sono caratterizzati da un alto grado di struttura. Nell'acqua sono scuri ma non si confondono con gli oggetti dell'ombra causata dal terreno montagnoso. Tutti gli oggetti restanti rappresentano le zone rurali, cioè copertura del suolo con informazioni spettrali molto varie; rurale è quindi una classe molto eterogenea, ma la classificazione nearest neighbor di eCognition può gestire tali eterogeneità. Aperto il Sample Editor si sono selezionati i campioni prescelti: la finestra di dialo-

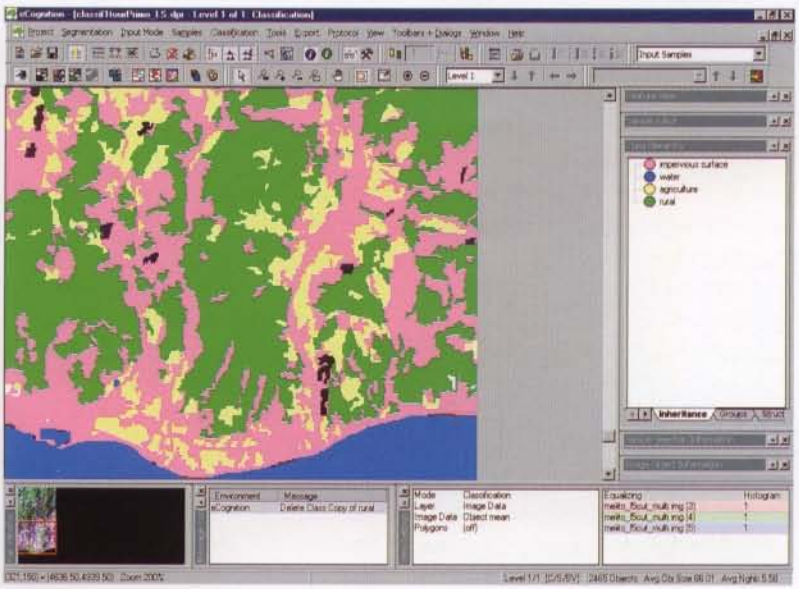


FIGURA 3
Classificazione in eCognition del dataset Landsat ETM+ realizzato da Eurimage, di proprietà dell'ESA



FIGURA 4
Segmentazione del dataset Ikonos del primo luglio 2001 di proprietà dell'ESA, realizzato da European Space Imaging

go visualizza cinque schemi per i valori della caratteristica. Le caratteristiche sono i valori medi per ogni canale. Quindi, lo spazio della caratteristica visualizzato nel Sample Editor è identico allo spazio dello standard nearest neighbor.
Scelte quindi le aree test (Training Test Areas - TTA) per ogni classe, i valori della caratteristica dell'oggetto campione sono visualizzati dai contrassegni supplementari negli istogrammi. Avviando una classificazione senza le caratteristiche correlate alle classi (without class-related features) si è ottenuta la prima classificazione.
Disattivando i contorni diviene evidente che occorre un ulteriore miglioramento (Fig. 3). Esistono infatti oggetti che non sono assegnati a classi e c'è un certo numero di oggetti classificati in modo errato, particolarmente gli oggetti classificati come agricoltura nella parte di sinistra più alta dell'immagine. In più, troppi oggetti sono classificati come superficie impermeabile. Queste inesattezze dovranno essere corrette con passi iterativi.

Segmentazione dataset Ikonos e predisposizione della class hierarchy

Si è realizzata una segmentazione del dataset Ikonos, scegliendo la scena relativa alla zona ovest perché meno afflitta da problemi di ombre dovute all'orografia (Fig. 4).
Una particolarità del territorio in esame è la presenza di fiumare asciutte per la maggior parte dell'anno, per cui non è semplice la definizione di corpo d'acqua. Si è anche visto che nella prima classificazione del Landsat il letto delle fiumare viene confuso con l'urbano, rientrando nella categoria dell'impervious.
Poiché il territorio studiato è anche collinare, l'uso di un DTM potrebbe permettere di discriminare il letto della fiumara dal territorio circostante (riguardo alla quota) e dall'impervious.
Con l'aiuto di un dataset pancromatico (qui non presente) si possono poi creare quattro livelli di segmentazione (Tab. 1).
Il livello preliminare di segmentazione, da operare solo sull'eventuale dataset Ikonos pan, serve per avere oggetti alla massima risoluzione possibile. Il livello 1 serve per individuare le classi base; il 2 deve essere classificato in modo più dettagliato anche in base alle relazioni con il sottolivello; il 4 serve per classificare grandi aree in base alla densità dell'urbano nei sottolivelli; in ultimo il 3 sfrutta le relazioni di tutti e 3 i livelli sopra descritti per ottenere la classificazione finale raffinata e corretta.
Occorrerà quindi predisporre una gerarchia di classi strutturata sulla base della nomenclatura indicata in precedenza, su quattro livelli rispettivamente con 4, 12, 18 e 23 classi.

TABELLA 1
Impostazioni della segmentazione

Livello di segmentazione	Bande da usare					Scala	Criteri di omogeneità			
									Shape Settings	
	PAN	RED	GREEN	BLUE	NIR		Color	Shape	Smoothness	Compactness
Preliminare	Si	No	No	No	No	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello I	No	Si	Si	Si	Si	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello II	No	Si	Si	Si	Si	10	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello III	No	Si	Si	Si	Si	1	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello IV	No	Si	Si	Si	Si	45	0.7	0.3	0.2	0.8

Conclusioni

Nell'illustrare le difficoltà che si possono incontrare nell'applicazione delle tecniche di analisi dei dati satellitari, si è inteso documentare la possibilità di ottenere con l'approccio object-oriented una discriminazione degli elementi relativi all'urbano ed alla sua crescita in maniera più approfondita ed articolata che con la tradizionale tecnica pixel-oriented.
Riguardo all'approccio strutturale ci si è dovuti limitare ad una prima classificazione ed all'enunciazione delle caratteristiche dell'applicazione successiva. La prosecuzione di tale lavoro dovrebbe portare anche alla realizzazione di una matrice per la valutazione della classificazione ottenuta. Il passo successivo è quindi di approfondire l'analisi su Melito P.S. per completarne il quadro evolutivo negli ultimi venti anni ed estrarne una metodologia da applicare ad altre realtà territoriali.
I tempi di predisposizione di una buona classificazione mediante l'approccio object-oriented sono piuttosto lunghi, soprattutto nell'analisi e nella verifica dei parametri di identificazione. Una volta che si sia messa a punto una procedura di classificazione applicabile con un range abbastanza ampio di dati di input, diventa possibile realizzare grandi vantaggi sia per la forte riduzione dei tempi e dei costi di classificazione e di controllo, per l'omogeneità di valutazione e la riproducibilità rispetto ad una classificazione manuale, sia per la diretta realizzazione di un risultato di tipo vettoriale immediatamente integrabile nei GIS, già corredato di propri attributi.

Ringraziamenti
Si ringraziano qui l'ESA e l'Università IUAV di Venezia che, grazie alla convenzione stipulata, hanno reso possibile il presente studio, e soprattutto il prof. Maurizio Fea, che ha messo a disposizione tutti i dati satellitari utilizzati ed il software necessario per le elaborazioni.

Giuliana Bilotta
Comune di Melito di Porto Salvo
Viale delle Rimembranze, 19
Tel. 0965775180
Fax 0965781780
giulianabilotta@libero.it

Metodologie "strutturali" su immagini satellitari per l'analisi urbana e territoriale.

Vincenzo BARRILE (*), Giuliana BILOTTA (**)

(*) DIMET (Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti) - Facoltà di Ingegneria
Università Mediterranea di Reggio Calabria - Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
vincenzo.barrile@unirc.it.
(**) collaboratrice esterna DIMET
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria
giulianabilotta@libero.it.

Riassunto
Lo studio che si propone vuole analizzare un'applicazione dell'analisi *object oriented* a dati Ikonos - multispettrali e pancromatici – relativi a Bagnara, nella provincia di Reggio Calabria.
Il riconoscimento applica concetti di Morfologia Matematica per l'analisi dell'immagine e principi di Logica Fuzzy per la classificazione.
Si analizza qui la segmentazione multirisoluzione dell'intera scena su diversi livelli, con la creazione automatica di poligoni vettoriali estratti direttamente dal raster (da cui una immediata coincidenza nella sovrapposizione tra quest'ultimo ed il vettoriale ottenuto) finalizzata ad una classificazione attraverso una gerarchia di classi dipendenti dalle relazioni tra i livelli di segmentazione.

Abstract
This contribute proposes an application of the object oriented image analysis on Ikonos data - multispectral and panchromatic - concerning Bagnara, in the province of Reggio Calabria. The recognition applies some concepts of Mathematical Morphology for image analysis and principles of Fuzzy Logic for the classification.
We analyze here a multiresolution segmentation of the whole scene on various levels, with the automatic creation of directly extracted polygons from the raster (so we have an immediate coincidence in the superimposition between raster and vector) finalized to a classification through a class hierarchy due to the relations between segmentation levels.

Introduzione

Se, fino a tempi recenti, la risoluzione spaziale delle immagini offerta dai satelliti per l'osservazione della terra non era sufficiente a fornire caratteristiche topografiche dettagliate come forma e struttura, e questo problema ne limitava fortemente l'applicazione in ambiti quali l'analisi ed il monitoraggio dell'ambiente urbano, l'aumento della risoluzione nelle immagini disponibili negli ultimi anni porta d'altro canto ad un incremento dell'ambiguità nella definizione statistica delle classi d'uso o copertura del suolo e ad una diminuzione dell'accuratezza della rilevazione automatica qualora si applichi esclusivamente la procedura standard di classificazione multispettrale. E' evidente la necessità di nuovi strumenti d'analisi che permettano di utilizzare anche l'informazione strutturale e di forma contenuta nelle immagini. Alcuni di questi strumenti hanno già una lunga tradizione d'utilizzo in altri campi come, ad esempio, la fotografia aerea digitale e l'elaborazione delle immagini mediche. L'analisi strutturale che si ottiene, ad alto livello semantico, permette una ricchezza di informazioni difficile da conseguire con la classica analisi spettrale, con una piena integrabilità immediata nei GIS grazie alla realizzazione diretta di mappe

vettoriali. Inoltre la possibilità di introdurre regole per il riconoscimento del contesto e delle relazioni tra gli oggetti ottenuti accresce significativamente la possibilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre e rende quindi riproducibile il processo di fotointerpretazione.
Il limite dell'analisi *pixel oriented*, anche se realizzata automaticamente, è nel portare la macchina a riconoscere solo informazioni a basso livello semantico come la quantità di energia emessa dal pixel, in cui il contesto non assume alcuna importanza. Nell'analisi *object oriented* il livello semantico si innalza: si aggiungono regole di relazione spaziale, informazioni topologiche e statistiche, quindi viene definito il contesto. Il riconoscimento si basa su concetti di Mathematical Morphology applicata all'analisi delle immagini e su principi della Fuzzy Logic; inoltre ogni regola può assumere il peso opportuno.

Segmentazione
Con il software utilizzato, eCognition della Definiens Imaging, i pixel dell'immagine vengono via via aggregati in una serie di passaggi finché i poligoni risultanti non hanno le caratteristiche volute dall'utente (Baatz et al., 2004). Il procedimento porta alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale di ciascun poligono ricavata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi e sulla base dell'eterogeneità geometrica dipendente dalla forma dei poligoni creati. L'eterogeneità spettrale h_s di ciascun poligono generato con il processo di segmentazione è ottenuta come somma pesata delle deviazioni standard dei valori di *digital number* di ogni banda spettrale ricavati per ciascuno dei pixel inclusi nel poligono:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \qquad [1]$$

h_s = eterogeneità spettrale del poligono; q = numero di bande spettrali; σ_c = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale; w_c = peso assegnato alla c-esima banda.
Se il processo di segmentazione tendesse soltanto alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale si otterrebbe la generazione di poligoni eccessivamente frammentati, con dimensione frattale molto elevata. E questo si verificherebbe in modo maggiore quanto più elevata è la risoluzione geometrica dell'immagine. Per evitare che ciò avvenga i poligoni ottenuti devono anche minimizzare il valore di eterogeneità geometrica (h_g), definita da due fattori di forma: il fattore frattale ed il fattore di compattezza. Il fattore frattale (h_{g_smooth}) dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione:

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \qquad [2]$$

dove: h_{g_smooth} = fattore frattale dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; $\boldsymbol{n}$ = numero di pixel di cui è costituito il poligono.
Il fattore di compattezza ($h_{g_compact}$) dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \qquad [3]$$

in cui: $h_{g_compact}$ = fattore di compattezza dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; b = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono considerato. L'algoritmo di segmentazione unisce, a partire da ogni pixel dell'immagine, poligoni adiacenti fino a quando il cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni primitivi e il nuovo poligono ottenuto non supera una soglia assegnata dall'utente (fattore di scala). Non superando la soglia assegnata la fusione si realizza, in caso contrario i poligoni restano distinti. La differenza di eterogeneità (*overall fusion value*) tra il potenziale oggetto fuso e i due poligoni originari è pari a:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f) \Delta h_g \qquad [4]$$

dove: f = *overall fusion value*; w_f = peso attribuito in base all'importanza relativa dell'eterogeneità spettrale rispetto all'eterogeneità geometrica, compreso tra 1 (viene considerata solo l'eterogeneità geometrica) e 0 (viene considerata solo l'eterogeneità spettrale).
La differenza di eterogeneità spettrale (Δh_s) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \left[n_{merge} \sigma_{merge_c} - \left(n_{obj1} \sigma_{obj1_c} + n_{obj2} \sigma_{obj2_c} \right) \right] \qquad [5]$$

dove: n_{merge} = numero di pixel inclusi nel poligono generato dalla fusione;
σ_{mergec} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel poligono generato dalla fusione; n_{obj1} = numero di pixel inclusi nel primo dei due poligoni prima della fusione; σ_{obj1c} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel primo dei due poligoni prima della fusione; n_{obj2} = numero di pixel inclusi nel secondo dei due poligoni prima della fusione; σ_{obj2c} = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel secondo dei due poligoni prima della fusione.
La differenza di eterogeneità geometrica (Δh_g) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g_compact} + (1 - w_g) \Delta h_{g_smooth} \qquad [6]$$

dove: w_g = peso attribuito all'importanza relativa del fattore frattale rispetto a quello di compattezza, compreso tra 1 (viene considerato il solo fattore frattale) e 0 (viene considerato il solo fattore di compattezza);

$$\Delta h_{g_compact} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\} \qquad [7]$$

$$\Delta h_{g_smooth} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\} \qquad [8]$$

l_{merge} = lunghezza del perimetro del poligono generato dalla fusione; l_{obj1} = lunghezza del perimetro del primo dei due poligoni prima della fusione; l_{obj2} = lunghezza del perimetro del secondo dei due poligoni prima della fusione; b_{merge} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono generato dalla fusione; b_{obj1} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il primo dei due poligoni prima della fusione; b_{obj2} = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il secondo dei due poligoni prima della fusione.

Procedura

La segmentazione multirisoluzione qui viene operata creando più livelli con i parametri indicati nella tabella seguente che tiene conto delle caratteristiche dei dataset IKONOS.:

Livello di segmentazione	Bande da usare					Scala	Criteri di omogeneità			
							Color	Shape	Shape Settings	
	PAN	RED	GREEN	BLUE	NIR				Smoothness	Compactness
Preliminare	Sì	No	No	No	No	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello I	No	Sì	Sì	Sì	Sì	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello II	No	Sì	Sì	Sì	Sì	10	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello III	No	Sì	Sì	Sì	Sì	1	0.8	0.2	0.9	0.1
Livello IV	No	Sì	Sì	Sì	Sì	45	0.7	0.3	0.2	0.8

Figura 1 – Tabella con i parametri per la segmentazione.

Il livello preliminare di segmentazione, da operare solo sull'immagine pancromatica, serve per avere oggetti alla massima risoluzione possibile. Il livello I serve per individuare le classi base. Il livello II deve essere classificato in maniera più dettagliata anche in base alle relazioni con il sottolivello. Il livello IV invece serve per classificare grandi aree in base alla densità dell'urbano nei sottolivelli. In ultimo il livello III sfrutta le relazioni di tutti e tre i livelli sopra descritti per ottenere la classificazione finale raffinata e corretta con un minimo di lavoro manuale.
E' stato dunque creato il livello preliminare di segmentazione, settando i parametri di omogeneità come sopra enunciato ed operando la segmentazione preliminare sull'immagine pancromatica con i parametri indicati in tabella. Questa operazione porterà alla costruzione di oggetti alla massima risoluzione possibile.

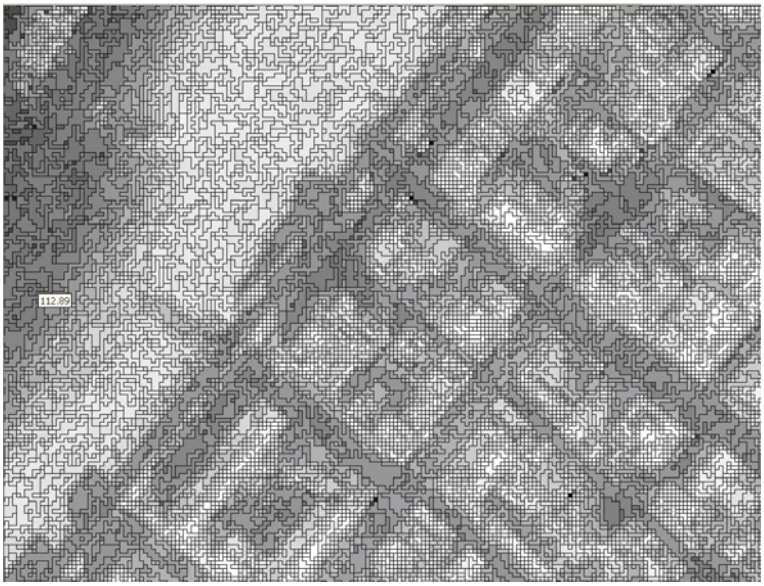


Figura 2 – Livello preliminare di segmentazione.

La segmentazione del dataset multispettrale e' stata ottenuta aggiungendo blue, green, red e nir. Il I livello di segmentazione sui layers aggiunti si ottiene assegnando peso 0 al layer pan ed 1 agli altri.
Il livello II avrà gli stessi pesi attribuiti ai layer nel livello I ma non i parametri di scala portati da 4 a 10, e nel successivo livello IV si modificheranno i parametri di scala da 10 a 45.

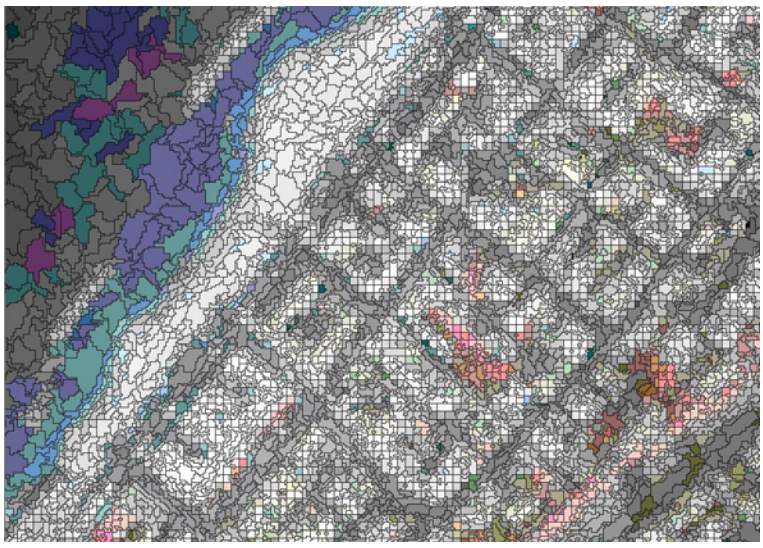


Figura 3 – Segmentazione: zoom del livello I.

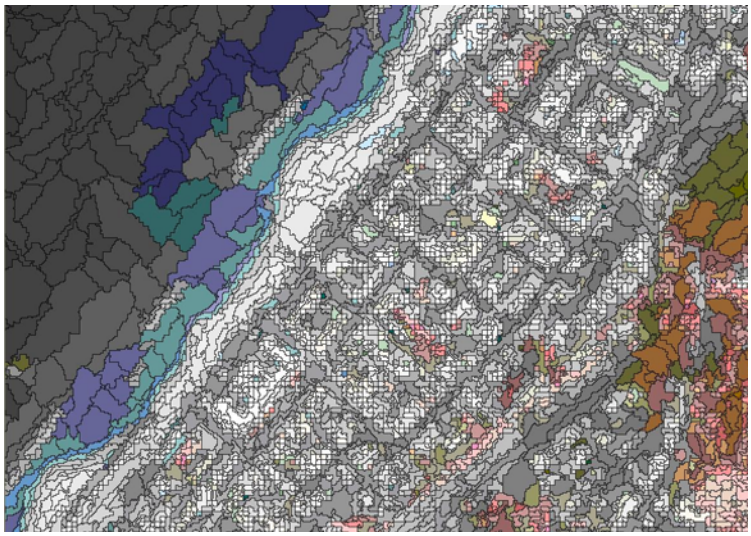


Figura 4 – Segmentazione: livello II.

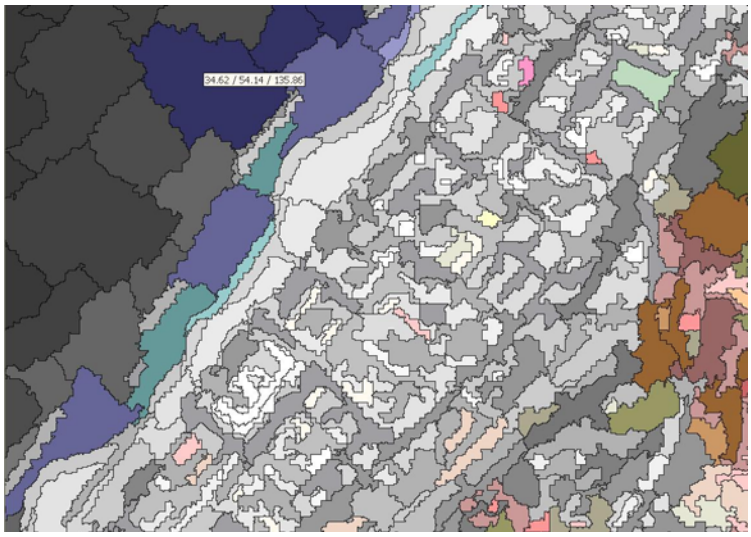


Figura 5 – Segmentazione: livello IV.

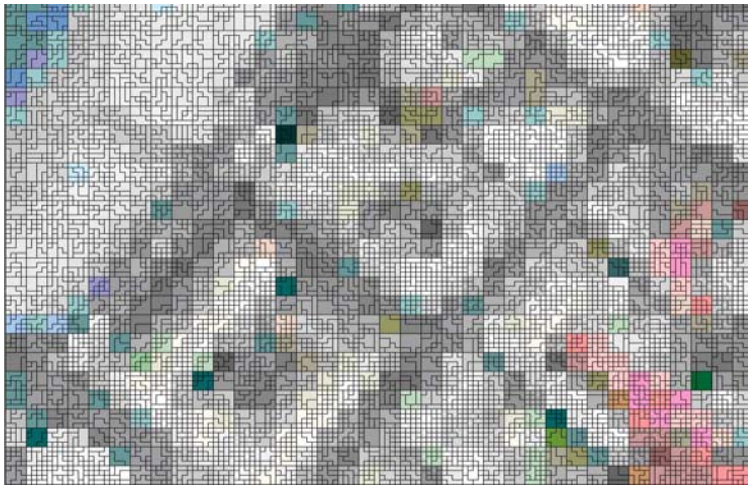


Figura 6 – Segmentazione: livello III.

Nel livello IV, il penultimo in ordine di realizzazione, la visualizzazione per pixel qui non illustrata (le figure da 2 a 6 mostrano solo quella per oggetti) rende evidente come in esso si abbia la massima eterogeneità. La segmentazione del IV livello, più grossolana delle altre, identifica aree molto più ampie delle precedenti in cui sono unificati, in base ai sottolivelli, oggetti che in essi compaiono divisi. Seguirà la procedura di classificazione.

Conclusioni

Grazie all'impiego delle tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione *object-oriented*, la metodologia strutturale, a differenza della classica analisi spettrale o *pixel-oriented* (che all'aumentare della risoluzione nelle immagini telerilevate fa rilevare un incremento dell'ambiguità nella definizione statistica delle classi d'uso del suolo), è in grado di utilizzare al meglio la ricchezza di informazioni dei dati telerilevati con una integrabilità immediata nei GIS permettendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali,

Il software utilizzato, eCognition della Definiens Imaging, che applica concetti di Mathematical Morphology e principi di logica *fuzzy*, organizza gerarchicamente i dati e consente di combinarne differenti tipologie, integrando anche dati raster e vettoriali.

La possibilità di introdurre regole per l'individuazione del contesto e delle relazioni tra gli oggetti accresce significativamente la possibilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre. Pur imitando quindi l'approccio seguito nella fotointerpretazione manuale, tale metodologia supera i limiti dovuti sia alla soggettività del processo di classificazione, rendendo quest'ultimo riproducibile ed omogeneo, sia ai problemi delle tradizionali tecniche di classificazione.

Bibliografia

Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2004), *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München.

Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K. (2003), "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* Vol. 41, No.9.

Bianchin A., Pesaresi M. (1992), "Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica", in *Atti del V Convegno Nazionale A.I.T.*, Milano, Italy, 25/29.

Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P. (1998), "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 23-25.

Pesaresi M. (2000), "Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-resolution Panchromatic Satellite Imagery", in *Geographical & Environmental Modelling,* Vol. 4, No. 1, 43-63.

Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2,* Theoretical Advances, Academic Press, New York.

Shackelford A.K., Davis C.H. (2003), "A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High Resolution Multispectral Data Over Urban Areas", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No.9.

Small C. (2001), "Multiresolution Analysis of Urban Reflectance", *IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, Roma..

Soille P., Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9.

An application of object-oriented analysis to very high resolution satellite data on small cities for change detection.

Vincenzo BARRILE (*),Giuliana BILOTTA (**)
* DIMET - Faculty of Engineering
Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it
** Arch., external collaborator of DIMET department
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria
ITALY
giulianabilotta@libero.it

Abstract: - The aim of this contribute is to examine an application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data, particularly on Ikonos images - multispectral and panchromatic – of Bagnara Calabra, in the province of Reggio Calabria. Our objectives are to show as an automatic analysis – with a minimal manual participation - can get a good classification also in presence of high and very high resolution data of small cities, where higher is an error possibility, and as is possible to find new constructions and eventual building abuses through the comparison of satellite data transformed in polygons, examining them through a procedure distinguishing in common and not common to the two photos.

Key-Words: - Object-Oriented Image Analysis - Morphological Based Segmentation – Fuzzy Classification - eCognition

1 Introduction

The pixel-oriented analysis of satellite data as main limit has the acknowledgment of semantic low level information, as the amount of energy emitted from the pixel, while the context does not assume any role. In the object oriented analysis the semantic level is raised: relation rules join space are added, topological information and statistics and so the context is defined. Recognition is based on concepts of Mathematical Morphology applied to the image analysis and elements of Fuzzy Logic for classification. In the explained example was used the software eCognition of Definiens Imaging GmbH, that operates a segmentation of the entire scene on more levels. The segmentation multiresolution obtains the automatic creation of vectorial polygons, directly extracted from the raster (with the remarkable advantage of having therefore a perfect coincidence in the superimposition on raster) and subsequently the final classification predisposing an adapted hierarchy of classes that hold account of the relations between the produced segmentation levels.

2 Multiresolution Segmentation

It is a bottom up region-merging technique starting with one-pixel objects. In subsequent steps, smaller image objects are merged into bigger ones. Throughout this clustering process, the underlying optimization procedure minimizes the weighted heterogeneity *nh* of resulting image objects, where *n* is the size of a segment and *h* an arbitrary definition of heterogeneity. In each step, that pair of adjacent image objects is merged which stands for the smallest growth of the defined heterogeneity. If the smallest growth exceeds the threshold defined by the scale parameter, the process stops. Doing so, multiresolution segmentation is a local optimization procedure.

Spectral or color heterogeneity is the sum of the standard deviations of spectral values in each layer weighted with the weights for each layer are used:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \quad (1)$$

where h_s is spectral heterogeneity; q = bands number; σ_c = standard deviation of *digital number* in c spectral band; w_c = weight assigned to c spectral band.

But the exclusive minimization of spectral heterogeneity leads to branched segments or to image objects with a fractally shaped borderline. This effect is even stronger in highly textured data, such as radar data.

For this reason it is useful in most cases to mix the criterion for spectral heterogeneity with a criterion for spatial heterogeneity, in order to reduce the deviation from a compact or smooth shape.

Heterogeneity as deviation from a compact shape is described by the ratio of the border length *l* and the square root of the number of pixels forming this image object.

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

where: h_{g_smooth} = fractal factor of spatial heterogeneity; l = border length; $\boldsymbol{n}$ = number of pixels of the image object..

The second is a compactness f*actor* ($h_{g_compact}$) that depends from dimensional ratio of polygon axis:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \quad (3)$$

where: $h_{g_compact}$ = compactness factor; l = berder length; b = the shortest possible border length given by the bounding box of an image object parallel to the raster.

.

The segmentation algorithm proceeds fusing adjacent polygons beginning from every pixel of the image until the change of observable heterogeneity between the two original polygons and the new generated polygon does not exceed the threshold defined from the customer (scale factor). If the change of heterogeneity already does not exceed the threshold defined the fusion is effectively realized, otherwise the two polygons remain separated. Heterogeneity difference (overall fusion value) between resultant object and the two original polygons is:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f)\Delta h_g \quad (4)$$

where: f = *overall fusion value*; w_f = the user defined weight for color (against shape). For w can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only the shape heterogeneity is valued, and for w_f = 0 only the color heterogeneity is valued.

The difference of spectral heterogeneity (Δh_s) between the resultant polygon and the two polygons before the merge is:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \left[n_{merge}\sigma_{merge_c} - \left(n_{obj1}\sigma_{obj1_c} + n_{obj2}\sigma_{obj2_c} \right) \right] \quad (5)$$

where: n_{merge} = resultant polygon pixel number; σ_{mergec} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the resultant polygon; n_{obj1} = pixel number in the first of the two polygons before the merge; σ_{obj1c} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the first of the polygons before the merge; n_{obj2} = pixel number in the second polygon before the merge; σ_{obj2c} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the second polygon before the merge.

Again, the change in shape heterogeneity (Δh_g) caused by the merge is evaluated by calculating the difference between the situation after and before the merge. This results in the following methods of computation for smoothness and compactness:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g_compact} + (1 - w_g)\Delta h_{g_smooth} \quad (6)$$

w_g being the user defined weight for smoothness (against compactness). For w can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only smoothness is valued, and for w_f = 0 only compactness is valued.

$$\Delta h_{g_compact} = n_{merge}\frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1}\frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2}\frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\} \quad (7)$$

$$\Delta h_{g_smooth} = n_{merge}\frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1}\frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2}\frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\} \quad (8)$$

n being the object size, l the object perimeter and b the perimeter of the bounding box

The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. The segmentation process is multiresolution because, beginning from a same image, is possible to generate various hierarchical levels of polygons with various scale factors. Reducing the scale factor the polygons generated become more and more small because smaller it must turn out the spectral variability intra-polygons, and whereas increasing the scale factor. The particularity of the multiresolution consists in the existing connection between the polygons of the various hierarchical levels of the segmentation. When a first level of polygons is generated is possible to generate n new upper hierarchical levels if the scale factor is larger (greater polygons) or n inferior levels if the scale factor is smaller (smaller polygons). Polygons of inferior hierarchical level are always geometrically consisting with those of upper hierarchical level, so every polygon of inferior level only belongs to one polygon of upper level. All the polygons of the various levels of segmentation constitute an only database in which are all the existing connections between the polygons of the same or various hierarchical levels. For every polygon are therefore known the polygons in contact on the same hierarchical level, the polygons that constitute an eventual inferior hierarchical level and the polygon in which it is contained in the eventual upper hierarchical level

The procedure for the realization of a good

classification passes through a fine-resolution segmentation creating more segmentation levels, with the parameters indicated in the following table holding account of characteristics of the IKONOS dataset with availability of panchromatic:

Segmentation level	Bands					Scale	Criteri di omogeneità			
									Shape Settings	
	PAN	RED	GREEN	BLUE	NIR		Color	Shape	Smoothness	Compactness
Preliminar	Yes	No	No	No	No	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Level I	No	Yes	Yes	Yes	Yes	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Level II	No	Yes	Yes	Yes	Yes	10	0.8	0.2	0.9	0.1
Level III	No	Yes	Yes	Yes	Yes	1	0.8	0.2	0.9	0.1
Level IV	No	Yes	Yes	Yes	Yes	45	0.7	0.3	0.2	0.8

Table 1

3 Change detection

The aim of the application is to find new constructions and eventual building abuses through the comparison of satellite data of the same area in various periods. The buildings of the two photos are found and transformed in polygons, then examined by a procedure distinguishing them in common and not common to the two photos. Procedure for the comparison is made up substantially of two steps.

1, Production of ASCII data, readable by program COMPOL (reading polygons by READDXF. Program);

2, Comparison by COMPOL and production of a file containing all the polygons, distinguishing in common and not common to the two photos.

The programs developed for the comparison procedure are:

- WWDXF.EXE program that, beginning from or more files obtained by READDXF as in Fig. 1, produces one or more files containing polygons.

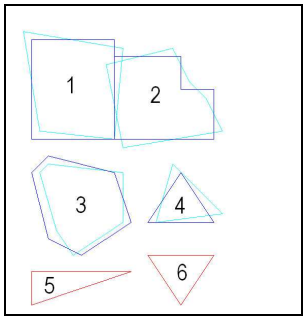


Fig.1:

The input data for the program must be contained in files ASCII produced with whichever text editor. These files must have the following structure:

- Name input vector file (i.e. BV13.DXF);
- Name output ASCII file (i.e. BV13.POL);
- …..
- Name input vector file (i.e. BV44.DXF);
- Name output ASCII file (i.e. BV44.POL);

- MODPO.EXE program that, beginning from one or more files obtained by READDXF as in Fig. 1, produces one or more files of the same type, eliminating some polygons in a percentage chosen from the customer (i.e. 10% in less) and varying every vertex coordinates position for the remaining polygons of an accidental value, until a threshold chosen from the customer, with the aim to simulate a situation of buildings "previous" to that available one. This, as better it will be described later on, has been made in the case in study. The data of input for the program must be contained in files ASCII that can be produced with whichever text editor. These files must have the following structure:

- Reduction percentage of the polygons for every file (i.e. 10, as 10% of reduction);
- The maximum polygons coordinates shifting in X and Y, in order to simulate imprecision in the survey of same polygons (i.e. 0,2, as 0,2 m of shifting);
- Name input ASCII file (i.e. BV13.POL);
- Name output ASCII file (i.e. BV13.POL);
- …..
- Name input ASCII file (i.e. BV44.POL);
- Name output ASCII file (i.e. BV44.POL);

- Program DATI.EXE that prepares the input data files for the comparison procedure. In fact the requested input data can be so much that the procedure could have to be repeated more times before reaching the wished result, it has been valued useful to develop this program that produces ASCII files containing the input data for READDXF and COMPOL. The produced files are DATDXF.INP for READDXF and DATCOM.INP for COMPOL.

- Program COMPOL for the comparison of the polygons of the two scenes. Input of the data of the polygons on rows ASCII produced from READDXF; The input data are supplied by files DATCOM.INP produced by DATI.EXE program.

It is necessary to specify that all the other programs have been realized in absence of the second photo, for simulating behaviour with the use of those programs.

The comparison of the polygons presupposes that the two photos must have the same scale and the same geographic reference, so the two polygons that refer to the same building in the two photo have the same coordinates. The method for the polygons

comparison in the two photos consists in considering a polygon at the time of the first photo and to compare it with everyone of the polygons of the second photo. The examined polygon in the first photo is comparable with that chosen one of the second photo if the vertexes number of the two polygons is the same one. In the case of equal number of vertexes, the comparison operates on the coordinates of the polygons' vertexes. For this purpose the sequence of the polygons vertexes must be covered in the same direction, i.e. in a clockwise direction. Therefore the program supplies to put all polygons vertexes of the two photos in a clockwise direction. The result of this order is registered on file, whose name is chosen from the customer.

Being POLI1 and POLI2 respectively a polygon of the first photo and that chosen one of the second photo for the comparison, both with vertexes ordered in the clockwise direction. Leaving from the first apex of POLI2 one looks at if a POLI1 apex exists that coincides with it within one equal or inferior distance to the tolerance demanded from the program and supplied from the customer. It must be considered the tolerance because, for several reasons, the survey of polygons vertexes can be slices from imprecision. Without the tolerance control the polygons could also not exceed the control of equality referring to the same perimeter in the two photos. If an apex coinciding within the tolerance exists, in sequence from that one is confronted every vertex of POLI1 and POLI2. If all vertexes coincide, always within the tolerance, polygons POLI1 and POLI2 are equal and are in this way "marked". Going to the next POLI2 the procedure is repeated, excluding from the comparison the polygons of the first photo already marked as equal. If a single apex does not coincide the polygon is not equal and it is passed to the next POLI1 for the comparison with POLI2. Exhausting all the polygons of the first photo without finding an equal one to POLI2, this is "marked" as not equal and it is passed to the successive polygon of the second photo. The procedure is repeated until to exhaustion of all the polygons. To the term of the procedure all the polygons of the two photos are marked as equal or not equal.

Figure 2 shows the complete result of the comparison between the two series of polygons. The colours attributed automatically from COMPOL program to the layers containing polygons are:

Layer SI1 (equal polygons photo 1) blue;
Layer NO1 (polygons not equal photo 1) red;
Layer SI2 (equal polygons photo 2) cyan;
Layer NO2 (polygons not equal photo 2) magenta;

In foreground (Fig. 2) are layer SI1 and NO2; therefore mostly are blue polygons (equal in the two photos) and magenta polygons (not equal in photo nr. 2, that is new regarding the 1 or with vertexes not coinciding).

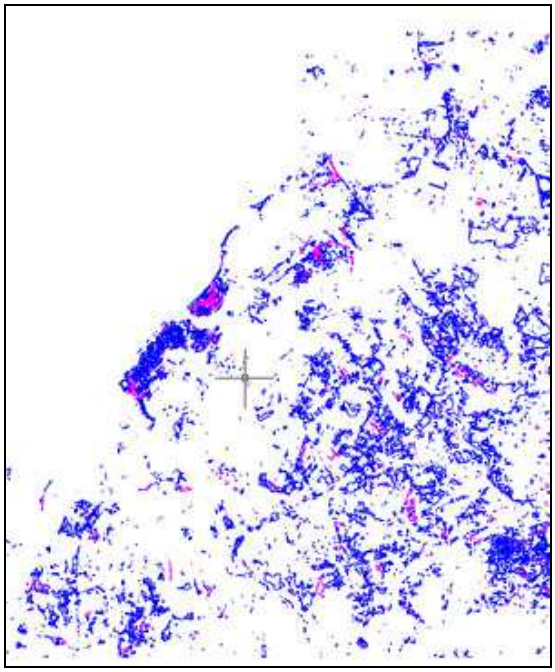


Fig.2: The results of the comparison.

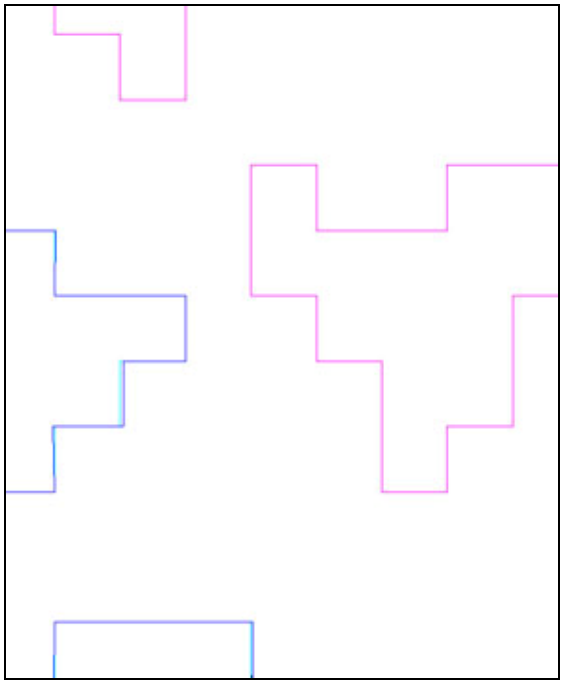


Fig.3: A particular of the comparison.

The figure 4 shows the Flow-chart of the COMPOL program.

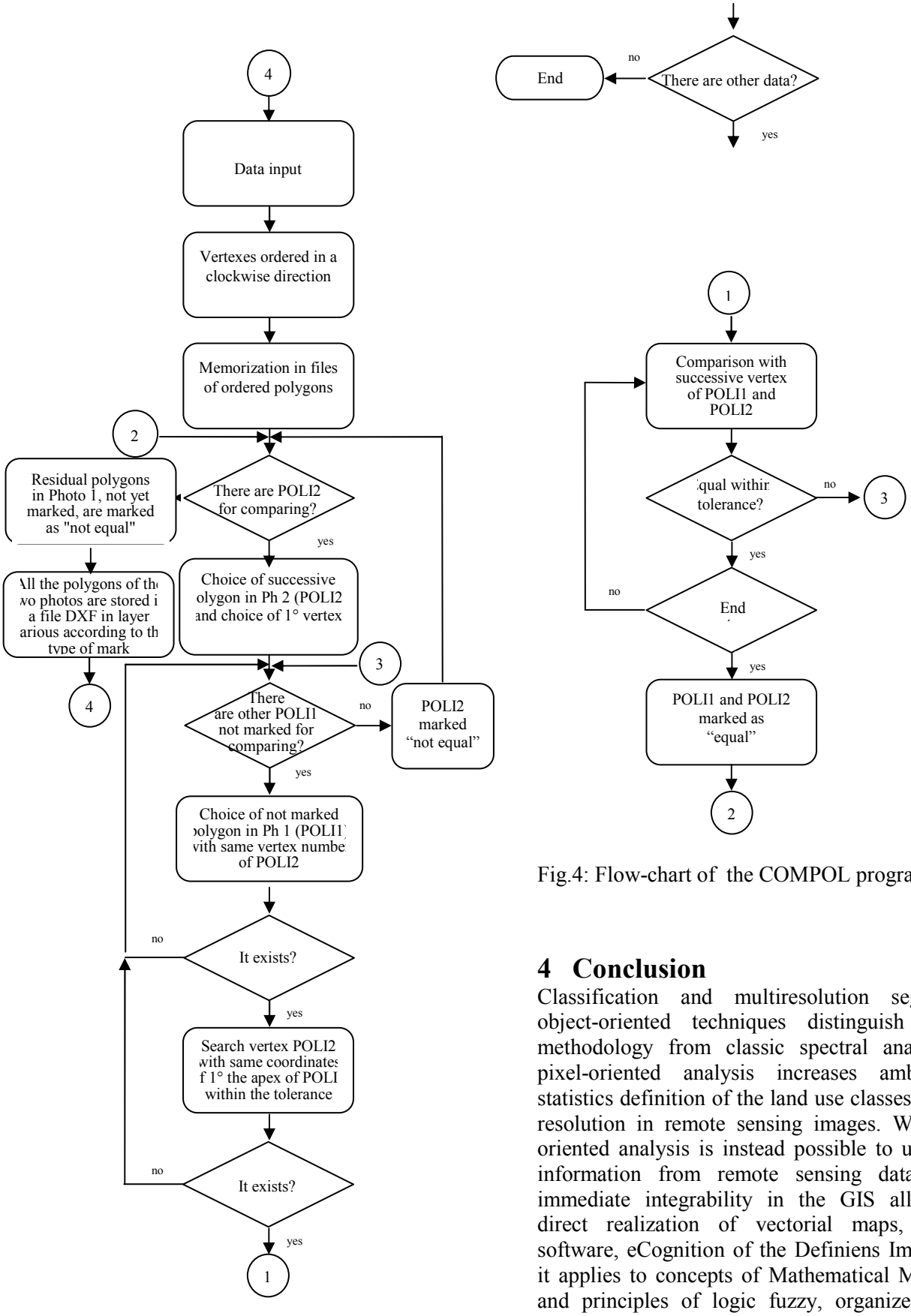


Fig.4: Flow-chart of the COMPOL program

4 Conclusion

Classification and multiresolution segmentation object-oriented techniques distinguish structural methodology from classic spectral analysis. The pixel-oriented analysis increases ambiguity in statistics definition of the land use classes increasing resolution in remote sensing images. With object-oriented analysis is instead possible to using better information from remote sensing data with an immediate integrability in the GIS allowing the direct realization of vectorial maps, the used software, eCognition of the Definiens Imaging, that it applies to concepts of Mathematical Morphology and principles of logic fuzzy, organizes the data hierarchically and it concurs to arrange of different typology, integrating also raster and vectorial data. The possibility to introduce rules for the location of the context and the relations between the objects meaningfully increases the acknowledgment

possibility automatic rifle of the objects on the land surface. Also imitating therefore the approach followed in manual photo interpretation, such methodology exceeds the limits of a subjective classification, by making a process that can be reproduced and homogenous, and exceeds the problems of the traditional classification techniques.

After the segmentation, a procedure for change detection allows to find new constructions and eventual building abuses through the comparison of satellite data.

Moreover all the automated procedure can supply the comparison image polygons directly on GIS leaving from two remotely sensed images.

References:

[1] 01. Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G., *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München, 2004.

[2] 01. Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K, "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* Vol. 41, No.9,. 2003.

[3] 01. Bianchin A., Pesaresi M., "Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica", in *Atti del V Convegno Nazionale A.I.T.*, Milano, Italy, 1992, pp. 25-29.

[4] 01. Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P., "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 1998, pp. 23-25.

[5] 01. Pesaresi M., Kanellopoulos J., "Morphological Based Segmentation and Very High Resolution Remotely Sensed Data", in *Detection of Urban Features Using Morphological Based Segmentation*, MAVIRIC Workshop, Kingston University, 1998.

[6] 01. Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2,* Theoretical Advances, Academic Press, New York, 1998.

[7] 01. Shackelford A.K., Davis C.H., "A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High Resolution Multispectral Data Over Urban Areas", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No.9, 2003.

[8] 01. Small C., "Multiresolution Analysis of Urban Reflectance", *IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, Roma, 2001..

[9] 01. Soille P., Pesaresi M., "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9, 2002.

Manuscript received Aug. 19, 2007; revised Feb. 16, 2007

Object-oriented analysis applied to high resolution satellite data.

Vincenzo BARRILE (*),Giuliana BILOTTA (**)
* DIMET - Faculty of Engineering
Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it
** Arch., external collaborator of DIMET department
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria
ITALY
giulianabilotta@libero.it

Abstract: - The aim of this contribute is to examine an application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data, on Ikonos images - multispectral and panchromatic – of Bagnara Calabra, in the province of Reggio Calabria. Our objectives are to show as an automatic analysis as we implemented in a unitary package for segmentation and classification Neuro Fuzzy – with a minimal manual participation - can get a good classification also in presence of high and very high resolution data of small cities, where higher is an error possibility.

Key-Words: - Object-Oriented Image Analysis - Morphological Based Segmentation – Fuzzy Classification.

1 Introduction

The pixel-oriented analysis of satellite data as main limit has the acknowledgment of semantic low level information, as the amount of energy emitted from the pixel, while the context does not assume any role. In the object oriented analysis [1] the semantic level is raised: relation rules join space are added, topological information and statistics and so the context is defined. Recognition is based on concepts of Mathematical Morphology applied to the image analysis and elements of Fuzzy Logic for classification. In the explained example, was partially used the software eCognition of Definiens Imaging GmbH, that operates a segmentation of the entire scene on more levels [2], and an experimental software being completed and reviewed properly, implemented for integrating segmentation and classification. The segmentation Multiresolution [3] obtains the automatic creation of vectorial polygons, directly extracted from the raster (with the remarkable advantage of having therefore a perfect coincidence in the superimposition on raster) and subsequently the final classification predisposing an adapted hierarchy of classes that hold account of the relations between the produced segmentation levels.
The aim of this contribution is to examine an application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data, particularly on Ikonos images - multispectral and panchromatic – of Bagnara Calabra, in the province of Reggio Calabria. Our objectives are to show as an automatic analysis – with a minimal manual participation - can get a good classification also in presence of high and very high resolution data of small cities. A comparison of the results obtained with some others classification algorithms shows a strong improvement of classification results.

2 Multiresolution Segmentation

It is a bottom up region-merging technique starting with one-pixel objects. In subsequent steps, smaller image objects are merged into bigger ones. Throughout this clustering process, the underlying optimization procedure minimizes the weighted heterogeneity *nh* of resulting image objects, where *n* is the size of a segment and *h* an arbitrary definition of heterogeneity. In each step, that pair of adjacent image objects is merged which stands for the smallest growth of the defined heterogeneity. If the smallest growth exceeds the threshold defined by the scale parameter, the process stops. Doing so, multiresolution segmentation is a local optimization procedure.
Spectral or color heterogeneity is the sum of the standard deviations of spectral values in each layer weighted with the weights for each layer are used:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \quad (1)$$

where h_s is spectral heterogeneity; q = bands number; σ_c = standard deviation of *digital number* in c spectral band; w_c = weight assigned to c spectral band.

But the exclusive minimization of spectral heterogeneity leads to branched segments or to image objects with a fractally shaped borderline. This effect is even stronger in highly textured data, such as radar data.
For this reason it is useful in most cases to mix the criterion for spectral heterogeneity with a criterion for spatial heterogeneity, in order to reduce the deviation from a compact or smooth shape. Heterogeneity as deviation from a compact shape is described by the ratio of the border length *l* and the square root of the number of pixels forming this image object.

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

where: h_{g_smooth} = fractal factor of spatial heterogeneity; l = border length; $\boldsymbol{n}$ = number of pixels of the image object..
The second is a compactness f*actor* ($h_{g_compact}$) that depends from dimensional ratio of polygon axis:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \quad (3)$$

where: $h_{g_compact}$ = compactness factor; l = berder length; b = the shortest possible border length given by the bounding box of an image object parallel to the raster.
.

The segmentation algorithm proceeds fusing adjacent polygons beginning from every pixel of the image until the change of observable heterogeneity between the two original polygons and the new generated polygon does not exceed the threshold defined from the customer (scale factor). If the change of heterogeneity already does not exceed the threshold defined the fusion is effectively realized, otherwise the two polygons remain separated. Heterogeneity difference (overall fusion value) between resultant object and the two original polygons is:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f)\Delta h_g \quad (4)$$

where: f = *overall fusion value*; w_f = the user defined weight for color (against shape). For *w* can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only the shape heterogeneity is valued, and for w_f = 0 only the color heterogeneity is valued.
The difference of spectral heterogeneity (Δh_s) between the resultant polygon and the two polygons before the merge is:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \left[n_{merge}\sigma_{merge_c} - \left(n_{obj1}\sigma_{obj1_c} + n_{obj2}\sigma_{obj2_c} \right) \right] \quad (5)$$

where: n_{merge} = resultant polygon pixel number; σ_{mergec} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the resultant polygon; n_{obj1} = pixel number in the first of the two polygons before the merge; σ_{obj1c} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the first of the polygons before the merge; n_{obj2} = pixel number in the second polygon before the merge; σ_{obj2c} = standard deviation of *digital number* in c -spestral band of the second polygon before the merge.
Again, the change in shape heterogeneity (Δh_g) caused by the merge is evaluated by calculating the difference between the situation after and before the merge. This results in the following methods of computation for smoothness and compactness:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g_compact} + (1 - w_g)\Delta h_{g_smooth} \quad (6)$$

w_g being the user defined weight for smoothness (against compactness). For *w* can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only smoothness is valued, and for w_f = 0 only compactness is valued.

$$\Delta h_{g_compact} = n_{merge}\frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1}\frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2}\frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\} \quad (7)$$

$$\Delta h_{g_smooth} = n_{merge}\frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1}\frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2}\frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\} \quad (8)$$

n being the object size, *l* the object perimeter and *b* the perimeter of the bounding box
The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. The segmentation process is multiresolution because, beginning from a same image, is possible to generate various hierarchical levels of polygons with various scale factors. Reducing the scale factor the polygons generated become more and more small because smaller it must turn out the spectral variability intra-polygons, and whereas increasing the scale factor.

2.1 Segmentation procedures

The particularity of the multiresolution consists in the existing connection between the polygons of the various hierarchical levels of the segmentation. When a first level of polygons is generated is possible to generate *n* new upper hierarchical levels if the scale factor is larger (greater polygons) or *n* inferior levels if the scale factor is smaller (smaller polygons). Polygons of inferior hierarchical level are always geometrically consisting with those of upper

hierarchical level, so every polygon of inferior level only belongs to one polygon of upper level. All the polygons of the various levels of segmentation constitute an only database in which are all the existing connections between the polygons of the same or various hierarchical levels. For every polygon are therefore known the polygons in contact on the same hierarchical level, the polygons that constitute an eventual inferior hierarchical level and the polygon in which it is contained in the eventual upper hierarchical level

The procedure for the realization of a good classification passes through a fine-resolution segmentation creating more segmentation levels, with the parameters indicated in the following table holding account of characteristics of the IKONOS dataset with availability of panchromatic:

Segmentation level	Bands					Scale	Criteri di omogeneità			
									Shape Settings	
	PAN	RED	GREEN	BLUE	NIR		Color	Shape	Smoothness	Compactness
Preliminar	Yes	No	No	No	No	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Level I	No	Yes	Yes	Yes	Yes	4	0.8	0.2	0.9	0.1
Level II	No	Yes	Yes	Yes	Yes	10	0.8	0.2	0.9	0.1
Level III	No	Yes	Yes	Yes	Yes	1	0.8	0.2	0.9	0.1
Level IV	No	Yes	Yes	Yes	Yes	45	0.7	0.3	0.2	0.8

Table 1

The preliminary level of segmentation works on panchromatic image, has the aim of realizing objects at the best resolution. The level I characterizes the main classes. Level II must be more detailed for it is based on the relations with the sublevel. Level IV instead has to classify great areas based on the city density in sublevels. At last level III it takes advantage of the relations of all the three described levels in order to obtain the refined and corrected final classification with a minimum of unskilled labour. The preliminary segmentation level is realized with the parameters of homogeneity enunciated, and operating the preliminary segmentation on the panchromatic image using the parameters in table 1. This segmentation makes objects at the best resolution, based on the multispectral dataset blue, green, red and nir, in a composition 4,3,2 and has the level of segmentation on the added layers assigning weight 0 to layer pan and 1 to others. It corresponds to the level of the table and has the same parameters already used. Level II has the same weights attributed to the layers in the level but parameters of scale are modified from 4 to 10, and for level IV from 10 to 45. The last level of segmentation is the III, visible only with a zoom, since scale factor assumes the pixel. The visualization for pixel in previous level IV shows that there is maximum heterogeneity. There a course segmentation identifies wider areas unifying sublevels objects.

It will follow the classification procedure.

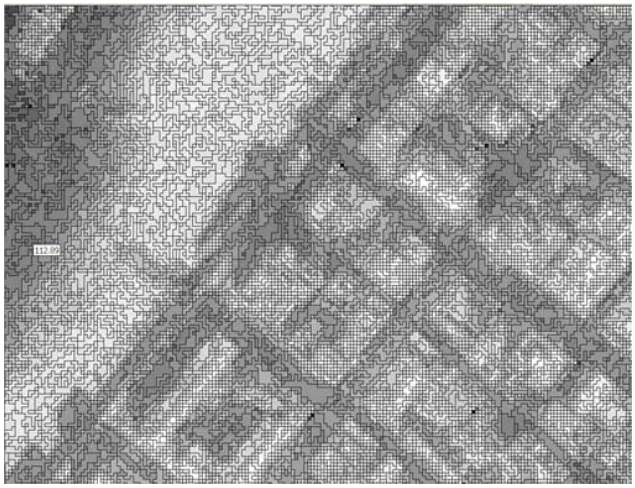


Fig.1: Preliminary level of segmentation.

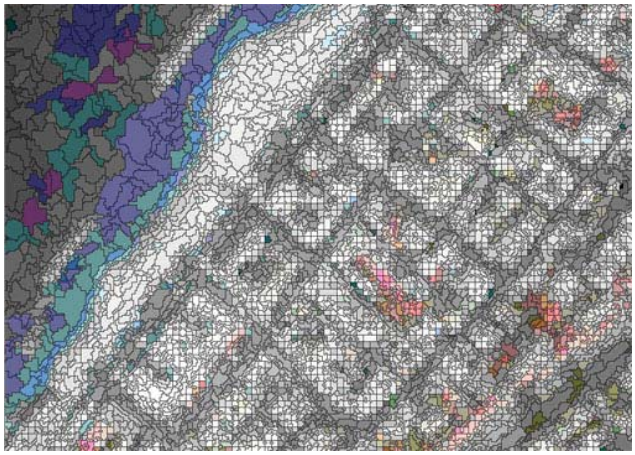


Fig.2: Level 1: zoom.

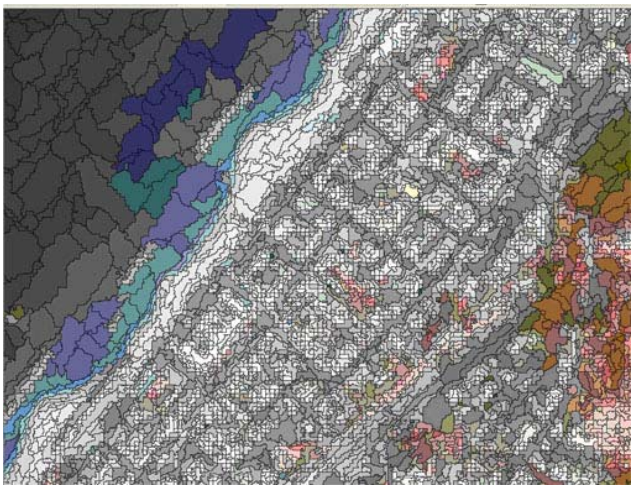


Fig.3: Segmentation, level II.



Fig.4: Segmentation, level IV.

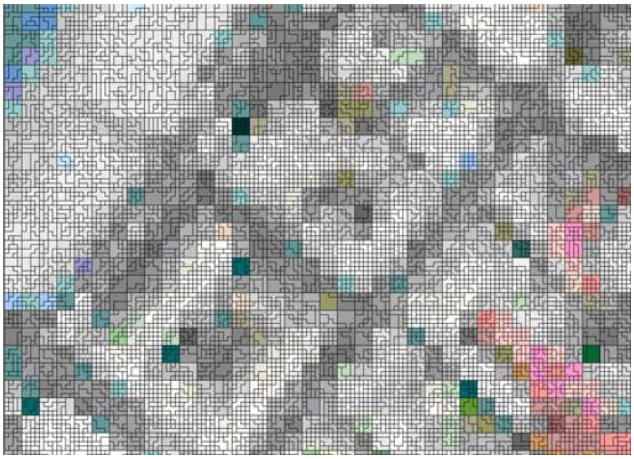


Fig.5: Segmentation, level III.



Fig.6: Level IV, pixel visualization.

This segmentation is partially known in literature (software eCognition of Definiens Imaging GmbH). In our job we propose the integration of segmentation and classification Neural Fuzzy in a unitary package for final classification of image.

3 Fuzzy Classification

Fuzzy logic, a mathematical approach to quantifying uncertain statements, replaces the two strictly logical statements “yes” and “no” by the continuous range of [0…1], where 0 means “exactly no” and 1 means “exactly yes.”. All values between 0 and 1 represent a more or less certain state of “yes” and “no”.

More recently, fuzzy sets have been employed in the classification of land terrain covers [9]. Fuzzy sets theory, [10] which has been developed to deal with imprecise information, can provide a more appropriate solution to this problem. In fact, it provides useful concepts and tools to deal with imprecise information. It allows each region to have partial and multiple membership in several classes. A region’s membership grade function with respect to a specific class indicates to what extent its properties are akin to that class. The value of the membership grade varies between 0 and 1. Closer the value is to 1 more that region belongs to that class. Partial membership allows that the information about more complex situations, such as cover mixture or intermediate conditions, can be better represented and utilized.

Fuzzy logic emulates human thinking and takes into account even linguistic rules.

Fuzzy classification systems are well suited to handling most vagueness in remote sensing information extraction. Parameter and model uncertainties are considered as using fuzzy sets defined by membership functions. Instead of the binary “true” and “false” multivalued fuzzy logic allows transitions between “true” and “false”.

There are more or less strict realizations of the logical operations "and" or "or".
The output of a fuzzy classification system is a fuzzy classification, where the membership degree to each land cover or land use class is given for each object. This enables detailed performance analysis and gives insight into the class mixture for each image object. This is a major advantage of soft classification. The maximum membership degree determines the final classification to build an interface to crisp systems.

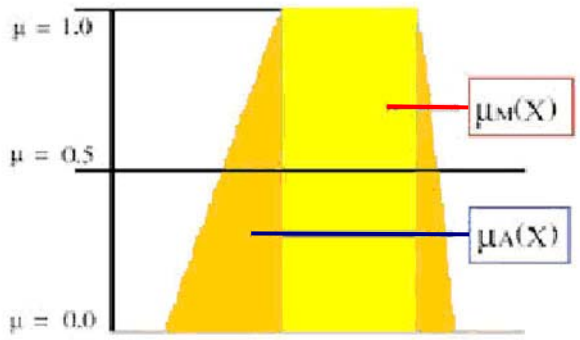


Fig. 7: Rectangular and trapezoidal membership functions on feature x to define crisp set M (yellow) $\mu_M(X)$ and fuzzy set A (orange) $\mu_A(X)$ over the feature range X;.

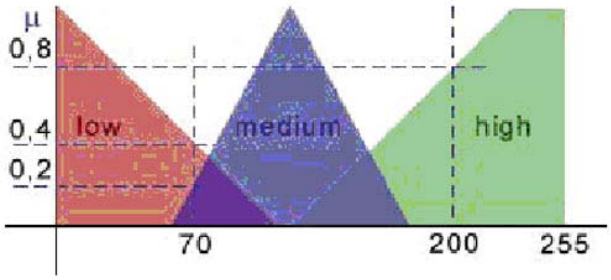


Fig. 8: The membership functions on feature x define the fuzzy set low, medium and high for this feature.

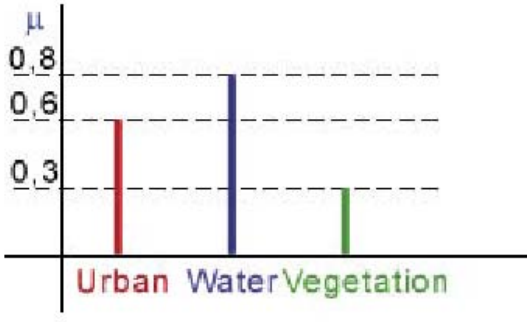


Fig. 9: Fuzzy classification for the considered land cover classes urban, water and vegetation. The image object is a member of all classes to various degrees:

$$\mu_{urban}(object) = 0.6,$$
$$\mu_{water}(object) = 0.8,$$
$$\mu_{vegetation}(object) = 0.3$$

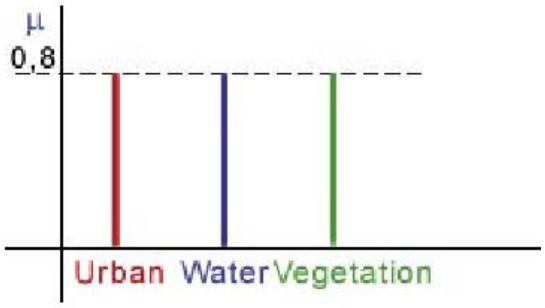


Fig.10: Fuzzy classification for the considered land cover classes Urban, Water and Vegetation. The equal membership degrees indicate an unstable classification between these classes for the considered image object. If the land cover classes can usually be distinguished on the data set, this result indicates that all land cover classes are within the image object to a similar degree. The high membership value shows that the assignment to this class mixture is reliable

$$\mu_{urban}(object) = 0.8,$$
$$\mu_{water}(object) = 0.8,$$
$$\mu_{vegetation}(object) = 0.8$$

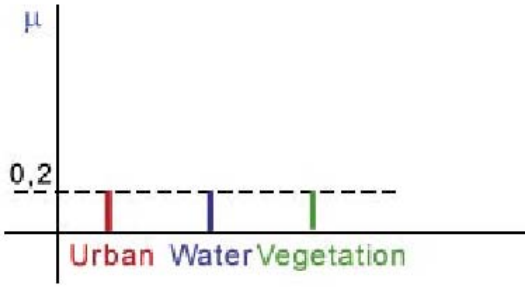


Fig. 11: Fuzzy classification for the considered land cover classes Urban, Water and Vegetation. The equal membership degrees again indicate an unstable classification between these classes for the considered image object, as in fig. 4. However, the low membership value indicates a highly unreliable assignment. Assuming a threshold of a minimum membership degree of 0.3, no class assignment will be given in the final output.

$$\mu_{urban}(object) = 0.2,$$
$$\mu_{water}(object) = 0.2,$$
$$\mu_{vegetation}(object) = 0.2$$

A fuzzy rule base is a combination of fuzzy rules, which combine different fuzzy sets. The simplest fuzzy rules are dependent on only one fuzzy set.
Fuzzy rules are "if – then" rules. If a condition is fulfilled, an action takes place. Referring to fig. 8, the following rule could be defined: "If " feature x is low, "then" the image object should be assigned to land cover *W*. In fuzzy terminology this would be written: If feature x is a member of fuzzy set *low*, then the image object is a member of land cover *W*. According to the definition in fig. 8, in case feature value x = 70, the membership to land cover *W* would be 0.4, in case x = 200, the membership to land cover *W* would be 0.
To create advanced fuzzy rules, fuzzy sets can be combined. An operator returns a fuzzy value that is derived from the combined fuzzy sets. How this value is derived depends on the operator. The basic operators are "and" and "or." "and" represents the minimum, meaning that the minimum value of all sets defines the return value. "or" represents the maximum value, meaning that the maximum value of all sets defines the return value. The results are very transparent and ensure independence of the sequence of logic combinations within the rule base (A "and" B gives the same result as B "and" A). In addition a hierarchic structure following common logic (e.g., A "or" (B "and" C) equals (A "or" B) "and" (A "or" C)) can be created easily.
A fuzzy rule base delivers a fuzzy classification, which consists of discrete return values for each of the considered output classes (see fig. 9). These values represent the degree of class assignment.
Must be considered that fuzzy classification gives a possibility for an object to belong to a class, while classification based on probability give a probability to belong to a class. A
The higher the return value for the most possible class, the more reliable the assignment. In the example above, the membership to water is rather high and in most applications this object would therefore be assigned to the class *Water*. The minimum membership value an object needs to have in order to be assigned to a class can be defined.
Fuzzy classification with its enhanced analysis of classification performance of class mixture, classification reliability and stability is possible, because fuzzy classification is one powerful approach to soft classification. The results of the fuzzy classification are an important input for information fusion in current and future remote sensing systems with multidata sources. The reliability of class assignments for each sensor can be used to find the most possible and probable class assignment. A solution is possible, even if there are contradictory class assignments based on different sensor data..

3.1 Neural fuzzy systems

Neural fuzzy systems of prediction (SIF) and neuro fuzzy (RNF) are known in literature. Our contribution is the creation of an integrated package implementing totally the classification and partially the segmentation.
As known, the Neural Nets are born from the idea of being able to get intelligence and ability to decision. Substantially these are adaptive systems "learning", through examples, to execute correctly a determined task involving complex, not linear and multivariable relations. Our net can be outlined like a black-box that has inside some neuronal layers: the first of them is the input layer, and is made from many neurons how many are the incomes of the system; then there are from 0 to 2 inner layer; a Neural Net with 2 inner layer can approximate whichever type of function; at the end there is an output layer, with many neurons how many are the escapes of the system. The neurons are connected each other by synaptic links (Inter and intra-layer) having some opportune weights, whose value is used in the learning algorithm. The Neural Net, therefore, is a system Multiple Input Multiple Output (MIMO). Referring to the wide bibliography for an exhaustive description of the Neural Nets, we can say that a classic example of Net Neural is Multi-Layer Perceptron, trained with the Backpropagation algorithm. The signal object of predictive analysis is found and processed; the final numerical series is the sampled version. It works subsequently in the simulation environment. The predictive systems based on MLP Neural Nets are strongly used in literature. These do not need of pre-cognized information on the structure of the model characterizing the phenomenon to analyze; therefore they are ideal for systems that must be processed with a low level of acquaintance. The Neural Nets are therefore useful for functional predictions and modelling systems where the physical processes are not known or are highly complex. So their use is simple and highly suitable for phenomena whose complexity and/or structuring are known, for this acquaintance is useful to the research worker structuring Neural Net.
Is already common knowledge that a RNF consist in the representation of a Fuzzy system through a Neural Net. This tendency developed in the last

years. In fact, if a Fuzzy system is fused with a neural net and if are available (from "backpropagation" to the other genetic algorithms), effective methods of learning for the net, then the Fuzzy system become very more efficient. Regarding develop environments for traditional Fuzzy systems, this approach supplies the possibility to realize systems that "they learn", taking advantage of all developed the theoretical and applicative baggage available for Neural Nets. The inspirer idea, taking advantage of the tolerance towards uncertainty and imprecision, is the possibility of sturdier solutions at a low cost. This contribute don't give an exhaustive description of the Fuzzy logic, for which we refer to wide bibliography in scientific literature; but it wants to emphasize a difference between Fuzzy logic and conventional logic (binary).

4 Results of the algorithm proposed

As previously explained, our contribution is the creation of an integrated package implementing classification (RNF) and segmentation (as we described in previous chapter) useful for automating classification procedure, getting higher accuracy for applications like that we are now proposing.
Of course an automated package is very useful for processing great many data in a short time.
We carried out a RNF classification on a segmentation with a preliminary level on the panchromatic image and four levels on the multispectral data, obtaining a first level of classification in four classes.
We intend to make a careful study for obtaining a classification in other three levels, getting it deeper until 12 18 and 23 classes.

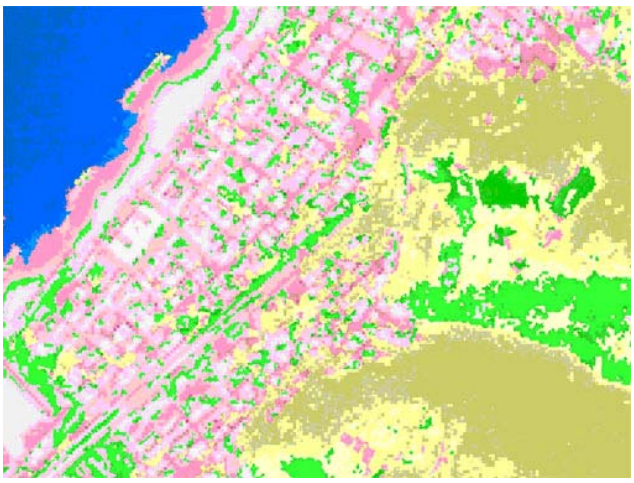


Fig. 12 Classification

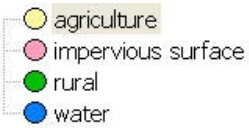


Fig. 13 Class Hierarchy: at the first level.

We compared confusion matrix of our Fuzzy Set with some classification algorithms as Mahalanobis Distance, Maximum Likelihood, Neural Net.
Table 2 shows how Neural Fuzzy Set has the higher accuracy and the best results.

		Algorithm			
		Mahalan. Distance	Maximum Likelihood	Neural Net	Neural Fuzzy Set
Overall Accuracy		74.4589%	84.6320%	95.6284%	97.2678%
Unclassified		0	0	0	0
class	impervious	103/149	103/149	134/149	135/149
	water	112/135	122/135	135/135	135/135
	agriculture	81/141	111/141	141/141	141/141
	rural	66/124	100/124	115/124	123/124
Total		362/549	436/549	525/549	534/549

Table 2

The future perspectives expect to refine the classification. As described previously, we are realizing a Class Hierarchy structured, on the base of the nomenclature indicated previously, on 4 levels respective with 4, 12, 18 and 23 classes

5 Conclusion

Classification and multiresolution segmentation object-oriented techniques distinguish structural methodology from classic spectral analysis. The pixel-oriented analysis increases ambiguity in statistics definition of the land use classes increasing resolution in remote sensing images. With object-oriented analysis is instead possible to using better information from remote sensing data with an immediate integrability in the GIS allowing the direct realization of vectorial maps, the used software, eCognition of the Definiens Imaging, that it applies to concepts of Mathematical Morphology and principles of logic fuzzy, organizes the data hierarchically and it concurs to arrange of different typology, integrating also raster and vectorial data. The possibility to introduce rules for the location of the context and the relations between the objects meaningfully increases the acknowledgment possibility automatic rifle of the objects on the land surface. Also imitating therefore the approach followed in manual photo interpretation, such methodology exceeds the limits of a subjective classification, by making a process that can be

reproduced and homogenous, and exceeds the problems of the traditional classification techniques.

References:

[1] Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K, "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* Vol. 41, No.9,. 2003.

[2] Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G., *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München, 2004.

[3] Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P., "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 1998, pp. 23-25.

[4] Pesaresi M., Kanellopoulos J., "Morphological Based Segmentation and Very High Resolution Remotely Sensed Data", in *Detection of Urban Features Using Morphological Based Segmentation*, MAVIRIC Workshop, Kingston University, 1998.

[5] Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2,* Theoretical Advances, Academic Press, New York, 1998.

[6] Shackelford A.K., Davis C.H., "A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High Resolution Multispectral Data Over Urban Areas", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No.9, 2003.

[7] Small C., "Multiresolution Analysis of Urban Reflectance", *IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, Roma, 2001.

[8] Soille P., Pesaresi M., "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9, 2002.

[9] Y.Chang Tzeng et al, "A Fuzzy Neural Network to SAR Image Classification", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 36, 1998, pp. 301-307.

[10] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information Control*, Vol.8, 1965, pp.338-353.

[11] 01. Angiulli G., Barrile V., Cacciola M., "M-SVM SAR Images Classification: Experimental Results and Validations", *Rivista Italiana di Telerilevamento*, Vol 32, 2005, pp. 79-86, ISSN 1129-8596.

[12] 02. Angiulli G., Barrile V., Cacciola M., "SAR Imagery Classification Using Multi-Class Support Vector Machines", *JEWA*, vol. 19 n°. 14, 2005, pp. 1865-1872, ISSN 0920-5071 and *Proceedings of PIERS 2005*, Hangzhou, China, August 2005, pp. 218-222, ISBN: 1-933077-07-7.

[13] 01. Barrile V., Cacciola M., Versaci M., "A Minimal Fuzzy Entropy Model for Pattern Recognition: Evaluation in a SAR Imagery Application", *Proceedings of 5th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering, Data Bases, AIKED 2006*, Madrid, Spain, February 2006, pp. 275-279, ISBN 960-8457-41-6.

[14] 02. Barrile V., Cacciola M., Versaci M., "Fuzzy Classification with Minimal Entropy Models to Solve Pattern Recognition Problems: a Compared Evaluation in SAR Imagery", *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, Issue 4, vol. 03, 2006, pp. 860-867, ISSN 1790-0832. WSEAS Society.

[15] Barrile V., Cacciola M., Minniti C., Versaci M., "Remote Detection of Cerebral Pathologies in Magnetic Resonance Imagery: an Unsupervised Heuristic Approach", in *H.-G. Maas and D. Schneider eds. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* IAPRS Vol. XXXVI, Part 5, pp. 62-67, ISSN 1682-1750 – ISPRS Society and *Proceedings of ISPRS Commission V Symposium "Image Engineering and Vision Metrology"*, Dresden, Germany, September 2006

[16] Barrile V., Bilotta G., "Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale"– *XI ASITA 2007*, Torino (Italy) pp 267-272 - ISBN 978-88-903132-0-2.

SISTEMA INTEGRATO PER IL RILIEVO E LA GESTIONE DEL CATASTO DELLE AREE INCENDIATE

Vincenzo BARRILE (*), Giuseppe ARMOCIDA (**), Giuliana BILOTTA (***)

(*) DIMET (Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti) - Facoltà di Ingegneria
Università Mediterranea di Reggio Calabria - Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria,
Tel +39 0965 875301, vincenzo.barrile@unirc.it.
(**) collaboratore esterno DIMET Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, armocida.giuseppe@kosmosgis.it
(***) collaboratrice esterna DIMET Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, giulianabilotta@libero.it.

Riassunto
E' nota l'importanza che assume il terreno ricoperto da una folta vegetazione ai fini della stabilità ed integrità del suolo rispetto a quello reso arido e brullo dal fuoco, e ciò in modo particolare alla luce dei crescenti cambiamenti climatici. L'azione a salvaguardia del territorio e la lotta contro il suo progressivo degrado ambientale focalizzano verso gli incendi estivi un'attenzione che è al centro anche della legislazione ambientale nazionale, che lega appunto il danno arrecato dagli incendi boschivi con la normativa edilizia ed il vincolo idrogeologico.
Obiettivo del contributo che viene qui proposto è il confronto di tecniche per l'elaborazione di dati ad alta risoluzione da satelliti ottici per la migliore discriminazione automatica delle aree percorse da incendio così come richiesto dalle leggi che impongono di censire e redigere la planimetria delle aree percorse da fuoco da vincolare successivamente, e l'integrazione delle tecniche elaborate in un GIS al fine di ottenere un'accurata perimetrazione, .

Abstract
Is known importance of a land covered with thick vegetation for the stability and integrity of the soil than that made dry and bare by the fire, and this especially in light of increasing climate change. The action to safeguard the territory with the fight against his progressive environmental degradation focuses attention on summer fires which is also at the heart of national environmental legislation, which binds precisely the damage caused by forest fires with the law and the construction of an hydrogeological bond.
Objective of the contribution here proposed is the comparison of techniques for data processing high-resolution optical satellites for better automatic discrimination of burnt areas as required by laws that require a census and prepare the floorplan of the burnt areas by tying, and integration of the techniques developed in a GIS for obtaining an accurate perimeter.

Introduzione

Nella presente nota si propone l'integrazione della segmentazione multirisoluzione in un pacchetto unitario per la rilevazione delle zone incendiate. La metodologia strutturale si differenzia dall'analisi spettrale classica: mentre l'analisi pixel-oriented *aumenta l'ambiguità nella definizione statistica delle classi di uso del suolo all'aumentare della risoluzione nelle immagini telerilevate, tale problema si riduce con le tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione* fuzzy. *Con l'analisi orientata agli oggetti è infatti possibile arricchire e migliorare le informazioni ricavate dai dati telerilevati ottenendone fra l'altro un'integrazione immediata nei GIS. Si è utilizzato anche un* decision-tree *che tiene conto degli indici conosciuti in letteratura (NDVI, NBR ecc) in modo da migliorare i risultati ottenuti.*

Il progetto complessivo ha come obiettivo principale quello di redigere la perimetrazione delle aree percorse da incendi attraverso un processo informativo organico e continuativo, generato sia tramite l'omogeneizzazione delle banche dati specifiche presenti sul tema che tramite l'acquisizione di tutti i dati necessari alla predisposizione e gestione del catasto tramite gli strumenti di rilievo messi a disposizione dalle odierne tecnologie e risorse della Geomatica tra cui il Telerilevamento.
Scopo finale del progetto è dunque quello di realizzare un completo Sistema Integrato Catasto Incendi nel quale si avrà contezza dell'evento incendio boschivo in relazione alla registrazione delle mappe, dei dati geometrici dell'area bruciata, del livello di danno, arrivando a fare una stima del carbonio perso in seguito al passaggio del fuoco.
Nella presente nota viene descritto l'approccio metodologico seguito nella realizzazione dell'intero progetto ancora in itinere, presentando esclusivamente allo stato attuale i risultati ottenuti in relazione alla procedura di discriminazione di aree incendiate tramite l'NBR nel *decision tree* e rimandando ad una successiva nota per la presentazione dei risultati relativi all'integrazione delle tecniche elaborate all'interno del GIS.

Approccio metodologico

In funzione a quanto detto è stata dunque implementata una metodologia altamente flessibile e disgiunta per i due momenti di formazione e di aggiornamento previsti dalle norme: il primo è inerente alla predisposizione del catasto incendi basato su informazioni storiche, il secondo è relativo all'aggiornamento del catasto. Si è posta poi particolare attenzione sull'aggiornamento da dati da satellite, caratterizzato da un elevato grado di accuratezza e tempestività delle informazioni basate su immagini satellitari ad altissima risoluzione.

Formazione del catasto incendi

Le fasi più importanti sono naturalmente la progettazione del modello logico-concettuale dell'infrastruttura del Sistema Integrato, l'omogeneizzazione delle basi dati e l'implementazione del *data entry* al fine di costruire la banca dati definitiva in formato PostGIS. La componente spaziale (geometria del rilievo) viene ricavata direttamente dalla banca dati del SIM (Sistema Informativo della Montagna) nella quale sono riportati i rilievi AIBFN eseguiti dal Corpo forestale dello Stato. La localizzazione spaziale delle aree percorse dal fuoco permette una esatta corrispondenza con le informazioni catastali vettorializzate, georiferite ed inserite nel *Geodatabase*.
La terza fase comprende l'analisi statistica dei dati con avanzate tecniche di creazione dinamica di report auto aggiornanti su analisi quali, tra le altre, quelle relative alla frequenza degli incendi per mese, per giorno e ora, per causa di innesco, durata degli incendi**.** Il sistema è quindi in grado di effettuare anche analisi statistiche di tipo spaziale così da affinare l'analisi delle variabili di tipo ambientale – territoriale, indagando le relazioni spaziali tra i fattori ambientali (essenzialmente morfologia, vegetazione, uso del suolo) con il verificarsi del fenomeno dell'incendio boschivo: frequenza degli incendi per classe di pendenza, per classe altimetrica, per esposizione del versante, per categoria forestale, per categoria di uso del suolo, per distanza dalle strade e dai centri o nuclei abitati ed altre ancora, tutte analisi che costituiscono la base di conoscenze per la realizzazione della carta del rischio d'incendio. Oltre a fornire report di stampa sulle analisi statiche (di tipo alfanumeriche e spaziali) il sistema è in grado di gestire la stampa delle particelle interessate dal fuoco con annesso documentazione utile alla pubblicazione nell'albo pretorio.

Aggiornamento del catasto incendi

Costituita l'infrastruttura di base del sistema con l'impianto dei dati di partenza e l'infrastruttura di gestione e di *storage* degli stessi, segue la fase di aggiornamento del catasto e quindi del complesso sistema proposto.

L'aggiornamento del catasto incendi consiste nel rilevare le aree percorse dal fuoco man mano che gli eventi si verificano o comunque in tempi utili all'esatta individuazione del perimetro delle porzione territoriale percorsa dal fuoco.
Tra i diversi processi di intervento possibili per la fase di aggiornamento del catasto, che si differenziano in funzione delle diverse modalità di acquisizione del dato (area percorsa dal fuoco), l'ipotesi di aggiornamento del SIM attraverso l'acquisizione e la classificazione delle immagini da satellite, come ricordato in precedenza, risulta essere la soluzione auspicata in quanto caratterizzata da un elevato grado di accuratezza e tempestività delle informazioni ed inoltre capace di realizzare un migliore rapporto costi/benefici. Con la stessa dotazione informativa - immagini satellitari ad altissima risoluzione – si potranno tra l'altro realizzare ulteriori studi utili al monitoraggio e aggiornamento di informazioni di settore quali ad esempio uso del suolo, discariche abusive, copertura in cemento amianto, alvei fluviali, aggiornamento cartografico, inquinamento ambientale. Inoltre, si rende esecutivo un altro importante aspetto di valutazione del danno occorso alla vegetazione e stima delle emissioni di CO2 dovute al passaggio dell'incendio boschivo.

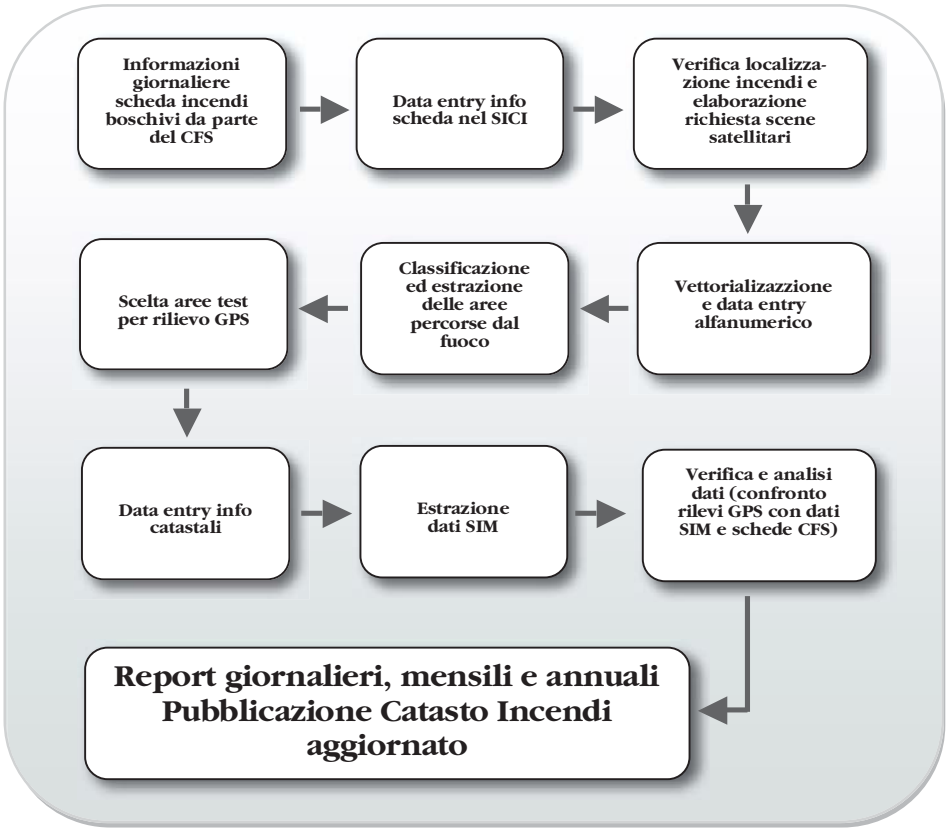


Figura 1 – Diagramma di flusso aggiornamento da telerilevamento.

Le elaborazioni previste si basano sull'analisi di immagini satellitari di diversa origine e natura (Landsat, QuickBird), con la realizzazione di elaborazioni atte all'individuazione delle aree già interessate da incendi, di analisi multitemporali realizzate a tal fine dai dati multispettrali dei sensori *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) del satellite Landsat7, di analisi delle immagini ad altissima risoluzione del satellite QuickBird con l'uso di tecniche statistiche basate sull'NDVI (*Number Digital Vegetation Index*), sul NBR (*Normalized Burn Ratio*) ed inoltre su tecniche innovative basate sulla segmentazione multirisoluzione e sulla realizzazione di gerarchie di classi tra loro correlate al fine di realizzare un'adeguata classificazione del territorio che discrimini in modo corretto le aree percorse dal fuoco.
La scelta del tipo di dato satellitare ad alta risoluzione viene dettata da una serie di considerazioni:

a) Le dimensioni dell'area da analizzare: considerato infatti che l'applicativo è rivolto ad un territorio comunale per la maggior parte non densamente urbanizzato. .
b) L'analisi consentita dai dataset del Landsat, se pure preziosa per la disponibilità delle bande nell'infrarosso vicino, medio e termico, si rivela insufficiente sia per le dimensioni del pixel sia per l'indisponibilità di dati affidabili a seguito di taluni malfunzionamenti del Landsat 7 (ad esempio nella tarda primavera 2003). Si è reso perciò opportuno riferirsi a dati ad altissima risoluzione, quali quelli del satellite QuickBird.
Si è quindi implementata un metodologia con dati telerilevati Landsat combinati con dati telerilevati QuickBird ad altissima risoluzione spaziale. La scelta di entrambi i dati è da ricercarsi in diverse motivazioni, in primis quella di condurre un'indagine su uno spazio di notevoli dimensioni, in maniera accurata, limitandone tuttavia il costo. Il dato Landsat viene fornito a un costo relativamente basso, se paragonato alla vasta utilità che se ne può fare. Per il nostro caso esso torna utile, in quanto l'oggetto d'analisi sarà sottoposto a una procedura di classificazione basata su criteri decisionali (indici di vegetazione) che lavorano nelle bande dell'infrarosso vicino e medio, e il dato Landsat è uno dei pochi disponibili ad avere una certa varietà di bande. Si pone però l'obbligo di combinarlo con il dato QuickBird che ha nella risoluzione spaziale uno dei suoi punti di forza.



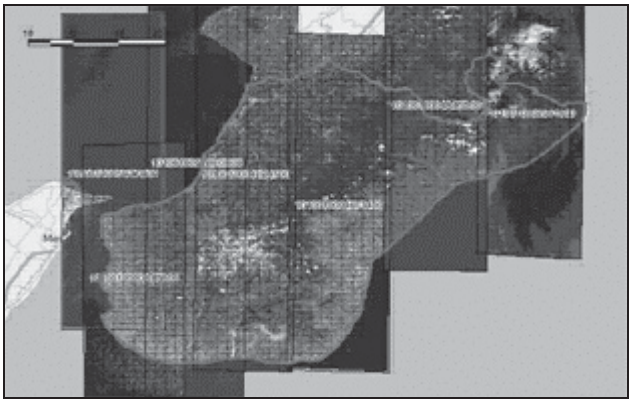
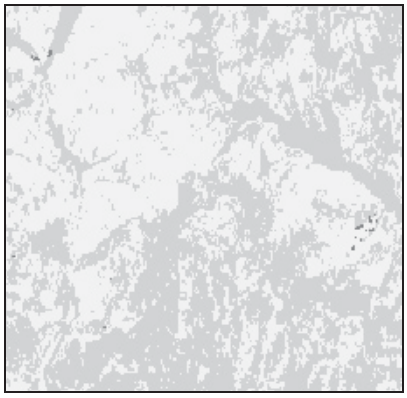


Figure 2 e 3 – Scene Landsat e Quickbird disponibili sulla provincia di Reggio Calabria.

Dalla loro fusione risulta un dato che mantiene l'ampio numero di bande spettrali del Landsat per gli indici caratterizzanti la procedura di classificazione successiva, ma al tempo stesso presenta un più accurato dettaglio, dovuto alla nuova risoluzione spaziale ereditata dal dato QuickBird. Procedendo alla sovrapposizione con un modello di elevazione digitale (DEM) relativo alla zona di interesse, necessario per garantire le adeguate correzioni circa la topografia del dato, si ha anche la possibilità di definire le caratteristiche di versante e pendenza necessarie per discriminare le situazioni delle aree percorse da incendio. Il dato così ottenuto viene sottoposto a una procedura di classificazione semi-automatica, sviluppata all'interno del software ENVI, seguendo sostanzialmente i passi seguenti:
- Acquisizione dell'immagine;
- Classificazione finalizzata all'evidenziazione delle aree percorse da incendi;
- Elaborazione e sintesi tramite indici di vegetazione (NBR e BAI).

L'analisi condotta ruota sull'elaborazione dell'immagine classificata tramite gli indici di vegetazione NBR. Tali indici rappresentano i criteri decisionali per andare a effettuare la differenziazione sull'immagine.
L'NBR è sensibile al danno provocato dal fuoco sulla vegetazione mentre il BAI rileva la deposizione dei resti di combustione dopo l'incendio.



-

Figura 4 – Discriminazione di aree incendiate tramite l'NBR nel decision tree.

I due indici sono calcolati in base alle seguenti formule:

$$NBR = \frac{(NIR \quad SWIR)}{(NIR + SWIR)} \qquad [1]$$

dove:
NIR = banda dell'infrarosso vicino
SWIR = banda dell'infrarosso a onde medie

$$BAI = \frac{1}{(REDrif \quad REDind)^2 + (NIRrif \quad NIRind)^2} \qquad [2]$$

in cui:
RED = banda del rosso
NIR = banda dell'infrarosso vicino

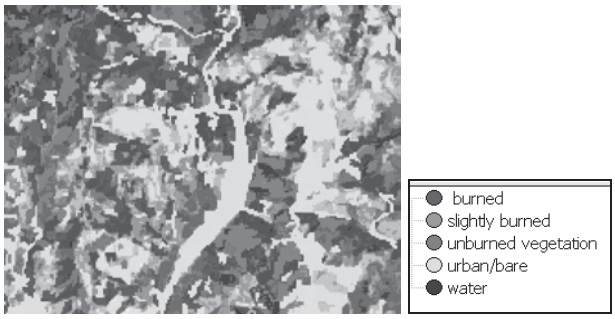


Figura 5 – Classificazione di dato Landsat in area fortemente compromessa – terzo livello.

I parametri per la segmentazione multirisoluzione sono stati determinati empiricamente. Il parametro di scala determina la massima eterogeneità consentita per l'immagine risultante.

Livello di segmentazione	Bande				Scale	Homogeneity criteria			
								Shape Settings	
	BLUE	GREEN	RED	NIR		Color	Shape	Smoothness	Compactness
Level I	1	1	2	2	15	0.8	0.2	0.7	0.3
Level II	1	1	2	2	60	0.8	0.2	0.7	0.3
Level III	1	1	2	2	150	0.8	0.2	0.7	0.3

Figura 6 – Tabella illustrante i parametri per la segmentazione del dato Quickbird.

Conclusioni

Con l'uso di tecniche che tengono conto degli indici di vegetazione NBR e BAI utilizzati nell'ambito della classificazione *object-oriented*, la cui integrazione si prevede di migliorare con l'ausilio di criteri decisionali per la discriminazioni di particolari caratteristiche delle aree bruciate, la metodologia strutturale può essere alla base di sistemi integrati per la realizzazione e l'aggiornamento del Catasto delle aree percorse dal fuoco previsti dalla Legge 21 novembre 2000, n. 353, e successive modifiche ed integrazioni, e per il monitoraggio del territorio comunale sotto l'aspetto della lotta agli incendi boschivi, popolando rapidamente di dati territoriali i GIS e permettendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali. Ai fini della lotta contro gli incendi boschivi i sistemi così costruiti possono essere integrati con ulteriori dati monitorati così da consentire un'analisi in tempo reale del rischio incendi su tutto il territorio.

Bibliografia

Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K. (2003), "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* Vol. 41, No.9.

Bianchin A., Pesaresi M. (1992), "Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica", in *Atti del V Convegno Nazionale A.I.T.*, Milano, Italy, 25/29.

Cecamore P., Di Federico A., Paolini S. (2004), "Servizi di osservazione delle aree incendiate: le esperienze europee nel progetto GMES RISK-EOS", in *Atti della 8ª Conferenza Nazionale ASITA*, Roma.

Chirici G., Corona P., Travaglini D. (2003), "Sperimentazione di tecniche di classificazione object-oriented di immagini QuickBird a fini forestali", in *L'Italia Forestale e Montana*, Vol. n. 4 - *Atti del Workshop "Utilizzo di dati telerilevati per le statistiche di copertura del suolo negli ambienti forestali",* Firenze..

ITALSCAR (2003), *Burned Forest Mapping from Space - An Earth Observation service demonstration project in Italy - funded by the Data User Programme of the European Space Agency requested by the Italian Civil Protection Authorities*, Roma.

Barrile V., Bilotta G. (2007), "Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale", in *Atti della 11ª Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, pp 267-272..

Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P. (1998), "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 23-25.

Marzano R., Bovio G. (2004), "Analisi dell'interfaccia urbano-foresta mediante dati telerilevati per la caratterizzazione del rischio di incendio boschivo", in *Atti della 8ª Conferenza Nazionale ASITA*, Roma.

Mitri G.H., I.Z. Gitas, 2006, "Fire type mapping using object-based classification of Ikonos imagery", in *International Journal of Wildland Fire*, 15, pp. 457-462.

Pesaresi M. (2000), "Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-resolution Panchromatic Satellite Imagery", in *Geographical & Environmental Modelling,* Vol. 4, No. 1, 43-63.

Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2,* Theoretical Advances, Academic Press, New York.

Soille P., Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9.

A COMPARISON BETWEEN METHODS – A SPECIALIZED OPERATOR, OBJECT ORIENTED AND PIXEL-ORIENTED IMAGE ANALYSIS – TO DETECT ASBESTOS COVERAGES IN BUILDING ROOFS USING REMOTELY SENSED DATA

V. Barrile [a], G. Bilotta [b], F. Pannuti [a]

[a] Mediterranean University of Reggio Calabria - DIMET - Faculty of Engineering Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Italy - vincenzo.barrile@unirc.it, fabio8224@libero.it
[b] Arch., external collaborator of DIMET department - giulianabilotta@libero.it

Commission VIII, WG VIII/2

KEY WORDS: Hazards Recognition, Feature Detection, Neural Networks, Multiresolution Segmentation

ABSTRACT:

All the risks concerning the long lasting exposition to the asbestos, for instance diseases affecting the respiratory system, are known very well. In particular, it's the friable asbestos the most dangerous element, above all as for the easily dispersing fibres. Despite the above mentioned risks, the number of asbestos covered block is still high in many nations, in particular they are buildings characterized by eternit coverings (a mixture of cement and asbestos), certainly due to the features of materials and their low cost.Various legislations implement reclamation works on the asbestos roofs, but in several countries building farms keep on using such material, despite it's forbidden to them. The present work has as objective one to supply a cheap tool for the automatic identifying with the buildings which do use for its covering of this very dangerous technology; they are taken back three alternative methodologies of development of the tool, everyone working on remote sensed images and of a procedure of specific classification for the problems in exam, skilled actually turned out to offer useful on the applicatory plan. In the specific one the three configurations melt their work on the comparison between the spectrum of a building, spatially considered well known, characterized by covering in cement-asbestos with the spectrum of the pure material obtained from laboratory measures.From such comparison it is generated, in the first two cases, the building and the implementation of a suitable operator that through the estimate of an opportune equalization coefficient (built respectively using the neural nets and the ionized plasma (electromagnetic fields)), it allows to identify in automatic way the present coverings on the territory and therefore proceed to the next phase of pixel-oriented classification of the whole image.The last methodology is responsible for making a comparison between the classifications obtained with the methodologies preceding (pixel-oriented) and that coming from the use of an object-oriented method consisting in a Nearest Neighbor classification tool following a multi-resolution segmentation worked on the whole scene.

1. INTRODUCTION

Minerals defined "asbestos", having a very interesting chemical physical features in the industrial level, (it's resisting to fire and heat, to the chemical and biological agents, to the abrasion and the wear) were employed in a considerable way, to produce large spreading items and, in particular, in the building sector. Their wide usage, especially in the industrialized countries, had a decrease when the danger for man, because of fibres released in the environment, and that are responsible of different diseases, affecting the respiratory system was detected.

Nevertheless, today, there's a considerable percentage of artefacts, above all buildings, where asbestos has been used together whit cement, to produce cement-asbestos coverings, and, even if it's not a factor of risk in the incoming, it'll be in the future, certainly, with the increasing of the material degradation and the possibility of fibres releasing (thanks, in particular, to the action of agents, such as acid rains, thermal stress, wind erosion, vegetal micro–organisms).

It's just for this reasons, that many nations have included in their own legislation, authorities indicating methods and ways of beneficiation (such as removal, encapsulation and confining) for cement–asbestos coverings.

The geographical and cadastral detection of buildings employing such technologies for their own coverings, is an obvious prerequisite to implement the above mentioned authorities. This work wants to show three different methodologies, aiming at the definition of a tool which automates such operation, using, for such purpose, the interpretation of satellite images and put beside from (GIS) tools for the location of the interest zones. The developed model to recognize the cement–asbestos coverings, shows three different methodologies (of which two pixel-oriented and one object-oriented) working on images produced by the Ikonos satellite, depicting a South Italy coastal zone (Melito Porto Salvo, R.C.) Subsequently to the estimate of an experimental operator useful for the punctual recognition of the investigated coverings, the test image is initially georeferred using the ENVI software, classified (using it both the pixel-oriented and object-oriented methodology), and therefore integrated in a GIS containing a space data bank concerning the land register of the zone exposed to analysis.

The examined method has, as basic characteristic, that of fit to the historical and ambient context of the examined zone; that becomes possible because a few mathematical functions, which the method refers, are modified in relation to the characteristics of the spectrum of one or more coverings in asbestos present in the interest area and of which it is necessary to have, evidently,

knowledge to priors. This hypothesis if, at a first moment it can seem restrictive, in front of a careful analysis of the problems in exam and the experience on the field of several technicians and representatives of the corporations dedicated to the reclamation, turns out, to opinion of the writing, actually not to be it.

2. PRELIMINARY CONSIDERATIONS TO THE DESCRIPTION OF THE METHOD

Before explaining the method applied to the detection of the interested elements, it's useful to talk about the hypothesis done on the basis of data in our possession, and which mathematic instruments we've adopted to define this method, according to the same hypothesis. First, we've realized that detected spectra are considered as functions having as x coordinate, the wavelength, and as the y one, the reflectance. They are continuous in the interval, where sensor Ikonos acts, and void outward. So, we can detect the following relation:

$$\int_{+\infty}^{-\infty} |S(f)|^2 \, df < \infty \tag{1}$$

where *S(f)* is the function, describing the spectrum and it's obtained by the linear interpolation of the reflectance values of the generic pixel of Ikonos image (it's no secret that the image is organized according the red band, the green one, the blue one, and the infrared); for this reason, such function represents a "signal" of energy (adopting the standard nomenclature of the signals theory, concerning a function in a frequencies' domain, instead of the time). The energy's signals, as we know, meets different properties which allow to express as elements of a real linear space with the following associated scalar product:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} xy \; df \tag{2}$$

In this case, energy signals are defined positive result to real values. In fact, if we consider the energy signals *x* and *y*, and indicate the relative scalar product, seen in the (2), with the symbol <*x,y*>, we can realize that

$$\begin{cases} \langle x,x \rangle \geq 0, \;\; \langle x,x \rangle = 0 \;\; \text{solo se x} = 0 \\ \langle x,y \rangle = \langle y,x \rangle \\ \langle ax,y \rangle = a\langle x,y \rangle, \forall a \in \Re \\ \langle x,y+z \rangle = \langle x,y \rangle + \langle x,z \rangle \end{cases} \tag{3}$$

through the scalar product, we've introduced the following norm:

$$\|x\| = \sqrt{\langle x,x \rangle} \tag{4}$$

consequently, the energy signal's space (whose spectra are obtained by Ikonos images) becomes normalized and in particular, we've the Hilbert space; so, all the present work, the signals, on which the investigation will be made, will be considered as like Euclidean vectors, and their spectrum judged (or to the limit coinciding) if the values of their modules (theory of the signals) is near, that is when the angle (or phase of the signal) they form tends to be void. In particular, we consider the angle between two signals as the arccosin , (ρ) , through the following formula:

$$0 \leq \frac{|\langle x,y \rangle|}{\|x\|\|y\|} \leq 1 \tag{5}$$

The formula (5) represents a consequence of the Cauchy – Schwarz inequality; its value, is 1 when signals are lined up; it's identically void when they are orthogonal (completely unequal). The algorithm to detect coverage in asbestos concrete exposed beyond, consider the "closeness" among spectra signatures (a spectrum associated from a pixel datum of the Ikonos image and known one), using the properties of the scalar product given in the formula (3) and together with the (4).

$$\text{if } |\langle x,y \rangle| = \|x\|^2 \text{ then } y = x + \varepsilon \text{ where } x \perp \varepsilon \tag{6}$$

The formula (6), is true, because, if we suppose, in an absurd way, that $y \neq x$, then we can think that is $y = x + \varepsilon$ with $|\varepsilon| \neq 0$, and as $\|x\| \neq 0$, then y is not orthogonal to vector x, so:

$$\langle x, x+\varepsilon \rangle = \langle x,x \rangle + \langle x,\varepsilon \rangle \rightarrow \|x\|^2 + \langle x,\varepsilon \rangle \neq 0 \tag{7}$$

So, it's necessary that ε must be orthogonal to *x* or, in a module, their scalar product equal to zero. We have this last condition when we assess the formula (5).

3. CONSTRUCTION OF THE AD OPERATOR FOR CARRIED OUT SURVEYING

The detection of cement asbestos coverings, is done by a function operator, called AD (Asbestos Detector), opportunely built starting from the scalar product defined among the energy signals.

It's a function having as an inlet, the spectrum concerned with the pixel to examine, and another spectrum of library, employed to compare spectral signatures; the output of the operator AD runs about 0 and 1; the more it's close to the unit, the more spectra are similar, and so, we can suppose the material concerning the pixel, is cement-asbestos; consequently the building, containing the geographical coordinates associated to the pixel, will be classified as an element to reclaim.

The AD operator is therefore defined:

$$AD<S_L(f),S_R(f)>=<S_L(f),S_R(f) \circ eq(f)> \tag{8}$$

Where:

S_L,S_R are, respectively, the library spectra, used for the comparison and the one associated to the analyzed pixel.

eq(f) is an equalization factor, whose implementation changes according to the methodology persecuted. The component *eq(.)*has the task to filter the relief errors, before carrying out the inherent operations the scalar product for the verification of similarity. It is constructed in order to mitigate, in surveyed signal, the frequency components relative to the contextual disturbances of the geographic zone on which it comes carried out the survey, and that generally interest the alteration of the physical chemical characteristics of the cement-asbestos (due as an example to local polluting details, mildews, etc.).

a) In the first configuration the *eq(.)*is represented from a neural net, which is specialized through a typical technique of learning on the cover of the test building (known one). In the detail the operator AD carries out, before the calculation of the scalar product classic, an equalization on the library spectrum:

$$eq(f)S_R(f) \approx S_L(f) \tag{9}$$

The construction of the factor *eq(.),*in order to model the before said disturbances, is based on a neural net feedforward, whose training set are the ratios between the values of the normalized spectrum of library signal, obtained from laboratory measures, and of surveyed signal relative to one or more known buildings, having covering in cement asbestos (eternit). The chosen algorithm for the training of the net is the error back propagation, the function of activation for its neurons is the sigmoidal one.

b) In the second configuration the $eq\,(f,\omega_p,\sigma)$ is an equalization factor, depending on two parameters, besides the frequency that however is an intrinsic parameter, determined when the example building is defined. The *eq(.)* is introduced in order to diminish the effect jamming in the ionosphere relative to the electromagnetic fields cross that it; moreover, the procedures in order to determine the equalization are of the type of "search of the minimum", on an error function. The construction of the *eq(.)* factor, uses the following model to represent the interactions of the ionospheric plasm on the electromagnetic fields (Marzano, 2002). Such model must meet, both the Maxwell equations and the formula of the interaction of fields with the ionized plasm, that's the equation concerning the Lorenz force (third term in the following system of equations)

$$\begin{cases} \nabla \wedge \underline{h} = \varepsilon_0 \dfrac{\partial}{\partial t}\underline{e} + n_e q \underline{v_e} \\ \nabla \wedge \underline{e} = -\mu_0 \dfrac{\partial}{\partial t}\underline{h} \\ n_e m_e \dfrac{d}{dt}\underline{v_e} = n_e q \underline{e} + n_e q(\underline{v_e} \wedge \underline{b}) \end{cases} \tag{10}$$

Where n_e = electron's number for every volume unit
m_e = electron's mass
$\underline{e}$ = electric field
$\underline{b}$ = magnetic induction's field
$n_e\, q\, \underline{v_e}$ = electron's current density
ε_o = dielectric constant of the hollow
μ_o = magnetic permeability of the hollow

Opportunely arranging the first and the third equation of the system precedence, and translating all in Fourier domain, we can obtain:

$$\nabla \wedge \underline{H} = j\omega \underline{E}\left(\varepsilon_0 + \frac{n_o q^2}{(j\omega)^2 m_e}\right) \tag{11}$$

Where $\underline{H}$ = vector of magnetic field in the Fourier domain
$\underline{E}$ = vector of magnetic field in the Fourier domain

From it we've obtained an expression that synthesize for ε the effects of the jamming, inserted in the ionosphere on the propagation of the electromagnetic fields. Such expression can be generalized, including the effects of the shocks among particles, keeping on sensing the ionosphere as a not dispersive mean:

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_0\left[1 - \frac{\omega_p^{\,2}}{(\sigma^2 + \omega^2)}\right] \tag{12}$$

Where σ is a constant of shocking effects
and $\omega_p^2 = \dfrac{n_0 q^2}{m_e \varepsilon_0}$

Supposed the ε_{eq} as function of transfer of the "ionospheric layer of the atmosphere" in the Fourier domain and given such linear and not dispersive system in the space, we have:

$$\underline{D}(\omega) = \varepsilon_{eq}(\omega)\underline{E}(\omega) \tag{13}$$

Where $\underline{D}(.)$ = field of electric induction.

Considering that the detected signal spectrum is the module of the electro-magnetic field in the spectrum region, where Ikonos is sensible, we have

$$eq(f,\omega_p,\sigma) = \left[1 - \frac{\omega_p^{\,2}}{(\sigma^2 + \omega^2)}\right]^{-1} \tag{14}$$

We can state that, in the ideal case, the product of the detected spectrum $\overline{S}_R$, belonging to the concrete asbestos material and the equation is equal to the library spectrum S_L.

From such observations, it follows that

$$F(\omega_p,\sigma)=\int_{-\infty}^{+\infty} S_L(f)\bar{S}_R(f)eq(f,\omega_p,\sigma)df-\left\|S_L(f)\right\|^2 \qquad (15)$$

where $\bar{S}_R$ is the spectrum of the real asbestos cover known to priors. Therefore the methodology is based on the minimization of an error function, F (·), from which the specialization parameters will be obtained, the ω_p and σ.

This minimization has been obtained through an other, implemented in Matlab, and known like library DLL Mex, developing, in automatic way, all the steps from the calculation of the library spectrum to the numerical resolution of the integral, and to the successive search of the relative minimums; it's saying that this minimization is fundamental, because it is same that searches the values in order to modify the known spectrum $\bar{S}_R$, thus to render it a carrier overlapped to that one of library. Between the numerous values found minimums, we consider only those, for which the value of | F (·) | does not exceed 0,10, and at the same time the formula (5), turns out approximately 0.90 and 1, while the squared norm of the library spectrum is equivalent to 2.5849.

c) In the object-oriented classification methodology, a segmentation procedure set offs that tends to the minimization of the spectral heterogeneity of every polygon obtained from the values of digital number of the pixel included on the base of the geometric heterogeneity due to the form of the obtained polygons. The spectral heterogeneity h_s of every polygon generated with the segmentation process is the weighted sum of standard deviations of the values of digital number of every spectral band obtained for everyone of the pixel included in the polygon:

$$h_s=\sum_{c=1}^{q} w_c\sigma_c \qquad (16)$$

h_s = spectral heterogeneity of the polygon; q = number of spectral bands; σ_c = standard deviation of the values of digital number of c spectral band; w_c = weight assigned to c band.
In order to avoid the generation of polygons excessive fragmented with frattal dimension much elevating because of the high geometric resolution of the image, the obtained polygons must at the same time diminish the value of geometric heterogeneity (h_g), defined from the two form factors: frattal and compactness. The factor frattal (h_{g_smooth}) depends from the complexity of the perimeter of the polygon regarding its extension:

$$h_{g_smooth}=\frac{l}{\sqrt{n}} \qquad (17)$$

where : h_{g_smooth} = frattal factor of the geometric heterogeneity of the considered polygon; l = length of the perimeter of the considered polygon; $\boldsymbol{n}$ = number of pixel of which the polygon is constituted.

The compactness factor ($h_{g_compact}$) depends from the dimensional ratio of the axes of the polygon:

$$h_{g_compact}=\frac{l}{b} \qquad (18)$$

in which: $h_{g_compact}$ = factor of compactness of the geometric heterogeneity of the considered polygon; l = length of the perimeter of the considered polygon; b = length of the smaller side of the smallest quadrilateral parallel to the data raster in which the considered polygon is in-written.

Starting from every pixel of the image, the segmentation algorithm fuse adjacent polygons till when the change of observable heterogeneity between the two primitive polygons and the new obtained polygon does not exceed the assigned scale factor, exceeded which the polygons remain distinguished. It follows a simple classification Nearest Neighbor through the use of Sample Test. In this classification when an object changes the relative classification because of the classification of the other objects connected to it, a problem, due to the fact that the same object could be a characteristic of context for the evaluation of other objects, is born. Consequently, the classification must be an iterative process in cycles in which every classified object repeatedly considers the changes in the classification of the connected objects.

4. APPLICATION OF THE SPECIALIZED AD OPERATOR AND CLASSIFICATION PIXEL-ORIENTED

In Figure 1 the image used for the present note is shown: it represents municipality of Melito Porto Salvo, a coastal zone of South Italy, surveyed by Ikonos sensor, in which the example buildings are brought back, and of which they will come discussed the obtained results successively, they are a building with sure covering in cement-asbestos (building 1), a building with a covering where the asbestos is mixed with other materials (building 2), and a building with a covering where the asbestos is totally absent (building 3).

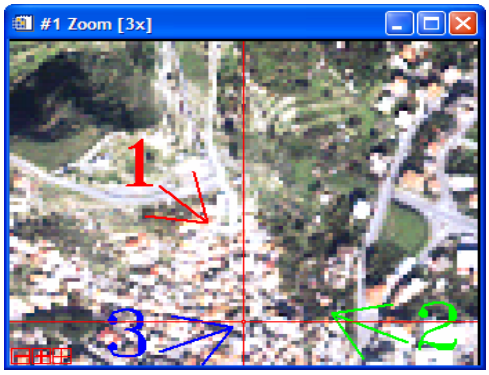


Figure 1

After to have passed the phase of geographic context of analysis, that is to have defined the component *eq(f),* indispensable in order to specialize the AD operator to the examined context, for the single methodology (in the first configuration it is proceeded to the training of a neural net, in the second one they are detected the parameters ω_p and σ), it can be passed to the phase of use of the same operator in order to carry out the screening of the chosen zone.

The AD operator is the heart of a methodology of composite surveying and articulated in several phases carried out from various software subsystems (Envi, IDL, Matlab, ArcGIS, ad-hoc modules) where some of these represent the implementation of various algorithms useful to carry out specific tasks. In detail, the above-mentioned phases are (Barrile, Cotroneo Haifa 2005; Barrile, Cotroneo Asita 2006):

1) Georeferring the Ikonos image used in the examples brought back in this note.
2) Detection of ROI (Region Of Interest): in the specific case they are chosen the portions of image, exclusively, relative to the only covering of buildings (eliminating the zone not interested to the procedures of detection) through overlay of layer GIS (cartographic information) dedicated to the representation of the buildings.
3) The ROI, thus selected and represented as matrix of pixel, come exported by into the language IDL , which executes (only on such pixel, which they are associated spatial coordinates) the iterative software procedures that implement the operator AD<.,.>. The coordinates associated to the pixel, whose spectrum has been classified by AD<.,.> , as of cement-asbestos, come saved in an ASCII file together with the relative value AD<.,.> and the value of ρ .
4) General classification of image, using the pixel-oriented method (Maximum Likelihood).
5) Integration of obtained classification in a GIS module (ArcGIS). In specific, the used ArcGIS software imports, through a Visual Basic function integrated in it, the ASCII file from which it will be generated the layer of the points positively classified; the alphanumeric attributes of the relative features will contain the value of AD<.,.> and ρ . It is therefore obvious that the buildings in cement-asbestos, contained in GIS, are those which intersects the punctual features of which before.
In Figures 2 and 3 they come brought back, respectively, the spectral profiles, relative to the cases of buildings having sure coverings in cement-asbestos and these ones having coverings realized with a different material of cement-asbestos. More, in particular, in Figure 2, it brought back the effect of the equalizator AD, estimated on the comparison between the spectrum of the building with sure covering, in continuous feature, and that known one, in discontinuous feature; it can note as two spectrum have similar course, except for some intervals (due to the disturbances that interest the examined geographic context and for which the role of the equalization component is important in order to define the exact overlap).

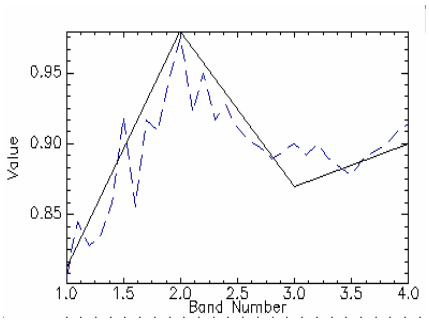


Figure 2

In Figure 3 the effect of the equalizator AD is estimated on comparison between the library spectrum and that one of a building with covering constituted of a different material from asbestos. The diagrams of the two constants *eq()* obtained from the two precedent methodologies (in red that relative one to the neural net, in green that relative one to the ionized plasm). Given the diversity of the materials, the effect of the equalization component isn't sufficient to guarantee the overlap of the spectrum of the building with that one of library.

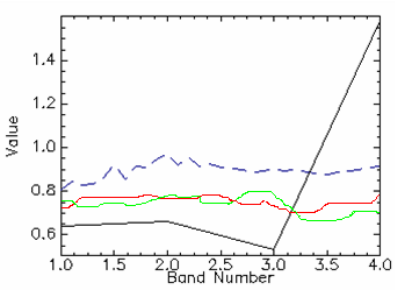


Figure 3

In Table 1 they come brought back the values obtained from the AD operator, for every of the two precedent methodologies, with the parameters that define the component of equalization (scalar product, the S. P. in the table, and coefficient ρ for the first methodology, ω_p e σ for the second methodology). It can be observed as the values obtained in the two methodologies are comparable. In fact, although the equalization components depend from distinguished parameters, like previously said, they however isn't much different in value, as it has shown in the diagram in Figure 3, and so in the following table it's evident as the operator, independently by the considered methodology, carry out, however, a correct distinction of the elements present in the geographic context under investigation.

	AD (Neural Net)	AD (Ionized Plasm)	Object-oriented Analysis
Overall accuracy	90.8235%	89.6470%	94.3529%
Unclassified	39	44	48
Real Asbestos	139/149	135/149	127/149
Mixed Asbestos	127/135	125/135	124/135
Non Asbestos	125/141	121/141	126/141
Total	386/425	381/425	377/425

Table 1

In Figure 4, it's brought back an extract of the layer GIS, relative to the zone of Melito, that it collects the buildings dealt in the present note. In particular the point with the brown cross represents a classified covering in cement-asbestos with high value of operator AD<,> (high probability of obtain a correct result) and therefore low probability of being false positive ones. The building with red cross represents a covering in cement-asbestos mixed with other materials, and in the end the building with orange cross is the building with a covering constituted of a different material from asbestos. For the results of pixel-oriented classification is sent back, instead, to the comparison brought back in the successive paragraph.



Figure 4

5. OBJECT-ORIENTED METHODOLOGY OF CLASSIFICATION AND COMPARISON WITH PIXEL-ORIENTD METHODOLOGY

The methodology used to the aim to confront the obtainable result with how much already obtained in the precedent methodologies previews a multi-resolution segmentation operated here creating an only level, holding account of the characteristics of dataset the IKONOS, and therefore with a medium scale factor (equal to 15), spectral homogeneity (reduction of the spectral heterogeneity) equal to 0,8, compactness equal to 0,7 and fractal factor equal to 0,3.

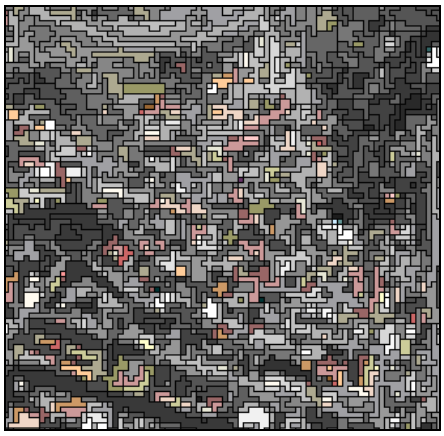


Figure 5: Multi-resolution Segmentation

Through the inclusion in the procedure of segmentation of a shapefile containing the detected test areas, it has proceeded to the location of the Sample necessary tests and has been executed a classification Nearest Neighbor to 5 iterative cycles for the discrimination of the buildings with covers containing asbestos.

In table 2, the matrix of comparison of the three methodologies up to here exposed is brought back, while it is brought back only in terms of image the result obtained with the technique object-oriented, figure 6. It is obvious, although all the methodologies introduce a good result of classification approximately the location of the material, the two methodologies pixel-oriented, based on the operator AD offer better performances, regarding the technique object-oriented, in detecting the buildings where the asbestos is mixed with other materials.

Image Used	Operat AD	S. P.	Coeff ρ	ω_p	σ	$\lvert F(\omega_p, \sigma)\rvert$
Real Asbestos	2.33	2.7	0.79	100	99999991	0.0
Mixed Asbestos	4.70	5.5	0.43	1000	95700089	0.25
Not Asbestos	10	13.6	0.1	10000	95700089	417.44

Table 2

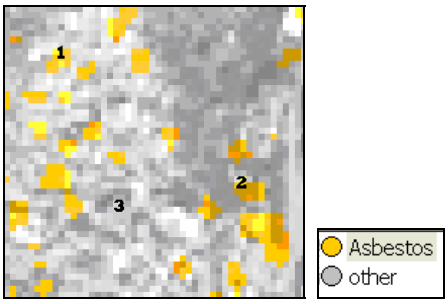


Figure 6: Classification (1, 2 and 3 are the detected and above mentioned buildings)

An assessment on the place has confirmed the validity of obtained result, (it should be observed, moreover as the examined example evidences how the implemented operator is effective to detect asbestos, even in little dimensioned buildings). It can be observed that, according to authors' opinion, even if it would seem more obvious to use hyperspectral sensors (with high spectral resolution), in the specific case is preferential to use sensors with high spatial resolution (even if with not elevated spectral resolution) because it needs classifying also buildings of small dimensions, considering that the spectral profile of the several materials used for the coverings of buildings diversifies those a lot that enough to the *eq(.)* in order to exalt differences and to allow to the operator AD to classify with a high degree of reliability.

6. CONCLUSIONS

In this work we have dealt two various useful methodologies approximately the problem of real the asbestos location, and successively put to comparison the result obtained with an other that it is based on the classification object-oriented. This job puts in prominence the efficient character of the operator, which is re-usable in any geographic context, it's sufficient to redefine a simple factor of equalization.
In particular from the comparison with the analysis object-oriented, we can establish like the method developed, thanks to the specialization operating on it, the analytical instruments employed, and the hypothesis on the *eq (.)*, it represents a valid instrument for the scenes, as regards the detection of buildings, necessary of intervention.

REFERENCES

References from Books:

Cherry K., Cherry C., 1988. *Asbestos: Engineering, Management and Control*. CRC Press, pp. 127-150.

Lathi B., 1992. *Linear Systems and Signals*. Oxford University Press US, pp. 430-467.

Marzano F., Visconti G., 2002. *Remote Sensing of Atmosphere and Ocean from Space*. Springer, pp. 19-57.

Altshuller G., 1999. *Innovation Algorithm*. Technical Innovation Center, Inc., pp. 31-40.

Weill H., 1981. Occupational Lung Diseases: Research Approaches and Methods. Marcel Dekker, pp. 220-228.

Bibliography

Mollo, F., Pira, E., Piolatto, G., Bellis, D., Burlo, P., Andreozzi, A., Bontempi, S. & Negri, E., 1995. *Lung adenocarcinoma and indicators of asbestos exposure*. Int J Cancer. 60, pp. 289-293.

Rinaudo, C., Gastaldi, D. & Belluso E., 2003. Characterization of chrysotile, antigorite and lizardite by FT-Raman Spectroscopy. Can. Miner. 41, pp. 883-890.

Muttiah R., 2002 From Laboratory Spectroscopy to Remotely Sensed Spectra of Terrestrial Ecosystems. Springer, pp. 234-245.

Skidmore A., Prins H., 2002. *Environmental Modelling With Gis and Remote Sensing*. Taylor & Francis, pp. 156-167.

Sangwine S., 1998. *The Colour Image Processing Handbook*. Springer, pp. 67-105.

Mather P., 2001. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Taylor & Francis, pp. 309-326.

Small C., 2001, *Multiresolution Analysis of Urban Reflectance*, IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, pp. 15-19.

AN APPLICATION OF REMOTE SENSING: OBJECT-ORIENTED ANALYSIS OF SATELLITE DATA

V. Barrile [a], G. Bilotta [b]

[a] Mediterranean University of Reggio Calabria - DIMET - Faculty of Engineering Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Italy - vincenzo.barrile@unirc.it
[b] Arch., external collaborator of DIMET department - giulianabilotta@libero.it

Commission VIII, Working Group VIII/1

KEY WORDS: Image Processing, Multiresolution Segmentation, Feature Extraction

ABSTRACT:

More and more often remotely sensed satellite images are used for monitoring and managing the land surface. Orbiting around the earth, satellites acquire data in short intervals anytime it is necessary. Elaborating satellite's data is possible to recognize the landslides, to know the land use, to help agriculture. Many are the fields in which Remote Sensing is useful, as in image processing.
Traditional image processing and image interpretation methods are usually based only on the information extracted from features intrinsic of single pixel: the object's physical properties, which are determined by the real world and the imaging situation – basically sensor and illumination. The pixel-oriented analysis of satellite data has a main limit: the acknowledgment of semantic low level information, as the amount of energy emitted from the pixel, where the context does not assume any role. The application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data allows to obtain, by an automatic or semi-automatic analysis – with a minimal manual participation - a good classification also in presence of high and very high resolution data of small cities, where higher is an error possibility. In an object oriented analysis the semantic level is raised: relation rules join space are added, topological information and statistics and so the context is defined. Recognition is so based on concepts of Mathematical Morphology applied to the image analysis and elements of Fuzzy Logic for a human-likely classification. In this application, by using a specific tool, we operate a segmentation of the entire scene on more levels. The segmentation multiresolution obtains the automatic creation of vectorial polygons, directly extracted from the raster, with the remarkable advantage of having therefore a perfect coincidence in the superimposition on raster. The final classification, predisposing an adapted hierarchy of classes that hold account of the relations between the produced segmentation levels, may be highly accurate.
In this contribute this methodology is applied (through the proposition of an integrated package we are realizing for a segmentation and the successive NeuroFuzzy classification) to the aim characterizing the detection of burned areas in Landsat and Ikonos images. It is opportune to emphasize that in this note we are not using algorithms and methods (more rigorous for the resolution of the problem in examination) known and tested in literature, i.e. NBR, BAI, NDVI etc., for locating burned areas and optimizing results, methods on which moreover we are working to the aim of integrating them in the package now proposed: the goal of our work is exclusively to test the integrated fast methodology proposed and results obtainable on this application, and it isn't to experiment known resolution methods or algorithms and/or innovative for the application.

1. INTRODUCTION

Classification and multiresolution segmentation object-oriented techniques so distinguish structural methodology from classic spectral analysis. Usually increasing resolution in remote sensing images the pixel-oriented analysis increases ambiguity in statistics definition of the land use classes. With object-oriented analysis is instead possible to get better from remote sensing an information that may be immediately integrated in the GIS allowing the direct realization of vectorial maps. The tool used organizes hierarchically data concurring to arrange of different typology, integrating also raster and vectorial data. It is possible to introduce rules for the location of the context, and the relations between the objects meaningfully increases the acknowledgment possibility automatic rifle of the objects on the land surface. By imitating therefore the approach followed in manual photo interpretation, such methodology exceeds the limits of a subjective classification, by making a process that can be reproduced and homogenous, and so exceeds the problems of the traditional classification techniques. The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. The segmentation process is multiresolution because, beginning from a same image, is possible to generate various hierarchical levels of polygons with various scale factors. Reducing the scale factor the polygons generated become more and more small because smaller it must turn out the spectral variability intra-polygons, and whereas increasing the scale factor. Particularity of the multiresolution consists in the existing connection between the polygons of the various hierarchical levels of the segmentation. When a first level of polygons is generated is possible to generate *n* new upper hierarchical levels if the scale factor is larger (greater polygons) or *n* inferior levels if the scale factor is smaller (smaller polygons). Polygons of inferior hierarchical level are always geometrically consisting with those of upper hierarchical level, so every polygon of inferior level only belongs to one polygon of upper level. All the polygons of the various levels of segmentation constitute an only database in which are all the existing connections between the polygons of the same or various hierarchical levels. For every polygon are therefore known the polygons in contact on the same hierarchical level, the polygons that constitute an eventual

inferior hierarchical level and the polygon in which it is contained in the eventual upper hierarchical level.

Characteristic for the object oriented approach is, finally, a circular interplay between processing and classifying image objects. Based on segmentation, scale and shape of image objects, specific information is available for classification. Classification, incorporating contextual and semantic information that utilizes not only image object attributes but also the relationship between networked image objects, has resulted in an operational classification model. In many applications the desired geoinformation and objects of interest are extracted step by step, by iterative loops of classifying and processing. Thereby, image objects as processing units can continuously change their shape, classification and mutual relations. Similar to human image understanding processes, this kind of circular processing results in a sequence of intermediate states, with an increasing differentiation of classification and an increasing abstraction of the original image information.

2. CONSIDERATIONS ON PIXEL AND OBJECT-ORIENTED ANALYSIS

The pixel-oriented analysis of satellite data as main limit has the acknowledgment of semantic low level information, as the amount of energy emitted from the pixel, while the context does not assume any role. In the object oriented analysis the semantic level is raised: relation rules join space are added, topological information and statistics and so the context is defined. Recognition is based on concepts of Mathematical Morphology applied to the image analysis and elements of Fuzzy Logic for classification. In the explained example, was partially used the software eCognition of Definiens Imaging GmbH, that operates a segmentation of the entire scene on more levels, and an experimental software being completed and reviewed properly, implemented for integrating segmentation and classification. The segmentation multiresolution obtains the automatic creation of vectorial polygons, directly extracted from the image with a perfect coincidence in the superimposition on raster and subsequently the final classification predisposing an adapted hierarchy of classes that hold account of the relations between the produced segmentation levels.

The aim of this contribution is to examine an application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data, particularly on Ikonos multispectral images of Melito di Porto Salvo, in the province of Reggio Calabria. Our objectives are to show as an automatic analysis – with a minimal manual participation - can get a good classification on mapping burned areas.

2.1 Multiresolution Segmentation

It is a bottom up region-merging technique starting with one-pixel objects. In subsequent steps, smaller image objects are merged into bigger ones. Throughout this clustering process, the underlying optimization procedure minimizes the weighted heterogeneity *nh* of resulting image objects, where *n* is the size of a segment and *h* an arbitrary definition of heterogeneity. In each step, that pair of adjacent image objects is merged which stands for the smallest growth of the defined heterogeneity. If the smallest growth exceeds the threshold defined by the scale parameter, the process stops. Doing so, multiresolution segmentation is a local optimization procedure.

Spectral or color heterogeneity is the sum of the standard deviations of spectral values in each layer weighted with the weights for each layer are used:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \quad (1)$$

where h_s is spectral heterogeneity;
q = bands number;
σ_c = standard deviation of *digital number* in c spectral band;
w_c = weight assigned to c spectral band.

The exclusive minimization of spectral heterogeneity leads to branched segments or to image objects with a fractally shaped borderline. This effect is even stronger in highly textured data, such as radar data.

For this reason it is useful in most cases to mix the criterion for spectral heterogeneity with a criterion for spatial heterogeneity, in order to reduce the deviation from a compact or smooth shape. Heterogeneity as deviation from a compact shape is described by the ratio of the border length *l* and the square root of the number of pixels forming this image object.

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

where h_{g_smooth} = fractal factor of spatial heterogeneity;
l = border length;
$\boldsymbol{n}$ = number of pixels of the image object..

The second is a compactness f*actor* ($h_{g_compact}$) that depends from dimensional ratio of polygon axis:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \quad (3)$$

where $h_{g_compact}$ = compactness factor; l = berder length;
b = the shortest possible border length given by the bounding box of an image object parallel to the raster.

The segmentation algorithm proceeds fusing adjacent polygons beginning from every pixel of the image until the change of observable heterogeneity between the two original polygons and the new generated polygon does not exceed the threshold defined from the customer (scale factor). If the change of heterogeneity already does not exceed the threshold defined the fusion is effectively realized, otherwise the two polygons remain separated. Heterogeneity difference (overall fusion value) between resultant object and the two original polygons is:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f)\Delta h_g \quad (4)$$

where f = *overall fusion value*;
w_f = the user defined weight for color (against shape).

For w can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only the shape heterogeneity is valued, and for w_f = 0 only the color heterogeneity is valued.
The difference of spectral heterogeneity (Δh_s) between the resultant polygon and the two polygons before the merge is:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \left[n_{merge}\sigma_{merge_c} - \left(n_{obj1}\sigma_{obj1_c} + n_{obj2}\sigma_{obj2_c} \right) \right] \qquad (5)$$

where n_{merge} = resultant polygon pixel number;
σ_{mergec} = standard deviation of *digital number* in c - spestral band of the resultant polygon;
n_{obj1} = pixel number in the first of the two polygons before the merge;
σ_{obj1c} = standard deviation of *digital number* in c - spestral band of the first of the polygons before the merge;
n_{obj2} = pixel number in the second polygon before the merge;
σ_{obj2c} = standard deviation of *digital number* in c - spestral band of the second polygon before the merge.

Again, the change in shape heterogeneity (Δh_g) caused by the merge is evaluated by calculating the difference between the situation after and before the merge. This results in the following methods of computation for smoothness and compactness:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g_compact} + \left(1 - w_g\right) \Delta h_{g_smooth} \qquad (6)$$

w_g being the user defined weight for smoothness (against compactness). For w can be chosen a value between 0 and 1, while 0 and 1 is also possible: for w_f =1 only smoothness is valued, and for w_f = 0 only compactness is valued.

$$\Delta h_{g_compact} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\} \qquad (7)$$

$$\Delta h_{g_smooth} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\} \qquad (8)$$

n being the object size, l the object perimeter and b the perimeter of the bounding box

The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. The segmentation process is multiresolution because, beginning from a same image, is possible to generate various hierarchical levels of polygons with various scale factors. Reducing the scale factor the polygons generated become more and more small because smaller it must turn out the spectral variability intra-polygons, and whereas increasing the scale factor.

2.2 Segmentation procedures

Particularity of the multiresolution is the connection between the polygons of the various hierarchical levels of the segmentation. When a first level of polygons is generated is possible to generate n new upper hierarchical levels if the scale factor is larger (greater polygons) or n inferior levels if the scale factor is smaller (smaller polygons). Polygons of inferior hierarchical level are always geometrically consisting with those of upper hierarchical level, so every polygon of inferior level only belongs to one polygon of upper level. All the polygons of the various levels of segmentation constitute an unique database in which are all the existing connections between the polygons of the same or various hierarchical levels. For every polygon are therefore known the polygons in contact on the same hierarchical level, the polygons that constitute an eventual inferior hierarchical level and the polygon in which it is contained in the eventual upper hierarchical level

2.3 Fuzzy Classification

Fuzzy logic, a mathematical approach to quantifying uncertain statements, replaces the two strictly logical statements “yes” and “no” by the continuous range of [0…1], where 0 means “exactly no” and 1 means “exactly yes.”. All values between 0 and 1 represent a more or less certain state of “yes” and “no”.

More recently, fuzzy sets have been employed in the classification of land terrain covers [9]. Fuzzy sets theory, [10] which has been developed to deal with imprecise information, can provide a more appropriate solution to this problem. In fact, it provides useful concepts and tools to deal with imprecise information. It allows each region to have partial and multiple membership in several classes. A region’s membership grade function with respect to a specific class indicates to what extent its properties are akin to that class. The value of the membership grade varies between 0 and 1. Closer the value is to 1 more that region belongs to that class. Partial membership allows that the information about more complex situations, such as cover mixture or intermediate conditions, can be better represented and utilized.

Fuzzy logic emulates human thinking and takes into account even linguistic rules.

Fuzzy classification systems are well suited to handling most vagueness in remote sensing information extraction. Parameter and model uncertainties are considered as using fuzzy sets defined by membership functions. Instead of the binary “true” and “false” multivalued fuzzy logic allows transitions between “true” and “false”.

There are more or less strict realizations of the logical operations “and” or “or”.

The output of a fuzzy classification system is a fuzzy classification, where the membership degree to each land cover or land use class is given for each object. This enables detailed performance analysis and gives insight into the class mixture for each image object. This is a major advantage of soft classification. The maximum membership degree determines the final classification to build an interface to crisp systems.
A fuzzy rule base is a combination of fuzzy rules, which combine different fuzzy sets. The simplest fuzzy rules are dependent on only one fuzzy set.

Fuzzy rules are "if – then" rules. If a condition is fulfilled, an action takes place. Referring to fig. 8, the following rule could be defined: "If " feature x is low, "then" the image object should be assigned to land cover *W*. In fuzzy terminology this would be written: If feature x is a member of fuzzy set *low*, then the image object is a member of land cover *W*. According to the definition in fig. 8, in case feature value x = 70, the membership to land cover *W* would be 0.4, in case x = 200, the membership to land cover *W* would be 0.

To create advanced fuzzy rules, fuzzy sets can be combined. An operator returns a fuzzy value that is derived from the combined fuzzy sets. How this value is derived depends on the operator. The basic operators are "and" and "or." "and" represents the minimum, meaning that the minimum value of all sets defines the return value. "or" represents the maximum value, meaning that the maximum value of all sets defines the return value. The results are very transparent and ensure independence of the sequence of logic combinations within the rule base (A "and" B gives the same result as B "and" A). In addition a hierarchic structure following common logic (e.g., A "or" (B "and" C) equals (A "or" B) "and" (A "or" C)) can be created easily.

A fuzzy rule base delivers a fuzzy classification, which consists of discrete return values for each of the considered output classes (see fig. 9). These values represent the degree of class assignment.

Must be considered that fuzzy classification gives a possibility for an object to belong to a class, while classification based on probability give a probability to belong to a class. A

The higher the return value for the most possible class, the more reliable the assignment. In the example above, the membership to water is rather high and in most applications this object would therefore be assigned to the class *Water*. The minimum membership value an object needs to have in order to be assigned to a class can be defined.

Fuzzy classification with its enhanced analysis of classification performance of class mixture, classification reliability and stability is possible, because fuzzy classification is one powerful approach to soft classification. The results of the fuzzy classification are an important input for information fusion in current and future remote sensing systems with multidata sources. The reliability of class assignments for each sensor can be used to find the most possible and probable class assignment. A solution is possible, even if there are contradictory class assignments based on different sensor data..

2.4 Neural fuzzy systems

Neural fuzzy systems of prediction (SIF) and neuro fuzzy (RNF) are known in literature. Our contribution is the creation of an integrated package implementing totally the classification and partially the segmentation.

As known, the Neural Nets are born from the idea of being able to get intelligence and ability to decision. Substantially these are adaptive systems "learning", through examples, to execute correctly a determined task involving complex, not linear and multivariable relations. Our net can be outlined like a black-box that has inside some neuronal layers: the first of them is the input layer, and is made from many neurons how many are the incomes of the system; then there are from 0 to 2 inner layer; a Neural Net with 2 inner layer can approximate whichever type of function; at the end there is an output layer, with many neurons how many are the escapes of the system. The neurons are connected each other by synaptic links (Inter and intra-layer) having some opportune weights, whose value is used in the learning algorithm. The Neural Net, therefore, is a system Multiple Input Multiple Output (MIMO). Referring to the wide bibliography for an exhaustive description of the Neural Nets, we can say that a classic example of Net Neural is Multi-Layer Perceptron, trained with the Backpropagation algorithm. The signal object of predictive analysis is found and processed; the final numerical series is the sampled version. It works subsequently in the simulation environment. The predictive systems based on MLP Neural Nets are strongly used in literature. These do not need of pre-cognized information on the structure of the model characterizing the phenomenon to analyze; therefore they are ideal for systems that must be processed with a low level of acquaintance. The Neural Nets are therefore useful for functional predictions and modelling systems where the physical processes are not known or are highly complex. So their use is simple and highly suitable for phenomena whose complexity and/or structuring are known, for this acquaintance is useful to the research worker structuring Neural Net.

Is already common knowledge that a RNF consist in the representation of a Fuzzy system through a Neural Net. This tendency developed in the last years. In fact, if a Fuzzy system is fused with a neural net and if are available (from "backpropagation" to the other genetic algorithms), effective methods of learning for the net, then the Fuzzy system become very more efficient. Regarding develop environments for traditional Fuzzy systems, this approach supplies the possibility to realize systems that "they learn", taking advantage of all developed the theoretical and applicative baggage available for Neural Nets. The inspirer idea, taking advantage of the tolerance towards uncertainty and imprecision, is the possibility of sturdier solutions at a low cost. This contribute don't give an exhaustive description of the Fuzzy logic, for which we refer to wide bibliography in scientific literature; but it wants to emphasize a difference between Fuzzy logic and conventional logic (binary).

3. APPLICATION OF OPERATORS

As previously explained, our contribution is the creation of an integrated package implementing classification and segmentation (as we described in previous chapter) useful for automating classification procedure, getting higher accuracy for applications like that we are now proposing.

Of course an automated package is very useful for processing great many data in a short time.

Procedure for realizing a good classification needs a fine-resolution segmentation creating more segmentation levels.
The area examined was partially burned on 30-05-2001 (Corpo Forestale dello Stato, AIB note).

The first application on a multispectral Landsat 7 ETM+ image captured on 13-07-2001 allowed to define the burned areas with a good result. The image built an object-oriented model; the four levels were generated one after the other, using different scale parameters (5, 10, 23 and 30). The six bands were weighted differently at every level. Throughout the segmentation procedure, the whole image was segmented and

image objects were generated based upon several adjustable criteria of homogeneity in colour and shape.

In the classification at level one the basic six classes "water", "unburned vegetation", "burned area", "slightly burned", "shaded areas" and "urban/bare ground" were distinguished. All the classes were classified based on membership functions for different spectral and shape features. At level three, a classification of only three classes took place before the classification of level 2. There is no source for the classification of "water". The scene in fact shows a land crossed by a dry torrent. Features were based on spectral information and contextual information.

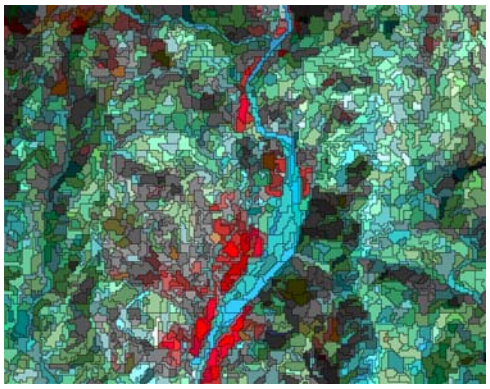
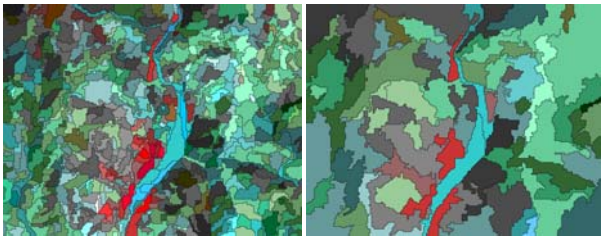


Figure 1. Landsat: fine segmentation.



Figures 2 and 3. Landsat: medium and coarse segmentation

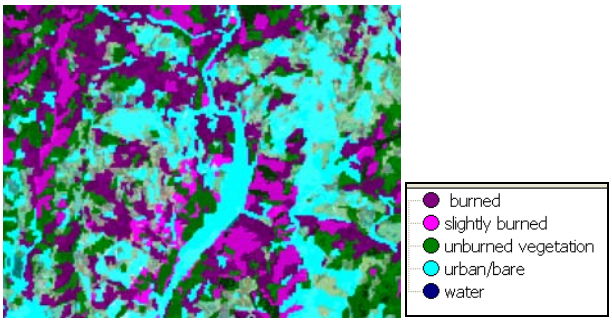


Figure 4. Landsat level 1 classification

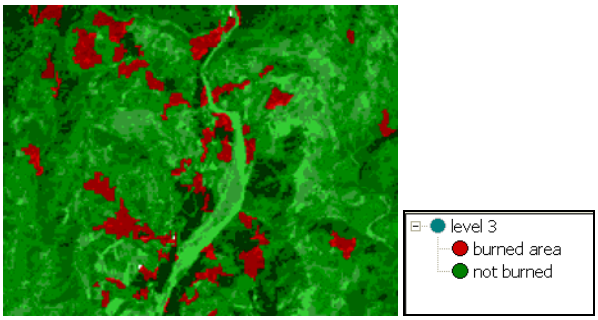


Figure 5. Landsat level 3 classification

Successively we segmented an Ikonos image captured on 2-12-2002. Segmentation parameters were determined empirically in order to produce highly homogeneous objects in specific resolutions and for specific purposes. A series of segmentations was generated by adjusting the parameters of scale, band weights, colour, and shape. As burned areas appeared to be more visible in Ikonos bands 3 and 4 than in bands 1 and 2, a '1' was assigned to bands 1 and 2. The sum of all chosen weights for image layers was normalised to 1. Segmentations based on higher colour weights (80%) and lower shape weights (20%)..

The scale parameter determines the maximum allowed heterogeneity for the resulting image objects.

Segmentation level	Bands				Scale	Homogeneity criteria			
								Shape Settings	
	BLUE	GREEN	RED	NIR		Color	Shape	Smoothness	Compactness
Level I	1	1	2	2	15	0.8	0.2	0.7	0.3
Level II	1	1	2	2	60	0.8	0.2	0.7	0.3
Level III	1	1	2	2	150	0.8	0.2	0.7	0.3

Table 1. Parameters for segmentation of Ikonos image weight '2' was assigned to bands 3 and 4, a weight number of

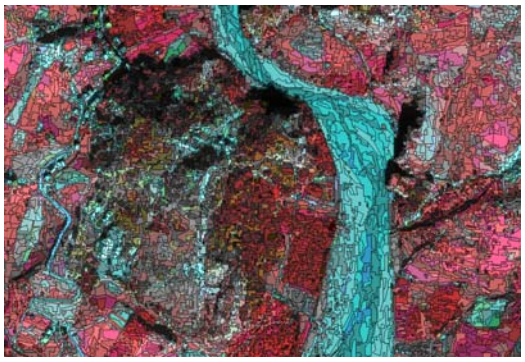


Figure 6. Ikonos image: first level (fine) of segmentation.

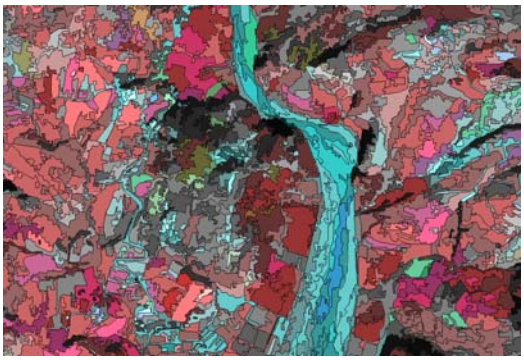


Figure 7. Ikonos image: second level (medium) of segmentation

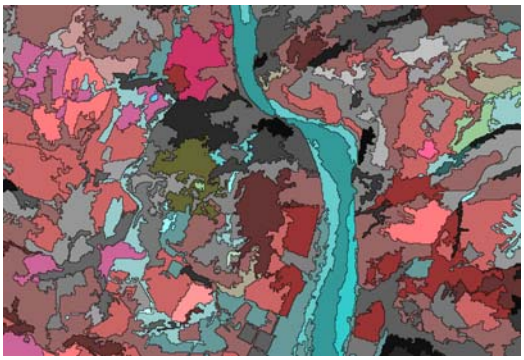


Figure 8. Ikonos image: third level (coarse) of segmentation

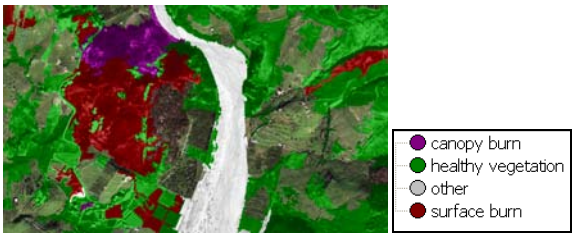


Figure 9. Ikonos: classification

Table 2 shows an evaluation of results (in terms of overall accuracy and % of surface classified) obtained from the integrated methodology we propose (on Landsat and Ikonos imagery) for comparison with that traditionally famous classification in literature and the situation on the round.

		Algorithm			
		Realtà al suolo	Maximum Likelihood	Neural Fuzzy Set (Landsat)	Neural Fuzzy Set (Ikonos)
Overall Accuracy			84.6320%	95.6284%	97.2678%
Unclassified		0%	4.9704%	4.4816%	3.2327%
class	Surface burn.	100%	55.2540%	60.2573%	73.0451%
	other	100%	67.9406%	68.2612%	75.7425%
Total classified			95.0296%	95.5184%	96.7673%

Table 2. Classification results

This table shows that the proposed methodology must be sharpened but can supply fast information useful on the examined topic. Particularly the Landsat classification results coarse, the Ikonos classification is slightly more accurate, but the methodology still must be sharpened.

4. CONCLUSIONS

In our job we propose the integration of segmentation partially known in literature (software eCognition of Definiens Imaging GmbH) and classification Neural Fuzzy in a unitary package for final classification of burned areas.

We are working for an ulterior integration of the package for detecting burned areas now proposed, so it will be possible a Data Fusion estimated on various (two or more) satellite sensors data, by an implementation of a decision tree, considering all the cited indexes (known in literature) and moreover including them, so to improve obtained results using the integrated package now proposed. Although results up to now are encouraging and validating proposed methodology, from an applicative point of view, the solution that we proposed still needs of improvements, and this next implementation could supply them.

In fact, the implementation with a software using decision tree will improve the results of the classification and multiresolution segmentation object-oriented techniques that distinguish structural methodology from classic spectral analysis. The pixel-oriented analysis increases ambiguity in statistics definition of the land use classes increasing resolution in remote sensing images. With object-oriented analysis is instead possible to using better information from remote sensing data with an immediate integration in the GIS allowing the direct realization of vector maps, the used software applies concepts of Mathematical Morphology and principles of logic fuzzy, organizes the data hierarchically and it concurs to arrange of different typology, integrating also raster and vectorial data. The possibility to introduce rules for the location of the context and the relations between the objects meaningfully increases the acknowledgment possibility automatic rifle of the objects on the land surface. Also imitating therefore the approach followed in manual photo interpretation, such methodology exceeds the limits of a subjective classification, by making a process that can be reproduced and homogenous, and exceeds the problems of the traditional classification techniques.

REFERENCES AND SELECTED BIBLIOGRAPHY

References from Books:

Serra J., 1998, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol. 2, Theoretical Advances, Academic Press, New York.

References from Journals:

Angiulli G., Barrile V., Cacciola M., 2005, "M-SVM SAR Images Classification: Experimental Results and Validations", *Rivista Italiana di Telerilevamento*, Vol 32, pp. 79-86.

Mitri G.H., I.Z. Gitas, 2006, *Fire type mapping using object-based classification of Ikonos imagery*, International Journal of Wildland Fire, 15, pp. 457-462.

References from from Other Literature:

Angiulli G., Barrile V., Cacciola M., 2005, "SAR Imagery Classification Using Multi-Class Support Vector Machines",

JEWA, vol. 19 n°. 14, 2005, pp. 1865-1872, and *Proceedings of PIERS 2005*, Hangzhou, China, August 2005, pp. 218-222..

Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G., 2004, *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München.

Barrile V., Cacciola M., Versaci M., 2006a, *A Minimal Fuzzy Entropy Model for Pattern Recognition: Evaluation in a SAR Imagery Application*, Proceedings of 5th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering, Data Bases, AIKED 2006, Madrid, Spain, pp. 275-279.

Barrile V., Cacciola M., Versaci M., 2006b, *Fuzzy Classification with Minimal Entropy Models to Solve Pattern Recognition Problems: a Compared Evaluation in SAR Imagery*, WSEAS Transactions on Information Science and Applications, Issue 4, vol. 03, pp. 860-867.

Barrile V., Bilotta G., 2007, *Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale*, XI ASITA 2007, Torino (Italy) pp 267-272..

Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P., 1998, *Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology*, Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98), ICSC Academic Press, Vienna, pp. 23-25.

Soille P., Pesaresi M., 2002, *Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No.9.

Tzeng Y.C. et al, 1998, *A Fuzzy Neural Network to SAR Image Classification*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, pp. 301-307.

Zadeh L. A., *Fuzzy Sets*, 1965, Information Control, Vol.8, pp.338-353.

Laser scanner surveying techniques aiming to the study and the spreading of recent architectural structures

Vincenzo BARRILE (*),Giuseppe MEDURI (*), Giuliana BILOTTA (**)
* DIMET - Faculty of Engineering Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
** NT & ITA Dottorato IUAV Venezia
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it, giumed@libero.it, giulianabilotta@libero.it

Abstract: - Generally, when someone refers to architectural property he inclines to consider only that part of architecture and monuments belonging at remote epochs far since our days. However authors' opinion is that the diffusion and the spreading of the culture cannot leave out from the analysis, the study and the conservation also of architecture and all things realized in more recent times. However, the characteristics of the modern and contemporary architecture with respect to those precedents lead to the development of a definition for new approaches and adequate representation forms because of the presence both of materials and innovative technologies like the tubular or trellis structures, that show then different difficulty in the interpretation and definition of the acquired data. In such direction, the new digital technologies allow, from a part, a rationalization and rapidity of the relief operations, from the other they allow to create some new representations which can easily fit to the scholars and operators (architects, engineers, restorers, historians, etc) demands, or to be used to produce faithful copies through quick prototype techniques, but also, more simply, to give back enjoyable such information easily by town councils or web users. The developed and described, in this article, experiences have the aim of verify the potentialities of laser scanner in surveying of structures, for whom traditional techniques of relief could result disadvantageous in terms of realization's times, costs and precision. A particular attention has addressed to elaboration phase, data filtering and 3D modeling through the use of specific and opportune algorithms of best-fitting, useful for individualization and extraction of forms.

Key-Words: - TLS, contemporary architecture, 3D modelization, laser scan, radiometric data, survey

1 Introduction

In current paper, the developed and described experiment has the aim to show as laser scanner's technology could be considered a valid option about surveying of structures for whom the traditional survey's techniques could be result disadvantage regarding realization's times and costs. At this purpose, it has found to characterize an architectural object that shows, in addition to an historical, social-cultural and technical value, also a certain complexity of evidence which justify the preference about this new technology in comparison with traditional instruments. The architectural handmade, object of the paper, is a covering (Figure 1), to protection of the access steps at the submitting railway Reggio Calabria station (ITALY).
It is a recent building going back at the 1990s and the reason of the choice has been determined by the particularity and the complexity of the structure, characterized by the presence of spatial reticular beams to triangular (variable) section, realized with tubular profiles.

2 Survey with Laser Scanner

Laser's survey has been developed, using laser scanner Cirax HDS 3000 distributed from Leica Geosystems, whose functional characteristics are showed in figure 2.



Figure 1: View of covering



- Technology "Time Of Flight"
- Max Range 300 m at 90%; 134 m at 18% albedo
- Max Field of View of 360° horizontal x 270° vertical
- Scan rate superior at 4.000 points/sec
- Double window of scan
- Positiong's precision 6 mm at 50 m
- Distance's precision 4 mm at 50 m
- Independents horizontal and vertical scanning's step

Figure 2 Laser scanner Leica HDS 3000 and techniques' characteristics

The tool is, moreover, equipped with an internal room to CCD with which it acquires the images of the noticed portion, and it's, therefore, able to associate every laser point with a colour's information obtained by the projection of the image over laser data.
Geometry, the number of the holds and the scanning's resolution are strictly connected to the characteristics of the investigated spaces and, at the detail's level, what it wants to obtain. In this case, the structure offered big position's freedom, therefore, the number and the positions of the scanning have been, essentially, dictated by the complexity of the structure (because of the presence of tubular reticular elements), from the possible shade's zones produced by the bodies interposed between the scanner and the object, and from the use of the least necessary targets' number.
They have been realized five instrumental positions, (obtaining, therefore, others clouds of points) using 12 targets disposed in some positions that, at the purposes of following phase of registration, the various (couples) scanning could have in common at least 4 targets.
The acquisition's phase has been led, using the dedicated software Cyclone™, which allows, once identified the scanning field and fixed the step, to show in real time the noticed clouds of points and to recognize, in automatic way, the centre of the used and fundamental targets to the next "seam" operation.
The necessary time, for all survey's operations (5 scannings), included position's time of instrument and arrangement of targets, has been about 7 hours and it has allowed, in few relatively times, to acquire a great amount of data (about 4,5 millions of points).

3 Elaboration and Restitution of Acquired Data

The treatment of the acquired data has been realized, prevalently, using the proprietary software Cyclone™, supported by opportune algorithms opportunely implemented by authors.. Made so the recording of the 5 clouds of points produced of the scannings (associating homologous targets), and removing the superfluous, and not belonging to the structure, points, it has obtained an only cloud of points, (Figure 3) representative of the investigated object.

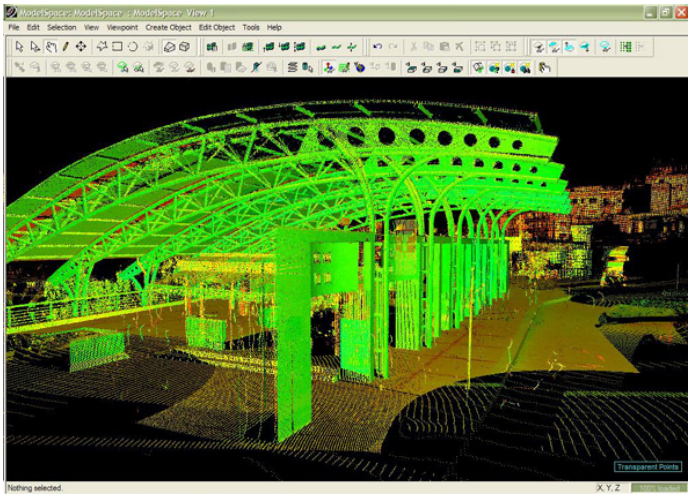


Figure 3 Cloud of points produced from scanning

The three-dimensional model of the object of the survey so obtained, besides the possibility of exploring the structure in its spatiality, constitutes the base from which obtain vectorial representations and contains all that useful metrical information to make further analyses and investigations. It ha been, therefore, used an algorithm of Texture Mapping (which has provided, also, some results comparable with the inner one to the software of data's treatment) which it has allowed "to spread" (it also dictates mapping's operation), on the cloud of points, the photographic Rgb image acquired by the internal room to the tool, producing such a model 3d, (Figure 4, 5) having a strong realistic impact.

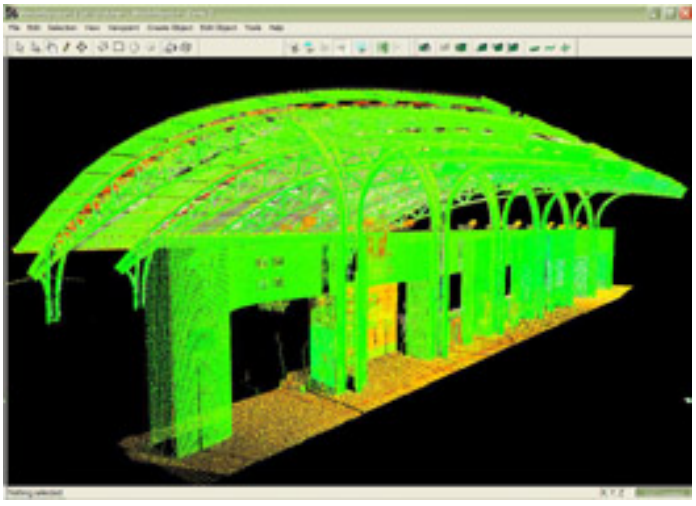


Figure 4 3D Model

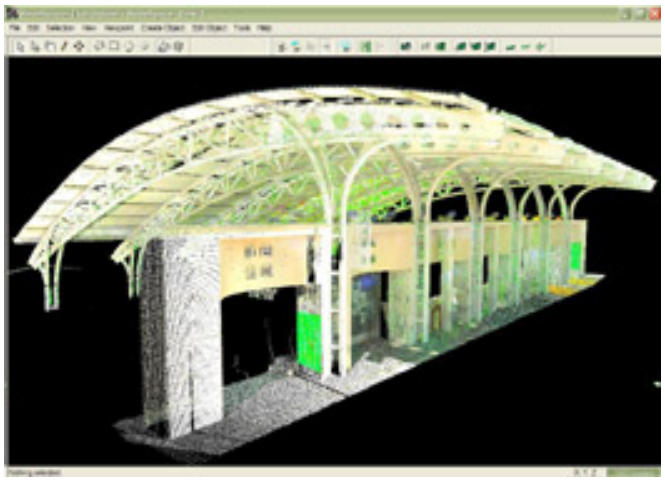


Figure 5 Digital image spread on the cloud of points

Some particular best-fitting algorithms have been applied, implemented and tested on a portion of the structure, fig. 6, and, in particular, a stroke of the spatial reticular's girder for the semiautomatic recognition of particular forms (plans, spheres, cylinders, etc).

These algorithms, in a first phase, develops an operation of triangulation of points' clouds (Figure 7), changing points, acquired by scanner, into a superficial representation; after they search the function Z = f (x,y), which it describes, about measurement's wrongs and for a fixed range of wrong's greatness, an opportune mathematic relation which, basing on adaptation and closeness's information, describes and approximates better surface's curvature. In a specific way, the used local interpolation's function has been the square relation z = ax2 + bxy + cy2 + dx + ey with 5 coefficients, calculated solving, with method of minimum squares, the following redundant system of equations:

$$\begin{bmatrix} x_{1,1}^2 & x_{1,1}x_{1,1} & y_{1,1}^2 & x_{1,1} & y_{1,1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1,n}^2 & x_{1,n}x_{1,n} & y_{1,n}^2 & x_{1,n} & y_{1,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{1,1} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ z_{1,n} \end{bmatrix}$$

In order to solve this system, it's necessary to have 5 points of minimum (because coefficients are 5). When coefficients are calculated, it's possible to obtain principal curvatures K1 and K2, Gaussian curvature K and mean curvature H.

$$K_1 = H + \sqrt{H^2 - K}$$

$$K_2 = H - \sqrt{H^2 - K} \qquad K = \frac{4ac - b^2}{\left(1 + d^2 + e^2\right)^2}$$

$$H = \frac{a + c + ae^2 - b^2 + cd^2 - bde}{\left(1 + d^2 + e^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

Mesh's phase models, finally, specified geometry's type and changes 3D crude points' set into a direct surface. The produced result is a, visually, more intuitive and realistic representation, (Figure 8, 9).

This experimentation has been particularly long and difficult because of the presence of shade zones on surveyed object with the consequent unevenness presence; that has involved the necessity to apply these algorithms in almost punctual way and exclusively to small zones of the structure. It is possible, moreover, to export the so resulting model in vectorial way to query in CAD's environment, or to develop other elaborations in order to correct any errors and empty spaces of interpretation, and to cloth it with particular textures in order to reproduce the reality with fidelity more and more possible; if it's necessary it's possible, moreover, to obtain, in automated way, plans and sections of model, useful for probing or following analysis and investigations.



Figure 6 Portion of structure, object of experimentation

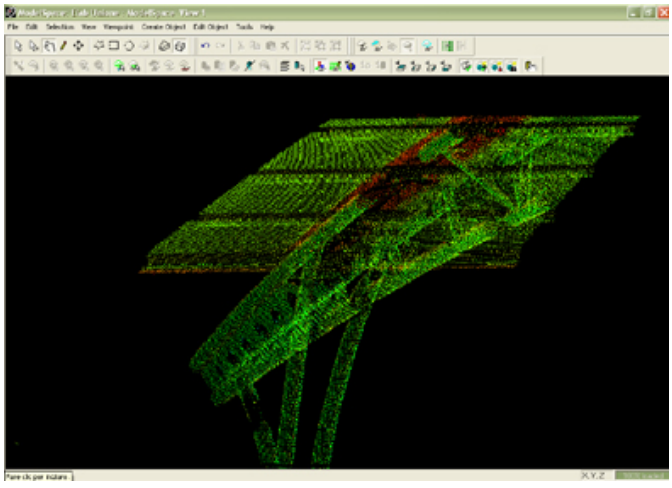


Figure 7 Cloud of points of examined object's structure

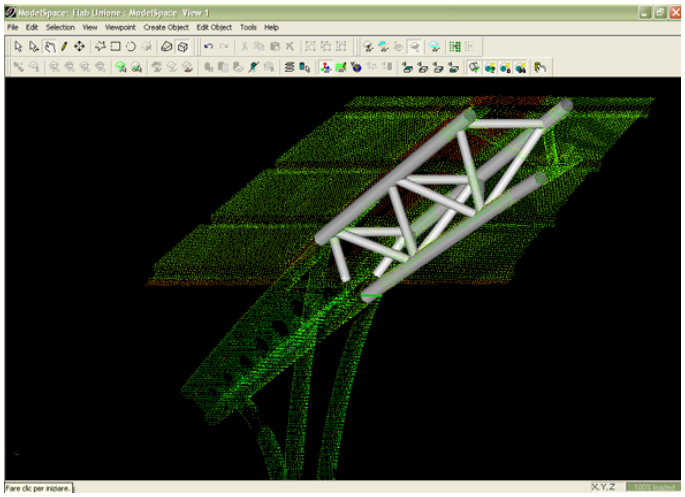


Figure 8 Application of best-fitting' algorithms

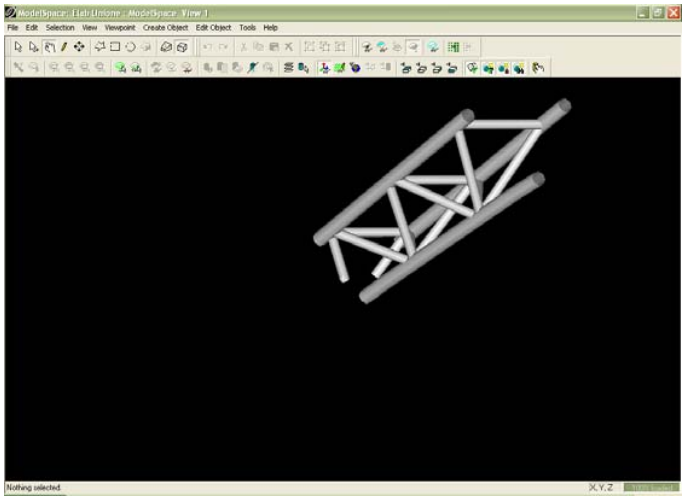


Figure 9 Mesh's model produced

4 Conclusions

The present work, result of a research's experience developed from the Geomatica's laboratory of Engineer's Faculty of University "Mediterranea" of studies of Reggio Calabria (ITALY), has marked the potentiality of this technology when, for divulgation's purposes, is necessary rapidity of acquisition and usability of information, but also precision and accuracy of the result.

In such sense, it has been possible to appreciate the survey's speed thanks to the automated procedures; on the contrary it has noticed the remarkable work necessary to the elaboration of the data, above all as regards the use of the algorithms of best-fitting, which still need, again in authors' opinion, a wide use of local "manual" procedures and not still completely automated ones.

References:

[1] J. Huang, C. H. Menq, (2001). Automatic data segmentation for geometric feature extraction from unorganized 3-D coordinate points. *IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 3.*

[2] S. Petitjean, (2002). A Survey of Methods for Recovering Quadrics in Triangle Meshes. *ACM Computing Surveys*.

[3] L. Bornaz, A. Lingua, F. Rinaudo, (2002). Il trattamento dei dati laser scanner nelle applicazioni terrestri, *6a Conferenza Nazionale ASITA* , Perugia, Italy.

[4] T. Surazhsky, E.Magid, O. Soldea, (2003). A Comparison of Gaussian and Mean Curvatures Estimation Methods on Triangular Meshes, Proceedings of the 2003 IEEE, *International Conference of Robotics and Automation*, Tapei Taiwan.

[5] G. Agam, X. Tang, (2005). A Sampling Framework for Accurate Curvature Estimation in Discrete Surfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, VOL. 11, NO. 5.*

[6] V. Achilli, D. Bragagnolo, M. Fabris, A. Menin, G. Salemi, (2005). Metodologie geomatiche per il rilievo integrato finalizzato alla modellazione strutturale, *9a Conferenza Nazionale ASITA*, Catania, Italy.

[7] A. Razdan, M. Bae, (2005). Curvature estimation scheme for triangle meshes using biquadratic Bézier patches. *Computer-Aided Design 37*

[8] V. Barrile, G.M. Meduri, R. Pucinotti, (2007). L'applicazione della scansione laser e della tecnologia radar ad un ponte in cemento armato, *XII congresso nazionale AIPnD* , Milano, Italy

[9] V. Barrile, G.M. Meduri, (2007). Sperimentazione ed integrazione di rilievi laser scanner e georadar, *11a Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, Italy.

GIS for calculating electromagnetic field

Vincenzo BARRILE (*),Giuliana BILOTTA (**) Francesco DI CAPUA (***)
* DIMET - Faculty of Engineering Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
ITALY
** Arch., PhD New Technologies and Information for the Region and Environment -
University Iuav of Venice - Santa Croce 191, Tolentini 30135 Venice, Italy
*** Project manager Kosmos s.a.s.
vincenzo.barrile@unirc.it, giuliana.bilotta@libero.it, dicapua.francesco@kosmosgis.it

Abstract: - Electromagnetic fields exist in nature, and the man is always exposed to their action. We cohabit with an electromagnetic background caused by several natural phenomena that take part in the atmosphere, on the land surface, under the ground and from the cosmic sources, the more important of them is the Sun, which contributes with a permanent and a variable component (phenomenon of the solar spots). In these last decades the technological progress has involved an enormous increase of "electromagnetic pollution" sources: tasks to the development of the distribution network of the electric power and to the increase of the fields of the telecommunication and the mobile telephony. The aim of this contribute consists in emphasizing the instruments employed for the assessment of the so-called electromagnetic pollution and in order to limit the exposure of the population. In particular a method of calculating electromagnetic fields will be defined, generated from the mobile telephony systems and field measures will be realized through appropriate instrumentation. Moreover, we'll realize an application: a Geographical Information System for registering all the BTS in the municipality of Reggio Calabria, Italy, for estimating the field generated from the systems installed in that area.

Key-Words: – Electromagnetic fields – Base Transceiver Stations – Mobile Communications – Model for calculating EF – Geographical Information Systems

1 Introduction

Mobile communication systems have to assure a high capability of traffic, but they have (everyone) a band of very limited frequency. This necessity induced the net planners to use the same radio ducts in small size areas, not contiguous each other (the "cells", exactly), multiplying therefore the number of the receiving stations and transmitters, said Base Transceiver Stations, designed to cover a specific area of territory. The structure of the "cellular" nets concurs therefore to increase very much the high system capacity.

The communication systems are distinguished in substantial way from radio and television spread systems because they use, for supplying this service at national level, some thousands of radio base stations, equipped with transmitters emitting, only in specific conditions, powers of some ten of Watt, while the net of emitters of a single radio TV national operator made of few hundreds of emitters that irradiate with continuity powers to radio frequency of thousands or tens of thousands of Watt. The information and these notes make reference to systems GSM to 900 and 1800 MHz, than to world-wide level now represents the standard of dominant cellular telephony. In Italy is also used by the overwhelming majority of the customers. Modern cellular telephones operating with GSM standard are able to working also with an signal incoming to the antenna of 10-10 mW. It happens, in fact, that the radio base stations irradiate, for simultaneously diminishing the risks of interference between various channels, signal only when necessary and sufficient at minimal level for assuring, moment for moment, the quality of the connection. Therefore the nominal power of the emitter, so as the nominal power of telephones, does not represent effectively the power with which the signal is transmitted with continuity, as instead it happens for the radio television systems, but only the peak power that the emitters are able to distributing. This is only demanded in exceptional cases and for negligible periods of time, like, as an example, when a telephone is in the extreme limit of the area of cover of a Base Transceiver Station.

2 Model of calculation of electromagnetic field

For succeeding in the attempt to contain as less as possible the power of transmission signal, system GSM provides three various functionalities: the static control of the transmission power, the dynamic

control of the transmission power and the transmission batch processing line. The emitters of the BTS of system GSM are planned following, on the whole, two guiding lines. In the case the stations are destined to cover territories extra-city, are installed apparatuses for signal transmitting with a sufficient power to cover cells of remarkable extension, until a few ten of kilometers. These are emitters able to distributing to the antenna the maximum power of 40 W for 1800 MHz band and of 60 W for the 900 MHz band. In the case of BTS situated in the city areas, the technical choices are considerable various. In this case, in fact, the cells, for being able to sustain a traffic the much most intense than that characterizing the areas extra-city, have a radius of little hundreds of meters. The power of signal transmission necessary for catching up customers who are near limits of the cell, even if masked from buildings or other structures, is very smaller. So the maximum power of the signal transmission is set up within lower limits. It is that one that, in technical terms, is called "configuration power", and that, in city within, it is in a generalized manner fixed on values comprised between 5 and 20 W. It must be considered that the power that arrives to the antenna is ulteriorly reduced to approximately a third party of the power of configuration for the losses in the apparatuses that allow to couple to the same antenna more emitters and the losses in the connection cables. It also exists a mechanism of "dynamics" reduction of the transmission power. This is a feature present in BTS and in individual phones: it allows continuously monitoring the level for every conversation, according to the measures, to adjust continuously, moment to moment, the minimum power level transmitters necessary to maintain an adequate quality of connection.

The dynamic control can reduce power output from the transmitter base station and mobile up to a thousandth of the power configuration set at the project level.

Therefore, in the reasonable hypothesis of a uniform distribution of the user in the area covered by the cell, the medium power distributed from the BTS towards the customers during the conversations is consistently lower than the configuration power. Measures recently carried out from France Telecom in the area of Paris confirmed that the medium power of both mobile phones and BTS (understanding like average of the power that in the various moments mobile phones emit in conversation towards BTS and these emit towards the mobile phones) are equal to approximately the 25 percent of the configuration power. To this purpose, it must be observed that if it was decided, in the attempt to perhaps reduce the so-called "electromagnetic pollution", to install a few BTS remarkably separated from each other, to the limit of the residential areas, with the same distribution on the territory of the coming traffic from the mobile phones, the "pollution" would substantially increase.. This because, for maintaining the signal that reaches mobile phones and the BTS within the reception threshold, would be necessary setting the BTS at the maximum level of exit. The automatic control of the transmission power would force BTS and mobile phones to transmit almost always to the maximum level. Ultimately the generated electromagnetic field from several sources would be greater. It exists, finally, a third mechanism that contributes to limit in meaningful measure the transmission power and, therefore, to diminish the emission of electromagnetic field of the apparatuses of mobile telephony nets. In traffic absence, the BTS, in fact, constantly and continuously irradiates at the configuration power on a single carrier radio, precisely the one that works as "beacon" to the mobile phones in the cover area. This allows every mobile phone to recognize the presence of the net and receive the calls and all the necessary information to the operation of the system. This same carrier can accept until to 6-7 telephone conversations at the same time, without that this produces an increment of the issued power. All the other carrier that are in the cell (inferior or normally equal to six, with a maximum, very rare, of twelve) can accept all 8 channels at time division and transmit power on everyone of the 8 channels only when the single channel is engaged and the customer connected from the fixed net with a mobile phone produces voice activity. Finally, the mechanism of the transmission batch processing line DTX concurs to understand who between the two interlocutors of the conversation is talking, so it actives the single channel of transmission only when the customer, caught from the BTS, is in listening position. Also the UMTS system allows to define a power of feeding of the antenna corresponding to conditions of the highest emission and the functionalities of power control, and DTX contribute to diminish the transmitted power. In the UMTS there is also a mechanism of admission control. This technology, in order to allowing to vary the power for the customers who have already an active connection, provides for the rejection of new requests when is reached the prefixed threshold percentage of the maximum power available. Moreover the UMTS system can provide a TX diversity mechanism, consisting in the possibility to transmit in downlink on two various antennas oriented in the same direction the same one less signals (of the channel pilot): it is necessary to emphasize that it does not involve an increase of the power. In fact, in a typical implementation, the same

power available would be subdivided on two branches of transmission: in absence of the TX diversity, the power demanded for the single channel turns out reduced because of a greater efficiency in reception. Therefore seems necessary to make three ulterior considerations. The first is that for assuring the necessary quality of the service, the BTS are dimensioned for having at most a loss of 2 percent in the hour of maximum traffic. In practical, this means that every customer has the 98 percent of probability to find a free channel when he tries to access the network. This involves that the probability that all the channels of a cell are active in the same time also in the hour of maximum traffic is in truth very low. The second consideration regards the traffic disposed in the hours not of tip of the day, that it is, in percentage, very low, near to zero in the nocturnal hours. The third consideration leaves from the fact that the fonic activity and the signalling activity between BTS and cellular demands that it generate signal only in the 70 percent of the time, value that represents the worse case in the hypothesis of a strong background noise (as an example in railway stations or airport). After all, it can be concluded that the electromagnetic field generated from a BTS is very inferior to what could be calculated using traditional algorithms, like those used for the wireless and TV emitters. All this appears then still more important when it is considered that all the relative estimates of the electromagnetic field generated from a BTS up to now executed using the methodologies habitually in use for radio TV emitters gave outcomes of the all reassuring: the field values calculated are always turn out inferior than limits previewed from the national legislation and, to greater reason, from the European recommendations.

2.1 Model of far away field for calculating electromagnetic field produced by BTS

For being able to estimate the levels of electromagnetic field in a particular environment or around a given source (and therefore to estimate potential risk to which is subjected population nearby resident) is necessary realizing measure campaigns or to apply some theoretical methods (analitic or numerical) [1]. These are more fast, practical and economic than measure campaigns. The formula of "field far away" allows to estimate the field far away using a valid relation in conditions of far field and a situation of free space, that is avoiding to consider the reflections from the land, the buildings, the vegetation and eventually present orographic conditions. Such expression concurs to estimate the electric field (E, expressed in V/m), and the hypothesis of flat wave the magnetic field (H, expressed in A/m) and the density of power (S, expressed in W/m2) which are quantity directly inferred from the electric field, to which they are linked from the relation of flat wave,

$$S = \frac{E^2}{\eta} = \frac{E^2}{377} = 377 * H^2 \quad (1)$$

Some of the parameters that enter in game in the formula of far away field will be widely described later on.

2.1.1 Calculation of electromagnetic field levels

For the typical frequencies of the BTS and for the distances in game the condition of "field far away" can be satisfactory. In fact, in the case of the systems of mobile telephony, the wavelength is 0,333 meters in the case of the band to 900 MHz and 0,166 meters in the case of the band to 1800 MHz. We can consider that at a distance higher than few meters from the emission point (as an example a standard antenna with height of L=1,3 m) the electromagnetic wave is considerable as a wave flat and therefore the intensity of electric field and magnetic field is constant and proportioned. In particular for GSM system to 900 MHz is verified the condition of field far away at

$$\frac{2d^2}{\lambda} = 10 \text{ m} \quad (2)$$

Therefore, to great distance from the source, the expression that allows to estimate the power density is as follows and we can obtain it if we know the antenna gain value and the feeding power through the relation:

$$S(\theta,\varphi) = \frac{P \cdot G(\theta,\varphi)}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (3)$$

Where d , θ and φ are the point of evaluation of power density in a spherical system of coordinates reported to electric center of the source. Such expression can be obtained through appropriate considerations from the power transmitted by the antenna, its gain, the received power considering a receiving antenna and its effective area, defined power as the relationship between the power received available for loading and the density of power in absence of the antenna. By applying the relationship of impedance in terms of electric field we can get:

$$E = \frac{\sqrt{30 * P * G(\theta,\varphi)}}{d} \quad (4)$$

Where:
E = electric field in V/m;
P = power irradiated from the antenna in W;

θ = angle in the horizontal plan between the direction observation antenna-point and the direction of maximum irradiation of the antenna;
φ = angle in the vertical plan between the direction observation antenna-point and the direction of maximum irradiation of the antenna;
$G(\theta,\varphi) = 10^{dBi/10}$ gain of the antenna in the considered direction;
d = distance (m) between electric centre of the antenna and the point where we want calculate E. For the appraisal is necessary therefore the complete acquaintance of the radioelectric data of the system.

2.1.2 Calculation of the levels of field in presence more sources

In the greater part of the real situations we find more transmitters antennas that, working on various systems, cover the same fields or they have diagrams of irradiation meaningfully overlapped with the main lobes. Naturally it is necessary to estimate the electric fields generated taking into account at the same time the emissions of every single antenna [2]. Considering that the sources of signal turn out not correlated, the contributions of field are quadratic added, so the electric field in a point will be:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} E_i^2} \quad (5)$$

Where N is total number of sources that generate the total field.

2.2 Location of monitoring sites

Generally, the criteria of chosen of the points for survey, the frequency of sampling and the characteristics of the measure systems strongly depend on the preventive acquaintance of the territory to monitoring, particularly as regards sources (number, spatial distribution , characteristic emissive) and the levels of electromagnetic field emitted (definition of sites "hot" and of priorities of monitoring). Where possible, or when we know the characteristics of sources, it is opportune to make of the forecasts of principle about the expected values of electromagnetic field. From these forecasts we get the first indications for the choice of the instrument and the sensors to choose. On the planimetry of the places that must be controlled (are they not built up areas, city roads and areas, buildings and parts of they) we determine the points of reference for which detailed forecasts of field will be come true. The measure points are characterized in correspondence of the zones of maximum radiation of the systems and in proximity of the pertinence zones of the nearest rooms, particularly in the buildings with equal height than the installation site.

3 Realization of the GIS

The geographic information system was realized in various steps and has demanded much time is for to get the data employed and for the implementation of the instrument survey necessary for to know the coordinates of some sites and the electric field values. In the first place, the first phase has been dedicated to the collection of the necessary data in order to know the exact positioning of the systems installed on the municipal territory of Reggio Calabria. For being able to then realize the calculation in the area of study (sited in Piazza della Libertà) had to be known radio electric characteristics of the installed systems. The relative data for registering the systems have been supplied from three of the four main providers of mobile telephony, while has been possible to have all the characteristics of the systems sited in buildings adjacent to the Piazza della Libertà. In table 1 is indicated the total number of installations in the territory of Reggio Calabria for every provider..

Provider	BTS number
1	51
2	30
3	42

Table 1 Number of BTS in Reggio Calabria for every provider

3,1 Registering mobile telephony systems

Data deemed necessary to define a site are:
- Provider;
- Municipality - Address - Province;
- Elevation;
- Coordinates

So it is possible to georeference sources and to visualize therefore the impact on the land and the surrounding buildings. For registering of the sites it has been necessary to use the CartLab software, release 1.0, because the coordinates of the sites were provided, by some providers, with geodetic system of reference the European Datum 1950, while the orthophoto of the Reggio Calabria city are in the national system (ROME 40) and are in coordinates GAUSS-BOAGA. So with the CartLab software we had, at first, proceeded to operate a passage between systems subsequently, carrying geographic coordinates ED 50 of the sites in geographic coordinates ROME 40, these geographic coordinates

were converted in coordinates plane GAUSS-BOAGA. After that, we used ArcGIS software of ESRI for the realization of the installation cadastre. Initially, through the tool ArcCatalog, we created the shape-file named 'siti' and 'celle' of point type. Then in the other tool ArcMap are load these shape-file and the file with extension ECWw related to orthophoto of Reggio Calabria city, obtaining for everyone various layer correspondents. Later we populated the layer 'siti', by knowing the plane coordinates, and we obtained an appropriate point on the installation site, and for this layer 'siti' we created and populated the attributes id, address, coordinated X, coordinated Y, elevation. For privacy on the name of the providers we indicated for every site all the points with identical color (green circle), not allowing therefore any distinction of the telephone company owner of the site. Finally we proceeded with the digitalization of the buildings through appropriate shape-file 'Buildings' of type polygon and with the creation of the layer buildings containing all the buildings of the city of Reggio Calabria, having as attributes the altitude of the buildings at the foot and the elevation at eaves, and also the type of building (generic, industrial use, school, church, hospital). The availability of the communal cartography in scale 1:2000 allows, once placed the systems on the installation site, to identify in proximity of the source buildings particularly exposed with height similar to the installation elevation of the BTS or buildings along directions of maximum radiation or sensitive sites like schools, hospitals. Closed the insertion of the systems, in Fig. 1 is shown the impact of the BTS on the communal territory of Reggio Calabria.

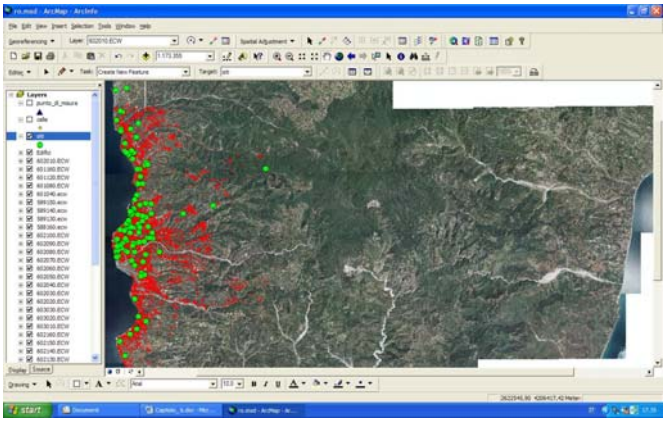


Fig. 1 Impact of the BTS on the municipal territory of Reggio Calabria.

3,2 Software for calculation

3,2 Software for calculation

For evaluating the levels of field electrical through the field expression far away we have created a software of calculation still in experimentation phase. For the realization of this software it has been necessary to create a database that collects the information to manage, allowing at the same time of having a centralized cadastre of sites, beyond to the archives on used GIS..

3.2.1 Database structure

This database has been realized through applicative SQL Server Enterprise Manager that has allowed to create some tables then related creating a classic model entity-relations. The main entity of the db is the table ANTENNA, with its id as primary key. In the table antenna there are also the attributes related to the gain and an attribute in order to allow the insertion of the images of the system available and the id of other tables MODEL ANTENNA, POLARIZATION, FREQUEZA, TILT ELECTRICAL WORKER in which are attributes, beside id and code, also numerical value and the sign for the polarization. These tables are connected with relations many to one to the table ANTENNAS (that is for every antenna are a single value of frequency, one only of tilt, one only of polarization). In the table MODEL ANTENNA there are the relative attributes as code model and the id of the constructor, further than the description of the antenna type. Therefore, connected to it with relation one to one, there is the table CONSTRUCTOR with just id and code, corporate name, address, etc.) Moreover to the table ANTENNAS the tables are relazionate DEGREE AO and DEGREE AV (relation one to one), than beyond to id the degree and to id the antenna contain the attributes degree and attenuation in order to insert the values associated. The table INSTALLATION concurs to estimate for every antenna all the characteristics on localization (Address, section, sheet, attached, particle, coordinated X,Y, Z etc.) and radioelectric (power, tilt mechanic, number of cell, height center electrical, azimut, etc.). To it connected with relation one to one we have the CO-ORDINATE tables SYSTEMS (Id, Code, System coord.) and RESPONSIBLES (Id, Code, Name, Address, etc.) in order to characterize the type of used coordinates and the provider of the system. Moreover, connected to the table INSTALLATION there is that COMMON (Common Id, Id Province, Common, CAP, etc), with in its turn connected the tables PROVINCES, REGIONS, NATIONS, all between they tied from relation one to one. Finally in order to concur the calculation of the values field generated from various installations we created table INSTALLAZIONISPAZIO (Id, Id Spazio, Id Installations, Value) with the attribute Value that takes the value of field estimated from the software for the single installation. To table

INSTALLAZIONISPAZIO the relative table is tied SPAZIO of the calculation grid of the electric field who then allows to consider the values generated in the point with appropriate coordinates and to carry out the quadratic sum. In Fig. 2 we can see the final database with the insertion of the existing relations between the tables, created selecting the commando new database diagram.

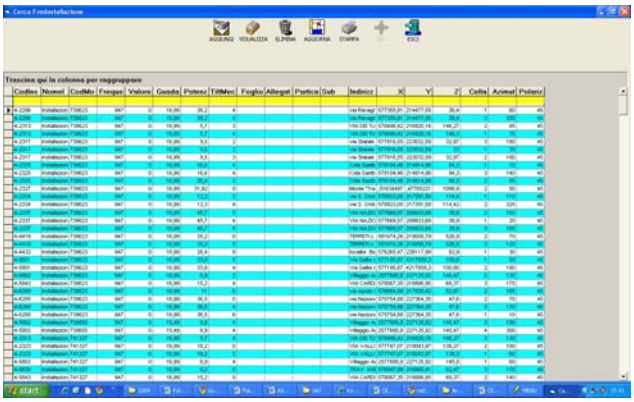


Fig. 2 Software interface. Data BTS

3.2.2 Structure of the software

Contextually has been planned inside DIMET Department a software that allows to use this database like source from which reaching the necessary data in order to operate a control on the levels of pollution produced from the telecommunication systems. For the realization of a software that answers to the requirements before indicated is devised a tool personalized that allows to carry out simulations and at the same time to work on the territory. At this aim it has been developed the software in editor Visual Basic, that it allows to carry out modeling simulation in conditions of far away and free field without considering the contributions of reflections and diffractions by orography of the land and the systems inhabited , mainly precautionary situation. The points of force of the plan are essentially two: the database on which it supports the software and the cartography in digital format, containing the information on the territory. The procedure to follow for the calculations is of the type:

- Insertion in the archives of the identifying and geographic data of the site and all the technical data of the cells;
- Identifying of the site in the area inside the georeferenced archives;
- Preparation of a plan of theoretical appraisal of the electric field irradiated through selection of the studied sites.

To the scope are graphically selected the sites hosting systems (on the same site can coexist more systems). To every site are connected the information of the georeferenced telephony systems with their technical data necessary for the appraisals. From the code of the antenna type and from the frequency, the polarization and tilt electrical for the antenna in the installation site, the software search inside of database the selected antenna type and finds the values of horizontal attenuation and vertical of the chosen antenna associated to the calculation point. Therefore it is possible to visualize the attenuation diagrams by means of image.

3.2.3 Output of the program

Actually calculated values of the electromagnetic fields can be visualized in shape of values of electromagnetic field with punctual esteem of the effective value of the field electrical in correspondence of identified buildings or particularly interesting places. The distances, the height and the angle formed on the plan between direction of maximum radiation and direction of the calculation point, have been manually obtained from the communal cartography while the angle on the vertical plan between direction of maximum radiation and direction of the calculation point and the punctual value of the field has been calculated directly from the software.

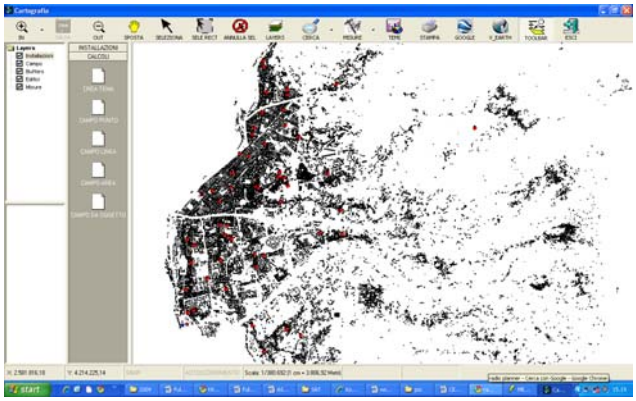


Fig. 3 Software interface. Systems installed on the municipal territory of Reggio Calabria.

It is in phase of experimentation and definition the realization of horizontal maps of the effective value of electric field overlapped to the cartography of the zone selected in which the area of calculation is subdivided in cells (grid) and the software calculates the value of field at the centre of the cells.

3.2.4 Future developments

The improvement of the software to short espects the optimization of the software for realizating horizontal maps of the overlapped levels of field to the cartography of the selected zone; In future the

developments of the software will be able to produce:
- vertical maps of the effective value of electric field in the direction of maximum radiation;
- geographic information on the sensitive areas (destination of built up use city);
- geographic database on which placing the various thematic maps of the level of electromagnetic pollution;
- possibility three-dimensionally to visualize the solid of total irradiation and overlay to the surrounding city environment, using the new cartography of the communal territory.

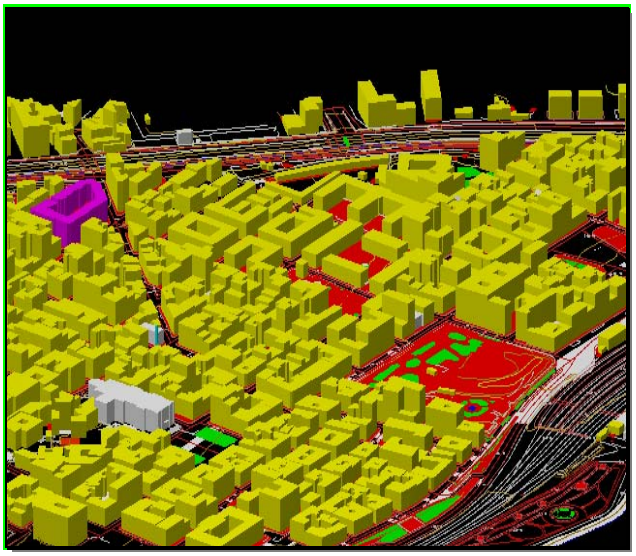


Fig.4 3D view of the municipal territory

3.3 Application

In the case study were placed four systems, one for every single provider. In the application the characteristics of this systems are visible, that is the flat coordinates, the elevation of the electrical center as regarding the ground as on the sea level, the identifying number of the field, the direction of these fields regarding the north, the frequency, the gain and the usable maximum power in escape to the antenna connector. In the orthophoto in the GIS can be identified CEM and the relative sector cells of irradiation organization of the analysis zone, with the sources and the positioning of the points of instrumental measure of the electric field. It is proceeded therefore to the calculation of the contributions of field for every source on the points considered. Moreover, although as said the software is in phase of definition, it is shown a demonstrative application of the realization of the horizontal maps of field in the area of study, considering two of the four present systems. In Fig. 5 is proposed for a demonstrative aim a map of field for an area of 200 meters from sources, than however it does not represent the real distribution of the field values, but it renders only the idea of that they will be turns out once defined the software. The conducted model simulations on the interest points was compared with the results of the instrumental measures with the comparison between the esteem and the "traditional" experience in measurement with probes of wide band.

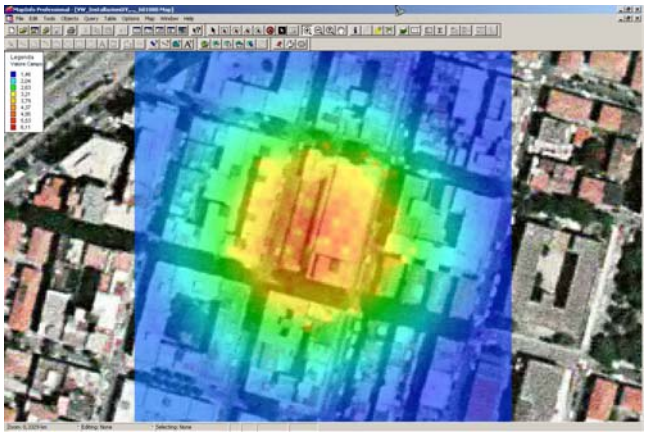


Fig. 5 Horizontal Map of electric field

4 Conclusion

The chosen area is characterized by a peculiar urban place and from an important presence of BTS installed on the buildings. In every point of measure it has been found it is cartographically, with the aid of the ortofoto, is through detector GPS, the exact position of measure. Through the layer of the buildings, it has been moreover found the height from the ground of the measure sensor. From an analysis of the data available the model appraisal overstates in some case is observed that the value effectively measured with the probe to wide band, while in others it is almost coinciding with that measured and in two cases understates the value found with the appropriate instrumentation. Generally the considered model stretches to overstates the values of field systematically then measured. In this case, the values tend to coincide in the comparison points since probably several measures have been realized on the terrace of the buildings, where not there is the presence of obstacles and the model of free space is sufficiently valid. Moreover on analyzed site the providers have active all the carriers for being this a central zone of the city. Naturally for the points where measured value is higher than that estimated, it is necessary to specify that the instrumental measurements can be influenced by the presence of the electric field generated from sources radio-tv, from other emitters for public service, like the antennas of the civil protection, the Fire Departments, of the cross white,

military, various police officers, police, many of which are featured on this site.

References:

[1] P. Bevitori, *"Inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza. Aspetti tecnici, sanitari e normativi. Campi elettromagnetici generati da sistemi fissi di telecomunicazione e dispositivi elettronici"*, Maggioli Editore, 2000, pp. 25-50.

[2] G. Tiné *"Principi di campi elettromagnetici"*. IV Seminario Valutazione e misura dei campi elettromagnetici, 2002.

[3] A. Mucci *"I campi elettromagnetici non sono più sconosciuti"*, I quaderni di Telema, 2004.

[4] Barrile V., Cotroneo F., "*Storage dei dati nei geodatabase"*, VIII ASITA, 2004, pp. 110-119.

GIS supporting the Plan of BTS (Base Transceiver Stations) for mobile network in urban context

VINCENZO BARRILE (*), GIUSEPPE ARMOCIDA (**), GIULIANA BILOTTA (***)
* DIMET - Faculty of Engineering
Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
** Kosmos Group - www.kosmosgis.it
*** PhD NT&ITA – Dep. of Planning - University Iuav of Venice
Santa Croce 191, Tolentini 30135 Venice
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it, armocida.giuseppe@kosmosgis.it, giuliana.bilotta@libero.it

Abstract: - In recent years the technological development in general and the spread on the territory of antennas for mobile phones urged a state of widespread public concern repeatedly verging the social alarm. The need for a greater territorial coverage of mobile telephone service, due to the continuous request of users and to the presence of more operators in the market, led an intensification of the installations that not only made to a progressive decrease the power radiated from individual installations, it also required that they be placed closer to homes with consequent concern of the population for their own health.
It is known that for assessing the levels of electromagnetic field in a particular place or around a given source (thus assessing the potential risk for the population nearby living) should be campaigns to measure or apply the theoretical methods (analytical or numerical).
The Municipality of Reggio Calabria in 2006 started a project having as its main purpose the development of a GIS (Geographic Information System), capable of "storing" the results of measurement campaigns and also to apply a theoretical model for developing scenarios of exposure to electromagnetic field. The aim is to assess whether the presence of fixed installations for cellular phone is compatible with the health of citizens, or if the values of exposure to electromagnetic fields produced by them are within the limits set by law. This was achieved through the implementation of a Geographical Information System able to manage, store, process all data (both alphanumeric that geographical) relating to devices GSM, GPRS, UMTS with also the possibility to update the database (Technical data characteristics antennas) and insert new installations. In addition to the management, GIS is able to calculate the electromagnetic field produced by the antennas. The SIT is therefore the final collector, performing in a single "container" the stacking phase and the monitoring of electromagnetic radiation (in operational band of GSM, GPRS, UMTS), and finally support the phases related to the remediation of areas with anomalous values of the electromagnetic field, thus supporting the planning phase of the distribution of antennas in urban context.

Key-Words: – Electromagnetic fields – Base Transceiver Stations – Mobile Communications – Model for calculating EF – Geographical Information Systems

1 Introduction

Mobile communication systems have to assure a high capability of traffic, but they have (everyone) a band of very limited frequency. This necessity induced the net planners to use the same radio ducts in small size areas, not contiguous each other (the "cells", exactly), multiplying therefore the number of the receiving stations and transmitters, said Base Transceiver Stations, designed to cover a specific area of territory. The structure of the “cellular” nets concurs therefore to increase very much the high system capacity.
The communication systems are distinguished in substantial way from radio and television spread systems because they use, for supplying this service at national level, some thousands of radio base stations, equipped with transmitters emitting, only in specific conditions, powers of some ten of Watt, while the net of emitters of a single radio TV national operator made of few hundreds of emitters that irradiate with continuity powers to radio frequency of thousands or tens of thousands of Watt.
The information and these notes make reference to systems GSM to 900 and 1800 MHz, than to world-wide level now represents the standard of dominant cellular telephony. In Italy is also used by the overwhelming majority of the customers. Modern cellular telephones operating with GSM standard are able to working also with an signal incoming to the

antenna of 10-10 mW. It happens, in fact, that the radio base stations irradiate, for simultaneously diminishing the risks of interference between various channels, signal only when necessary and sufficient at minimal level for assuring, moment for moment, the quality of the connection. Therefore the nominal power of the emitter, so as the nominal power of telephones, does not represent effectively the power with which the signal is transmitted with continuity, as instead it happens for the radio television systems, but only the peak power that the emitters are able to distributing. This is only demanded in exceptional cases and for negligible periods of time, like, as an example, when a telephone is in the extreme limit of the area of cover of a Base Transceiver Station.



Fig.1: Left, BTS with tri-cellular site; Right, BTS single antenna with dual polarization.

2 The electromagnetic field

For succeeding in the attempt to contain as less as possible the power of transmission signal, system GSM provides three various functionalities: the static control of the transmission power, the dynamic control of the transmission power and the transmission batch processing line. The emitters of the BTS of system GSM are planned following, on the whole, two guiding lines. In the case the stations are destined to cover territories extra-city, are installed apparatuses for signal transmitting with a sufficient power to cover cells of remarkable extension, until a few ten of kilometers. These are emitters able to distributing to the antenna the maximum power of 40 W for 1800 MHz band and of 60 W for the 900 MHz band. In the case of BTS situated in the city areas, the technical choices are considerable various. In this case, in fact, the cells, for being able to sustain a traffic the much most intense than that characterizing the areas extra-city, have a radius of little hundreds of meters. The power of signal transmission necessary for catching up customers who are near limits of the cell, even if masked from buildings or other structures, is very smaller. So the maximum power of the signal transmission is set up within lower limits. It is that one that, in technical terms, is called "configuration power", and that, in city within, it is in a generalized manner fixed on values comprised between 5 and 20 W. It must be considered that the power that arrives to the antenna is ulteriorly reduced to approximately a third party of the power of configuration for the losses in the apparatuses that allow to couple to the same antenna more emitters and the losses in the connection cables. It also exists a mechanism of "dynamics" reduction of the transmission power. This is a feature present in BTS and in individual phones: it allows continuously monitoring the level for every conversation, according to the measures, to adjust continuously, moment to moment, the minimum power level transmitters necessary to maintain an adequate quality of connection.

The dynamic control can reduce power output from the transmitter base station and mobile up to a thousandth of the power configuration set at the project level.



Fig.2: Some typical antennas used in the BTS.

Therefore, in the reasonable hypothesis of a uniform distribution of the user in the area covered by the cell, the medium power distributed from the BTS towards the customers during the conversations is consistently lower than the configuration power. Measures recently carried out from France Telecom in the area of Paris confirmed that the medium power of both mobile phones and BTS (understanding like average of the power that in the various moments mobile phones emit in conversation towards BTS

and these emit towards the mobile phones) are equal to approximately the 25 percent of the configuration power. To this purpose, it must be observed that if it was decided, in the attempt to perhaps reduce the so-called "electromagnetic pollution", to install a few BTS remarkably separated from each other, to the limit of the residential areas, with the same distribution on the territory of the coming traffic from the mobile phones, the "pollution" would substantially increase.. This because, for maintaining the signal that reaches mobile phones and the BTS within the reception threshold, would be necessary setting the BTS at the maximum level of exit. The automatic control of the transmission power would force BTS and mobile phones to transmit almost always to the maximum level. Ultimately the generated electromagnetic field from several sources would be greater. It exists, finally, a third mechanism that contributes to limit in meaningful measure the transmission power and, therefore, to diminish the emission of electromagnetic field of the apparatuses of mobile telephony nets. In traffic absence, the BTS, in fact, constantly and continuously irradiates at the configuration power on a single carrier radio, precisely the one that works as "beacon" to the mobile phones in the cover area. This allows every mobile phone to recognize the presence of the net and receive the calls and all the necessary information to the operation of the system. This same carrier can accept until to 6-7 telephone conversations at the same time, without that this produces an increment of the issued power. All the other carrier that are in the cell (inferior or normally equal to six, with a maximum, very rare, of twelve) can accept all 8 channels at time division and transmit power on everyone of the 8 channels only when the single channel is engaged and the customer connected from the fixed net with a mobile phone produces voice activity. Finally, the mechanism of the transmission batch processing line DTX concurs to understand who between the two interlocutors of the conversation is talking, so it actives the single channel of transmission only when the customer, caught from the BTS, is in listening position. Also the UMTS system allows to define a power of feeding of the antenna corresponding to conditions of the highest emission and the functionalities of power control, and DTX contribute to diminish the transmitted power.

In the UMTS there is also a mechanism of admission control. This technology, in order to allowing to vary the power for the customers who have already an active connection, provides for the rejection of new requests when is reached the prefixed threshold percentage of the maximum power available. Moreover the UMTS system can provide a TX diversity mechanism, consisting in the possibility to transmit in downlink on two various antennas oriented in the same direction the same one less signals (of the channel pilot): it is necessary to emphasize that it does not involve an increase of the power. In fact, in a typical implementation, the same power available would be subdivided on two branches of transmission: in absence of the TX diversity, the power demanded for the single channel turns out reduced because of a greater efficiency in reception.

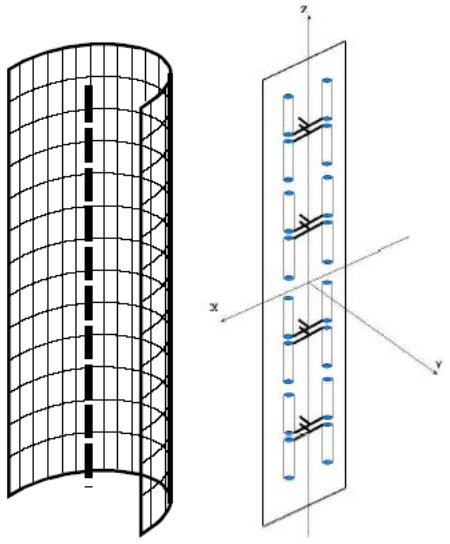


Fig.3: Drawings of antennas: reflector semi-cylindrical and rectangular.

Therefore seems necessary to make three ulterior considerations. The first is that for assuring the necessary quality of the service, the BTS are dimensioned for having at most a loss of 2 percent in the hour of maximum traffic. In practical, this means that every customer has the 98 percent of probability to find a free channel when he tries to access the network. This involves that the probability that all the channels of a cell are active in the same time also in the hour of maximum traffic is in truth very low. The second consideration regards the traffic disposed in the hours not of tip of the day, that it is, in percentage, very low, near to zero in the nocturnal hours. The third consideration leaves from the fact that the phonic activity and the signalling activity between BTS and cellular demands that it generate signal only in the 70 percent of the time, value that represents the worse case in the hypothesis of a strong background noise (as an example in railway stations or airport). After all, it can be concluded that the electromagnetic field generated from a BTS is very inferior to what could be calculated using traditional algorithms, like those used for the wireless and TV emitters. All this appears then still more important when it is considered that all the

relative estimates of the electromagnetic field generated from a BTS up to now executed using the methodologies habitually in use for radio TV emitters gave outcomes of the all reassuring: the field values calculated are always turn out inferior than limits previewed from the national legislation and, to greater reason, from the European recommendations.

2.1 The model used

For being able to estimate the levels of electromagnetic field in a particular environment or around a given source (and therefore to estimate potential risk to which is subjected population nearby resident) is necessary realizing measure campaigns or to apply some theoretical methods (analitic or numerical) [1]. These are more fast, practical and economic than measure campaigns. The formula of "field far away" allows to estimate the field far away using a valid relation in conditions of far field and a situation of free space, that is avoiding to consider the reflections from the land, the buildings, the vegetation and eventually present orographic conditions. Such expression concurs to estimate the electric field (E, expressed in V/m), and the hypothesis of flat wave the magnetic field (H, expressed in A/m) and the density of power (S, expressed in W/m2) which are quantity directly inferred from the electric field, to which they are linked from the relation of flat wave,

$$S = \frac{E^2}{\eta} = \frac{E^2}{377} = 377 * H^2 \quad (1)$$

Some of the parameters that enter in game in the formula of far away field will be widely described later on.

2.1.1 Calculation of electromagnetic field levels

For the typical frequencies of the BTS and for the distances in game the condition of "field far away" can be satisfactory. In fact, in the case of the systems of mobile telephony, the wavelength is 0,333 meters in the case of the band to 900 MHz and 0,166 meters in the case of the band to 1800 MHz. We can consider that at a distance higher than few meters from the emission point (as an example a standard antenna with height of L=1,3 m) the electromagnetic wave is considerable as a wave flat and therefore the intensity of electric field and magnetic field is constant and proportioned. In particular for GSM system to 900 MHz is verified the condition of field far away at

$$\frac{2d^2}{\lambda} = 10 \text{ m} \quad (2)$$

Therefore, to great distance from the source, the expression that allows to estimate the power density is as follows and we can obtain it if we know the antenna gain value and the feeding power through the relation:

$$S(\theta, \varphi) = \frac{P \cdot G(\theta, \varphi)}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (3)$$

Where d , θ and φ are the point of evaluation of power density in a spherical system of coordinates reported to electric centre of the source.

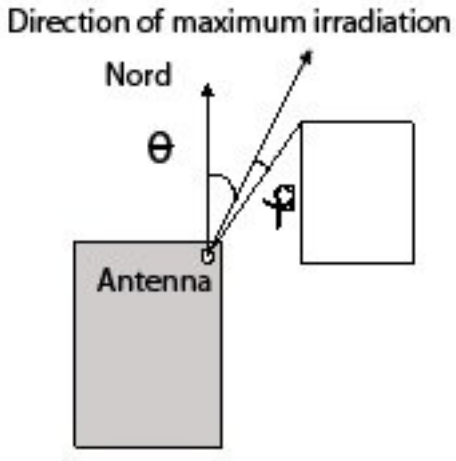


Fig.4: Assessment in plant of the angle formed between the direction of maximum radiation and the point of calculation.

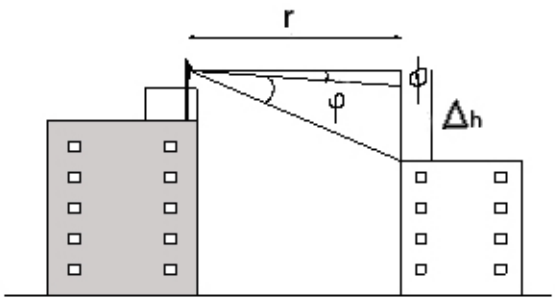


Fig.5: Assessment section on the angle formed between the direction of maximum radiation and the point of calculation.

Such expression can be obtained through appropriate considerations from the power transmitted by the antenna, its gain, the received power considering a receiving antenna and its effective area, defined power as the relationship between the power received available for loading and the density of power in absence of the antenna. By applying the relationship of impedance in terms of electric field we can get:

$$E = \frac{\sqrt{30 * P * G(\theta, \varphi)}}{d} \quad (4)$$

Where:
E = electric field in V/m;
P = power irradiated from the antenna in W;
θ = angle in the horizontal plan between the direction observation antenna-point and the direction of maximum irradiation of the antenna;
φ = angle in the vertical plan between the direction observation antenna-point and the direction of maximum irradiation of the antenna;
$G(\theta, \varphi) = 10^{dBi/10}$ gain of the antenna in the considered direction;
d = distance (m) between electric centre of the antenna and the point where we want calculate E. For the appraisal is necessary therefore the complete acquaintance of the radio-electric data of the system.

2.1.2 Calculation of the levels of field in presence more sources

In the greater part of the real situations we find more transmitters antennas that, working on various systems, cover the same fields or they have diagrams of irradiation meaningfully overlapped with the main lobes.

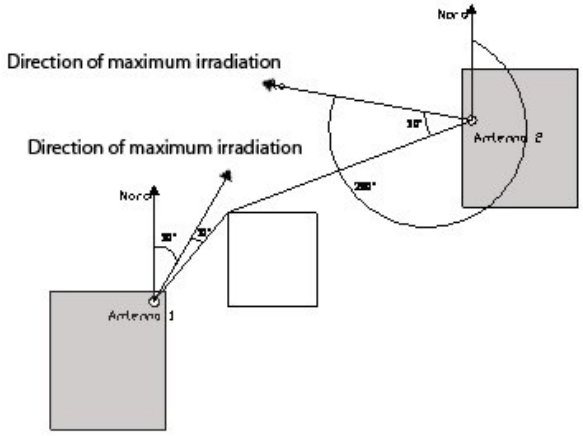


Fig.6: Calculation of the field in presence of several sources - Plan.

Naturally it is necessary to estimate the electric fields generated taking into account at the same time the emissions of every single antenna [2]. Considering that the sources of signal turn out not correlated, the contributions of field are quadratic added, so the electric field in a point will be:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} E_i^2} \quad (5)$$

Where N is total number of sources that generate the total field.

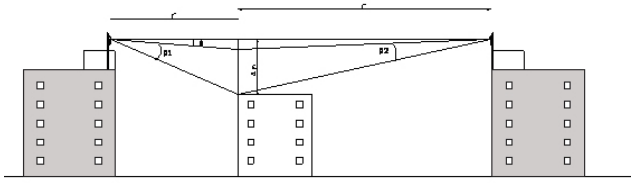


Fig.7: Calculation of the field in presence of several sources - Section.

2.2 Measuring stations

Generally, the chosen criteria of the points for survey, the frequency of sampling and the characteristics of the measure systems strongly depend on the preventive acquaintance of the territory to monitoring, particularly as regards sources (number, spatial distribution , characteristic emissive) and the levels of electromagnetic field emitted (definition of sites "hot" and of priorities of monitoring). Where possible, or when we know the characteristics of sources, it is opportune to make of the forecasts of principle about the expected values of electromagnetic field. From these forecasts we get the first indications for the choice of the instrument and the sensors to choose (Fig.8). On the planimetry of the places that must be controlled (are they not built up areas, city roads and areas, buildings and parts of they) we determine the points of reference for which detailed forecasts of field will be come true.



Fig.8: Unit of measure installed in the area of study.

The measure points are characterized in correspondence of the zones of maximum radiation of the systems and in proximity of the pertinence zones of the nearest rooms, particularly in the buildings with equal height than the installation site.

3 Implementation of GIS software

The geographic information system was realized in various steps and has demanded much time is for to get the data employed and for the implementation of the instrument survey necessary for to know the coordinates of some sites and the electric field values. In the first place, the first phase has been dedicated to the collection of the necessary data in order to know the exact positioning of the systems installed on the municipal territory of Reggio Calabria. For being able to then realize the calculation in the area of study (sited in Piazza della Libertà) had to be known radio electric characteristics of the installed systems. The relative data for registering the systems have been supplied from three of the four main providers of mobile telephony, while has been possible to have all the characteristics of the systems sited in buildings adjacent to the Piazza della Libertà. In table 1 is indicated the total number of installations in the territory of Reggio Calabria for every provider..

Provider	BTS number
1	51
2	30
3	42

Table 1: Number of BTS in Reggio Calabria for every provider

3.1 Catalog mobile telephony systems

Data deemed necessary to define a site are:
- Provider;
- Municipality - Address - Province;
- Elevation;
- Coordinates

So it is possible to georeference sources and to visualize therefore the impact on the land and the surrounding buildings. For registering of the sites it has been necessary to use the CartLab software, release 1.0, because the coordinates of the sites were provided, by some providers, with geodetic system of reference the European Datum 1950, while the orthophoto of the Reggio Calabria city are in the national system (ROME 40) and are in coordinates GAUSS-BOAGA. So with the CartLab software we had, at first, proceeded to operate a passage between systems subsequently, carrying geographic coordinates ED 50 of the sites in geographic coordinates ROME 40, these geographic coordinates were converted in coordinates plane GAUSS-BOAGA. After that, we used ArcGIS software of ESRI for the realization of the installation cadastre.

Initially, through the tool ArcCatalog, we created the shape-file named 'siti' and 'celle' of point type. Then in the other tool ArcMap are load these shape-file and the file with extension ECWw related to orthophoto of Reggio Calabria city, obtaining for everyone various layer correspondents. Later we populated the layer 'siti', by knowing the plane coordinates, and we obtained an appropriate point on the installation site, and for this layer 'siti' we created and populated the attributes id, address, coordinated X, coordinated Y, elevation. For privacy on the name of the providers we indicated for every site all the points with identical colour (green circle), not allowing therefore any distinction of the telephone company owner of the site. Finally we proceeded with the digitalization of the buildings through appropriate shape-file 'Buildings' of type polygon and with the creation of the layer buildings containing all the buildings of the city of Reggio Calabria, having as attributes the altitude of the buildings at the foot and the elevation at eaves, and also the type of building (generic, industrial use, school, church, hospital). The availability of the communal cartography in scale 1:2000 allows, once placed the systems on the installation site, to identify in proximity of the source buildings particularly exposed with height similar to the installation elevation of the BTS or buildings along directions of maximum radiation or sensitive sites like schools, hospitals. Closed the insertion of the systems, in Fig. 9 is shown the impact of the BTS on the communal territory of Reggio Calabria.

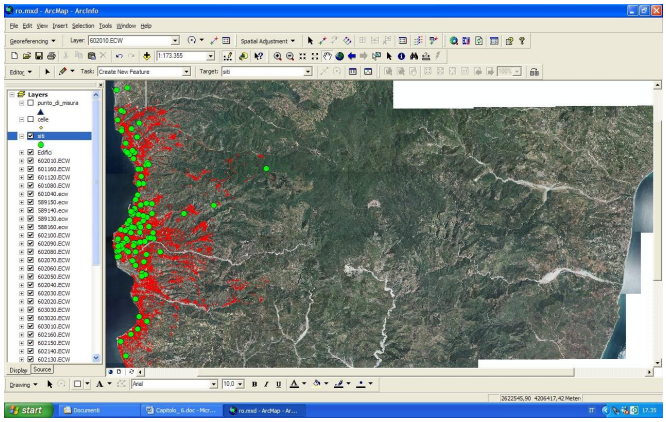


Fig.9: Impact of the BTS on the municipal territory of Reggio Calabria.

3.2 Features and functionality of the realized software

For evaluating the levels of field electrical through the field expression far away we have created a software of calculation still in experimentation phase. For the realization of this software it has been

necessary to create a database that collects the information to manage, allowing at the same time of having a centralized cadastre of sites, beyond to the archives on used GIS..

3.2.1 Database structure

This database has been realized through applicative SQL Server Enterprise Manager that has allowed to create some tables then related creating a classic model entity-relations. The main entity of the db is the table ANTENNA, with its id as primary key. In the table antenna there are also the attributes related to the gain and an attribute in order to allow the insertion of the images of the system available and the id of other tables MODEL ANTENNA, POLARIZATION, FREQUENCY, TILT ELECTRICAL WORKER in which are attributes, beside id and code, also numerical value and the sign for the polarization. These tables are connected with relations many to one to the table ANTENNAS (that is for every antenna are a single value of frequency, one only of tilt, one only of polarization). In the table MODEL ANTENNA there are the relative attributes as code model and the id of the constructor, further than the description of the antenna type. Therefore, connected to it with relation one to one, there is the table CONSTRUCTOR with just id and code, corporate name, address, etc.).

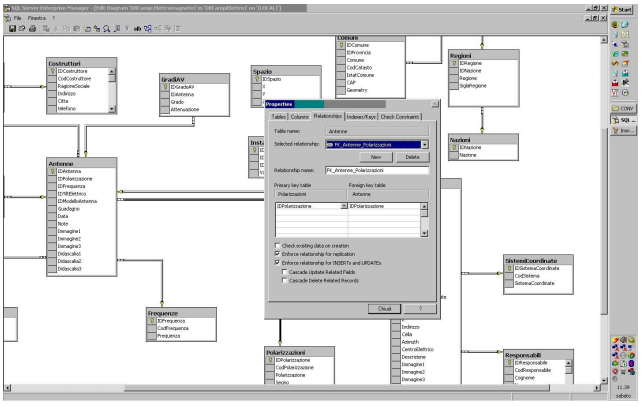


Fig.10: Building the diagram in SQL Server Enterprise Manager.

Moreover to the table ANTENNAS the tables are related DEGREE AO and DEGREE AV (relation one to one), than beyond to id the degree and to id the antenna contain the attributes degree and attenuation in order to insert the values associated. The table INSTALLATION concurs to estimate for every antenna all the characteristics on localization (Address, section, sheet, attached, particle, coordinated X,Y, Z etc.) and radio-electric (power, tilt mechanic, number of cell, height centre electrical, azimuth, etc.). To it connected with relation one to one we have the CO-ORDINATE tables SYSTEMS (Id, Code, System coord.) and RESPONSIBLES (Id, Code, Name, Address, etc.) in order to characterize the type of used coordinates and the provider of the system. Moreover, connected to the table INSTALLATION there is that COMMON (Common Id, Id Province, Common, CAP, etc), with in its turn connected the tables PROVINCES, REGIONS, NATIONS, all between they tied from relation one to one. Finally in order to concur the calculation of the values field generated from various installations we created table INSTALLAZIONISPAZIO (Id, Id Spazio, Id Installations, Value) with the attribute Value that takes the value of field estimated from the software for the single installation.

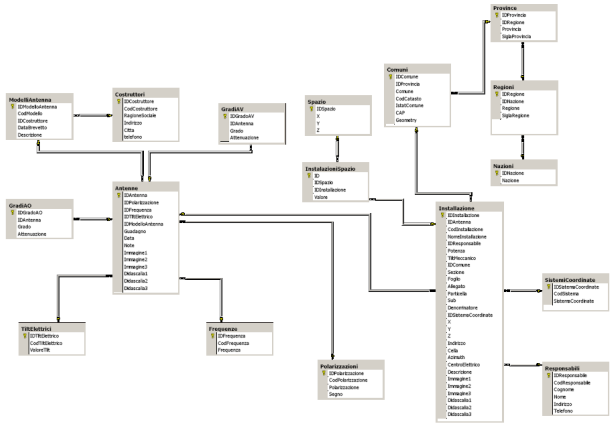


Fig.11: DB Diagram.

To table INSTALLAZIONISPAZIO the relative table is tied SPAZIO of the calculation grid of the electric field who then allows to consider the values generated in the point with appropriate coordinates and to carry out the quadratic sum. In Fig. 12 we can see the final database with the insertion of the existing relations between the tables, created selecting the commando new database diagram.

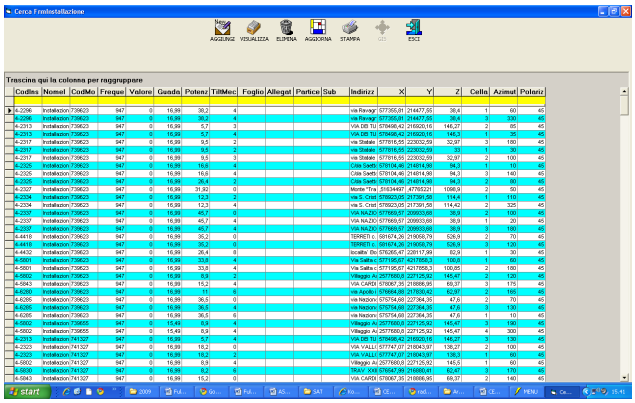


Fig.12: Software interface. BTS Data

3.2.2 Structure of the software

Contextually has been planned inside DIMET Department a software that allows to use this database like source from which reaching the necessary data in order to operate a control on the levels of pollution produced from the telecommunication systems. For the realization of a software that answers to the requirements before indicated is devised a tool personalized that allows to carry out simulations and at the same time to work on the territory.

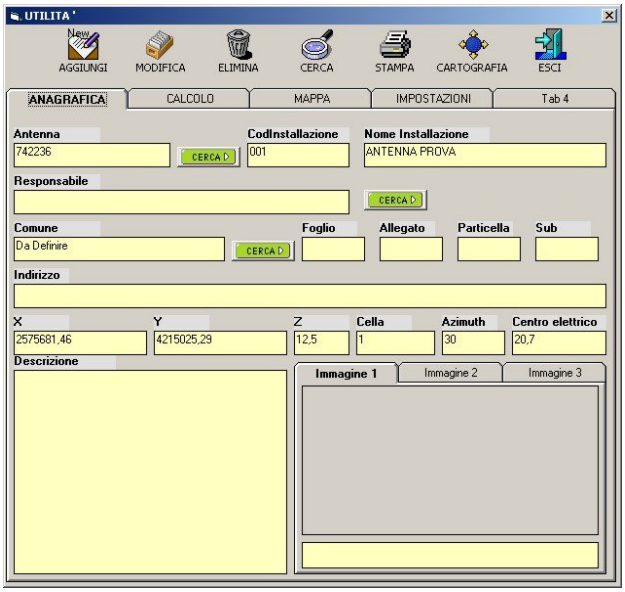


Fig.13: Mask with key accounts and geographic information.

At this aim it has been developed the software in editor Visual Basic, that it allows to carry out modeling simulation in conditions of far away and free field without considering the contributions of reflections and diffractions by orography of the land and the systems inhabited , mainly precautionary situation. The points of force of the plan are essentially two: the database on which it supports the software and the cartography in digital format, containing the information on the territory. The procedure to follow for the calculations is of the type:

- Insertion in the archives of the identifying and geographic data of the site and all the technical data of the cells;
- Identifying of the site in the area inside the georeferenced archives;
- Preparation of a plan of theoretical appraisal of the electric field irradiated through selection of the studied sites.

To the scope are graphically selected the sites hosting systems (on the same site can coexist more systems). To every site are connected the information of the georeferenced telephony systems with their technical data necessary for the appraisals. From the code of the antenna type and from the frequency, the polarization and tilt electrical for the antenna in the installation site, the software search inside of database the selected antenna type and finds the values of horizontal attenuation and vertical of the chosen antenna associated to the calculation point. Therefore it is possible to visualize the attenuation diagrams by means of image.

3.2.3 Output of the program

Actually calculated values of the electromagnetic fields can be visualized in shape of values of electromagnetic field with punctual esteem of the effective value of the field electrical in correspondence of identified buildings or particularly interesting places. The distances, the height and the angle formed on the plan between direction of maximum radiation and direction of the calculation point, have been manually obtained from the communal cartography while the angle on the vertical plan between direction of maximum radiation and direction of the calculation point and the punctual value of the field has been calculated directly from the software.

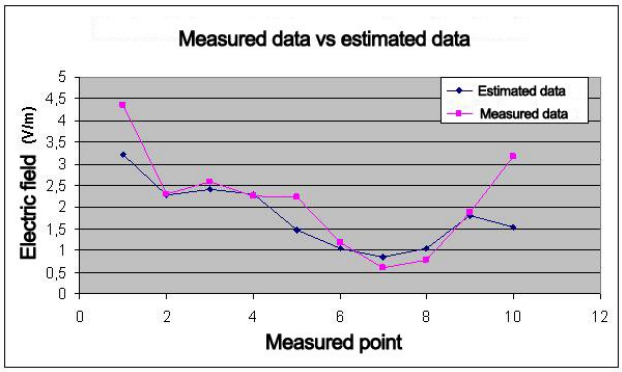


Fig.14: Measured data vs. estimated data.

The measured values and predicted values have good correlation, but the differences between them have a considerable variability [7], because between the different points were different conditions in which the measures were carried out, with regard to:

- Presence of barriers at some points of measurement;
- Presence of reflective surfaces between the different points;
- Fluctuations in the power of the plant.

In literature there are several treatises concerning the modeling of the effects of field. In particular, the applications refer to the calculation of the electromagnetic field through the use of programs. These SW, performing very well in 3D, on the

contrary are limited by the computational burden and a limited scope of analysis; in recent years we have witnessed a data integration output within GIS applications [8] [6] [5].

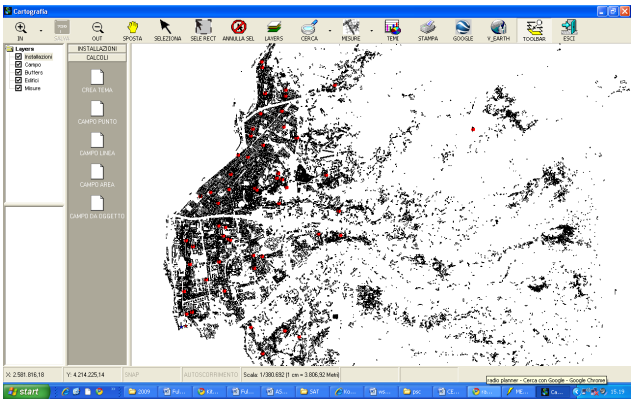


Fig.15: Software interface. Systems installed on the municipal territory of Reggio Calabria.

It is in phase of experimentation and definition the realization of horizontal maps of the effective value of electric field overlapped to the cartography of the zone selected in which the area of calculation is subdivided in cells (grid) and the software calculates the value of field at the centre of the cells.

3.2.4 Future developments

The improvement of the software to short espects the optimization of the software for realizating horizontal maps of the overlapped levels of field to the cartography of the selected zone;

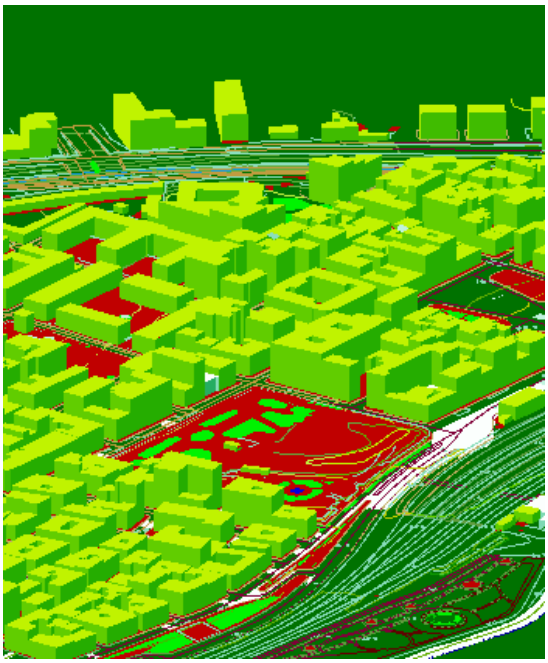


Fig.16: 3D view of the municipal territory.

In future the developments of the software will be able to produce:
- vertical maps of the effective value of electric field in the direction of maximum radiation;
- geographic information on the sensitive areas (destination of built up use city);
- geographic database on which placing the various thematic maps of the level of electromagnetic pollution;
- possibility three-dimensionally to visualize the solid of total irradiation and overlay to the surrounding city environment, using the new cartography of the communal territory.

3.3 Application

In the case study were placed four systems, one for every single provider. In the application the characteristics of this systems are visible, that is the flat coordinates, the elevation of the electrical center as regarding the ground as on the sea level, the identifying number of the field, the direction of these fields regarding the north, the frequency, the gain and the usable maximum power in escape to the antenna connector. In the orthophoto in the GIS can be identified CEM and the relative sector cells of irradiation organization of the analysis zone, with the sources and the positioning of the points of instrumental measure of the electric field. It is proceeded therefore to the calculation of the contributions of field for every source on the points considered. Moreover, although as said the software is in phase of definition, it is shown a demonstrative application of the realization of the horizontal maps of field in the area of study, considering two of the four present systems.

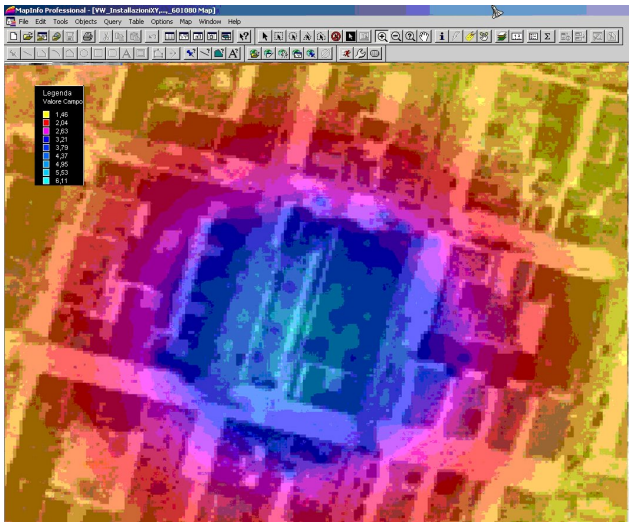


Fig.17: Output effects of EM field on cartography.

In Fig. 17 is proposed for a demonstrative aim a map of field for an area of 200 meters from sources, than however it does not represent the real distribution of the field values, but it renders only the idea of that they will be turns out once defined the software.
The conducted model simulations on the interest points was compared with the results of the instrumental measures with the comparison between the esteem and the "traditional" experience in measurement with probes of wide band.

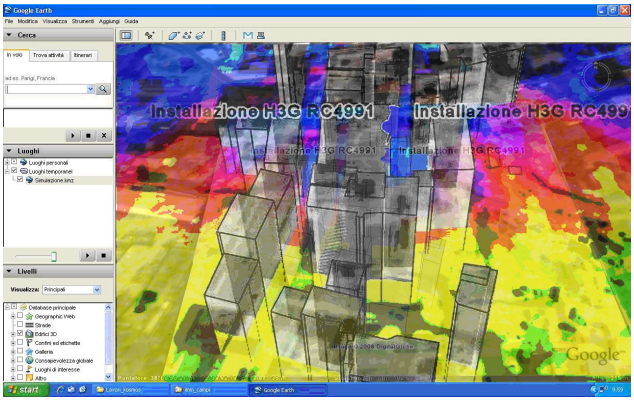


Fig.18: Horizontal Map of electric field. Google earth simulation.

4 Conclusion

The chosen area is characterized by a peculiar urban place and from an important presence of BTS installed on the buildings. In every point of measure it has been found it is cartographically, with the aid of the ortofoto, is through detector GPS, the exact position of measure. Through the layer of the buildings, it has been moreover found the height from the ground of the measure sensor. From an analysis of the data available the model appraisal overstates in some case is observed that the value effectively measured with the probe to wide band, while in others it is almost coinciding with that measured and in two cases understates the value found with the appropriate instrumentation. Generally the considered model stretches to overstates the values of field systematically then measured. In this case, the values tend to coincide in the comparison points since probably several measures have been realized on the terrace of the buildings, where not there is the presence of obstacles and the model of free space is sufficiently valid. Moreover on analyzed site the providers have active all the carriers for being this a central zone of the city. Naturally for the points where measured value is higher than that estimated, it is necessary to specify that the instrumental measurements can be influenced by the presence of the electric field generated from sources radio-tv, from other emitters for public service, like the antennas of the civil protection, the Fire Departments, of the cross white, military, various police officers, police, many of which are featured on this site.

References:

[1] P. Bevitori, *Inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza. Aspetti tecnici, sanitari e normativi. Campi elettromagnetici generati da sistemi fissi di telecomunicazione e dispositivi elettronici*, Maggioli Editore, 2000, pp. 25-50.

[2] G. Tiné, *Principi di campi elettromagnetici.* IV Seminario Valutazione e misura dei campi elettromagnetici, 2002.

[3] A. Mucci, *I campi elettromagnetici non sono più sconosciuti*, I quaderni di Telema, 2004.

[4] Barrile V., Cotroneo F., *Storage dei dati nei geodatabase*, VIII ASITA, 2004, pp. 110-119.

[5] A. Ammoscato, R. Corsale, G. Dardanelli, A Scianna, B. Villa, *Metodologie di rappresentazione 3D di campi elettromagnetici mediante tecniche GIS open source* SIFET 2006.

[6] A. Ammoscato, R. Corsale, G. Dardanelli, A. Scianna, B. Villa, **"**GPS-GIS integrated system for electromagnetic pollution", *The International Archives of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008, pp. 491-498.

[7] F. Andolfato, A. Schiavinato *Esempio di valutazione dell'incertezza nella misura dei campi elettromagnetici a radiofrequenza con sonda a banda larga*, ARPAV – DAP Treviso.

[8] Z. Zhongyuan, L. Guishu, Cui Xiang, "The calculation of the 3D-electromagnetic fields in GIS using the numerical electromagnetic code", *Environmental Electromagnetics*. CEEM 2003. Proceedings. Asia-Pacific Conference on Volume, Issue , 4-7 Nov. 2003, pp. 360-366.

[9] J. J. Hamad-Ameen, "Cell Planning in GSM Mobile", *Wseas Transactions on Communications,* Issue 5, Volume 7, May 2008, pp. 393-398.

[10] M. Ibrani-Pllana, L. Ahma, E. Hamiti, R. Sefa, "Human exposure assessment in the vicinity of 900 MHz GSM base station antenna", *Wseas Transactions on Communications*, Issue 4, Volume 7, Apr. 2008, pp. 229-234.

[11] Z. Lu, T. Zhang, J. Han, P. Fahamuel, "Design of Optimal Space-Time Codes in TDD/TDMA 4G systems", *Wseas Transactions on Communications*, Issue 1, Volume 7, Jan. 2008, pp. 15-25.

Remote Sensing Imagery for Soil Characterization: a Wavelet Neural Data Fusion Approach

VINCENZO BARRILE (*), GIUSEPPE ARMOCIDA (*), GIULIANA BILOTTA (**)
* Department DIMET - Faculty of Engineering
Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
ITALY
** Department of Planning - PhD NT&ITA -
University IUAV of Venice
Santa Croce 191, Tolentini 30135 Venice
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it armocida.g@libero.it giulianabilotta@libero.it

Abstract: - Technological advances in remote sensing imagery allows to obtain high resolution images, helpful in soil characterizing, monitoring and predicting natural hazards. On the other hand, the different kind of in-service sensors allows inferences on a large frequency band. In spite of this, due to the increasing requirements of industrial and civil entities, the academic research is actually involved in improving the quality of imageries. The aim is to implement automatic tools able to work in real-time applications, above all in order to solve pattern identification problem in remote sensing. Within this framework, our work proposes a data fusion methodology, based on the Multiscale Kalman Filter, in order to improve soil characterization in Synthetic Aperture Radar surveys.

Key-Words: Data fusion - Neural Networks - Multiscale Kalman Filter – Pattern recognition

1 Introduction

Remote sensing imageries are nowadays very useful in many scientific, civil and military frameworks. A special interest involves the land monitoring in order to improve and make better soil exploitation and land usage. That's why an automatic system able to identify the ground composition could be very useful for civil defence authorities as well as for economic and industrial aims. A valid help can be brought just by remote sensing, since images captured by airborne or satellite can be very descriptive of a relatively large geographical area or, on the contrary, can provide useful information of a restricted zone with very good resolutions, according to the exploited sensors. In this context, the cheapest information can be provided by images obtained from satellites operating into the visual or infrared spectra, but they do not allow to make such inferences above described. This kind of problem, in fact, can be considered as an inverse problem of pattern recognition, which has a definite place in remote sensing, particularly because of its effectiveness in geospatial analysis (see [1] and references within). Moreover, it can be definitely defined as an ill-posed problem, since different kind of soils/areas can response in the same way within the visual frequency range of the electromagnetic spectrum.

A correct solution of pattern recognition problems in remote sensing could be very useful in such frameworks as urban growth of developing countries: here, suburbs are usually composed by unauthorized buildings often constructed without considering the real characteristics of the territory. Moreover, a correct soil classification could improve the agricultural activities.

Usually, traditional pixel or object based classification techniques have more difficulties to deal with classes automatically extracted from very high resolution images. On the contrary, a solution can be approached by a joint use of RGB and infrared images in a sort of data fusion methodology, and exploiting Soft Computing techniques such as Neural Networks to well-pose the problem of land characterization. The new advances in Soft Computing, in fact, make these techniques very reliable for such applications, with the advantage of implementing a real-time classifier able to detect peculiar characteristics of a particular area (please, see [2], [3] and references within). Our proposed approach started from IKONOS images and is divided in two steps: the first one is based on a data fusion approach in order to obtain an image having a higher resolution than the starting images. The latter step is the proper classification procedure, starting from the data fusion's useful output. Thus, A Multiscale Kalman Filter (MKF) has been applied to fuse red, green, blue and near-infrared images. Subsequently, peculiar numerical quantities able to discriminate the various kinds of soil have been extracted from the obtained quality-increased image by means of the Wavelet Transform (WT) [4, 5]. Finally, a Multi-Layer Perceptron Artificial Neural Network (MLPANN) [6, 7, 8] has been suitably trained and tested in order to automatically detect each kind of area. During the whole procedure, great care has been paid to reduce as much as possible the number of selected

features used as MLPANN inputs, in order to overcome the classical problem of "curse of dimensionality", i.e. the increase of system complexity without remarkable advantages in terms of classification performances, due to an excessive number of training inputs. In this way, a fast and robust system can be implemented for a real-time help to the authorities in land monitoring.

2 The data fusion approach for image quality enhancing

Data fusion [9, 10, 11] can be defined as the synergistic use of knowledge from different sources to assist in the overall understanding of a phenomenon: data fusion algorithms can be broadly classified as either phenomenological or non-phenomenological.

Phenomenological algorithms utilize a knowledge of the underlying physical processes as a basis for deriving the procedure for fusing data. Non-phenomenological approaches, in contrast, tend to ignore the physical process and attempt to fuse information using the statistics associated with individual segments of data. Research on the subject of data fusion aims to obtain more comprehensive information about the system analyzed by using the strategy of combining information from multiple sensors. Particularly for the image sensor, the recent advances in this field make possible to combine information across the electromagnetic spectrum by the fusion of multi-modal images, i.e. by the so called image fusion. The general procedure for image fusion is depicted in Fig.1 [12].

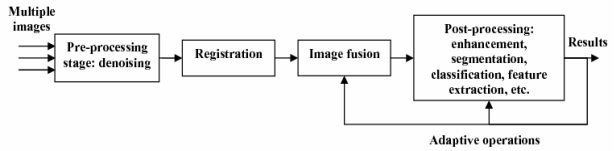


Fig.1: Block schema of the general image fusion procedure

A lot of different algorithms exploiting well known image fusion techniques are available in scientific literature (see (**Error! Bookmark not defined.**,**Error! Bookmark not defined.**,**Error! Bookmark not defined.**) and references within). The most known image fusion algorithms are based on Optimal Filtering (OF), Multi-Resolution Analysis (MRA), Bayesian inference, Dempster-Shafer Theory (DST), or even heuristic methods such as Artificial Neural Networks (ANN). Here, we introduce an innovative data fusion algorithms, i.e. the exploited MKF.

3 The MKF algorithm: how to merge multiple images at different scales

The MKF technique belongs to the realm of multiresolution stochastic processes [13, 14], where one-dimensional time series or multidimensional images have a time-like variable, commonly referred to as scale. Therefore, the MKF algorithm merges data at different resolution scales. Loosely speaking, an image (2D signal) can be decomposed from the coarse to the fine resolution. At the coarsest resolution, the signal will consist of a single value. At the next resolution, there are $m=4$ values, and, in general, at the m-th resolution, we obtain q^m values. The values of the multiscale representation can be described on the index set (m,i,j), where m represents the resolution and (i,j) the location index. The scale-to-scale decomposition can be schematically depicted as a tree structure. Resuming, the estimation of the state (i.e., the image at the different merging resolution) by the MKF proceeds along the following steps: (1) initialization, corresponding to the finest scale node; (2) upward step, used to estimate the state and the error co-variance matrices by combining the available measurements and the predicted values (for each node we obtain q predictions from each of the q child nodes; they are subsequently merged to obtain a single prediction); (3) downward step, in which the information is propagated downward after the upward step is completed; the estimation at a particular node in the downward step is equal to the sum of its estimate in the upward step and the difference in the estimations of the parent node in the downward and upward step weighted by a suitable coefficient.

4 Experimentations

As described within the introduction, our experimentation has been based on IKONOS images taken on Bagnara Calabra (Calabria region, province of Reggio Calabria, into the South Italy, LON 15° 49' 0" E, LAT 38° 17' 0" N). The considered channels for the MKF are the following: red, green, blue and near-infrared channels. Characteristics of surveys are resumed into Table 1. Original images have a resolution of 1991x1979 pixels; they have been cut considering the area (508,5)x(1991,1206): in this way, the considered images have a resolution of 1483x1201 pixels. Fig,2 draws the sources at the different bands.

Channel	Bits/ Pixel	Datum	Projection	Resolution	Dimensions
Pancromatic	11	WGS84	UTM 33 N	1 m	7964x7916 pixel
Red, Green, Blue, NIR	11	WGS84	UTM 33 N	4 m	1991x1979 pixel

Table 1: Characteristics of IKONOS survey.

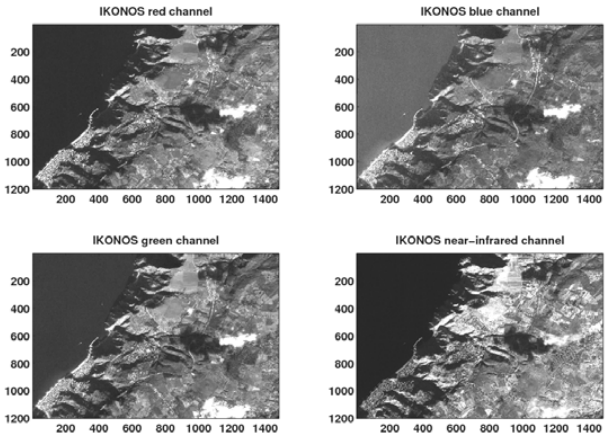
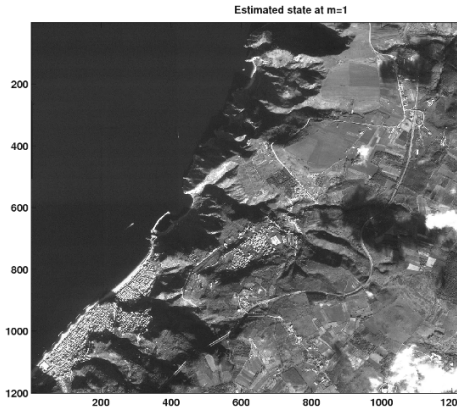
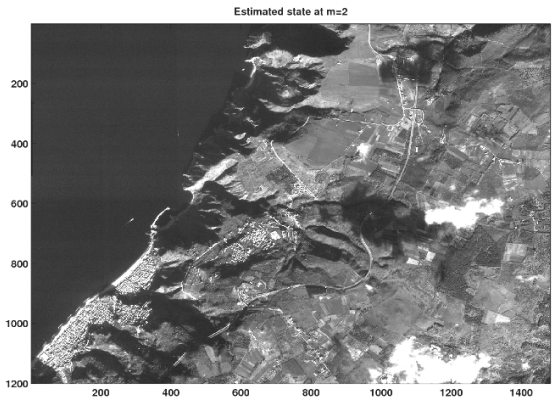


Fig.2: The IKONOS sources, i.e. the survey on the selected geographic site (Bagnara Calabra), split into the four working-channels: red (top-left), blue (top-right), green (bottom-left) and near-infrared (bottom-right).

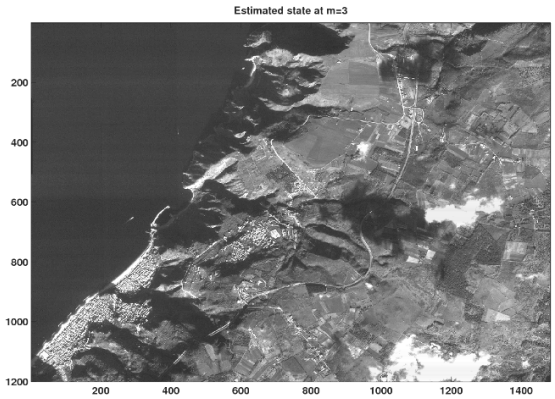
First of all, let us remark that the selected geographical area is highly affected by property speculation and unauthorized buildings. Thence, for instance, it is possible to detect urban areas even among cultivations. In this way, the ill-posedness of the problem is highly increased, as well as the difficulty of classification procedure. Therefore, traditional pattern recognition models are not advised to be used in such kind of applications. Complementarily, a suitable and highly reliable data fusion technique could be very useful in order to enhance the characteristics of the different areas (i.e. classes) and reduce such kind of noise as speckle noise.
These data are now considered as the input to the fusion algorithm: the MKF merges data at different resolution scales. The model of the MKF has been applied by using a self-implemented Matlab® function, and results of the image fusion process are described by Fig.3.



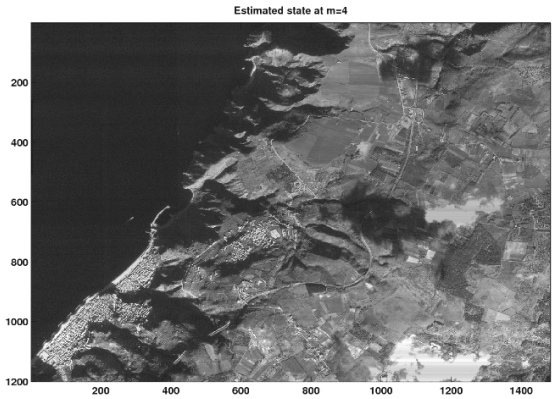
(a) m=1



(b) m=2



(c) m=3



(d) m=4

Fig.3: MKF's at the different merging resolution.

Subsequently we use the full resolution image, i.e. the fused image at m=4 resolution level for our experimentations. In this image we can distinguish four different areas: urban, mountain, sea and cultivation areas. A comparison between. the fused data and the result of the superimposition of red, green and blue channels of the IKONOS survey can be carried out by computing the standard deviations of different samples related to these areas. Three samples for each areas are resumed by Tab.2

	Sample #1	Sample #2	Sample #3
Urban area	(831:894,284:347)	(922:985,192:255)	(1037:1100,76:139)
Mountain area	(825:888,976:1039)	(129:182,1191:1254)	(891:954,1286:1349)
Sea area	(135:198,868:951)	(339:402,805:868)	(664:727,1389:1452)
Cultivation area	(27:90,22:85)	(150:213,291:354)	(449:512,130:193)

Table 2: Pixel coordinates of the samples selected within the MKF's merged as well as the RGB superimposed images, and subsequently used for feature extraction procedure

The values of the standard deviation (STD) and the Squared Mahalanobis Distance (SMD) [15, 16] for the grey scaled version of the superimposed RGB image and for the fused image at resolution m=4, have been indicated in Tables 3-4. We can note that each sample in the fused image has a standard deviation lower than the corresponding sample of the input image. Therefore, in the fused image at full resolution, neighbourhood pixels corresponding to the same area, have an intensity level more similar and this fact means that the fusion process has been able to reduce the negative effects of the speckle noise.
On the other hand, SMDs have been calculated as the distance between the four clusters representing the four classes (i.e. areas) and composed by the three corresponding selected samples (i.e. boxplots). In this way, it is possible to give an information about the quality of the data fusion procedure: the bigger the distance between clusters, the easier the subsequent procedure of classification.

		Image merged by MKF at *m=4*	**Gray scaled RGB superimposed image**
Urban area	sample #1	66.76	84.26
	sample #2	60.61	76.51
	sample #3	65.53	75.88
Mountain area	sample #1	27.02	27.32
	sample #2	23.46	24.85
	sample #3	16.89	19.28
Sea area	sample #1	2.49	4.10
	sample #2	2.57	4.27
	sample #3	2.44	3.60
Cultivation area	sample #1	10.90	18.14
	sample #2	6.36	9.24
	#3		

Table 3: Comparison of the STDs for samples taken by merged and superimposed images.

Generally, the distances between clusters have been increased by using the MKF based data fusion approach, but in three cases, i.e. $SMD_{ua,ma}$, $SMD_{ua,ca}$ and $SMD_{ma,ca}$, they are still too small. It means a possible misclassification by using classical techniques of pattern recognitions. Therefore, it is strictly important to implement an expert system, able to identify as good as possible the different classes, starting from measurements enhanced by the data fusion approach.

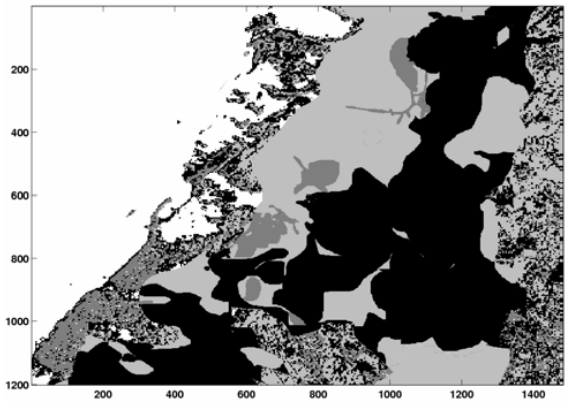
	Image merged by MKF at *m=4*	**Gray scaled RGB superimposed image**
$SMD_{ua,ma}$ (between urban and mountain areas)	0.9	0.28
$SMD_{ua,sa}$ (between urban and sea areas)	6.04	4.13
$SMD_{ua,ca}$ (between urban and cultivation areas)	0.67	0.34
$SMD_{ma,sa}$ (between mountain and sea areas)	10.22	5.05
$SMD_{ma,ca}$ (between mountain and cultivation areas)	0.52	0.15
$SMD_{sa,ca}$ (between sea and cultivation areas)	23.83	14.56

Table 4: Comparison of the MDs for samples taken by merged and superimposed images.

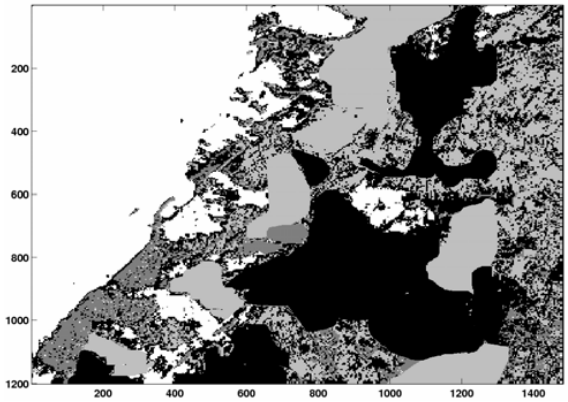
5 Classification of similar areas by WT and MLPANN

Subsequently, we implemented the database useful for training the MLPANN. For each above described sample (boxplot), we apply the following procedure: (1) within the i-th boxplot we considered a 8x8 sliding window; (2) within the selected window, we apply the Daubechies 1 bidimensional WT, with a third-level multiresolution analysis; (3) we collected the wavelet approximation coefficients at level 1, 2 and 3 as features; (4) finally we moved the sliding window of 4 pixel in horizontal as well as in vertical sense inner the same boxplot. In this way, we collected 21 features and 2700 patterns useful to train a suitable MLPANN. The training procedure has been carried out by using the Levenberg-Marquardt regularization [17], and considering a neural network with two hidden layer, having 10 and 6 neurons respectively (only the log-sigmoid was used as activation function). Subsequently, the highest-resolution image obtained by MKF data fusion as well as the grey scaled RGB superimposed image have been classified by the implemented MLPANN, by colouring areas according to their classification, with the following coding: white colour if the area is classified as sea; black colour if the area is classified as mountain; dark-grey colour if the area is classified as urban; light-grey colour if the area

is classified as cultivation. Fig.4 shows results of classifications.



(a) MKF's merged image at resolution *m=4*



(b) Gray scaled version of the RGB superimposed image

Fig.4: Results of pattern classification.

6 Discussion about results and conclusions

Obtained results are very encouraging, as it is shown by quantitative results resumed into the Table 5.

	Image merged by MKF at *m=4*	**Gray scaled RGB superimposed image**
Overall accuracy	88.45%	72.67%
Computational time	42 s	38.2 s

Table 5: Quantitative evaluation of obtained results: cross-comparison of overall accuracy and computational times for both MKF's merged and RGB superimposed images.

The overall accuracy has been increased of, more or less, 23%, whereas the calculation elapsed time has been increased of, more or less, 10%. Let us remark how it is an interesting results, since the geographical area selected for the application of the proposed method is highly affected by property speculation and unauthorized buildings.

The classification carried out by MLPANN by exploiting the wavelet approximation coefficients appears better in the case of MKF's merged image than for the grey scaled RGB superimposed image. Let us remark how, on the contrary, classical pixel or object based classification techniques have more difficulties to deal with classes extracted from such kind of images like those we can by using sensors working into the visible spectrum.

Moreover, the usage of the MKF allows to have neighbourhood pixels, corresponding to the same area, with an intensity level more similar, i.e. a significant reduction of the negative effects of the speckle noise. The usage of WT for feature extraction, on the other hand, gives us useful informative content of the inspected image by means of a restricted number of elements (i.e. wavelet approximation coefficient, containing the most percentage of information), so reducing the problem of "curse of dimensionality" in training the MLPANN. Let us denote how our proposed algorithm suffers of some mistakes next to areas in which such objects as clouds or cloud-shadows are present, or when the different classes are very mixed each other. Nevertheless, all considering, our work can be positively considered within the framework of solving inverse pattern recognition problems into the remote sensing imagery.

References:

[1] Hepner G F, Cova T, Forster R, Miller H, Use of remote sensing and geospatial analysis for transportation hazard assessment: an integrated university, government and private sector consortium, *IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, 2001, pp 241-244.

[2] Barrile V, Cacciola M, Versaci M, Fuzzy Classification with Minimal Entropy Models to Solve Pattern Recognition Problems: a Compared Evaluation in SAR Imagery, *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, Vol.3, No.4, 2006, pp 860-867.

[3] Angiulli G, Barrile V, Cacciola M, SAR Imagery Classification Using Multi-Class Support Vector Machines, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol.19, No.14, 2005, pp 1865-1872.

[4] Chui C K, *An Introduction to Wavelets*, Academic Press, 1992.

[5] Graps A, An Introduction to Wavelets, *IEEE Comp. Science and Engineerin*g, Vol.2, No.2, 1995, pp 50-61.

[6] Grossberg S, *Studies of the Mind and Brain*, Reidel Press, 1982.

[7] Caudill M, *Neural Networks Primer*, Miller Freeman Publications, 1989.

[8] Caudill M, C Butler, *Understanding Neural Networks: Computer Explorations*, vols. 1 and 2, MIT Press, 1992.

[9] Gros X E, *NDT Data Fusion*, Arnold, 1997.

[10] Gros X E, *Applications of NDT Data Fusion*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
[11] Blum R S, Z Liu, Multi-Sensor Image Fusion and Its Applications, *Signal Processing and Communications*, edited by R S Blum & Z Liu (CRC Press, New York), 2005.
[12] Liu Z, D S Forsyth, P Ramuhalli, & A Fhar, A Data Fusion Framework for Multiple Nondestructive Inspection Images, *Ultrasonic and Advanced Methods for Nondestructive Testing and Material Characterization*, edited by C H Chen (World Scientific Publishing, New York), 2007.
[13] Chou K C, A S Willsky & A Benveniste, Multiscale Recursive Estimation, Data Fusion, and Regularization. *IEEE Trans. On Automatic Control*, Vol.39, No.3, 1994, pp 464-477.
[14] Basseville M, A Benveniste, K C Chou, S A Golden, R Nikoukhah & A S Willsky, Modeling and Estimation of Multiresolution Stochastic Processes. *IEEE Trans. On Information Theory*, 38, No.2, 1992, pp 766-784.
[15] Simone G, A Farina, F C Morabito, S B Serpico & L Bruzzone, Image fusion techniques for remote sensing applications, *Information Fusion*, No.3, 2002, pp 3-15.
[16] Farina A, F A Studer, *Radar Data Processing*, Research Studies Press LTD, John Wiley & Sons, 1984.
[17] Mahalanobis P C, On the generalised distance in statistics, *Proceedings of the National Institute of Science of India*, No.12, 1936, pp 49-55.
[18] Raju G V S, Husheng Wang, Sensor data fusion using Mahalanobis distance and single linkage algorithm. *IEEE International Conference on Humans, Information and Technology, San Antonio, TX, USA, 2-5 Oct 1994*, No.3, 1994, pp 2605-2610.
[19] Hagan M T, M Menhaj, Training feed-forward networks with the Marquardt algorithm, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol.5, No.6, 1994, pp 989-993.

Laser scanner technology for complex surveying structures

Vincenzo BARRILE (*),Giuseppe M. MEDURI (*), Giuliana BILOTTA (**)
* DIMET - Faculty of Engineering Mediterranean University of Reggio Calabria
Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301
** PhD NT & ITA - University IUAV of Venice
ITALY
vincenzo.barrile@unirc.it, giumed@libero.it, giuliana.bilotta@gmail.com

Abstract: - Generally, when someone refers to architectural property he inclines to consider only that part of architecture and monuments belonging at remote epochs far since our days. However authors' opinion is that the diffusion and the spreading of the culture cannot leave out from the analysis, the study and the conservation also of architecture and all things realized in more recent times. However, the characteristics of the modern and contemporary architecture with respect to those precedents lead to the development of a definition for new approaches and adequate representation forms because of the presence both of materials and innovative technologies like the tubular or trellis structures, that show then different difficulty in the interpretation and definition of the acquired data. In such direction, the new digital technologies allow, from a part, a rationalization and rapidity of the relief operations, from the other they allow to create some new representations which can easily fit to the scholars and operators (architects, engineers, restorers, historians, etc) demands, or to be used to produce faithful copies through quick prototype techniques, but also, more simply, to give back enjoyable such information easily by town councils or web users. The developed and described, in this article, experiences have the aim of verify the potentialities of laser scanner in surveying of structures, for whom traditional techniques of relief could result disadvantageous in terms of realization's times, costs and precision. A particular attention has addressed to elaboration phase, data filtering and 3D modeling through the use of specific and opportune algorithms of best-fitting, useful for individualization and extraction of forms.

Key-Words: - TLS, contemporary architecture, 3D modelization, laser scan, radiometric data, survey.

1 Introduction

In current paper, the developed and described experiment has the aim to show as laser scanner's technology could be considered a valid option about surveying of structures for whom the traditional survey's techniques could be result disadvantage regarding realization's times and costs. At this purpose, it has found to characterize an architectural object that shows, in addition to an historical, social-cultural and technical value, also a certain complexity of evidence which justify the preference about this new technology in comparison with traditional instruments. The architectural handmade, object of the paper, is a covering (Figs. 1, 2, 3), to protection of the access steps at the submitting railway Reggio Calabria station (ITALY).
It is a recent building going back at the 1990s and the reason of the choice has been determined by the particularity and the complexity of the structure, characterized by the presence of spatial reticular beams to triangular (variable) section, realized with tubular profiles.



Fig.1: View of the covering



Fig.2: Another view of the covering



Fig.3: Detail of the cover

2 Survey with Laser Scanner

Laser's survey has been developed, using laser scanner Cirax HDS 3000 (Fig.4) distributed from Leica Geosystems, whose functional characteristics are shown in Table 1.



Fig.4: Laser scanner Leica HDS 3000

Leica HDS 3000	
Technology	Time Of Flight
Max Range	300 m at 90%;
	134 m at 18% albedo
Max Field of View	360° horizontal
	270° vertical
Scan rate	> 4.000 points/sec
Window of scan	Double
Positiong's precision at 50 m	6 mm
Distance's precision at 50 m	4 mm
Scanning's step	Independents horizontal and vertical

Table 1: Functional characteristics

The tool is, moreover, equipped with an internal room to CCD with which it acquires the images of the noticed portion, and it's, therefore, able to associate every laser point with a colour's information obtained by the projection of the image over laser data.

Geometry, the number of the holds and the scanning's resolution are strictly connected to the characteristics of the investigated spaces and, at the detail's level, what it wants to obtain. In this case, the structure offered big position's freedom, therefore, the number and the positions of the scanning have been, essentially, dictated by the complexity of the structure (because of the presence of tubular reticular elements), from the possible shade's zones produced by the bodies interposed between the scanner and the object, and from the use of the least necessary targets' number.

They have been realized five instrumental positions, in Fig.5 (obtaining, therefore, others clouds of points), using 12 targets disposed in some positions that, at the purposes of following phase of registration, the various (couples) scanning could have in common at least 4 targets.

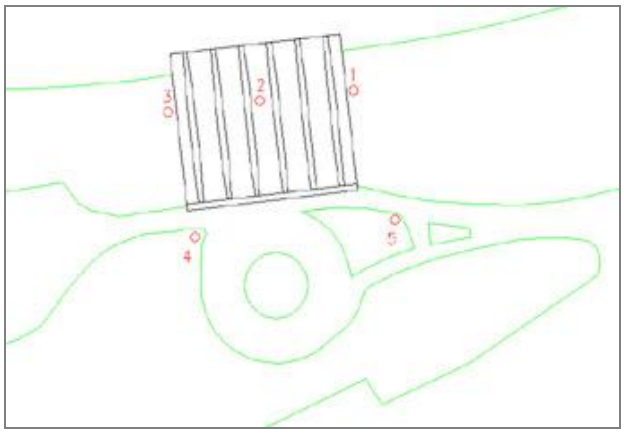


Fig.5 - Area of the relief and recovery project.

The acquisition's phase has been led, using the dedicated software Cyclone™, which allows, once identified the scanning field and fixed the step, to show in real time the noticed clouds of points and to recognize, in automatic way, the centre of the used and fundamental targets (paper and reflectors), Figs. 6, 7, 8 to the next "seam" operation.



Fig.6: Targets used.



Fig.7: Detail of targets black&white



Fig.8 - Detail of targets reflectors



Fig.9: A view during the scan.



Fig.10: Another view during the scan



Fig.11: Another view during the scan

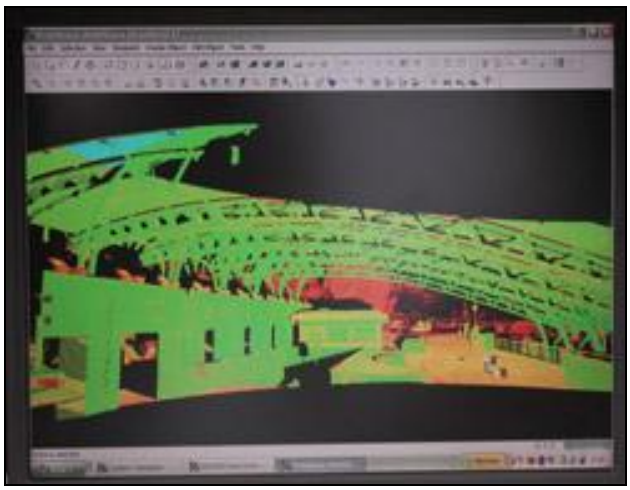


Fig.12: Screen notebook during the scan

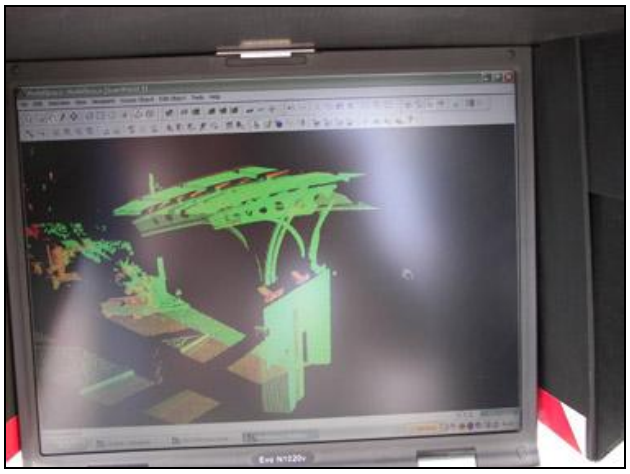


Fig.13: Another view: Screen notebook during the scan

The software, set the field of scanning, also allows to set up scanning (in this case fixed at 1.5 cm) in order to manage the compromise speed/precision obtained, favoring the level of detail and the resulting precision in steps of crawling low, or moderate the time of acquisition with further scanning steps.

Scan	Step / reference distance	N° target acquired	N° Points acquired
1 (ext)	1,5cm / 9mt	10	1170018
2 (int)	1,5cm / 5mt	8	1256742
3 (ext)	1,5cm / 9mt	5	962996
4 (ext)	1,5cm / 5mt	5	570887
5 (ext)	1,5cm / 9mt	4	368340

Table 2: Scan Features

The necessary time, for all survey's operations (5 scannings), included position's time of instrument and arrangement of targets, has been about 7 hours and it has allowed to acquire quickly a great amount of data (about 4,5 millions of points).

3 Elaboration and Restitution of Acquired Data

The treatment of the acquired data has been realized, prevalently, using the proprietary software Cyclone™, supported by opportune algorithms opportunely implemented by authors. Made so the recording of the 5 clouds (Figs. 14, 15) of points produced by the scanning (associating homologous targets), and removing the superfluous points not belonging to the structure, it has obtained one cloud of points, representative of the investigated object.

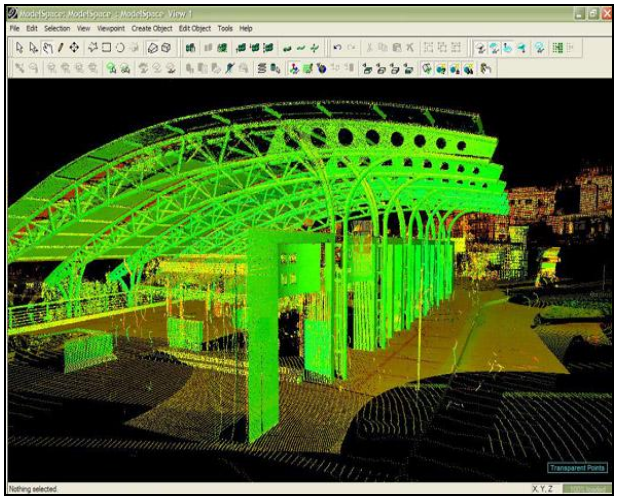


Fig.14: Cloud of points produced from scanning

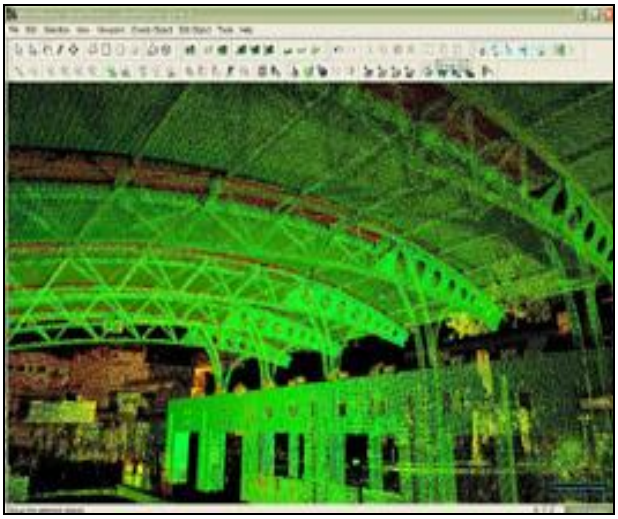


Fig.15: Cloud of points produced from scanning

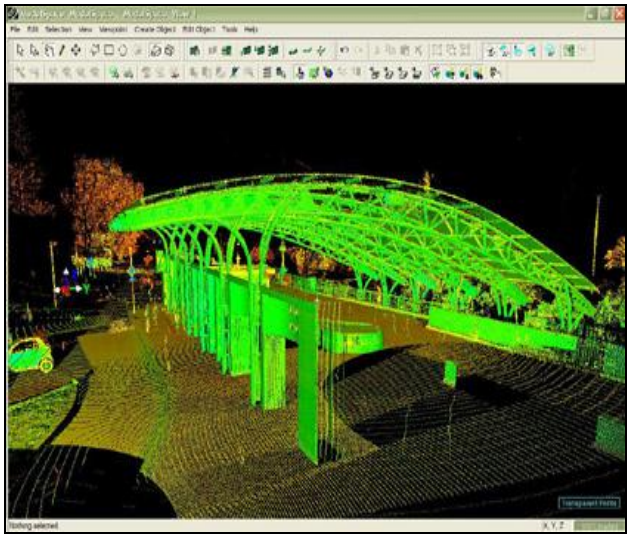


Fig.16: Cloud of points produced from scanning

The three-dimensional model [12] of the object of the survey so obtained, besides the possibility of exploring the structure in its spatiality, constitutes the base from which obtain vector representations.
It also contains all that useful metrical information to make further analyses and investigations. We used, therefore, an algorithm of Texture Mapping (which has provided, moreover, some results comparable with the one inner of the data treatment software) which it has allowed "to spread" (it also dictates mapping's operation), on the cloud of points, the photographic Rgb image acquired by the internal room to the tool, producing such a model 3d (Figs. 17, 18, 19, 20) having a strong realistic impact.

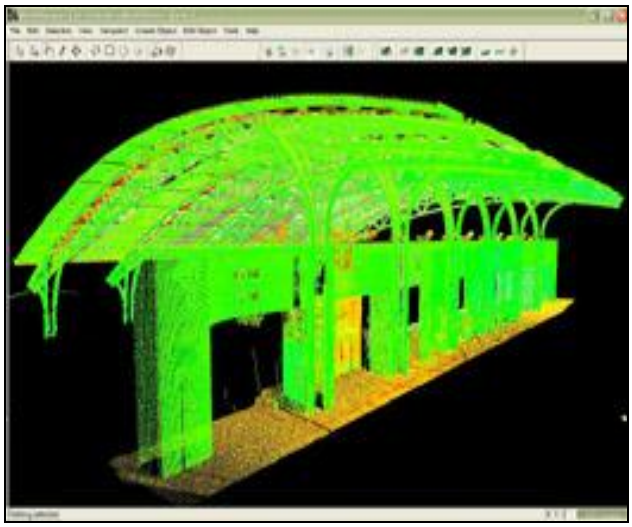


Fig.17: 3D Model

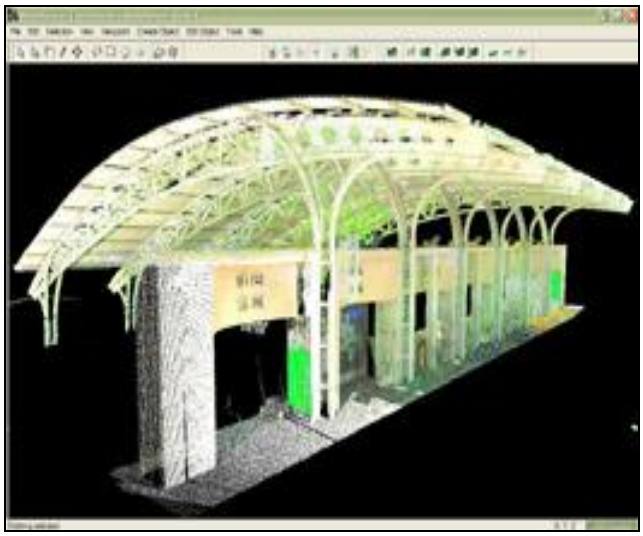


Fig.18: Digital image spread on the cloud of points

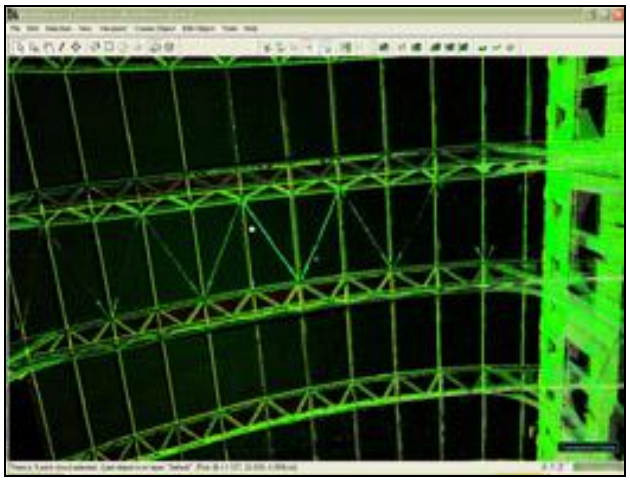


Fig.19: 3D Model of the cover

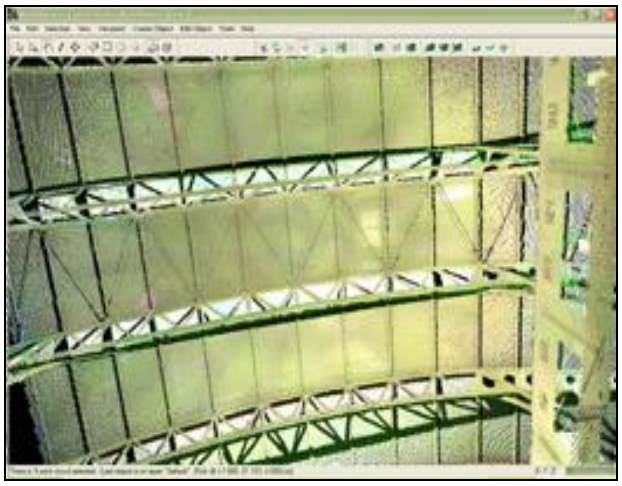


Fig.20: Digital image spread on the cloud of points of the cover

Some particular best-fitting algorithms have been applied, implemented and tested on portions of the structure (Figs. 22, 27) and, in particular, a stroke of the spatial reticular girder and on a pillar, for the semiautomatic recognition of particular forms (plans, spheres, cylinders, etc).
These algorithms, in a first phase, develop an operation of triangulation of points' clouds (Figs. 23, 28), changing points, acquired by scanner, into a superficial representation; after they search the function $Z = f(x,y)$, which it describes, about measurement's wrongs and for a fixed range of wrong's greatness, an opportune mathematic relation which, basing on adaptation and closeness's information, describes and approximates better surface's curvature.
In a specific way, the used local interpolation's function has been the square relation $z = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey$ with 5 coefficients, calculated solving, with Ordinary Least Squares, the following redundant system of equations:

$$\begin{bmatrix} x_{1,1}^2 & x_{1,1}x_{1,1} & y_{1,1}^2 & x_{1,1} & y_{1,1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1,n}^2 & x_{1,n}x_{1,n} & y_{1,n}^2 & x_{1,n} & y_{1,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{1,1} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ z_{1,n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

In order to solve this system, it's necessary to have at least five points (because coefficients are 5). When coefficients are calculated, it's possible to obtain principal curvatures K_1 and K_2, Gaussian curvature K and mean curvature H.

$$K_1 = H + \sqrt{H^2 - K} \quad (2)$$

$$K_2 = H - \sqrt{H^2 - K} \quad (3)$$

$$K = \frac{4ac - b^2}{\left(1 + d^2 + e^2\right)^2} \quad (4)$$

$$H = \frac{a + c + ae^2 - b^2 + cd^2 - bde}{\left(1 + d^2 + e^2\right)^{\frac{3}{2}}} \quad (5)$$

Mesh's phase models [2], finally, specified geometry's type and changes 3D rough points' set into a direct surface. The produced result is a, visually, more intuitive and realistic representation, (Figs. 24, 25, 29, 30).
This experimentation has been particularly long and difficult because of the presence of shade zones on surveyed object with the consequent unevenness presence [16]; that has involved the necessity to apply these algorithms in almost punctual way and exclusively to small zones of the structure. It is possible, moreover, to export the so resulting model in vectorial way to query in CAD's environment (Figs. 26, 31), or to develop other elaborations in order to correct any errors and empty spaces of interpretation, and to cloth it with particular textures in order to reproduce the reality with fidelity more and more possible; if it's necessary it's possible, moreover, to obtain, in automated way, plans and sections of model, useful for probing or following analysis and investigations.

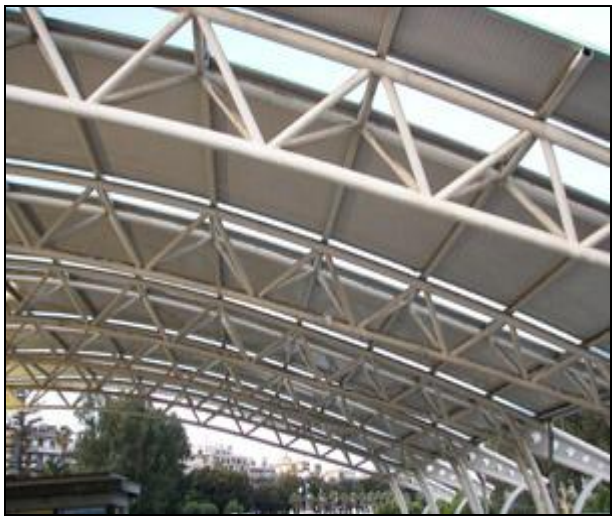


Fig.21: Cover of structure, object of experimentation



Fig.22: Portion of structure, object of experimentation

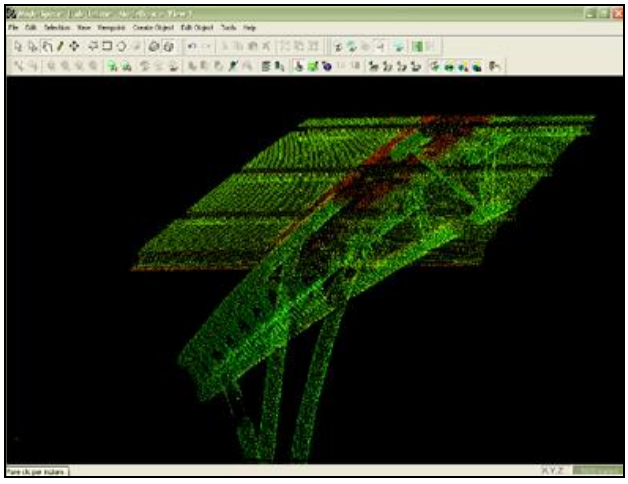


Fig.23 Cloud of points of examined object's structure

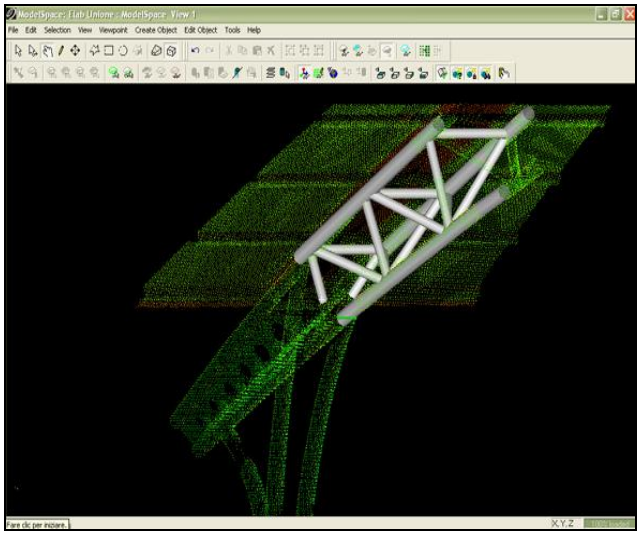


Fig.24: Application of best-fitting algorithms

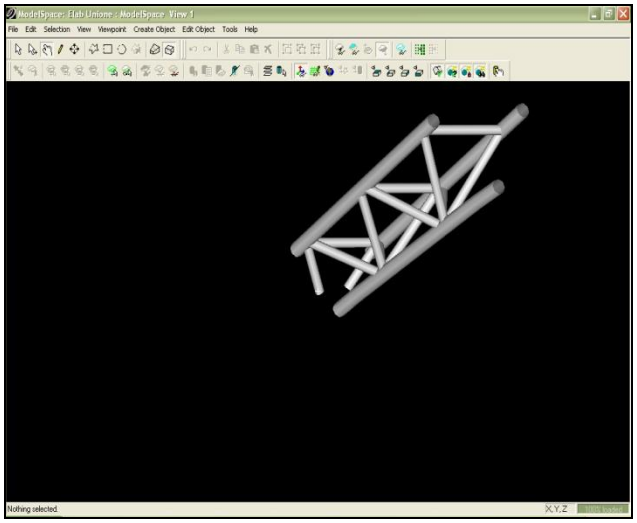


Fig.25: Mesh's model produced

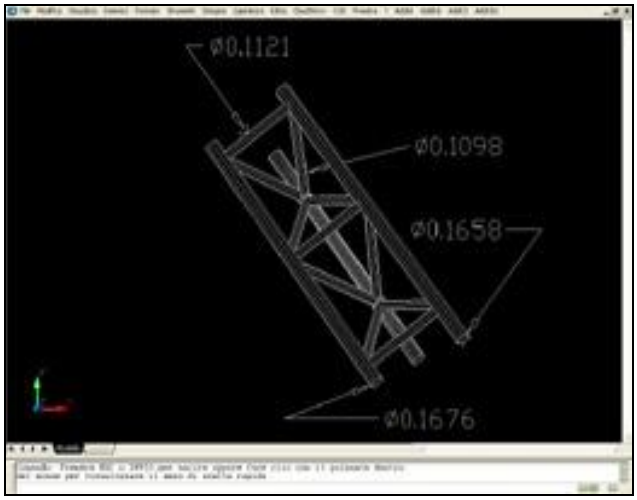


Fig.26: Model vector in CAD environment.



Fig.27: Portion of pillar, object of testing

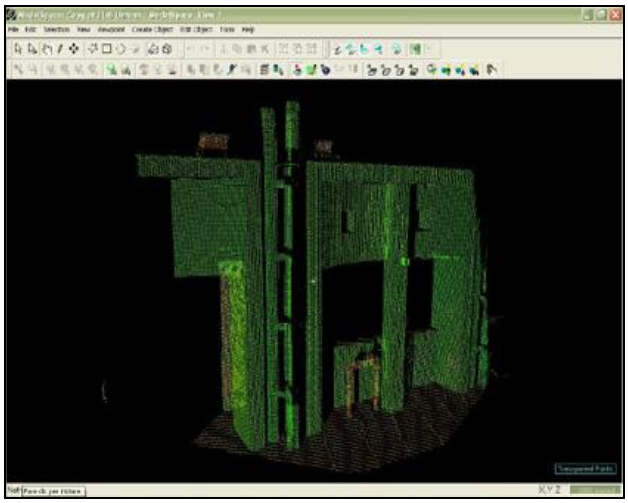


Fig.28: Cloud of points of pillar

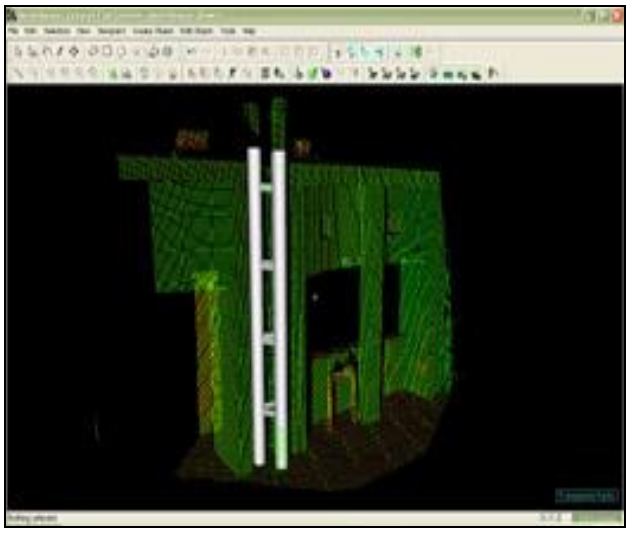


Fig.29: Application of best-fitting algorithms on a pillar

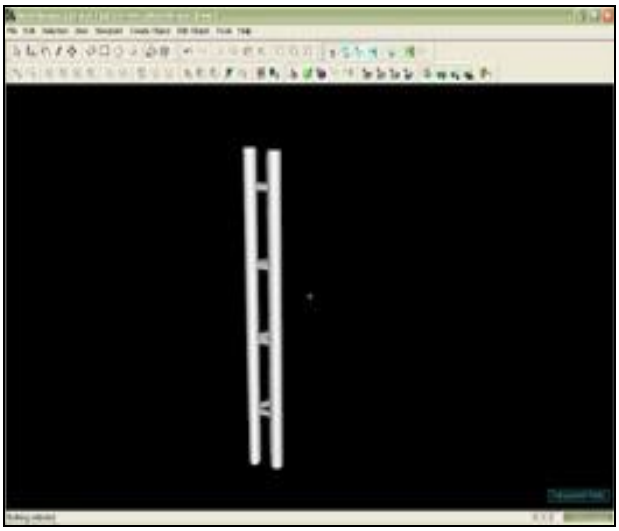


Fig.30: Mesh model of the pillar

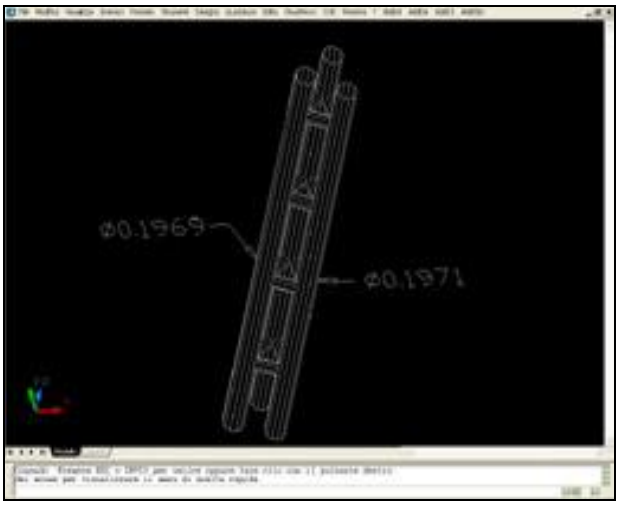


Fig.31: Model vector of the pillar in CAD environment

Obtained the model vector, we made a test of accuracy by comparing the measures from the vector format with the effects on various elements of the structure by means of traditional metrics.
The precision obtained, as shown in the following tables, it is reasonable for structural applications (Table 3).
In particular, we found a better reliability of the measures against the elements vertical and horizontal tubular than oblique, difference, however lower, probably due to the presence of shadow cones produced by other elements of the structure.

ELEMENT	Measure relief from metric (average)	Measurement by laser scanner (average value)	Sqm
Pillars	cm 20,2	cm 19,7	0,3
Currents	cm 16,2	cm 16,7	0,3
Diagonal	cm 10,2	cm 11,0	0,4
Strut	cm 10,2	cm 11,2	0,5

Table 3: Comparison on Precision

4 Conclusions

The present work, result of a research's experience developed from the Geomatica's laboratory of Engineer's Faculty of University "Mediterranea" of studies of Reggio Calabria (ITALY), has marked the potentiality of this technology when, for divulgation's purposes, is necessary rapidity of acquisition and usability of information, but also precision and accuracy of the result.

In such sense, it has been possible to appreciate the survey's speed due to the automated procedures; as well as the usability of the information obtained for further processing in a CAD and modeling / structural analysis; on the contrary it has noticed the remarkable work necessary to the elaboration of the data, above all as regards the use of the algorithms of best-fitting, which still need, again in authors' opinion, a wide use of local "manual" procedures and not still completely automated.

The advantage, therefore, in terms of time and cost of use of such technology, must be suitably evaluated according to the result to be achieved.

References:

[1] J. Huang, C. H. Menq, Automatic data segmentation for geometric feature extraction from unorganized 3-D coordinate points. *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, Vol.17, No.3, 2001, pp. 268-279.

[2] S. Petitjean, A Survey of Methods for Recovering Quadrics in Triangle Meshes. *ACM Computing Surveys*, 2002, pp. 211-262.

[3] L. Bornaz, A. Lingua, F. Rinaudo, Il trattamento dei dati laser scanner nelle applicazioni terrestri, *6a Conferenza Nazionale ASITA* , Perugia, Italy, 2002, pp. 493- 498.

[4] S. Grassi, F. Radicioni, A. Stoppini, Il rilevamento tramite sistemi d'acquisizione laser da terra: valutazione delle caratteristiche metriche e dei possibili campi d'impiego, *6a Conferenza Nazionale ASITA*, Perugia, Italy, 2002.

[5] S.F. El-Hakim, L. Gonzo, M. Picard, S. Girardi, A. Simoni, E. Paquet, H. Viktor, C. Brenner, Visualization of highly textured surfaces, *4th Int. Symp. VAST2003*, Brighton, 2003, pp. 231-240.

[6] S.F. El-Hakim, J. A. Beraldin, F. Blais, Critical factors and configurations for practical image-based 3D modeling, *Proceedings of 6th Conference Optical 3D Measurements Techniques*, Zurich, Switzerland, 2003, Vol.II, pp. 159-167.

[7] T. Surazhsky, E.Magid, O. Soldea, A Comparison of Gaussian and Mean Curvatures Estimation Methods on Triangular Meshes, Proceedings of the 2003 IEEE, *International Conference of Robotics and Automation*, Tapei Taiwan, 2003, pp. 1021–1026.

[8] L. Bornaz, S. Dequal, A new concept: the solid image. In: International Archives CIPA N°XIX-2003 Vol. 1 ISPRS Vol. XXXVI-5/C34. CIPA 2003 XIXth International Symposium. Antalia (Turchia), 2003, Vol.I, 2003, pp. 169-174.

[9] T. K. Heok, D. Damen, A review of level of detail, *IEEE Int. Conf. Computer Graphics, Imaging and Visualization*, 2004.

[10] L. Bornaz, S. Dequal, The solid image: An easy and complete way to describe 3D objects, *Volume XXXV part B5. XXth ISPRS congress*, Istanbul, 2004, pp. 183-188.

[11] G. Agam, X. Tang, A Sampling Framework for Accurate Curvature Estimation in Discrete Surfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.11, No.5, 2005, pp 573-583.

[12] V. Achilli, D. Bragagnolo, M. Fabris, A. Menin, G. Salemi, Metodologie geomatiche per il rilievo integrato finalizzato alla modellazione strutturale, *9a Conferenza Nazionale ASITA*, Catania, Italy, Vol.I, 2005, pp. 15-24.

[13] A. Razdan, M. Bae, Curvature estimation scheme for triangle meshes using biquadratic Bézier patches. *Computer-Aided Design* , Vol. 37, Issue 14, 2005, pp 1481-1491.

[14] L. Bornaz, A solution to manage terrestrial laser scanner point clouds and solid images, *International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*, Centro S. Franscini Monte Verità Ascona (Suisse), 2005, pp. 479-484.

[15] F. Remondino, S.F. El-Hakim, Image-based 3D modelling: a review, *The Photogrammetric Record*, Vol.21, 2006, pp. 269-291.

[16] F. Voltolini, F. Remondino, M. Pontin, L. Gonzo, Experiences and considerations in image-based modeling of complex architectures, *Proc.*

ISPRS Symp. Com. V, Dresden, Germany, IAPRS Vol.XXXVI, 2006, pp. 309-313.
[17] V. Barrile, G. M. Meduri, R. Pucinotti, L'applicazione della scansione laser e della tecnologia radar ad un ponte in cemento armato, *XII congresso nazionale AIPnD*, 2007, Milano, Italy.
[18] F. Rinaudo, L. Bornaz, P. Ardissone, 3D Hight accuracy survey and modelling for cultural heritage documentation and restoration. *VAST 2007 - Future technologies to empower heritage professionals.* 2007, Brighton.
[19] V. Barrile, G. M. Meduri, Sperimentazione ed integrazione di rilievi laser scanner e georadar, *11a Conferenza Nazionale ASITA*, 2007, Torino, Italy.

Recognition and Classification of Illegal Dumps with Object Based Image Analysis of Satellite Data

Giuliana Bilotta[#], Vincenzo Barrile[*], Giuseppe M. Meduri[*]

[#] *NT&ITA Doctoral course - Planning Department University IUAV of Venice, Santa Croce 191 Tolentini, 30135 Venice*
[1]giuliana.bilotta@gmail.com

[*]*Department MECMAT - Faculty of Engineering Mediterranean University of Reggio Calabria*
Via Graziella Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria, Italy
[2]vincenzo.barrile@unirc.it
[3]giumed@libero.it

***Abstract*— The focus on environmental issues is pursued through a land monitoring in order to prevent abuse, for example, the uncontrolled storage of waste. As part of this control is significant the availability of object-based techniques for an elaboration of satellite data to detect situations of illegality as that cited.**

Traditional image processing and image interpretation methods are usually based only on the information extracted from features intrinsic of single pixel: the object's physical properties, which are determined by the real world and the imaging situation - basically sensor and illumination. One of the limitations of this method is that it allows to evaluate only a part of the information content of the images, without exploring the appearance as important as geometric-textural information (Pitea et al., 1998).

The application of Object Based Image Analysis on very high resolution data allows, with an automatic or semi-automatic process – with a minimal manual participation - a good classification also in presence of high and very high resolution data, where higher is the chance of error. The final classification, through a suitable hierarchy of classes that takes into account the relationships between the produced segmentation levels, may be highly accurate (Baatz et al., 2004).

Thus we introduce other rules for the location of the context, and the relations between the objects meaningfully increases the chance of automatic recognition of objects on the land surface. The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the end user must obtain. Through the inclusion in the segmentation process of a shapefile containing some detected test areas, we proceed to the recognition of the landfill areas. In this work we also use some cadastral data for multiresolution segmentation and object-based classification. This is re-usable in any geographic context.

***Keywords*— Landfills, Object Based Image Analysis, Satellite Imagery, Illegal dumps, Multiresolution segmentation**

I. INTRODUCTION

Soil is a complex system that encompasses several issues of environmental significance.

In 2001 the European Commission imposed sanctions on Italy for the lack of data on landfills in its territory. Directive 91/689/EEC provided that all companies have signed up for the development of hazardous waste but Italy had not yet adopted legislation to implement it.

In Calabria, as well as in the rest of Italy, the management of contaminated sites and waste management, environmental emergencies are more directly related to the soil matrix.

This region is experiencing a rather complex reality in the Waste field: was declared the state of emergency in the field of municipal, special and hazardous waste; an extraordinary commissioner was delegated to manage this sector.

Industrial development in Calabria, although low and disordered, very often without proper planning, shows many "wounds" caused to the Calabrian territory.

Information about the landfill and especially those relating to hazardous toxic waste are poor and it seems not yet been made an extensive survey.

This paper proposes to use remote sensing data and Object Based Image Analysis in the survey and inventory of potential landfill sites. The aim of this contribution is to propose an application of Object Oriented Image Analysis on very high resolution data, particularly on Ikonos multispectral images of Melito di Porto Salvo, in the province of Reggio Calabria. Our objectives are to show as an automatic analysis – with a minimal manual participation - can help the recognition of landfills.

II. OBJECT BASED IMAGE ANALYSIS

Multiresolution segmentation and classification segmentation-based are object-oriented techniques that distinguish structural methodology from classic spectral analysis. With object-oriented analysis is possible to get better from remote sensing an information immediately integrable in the GIS allowing the direct realization of vectorial maps. The tool used organizes hierarchically data of different typology, integrating also raster and vectorial data. The context has a role and it is possible to introduce rules for the location of the objects and to define their relationships, meaningfully increasing so the possibility of a quick and automatic acknowledgment of the objects on the land surface. Such methodology, by imitating the approach followed in manual photo interpretation, exceeds the limits of a subjective classification by making a process that can be reproduced and homogenous, and so exceeds the problems of the traditional

classification techniques. The parameter of scale factor allows to calibrate the width of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. Beginning from a same image, is possible to generate various hierarchical levels of polygons with various scale factors, therefore the segmentation process is multiresolution..

Characteristic for the object oriented approach is, finally, a circular interplay between processing and classifying image objects. Based on segmentation, scale and shape of image objects, specific information is available for classification. Classification, incorporating contextual and semantic information that utilizes not only image object attributes but also the relationship between networked image objects, has resulted in an operational classification model. In many applications the desired geoinformation and objects of interest are extracted step by step, by iterative loops of classifying and processing. Image objects as processing units can continuously change their shape, classification and mutual relations. Similar to human image understanding processes, this kind of circular processing results in a sequence of intermediate states, with an increasing differentiation of classification and an increasing abstraction of the original image information – the pixel value, that gives a semantic low level information, as the amount of energy emitted while the context does not assume any role.

In the object oriented analysis the semantic level is raised: relation rules join space are added, topological information and statistics and so the context is defined. Recognition is based on concepts of Mathematical Morphology applied to the image analysis and elements of Fuzzy Logic for classification. In the explained example, the tool operates a segmentation of the entire scene on more levels.

A. Multiresolution Segmentation

The Multiresolution Segmentation is a bottom up region-merging technique starting with one-pixel objects. Smaller image objects in subsequent steps are merged into bigger ones. The underlying optimization procedure of this clustering process minimizes the weighted heterogeneity *nh* of resulting image objects, where *n* is the size of a segment and *h* an arbitrary definition of heterogeneity. In each step, that pair of adjacent image objects is merged which stands for the smallest growth of the defined heterogeneity. If the smallest growth exceeds the threshold defined by the scale parameter, the process stops. Doing so, multiresolution segmentation is a local optimization procedure.

The sum of the standard deviations of spectral values in each layer weighted with the weights for each layer are Spectral or Color heterogeneity:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \tag{1}$$

where:

h_s is spectral heterogeneity;

q = bands number;

σ_c = standard deviation of *digital number* in *c* spectral band;

w_c = weight assigned to c spectral band.

The exclusive minimization of spectral heterogeneity leads to branched segments or to image objects with a fractally shaped borderline. This effect is even stronger in highly textured data, such as radar data.

For this reason it is useful in most cases to mix the criterion for spectral heterogeneity with a criterion for spatial heterogeneity, in order to reduce the deviation from a compact or smooth shape. Heterogeneity as deviation from a compact shape is described by the ratio of the border length *l* and the square root of the number of pixels forming this image object.

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \tag{2}$$

where:

h_{g_smooth} = fractal factor of spatial heterogeneity;

l = border length;

$\boldsymbol{n}$ = number of pixels of the image object..

The second is a compactness f*actor* ($h_{g_compact}$) that depends from dimensional ratio of polygon axis:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \tag{3}$$

where:

$h_{g_compact}$ = compactness factor; l = berder length;

b = the shortest possible border length given by the bounding box of an image object parallel to the raster.

The segmentation algorithm proceeds fusing adjacent polygons beginning from every pixel of the image until the change of observable heterogeneity between the two original polygons and the new generated polygon does not exceed the threshold defined from the customer (scale factor). If the change of heterogeneity already does not exceed the threshold defined the fusion is effectively realized, otherwise the two polygons remain separated. Heterogeneity difference (overall fusion value) between resultant object and the two original polygons is:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f)\Delta h_g \tag{4}$$

where:

f = overall fusion value;

w_f = the user defined weight for color (against shape).

The choice of the scale factor allows to calibrate the largeness of the resultant polygons, and its definition is tied to the cartographic scale reference that the customer must obtain. A reduction of the scale factor the polygons generated become more and more small because smaller it must turn out the spectral variability intra-polygons, and whereas increasing the scale factor.

B. Segmentation Procedure

Connection between the polygons of the various hierarchical levels of the segmentation is a particularity of the multiresolution. As a first level of polygons is generated is possible to generate *n* new upper hierarchical levels (if the scale factor is larger - greater polygons) or *n* inferior levels (if the scale factor is smaller - smaller polygons). Polygons of inferior hierarchical level are always geometrically consisting

with those of upper hierarchical level, so every polygon of inferior level only belongs to one polygon of upper level. Every polygon therefore "knows" the polygons in contact on the same hierarchical level, the polygons that constitute an inferior hierarchical level and the polygon in which it is contained in the upper hierarchical level

C. Fuzzy Classification

Fuzzy logic is a mathematical approach to quantifying uncertain statements. Instead of the two strictly logical statements "yes" and "no" Fuzzy logic uses the continuous range of [0…1], where 0 means "exactly no" and 1 means "exactly yes.". All values between 0 and 1 represent a more or less certain state of "yes" and "no".

Fuzzy sets, more recently, have been employed in the classification of land terrain covers [2]. Fuzzy sets theory [5], which has been developed to deal with imprecise information, can provide a more appropriate solution to this problem. It provides, indeed, useful concepts and tools to deal with imprecise information. It allows each region to have partial and multiple membership in several classes. A region's membership grade function with respect to a specific class indicates to what extent its properties are akin to that class, and the value of the membership grade varies between 0 and 1. Closer the value is to 1 more that region belongs to that class. Partial membership allows that the information about more complex situations, such as intermediate conditions or cover mixture, can be better represented and utilized.

Fuzzy logic emulates human thinking and takes into account even linguistic rules. Fuzzy classification systems are well suited to handling most vagueness in remote sensing information extraction. Parameter and model uncertainties are considered as using fuzzy sets defined by membership functions. Instead of the binary "true" and "false" multivalued fuzzy logic allows transitions between "true" and "false".

There are more or less strict realizations of the logical operations "and" or "or".

The output of a fuzzy classification system is a fuzzy classification, where the membership degree to each land cover or land use class is given for each object. This enables detailed performance analysis and gives insight into the class mixture for each image object. This is a major advantage of soft classification. The maximum membership degree determines the final classification to build an interface to crisp systems.

A fuzzy rule base is a combination of fuzzy rules, which combine different fuzzy sets. The simplest fuzzy rules are dependent on only one fuzzy set.

Fuzzy rules are "if – then" rules. If a condition is fulfilled, an action takes place. Referring to fig. 8, the following rule could be defined: "If " feature x is low, "then" the image object should be assigned to land cover *W*. In fuzzy terminology this would be written: "If feature x is a member of fuzzy set *low*, then the image object is a member of land cover *W*".

To create advanced fuzzy rules, fuzzy sets can be combined. An operator returns a fuzzy value that is derived from the combined fuzzy sets. How this value is derived depends on the operator. The basic operators are "and" and "or." "and" represents the minimum, meaning that the minimum value of all sets defines the return value. "or" represents the maximum value, meaning that the maximum value of all sets defines the return value. The results are very transparent and ensure independence of the sequence of logic combinations within the rule base (A "and" B gives the same result as B "and" A). In addition a hierarchic structure following common logic (e.g., A "or" (B "and" C) equals (A "or" B) "and" (A "or" C)) can be created easily.

The higher the return value for the most possible class, the more reliable the assignment. In the example above, the membership to water is rather high and in most applications this object would therefore be assigned to the class *Water*. The minimum membership value an object needs to have in order to be assigned to a class can be defined.

Fuzzy classification with its enhanced analysis of classification performance of class mixture, classification reliability and stability is possible, because fuzzy classification is one powerful approach to soft classification. The results of the fuzzy classification are an important input for information fusion in current and future remote sensing systems with multidata sources. The reliability of class assignments for each sensor can be used to find the most possible class assignment. A solution is possible, even if there are contradictory class assignments based on different sensor data.

III. RECOGNIZING LANDFILLS

The case concerns the recognition of landfills in the area of a town in Calabria (Melito di Porto Salvo, located in the province of Reggio Calabria). The data available are satellite images Ikonos of the year 2002, georeferenced to WGS84 (WGS84 Datum, UTM 33 North); are added some cadastral information, brought in vector format with the same reference system of the satellite data.

The aim is to segment a first time the area with first objects created matching with the cadastral polygons, acquiring their attributes. For this purpose, in the chessboard segmentation will be assigned a scale factor very high for avoiding the risk that the parcels found to split in them. Obtained objects, the subsequent operation is the realization of a classification based on two different values of the attributes of the given parcels and, then, of the objects created. The parcels, which header show the property, in this case are simply divided by holder in "public" and "private". This simple distinction when are identified illegal dumps would enable agencies to initiate penalty proceedings or recovery, in that two different cases.

We then proceed to a separate classification for "public" and "private" but that will serve only as an internal procedure, since there will not be in the ultimate quest of landfills.

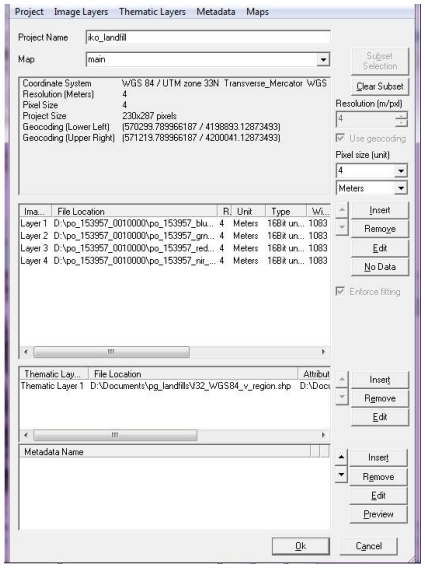


Fig. 1 This research begins with the creation of a project using some Ikonos images and a shapefile with cadastral parcels

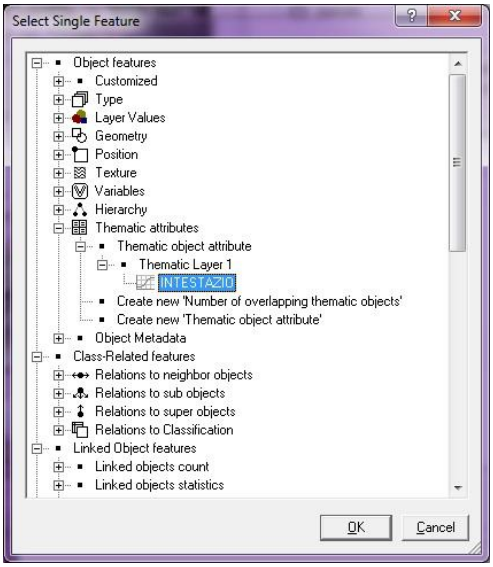


Fig. 3 In the first classification (segmentation-based) we use attributes of the cadastral layer

Below is a multiresolution segmentation based on previous classification, that will be used to achieve a level of analysis. Are assigned different "weights" to infrared and red bands than the other so as to make them more significant on segmentation, where the shape parameter is 0.2 (so that for the color increases to 0.8) while the factor of compactness is set at 0.5, the scale factor is 15, so we get objects small enough to represent the various differences in emission of materials on the soil.



Fig. 2 After a suitable calibration of the segmentation parameters we created some objects matching cadastral parcels

The next classification is also transferred to these small objects the properties of super-object, ie the land parcels.

Following appropriate assessments of some values of pixel variability - in fact, in landfills are extremely heterogeneous materials - are identified with the classification some areas where may be landfills (Landfills Potential). Finally, with a further classification we will specify the areas most affected by these values (Landfills), which actually correspond to the areas affected by an old landfill operated by the municipality in the year of reference image.

Next step is the reallocation of "unclassified" objects that do not fall within the areas identified as Landfills.

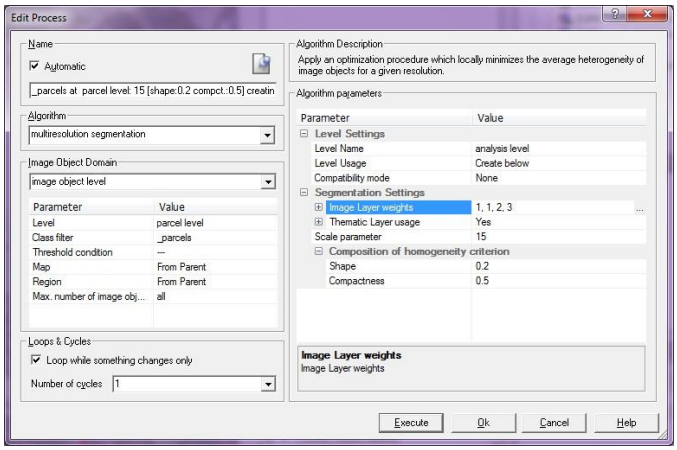


Fig. 4 In this multiresolution segmentation was taken into account the pixel variability analysing the standard deviation, and are assigned higher weight to IR and red bands

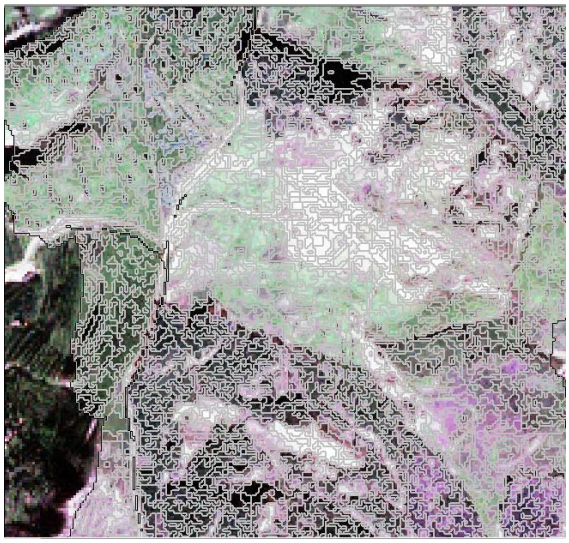


Fig. 5 Result of the multiresolution segmentation

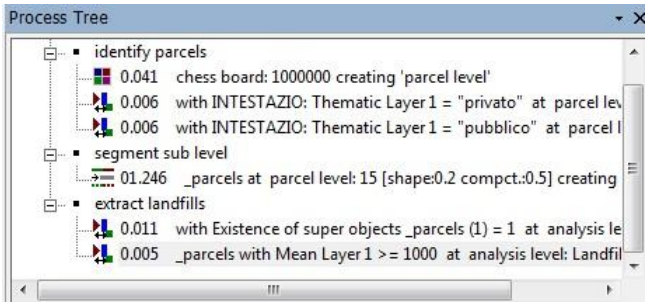


Fig. 6 The Process tree shows segmentations and classifications applied to identify the landfills using also the cadastral layer

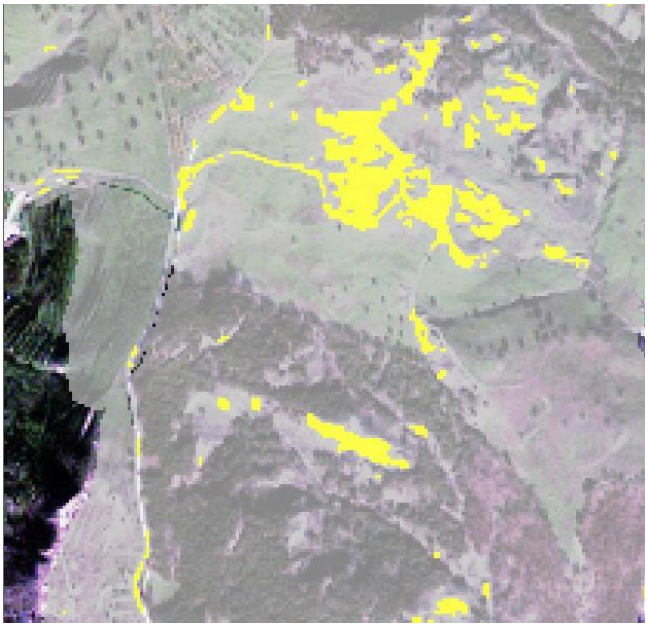


Fig. 7 Potential Landfills (yellow)

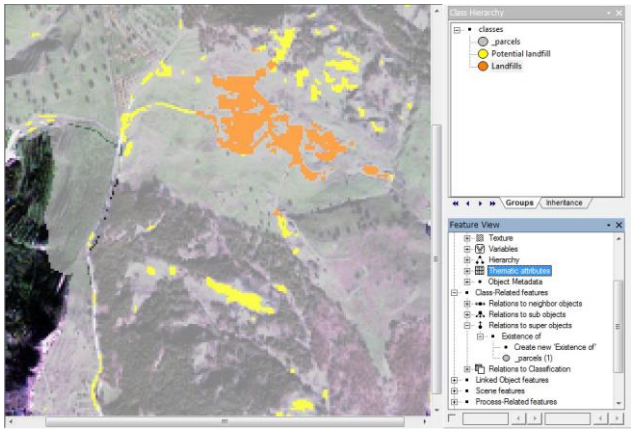


Fig. 8 Landfills (orange)

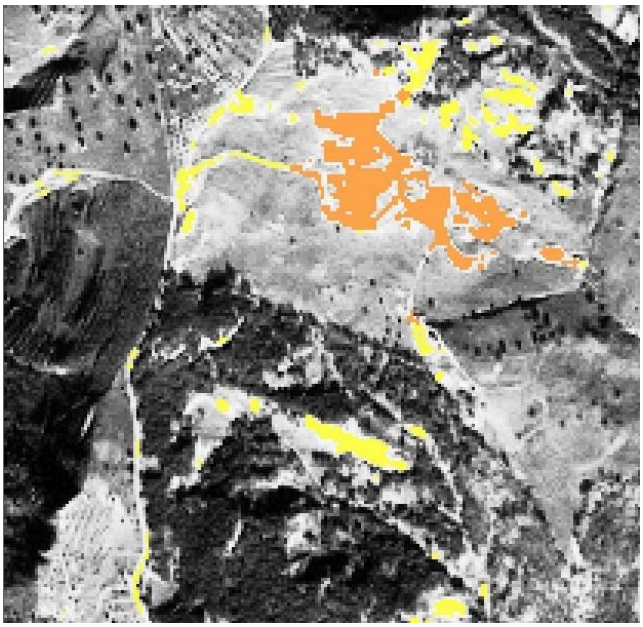


Fig. 9 Landfills, removing the remaining '_parcel' classification, not needed for the analysis

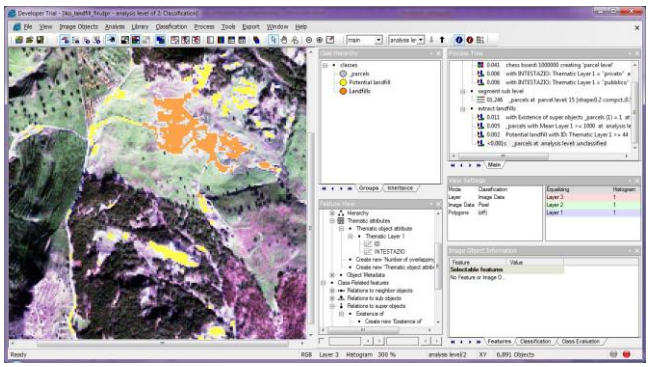


Fig. 10 In this display: identification of Landfills

IV. CONCLUSIONS

In the near future we should treat all types of waste but the reality is still different: today there are new illegal dump sites.

In this project the use of remote sensing is functional and effective as it allows for monitoring, with regular purchasing of satellite imagery.

Remote sensing data, survey and inventory could then be supported by available data from local authorities for their respective territories and together could flow in a spatial database regularly updated.

ACKNOWLEDGMENT

Here we thank the European Space Agency that has kindly given the availability of the IKONOS image used for testing.

REFERENCES

[1] M. Baat, U. Benz, S. Dehgani, M. Heynen, A. Höltje, P. Hofmann, I. Lingenfelder, M. Mimler, M. Sohlbach, M. Weber, G. Willhauck, *eCognition 4.0 professional user guide*, Definiens Imaging GmbH, München, 2004.

[2] M. Köppen, J. Ruiz-del-Solar, P. Soille, "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, pp. 23-25, 1998.

[3] D. Pitea, A.L. De Cesaris, G. Marchetti, "Individuazione, caratterizzazione e campionamento di ammassi abusivi di rifiuti pericolosi", in Fondazione Lombardia per l'ambiente, Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/1997, 1997.

[4] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol. 2, Theoretical Advances, Academic Press, New York, 1998.

[5] P. Soille, M. Pesaresi, "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9, 2002.

[6] Y.C. Tzen, K.S. Chen, "A Fuzzy Neural Network to SAR Image Classification", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 36, pp. 301-307, 1998.

[7] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information Control*, Vol.8, pp.338-353, 1965.

Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare

Vincenzo Barrile (*), Giuliana Bilotta (**), Giuseppe M. Meduri (*)

(*) Dipartimento MECMAT (Meccanica e Materiali), Facoltà di Ingegneria Università Mediterranea di Reggio Calabria, Via Graziella Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria, Tel. +39 0965 875301
vincenzo.barrile@unirc.it, giumed@libero.it
(**) Dottorato NT&ITA (Nuove Tecnologie e Informazione Territorio Ambiente), Dip. di Pianificazione, Università IUAV di Venezia, Santa Croce 191 Tolentini, 30135 Venezia, giuliana.bilotta@gmail.com

Riassunto
Le discariche illegali mettono a rischio la tutela dell'ambiente e minacciano fortemente il territorio a causa del pesante impatto paesaggistico e ambientale, costituendo una fonte di pericolo per la salute e la sicurezza degli abitanti.
L'attività di controllo del territorio si concretizza anche nel riconoscimento degli abusi relativi al deposito incontrollato di rifiuti e l'uso di immagini telerilevate da satellite contribuisce a migliorare il sistema di gestione dell'ambiente. La disponibilità di tecniche orientate agli oggetti per elaborare il dato satellitare consente di rilevare tali situazioni di illegalità.
La ricerca che qui si propone è ancora in itinere al fine di affinare le tecniche impiegate ma già si prospetta la possibilità di un'applicazione delle stesse metodologie in altri contesti.

Abstract
The illegal dumps are environmental threats that put strongly at risk our territory due to the heavy impact on the landscape and the environment, constituting a source of danger for the health and safety of the inhabitants
The activity of territorial control is also reflected in the recognition of abuse of the uncontrolled storage of waste: the use of satellite remotely sensed data helps to improve the environmental management system. The availability of object-oriented techniques to process the satellite data can detect such situations of illegality.
Our research is still in progress in order to refine the techniques used but already an application of the same methods in other contexts is possible.

Introduzione
Il suolo è un sistema complesso, di importanza fondamentale per l'equilibrio ecologico, che comprende diverse questioni di rilevanza ambientale.
La normativa europea ha da tempo previsto il monitoraggio della componente suolo, in particolar modo delle discariche. Nel 2001 la Commissione europea ha imposto sanzioni contro l'Italia per la mancanza di dati sulle discariche nel suo territorio.
In Calabria, così come nel resto d'Italia, gestione dei siti contaminati e dei rifiuti ed emergenze ambientali sono direttamente collegati alla matrice suolo.
Nella regione Calabria, in particolare, si sta vivendo una realtà piuttosto complessa nel settore dei rifiuti: da molti anni è stato dichiarato infatti lo stato di emergenza nel settore dei rifiuti urbani, speciali e pericolosi, pertanto un commissario straordinario è stato delegato a gestire questo settore.
Tutto ciò avviene nonostante non vi sia stato in Calabria quel forte sviluppo industriale che in altre regioni ha portato all'inquinamento del suolo; qui, limitato e disordinato, spesso senza una corretta pianificazione, ha comunque inferto molte "ferite" al territorio.

Non sono disponibili dati derivati da indagini sulle discariche, in particolare quelle di rifiuti pericolosi e tossici
Il presente lavoro utilizza dati telerilevati e tecniche di analisi d'immagine di tipo strutturale per monitorare le discariche potenziali. Lo scopo di questo contributo è quello di illustrare un'applicazione di *Object Based Image Analysis* su dati ad altissima risoluzione, in particolare sulle immagini multispettrali Ikonos di Melito di Porto Salvo, in provincia di Reggio Calabria con l'obiettivo di mostrare come l'analisi automatica - con un intervento manuale minimo - può facilitare il riconoscimento delle discariche.

Analisi d'immagine ad oggetti
Le tradizionali tecniche di elaborazione ed interpretazione delle immagini seguono metodi basati su dati statistici estratti dalle caratteristiche intrinseche del singolo *pixel*, che forniscono informazioni a basso livello semantico – semplicemente la quantità di energia emessa dal pixel – in cui il contesto non assume alcun ruolo. Nell'analisi d'immagine basata sugli oggetti invece il livello semantico è alto; tra gli attributi degli oggetti creati vi sono informazioni topologiche, statistiche e relative al contesto, il riconoscimento si fonda su concetti di morfologia matematica applicata all'analisi d'immagine e la classificazione su logica *fuzzy* è simile a quella del fotointerprete umano. I processi hanno però qualità di uniformità, standardizzazione e riproducibilità dei risultati, tutte caratteristiche che un fotointerprete umano non può garantire.
Infine, l'inclusione del dato catastale nella procedura di segmentazione consente un'informazione organizzata secondo le necessità dell'amministrazione che gestisce il territorio e impiegabile in tempi rapidi per la repressione degli abusi.
I risultati ottenuti si sono dimostrati incoraggianti. E' stata così possibile l'individuazione di una discarica su area nota, confermando quindi la bontà della metodologia seguita.
L'applicazione diell'*Object Based Image Analysis* a dati ad alta ed altissima risoluzione, dove più alto è il rischio di errori, permette comunque una buona classificazione, attraverso una opportuna gerarchia di classi che tiene conto delle relazioni tra i livelli di segmentazione prodotti (Baatz et al., 2004).
Con essa si introducono altre regole per l'ubicazione del contesto e le relazioni tra gli oggetti, mentre aumenta significativamente la probabilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre. La scelta del fattore di scala consente di calibrare la grandezza dei poligoni risultanti, e la sua definizione è legata alla scala di riferimento cartografica che l'utente finale deve ottenere. Attraverso l'inclusione nel processo di segmentazione di uno *shapefile* relativo ai dati catastali otteniamo oggetti che ne mantengano gli attributi anche nella classificazione finale, rendendo quindi facilmente rintracciabili le proprietà delle aree interessate dai depositi di rifiuti. Tali processi sono riutilizzabili in qualsiasi contesto geografico.
Con questa analisi di tipo strutturale è possibile ottenere dai dati telerilevati un'informazione immediatamente integrabile nei GIS consentendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali. Partendo da una stessa immagine è possibile generare vari livelli gerarchici di poligoni con diversi fattori di scala, quindi il processo di segmentazione è multirisoluzione .
Il riconoscimento si basa su concetti di morfologia matematica applicata all'analisi delle immagini (Serra, 1998) e sulla logica *fuzzy* per la classificazione.

Segmentazione
Nella segmentazione i pixel dell'immagine vengono via via aggregati in una serie di passaggi fino a quando i poligoni risultanti non hanno le caratteristiche volute dall'utente (Baatz et al., 2004). Il procedimento porta alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale di ciascun poligono ricavata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi, sulla base dell'eterogeneità geometrica dipendente dalla forma dei poligoni creati. L'eterogeneità spettrale h_s di ciascun poligono generato con il processo di segmentazione è ottenuta come somma pesata delle deviazioni standard dei valori di *digital number* di ogni banda spettrale ricavati per ciascuno dei pixel inclusi nel poligono:

$$h_s = \sum_{c=1}^{q} w_c \sigma_c \qquad [1]$$

dove h_s = eterogeneità spettrale del poligono; q = numero di bande spettrali; σ_c = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale; w_c = peso assegnato alla c-esima banda.

Se il processo di segmentazione tendesse soltanto alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale si otterrebbe la generazione di poligoni eccessivamente frammentati, con dimensione frattale molto elevata. E questo si verificherebbe in modo maggiore quanto più elevata è la risoluzione geometrica dell'immagine. Per evitare che ciò avvenga i poligoni ottenuti devono anche minimizzare il valore di eterogeneità geometrica (h_g), definita da due fattori di forma: il fattore frattale ed il fattore di compattezza. Il fattore frattale (h_{g_smooth}) dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione:

$$h_{g_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \qquad [2]$$

dove: h_{g_smooth} = fattore frattale dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; $\boldsymbol{n}$ = numero di pixel di cui è costituito il poligono.

Il fattore di compattezza ($h_{g_compact}$) dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono:

$$h_{g_compact} = \frac{l}{b} \qquad [3]$$

in cui: $h_{g_compact}$ = fattore di compattezza dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato; l = lunghezza del perimetro del poligono considerato; b = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono considerato. L'algoritmo di segmentazione unisce, a partire da ogni pixel dell'immagine, poligoni adiacenti fino a quando il cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni primitivi e il nuovo poligono ottenuto non supera una soglia assegnata dall'utente (fattore di scala). Non superando la soglia assegnata la fusione si realizza, in caso contrario i poligoni restano distinti. La differenza di eterogeneità (*overall fusion value*) tra il potenziale oggetto fuso e i due poligoni originari è pari a:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f) \Delta h_g \qquad [4]$$

dove: f = *overall fusion value*; w_f = peso attribuito in base all'importanza relativa dell'eterogeneità spettrale rispetto all'eterogeneità geometrica, compreso tra 1 (viene considerata solo l'eterogeneità geometrica) e 0 (viene considerata solo l'eterogeneità spettrale).

Logica *fuzzy*

La logica fuzzy, approccio matematico per quantificare le dichiarazioni incerte, invece delle due affermazioni strettamente logiche "sì" e "no" utilizza la serie continua di [0 ... 1], dove 0 significa "esattamente no" e 1 significa "esattamente sì.". Tutti i valori compresi tra 0 e 1 rappresentano una più o meno certa condizione di "sì" e "no".

Insiemi *fuzzy* sono stati impiegati nella classificazione di copertura del suolo (Köppen et al., 1998).

Tale teoria, sviluppato per trattare informazioni imprecise, può fornire una soluzione più appropriata per questo problema (Soille, Pesaresi, 2002). Essa prevede, infatti, per ogni regione di avere l'appartenenza parziale ad una classe o multipla a diverse classi. L'appartenenza parziale permette di rappresentare ed utilizzare meglio l'informazione relativa a situazioni più complesse.

La logica *fuzzy* emulando il pensiero umano ne prende in considerazione anche le regole linguistiche.

Riconoscimento discariche

Oggetto di questo studio è il riconoscimento di discariche a Melito di Porto Salvo (RC). I dati disponibili sono immagini satellitari Ikonos del 2002, georeferenziati in WGS84 (Datum WGS84, UTM 33 N), cui si sono aggiunte alcune informazioni catastali in formato vettoriale .

Il primo passo è segmentare una prima volta l'area così da creare oggetti corrispondenti ai poligoni catastali che ne conservino gli attributi, assegnando un fattore di scala molto alto. L'operazione successiva è la realizzazione di una classificazione basata su due diversi valori di attributi delle particelle e, quindi, degli oggetti creati. Le particelle, la cui intestazione indica la proprietà, in questo caso sono semplicemente divisi in " privato" e " pubblico". Questa semplice distinzione in caso di identificazione di discariche abusive consentirebbe agli enti pubblici interessati di avere i dati necessari per avviare procedimenti sanzionatori o di recupero, nei due differenti casi.
Si prosegue poi ad una classificazione separata per "pubblico" e "privato", ma che servirà solo come procedura interna, dal momento che non sarà presente nella ricerca finale di discariche.

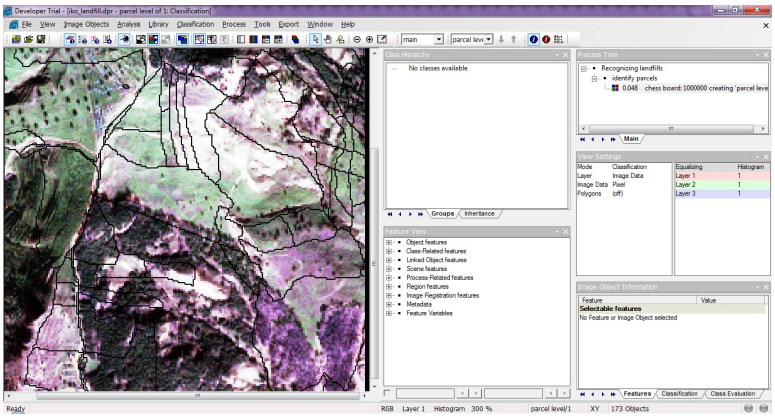


Figura 1. Creazione di oggetti corrispondenti alle particelle catastali.

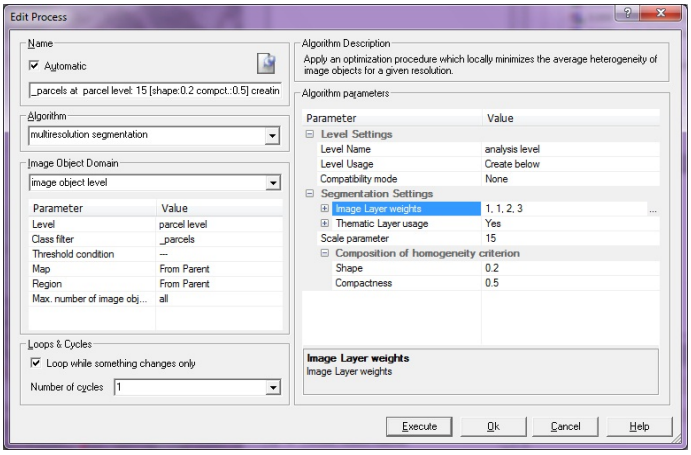


Figura 2. Segmentazione multirisoluzione: assegnazione di pesi maggiori alle bande Red ed IR, il parametro di forma è 0,2, il fattore di compattezza è impostato a 0,5, il fattore di scala è 15.

La classificazione successivo trasferisce anche a questi piccoli oggetti le proprietà dei super-oggetti, vale a dire le particelle catastali.
A seguito di opportune valutazioni di alcuni valori di variabilità pixel - di fatto, nelle discariche coesistono materiali estremamente eterogenei - sono identificate con la classificazione le aree in cui possono essere discariche (discariche potenziali).

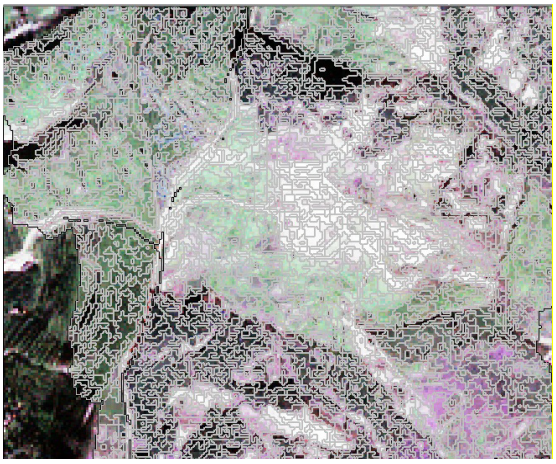


Figura 3. Segmentazione multirisoluzione.

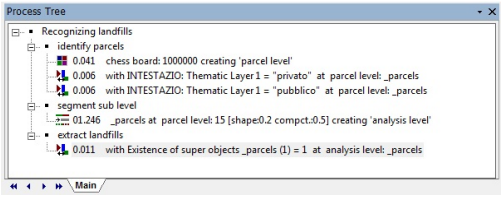


Figura 4. Il process tree con le segmentazioni e le classificazioni applicate.

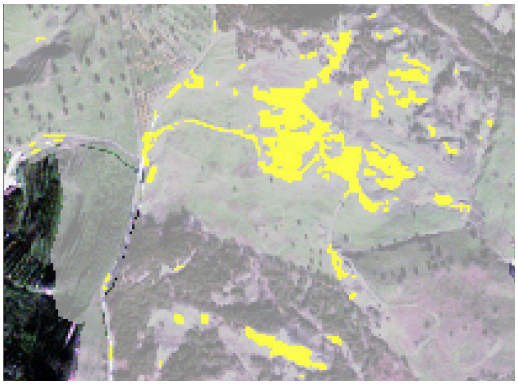


Figura 5. Discariche potenziali.

Infine, con una ulteriore classificazione si precisano le zone più interessate da questi valori (discariche), che giungono a corrispondere alle zone coperte da una vecchia discarica gestita dal Comune nell'anno di riferimento dell'immagine.
Il passo successivo è la riassegnazione degli oggetti "non classificati" che non rientrano all'interno delle aree individuate come discariche.

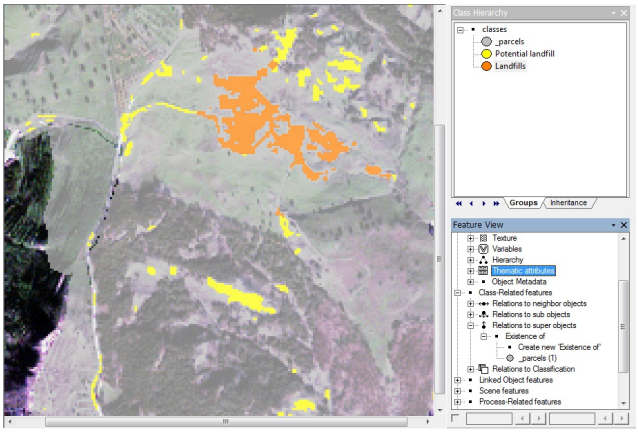


Figura 6. Discariche.

Conclusioni

In questo progetto l'utilizzo di dati da *remote sensing* e di tecniche di analisi d'immagine di tipo strutturale consente il monitoraggio delle discariche sul territorio, aggiornabile mediante la regolare acquisizione di immagini satellitari.

I dati telerilevati potrebbero confluire in un database spaziale aggiornato regolarmente dalle autorità locali per il monitoraggio dei rispettivi territori.

Riferimenti bibliografici

Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2004), *eCognition 4.0 professional user guide,* Definiens Imaging GmbH, München.

Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P. (1998), "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 23-25.

Pitea D., De Cesaris A.L., Marchetti G. (1998), "Individuazione, caratterizzazione e campionamento di ammassi abusivi di rifiuti pericolosi", in Fondazione Lombardia per l'ambiente, Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/1997.

Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol. 2, Theoretical Advances, Academic Press, New York.

Soille P., Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40: 9.

Tzen Y.C., Chen K.S. (1998), "A Fuzzy Neural Network to SAR Image Classification", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 36: 301-307.

Zadeh L.A. (1965), "Fuzzy Sets", *Information Control*, 8: 338-353.