

TECNICHE DI GEOSPATIAL INTELLIGENCE PER IL MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI DEGLI EDIFICI

Andrea FIDUCCIA (*), Milena MIGLIONICO (**),
Giovanna NETTI (***), Luca NOVELLI (****)

(*) Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini, 4 00157, Roma; P: +39.06.43588889;
Fax: +39 06 43254376, andrea.fiduccia@intergraph.com

(**) Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Intergraph Italia LLC,
C/O Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma, milenamiglionico@inwind.it

(***) Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Intergraph Italia LLC,
C/O Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma, nettig@hotmail.com

(****) Archimedes Logica SrL, via Tagliamento 9, 00198 Roma; Tel. +390684241614; Inovelli@archimedes.it

Riassunto

Il progetto di ricerca è stato orientato a valutare la potenzialità di utilizzo di immagini da telerilevamento satellitare o aereo per il monitoraggio dei consumi energetici degli edifici secondo quanto prescritto dal D.Lgs 192 del 2005, successivamente modificato dal D.Lgs. 311 del 2006, i quali definiscono le procedure applicative per la certificazione energetica degli edifici e contengono le Linee Guida nazionali. Il certificato energetico è reso obbligatorio per accedere agli incentivi nazionali, regionali e locali che riguardino il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e nel caso di edifici pubblici dati in gestione a società di servizi. La ricerca ha avuto il fine di avviare lo studio di un modello per il monitoraggio delle temperature superficiali degli edifici da rapportare a quanto dichiarato nelle certificazioni energetiche. Il ricorso ad immagini telerilevate e aviotrasportate consente il continuo aggiornamento dei dati ed offre la possibilità di effettuare un controllo costante nel tempo da integrare con le fasi di indagine sul campo. La sperimentazione ha avuto per oggetto l'area di Porto Marghera nel Comune di Venezia a sud della stazione ferroviaria di Venezia Mestre. Un primo step ha riguardato l'analisi delle caratteristiche dei sensori da telerilevamento satellitare ed aereo riguardo alla risoluzione geometrica ed alla presenza della banda dell'infrarosso termico, necessaria per la rilevazione delle temperature superficiali. I sensori utilizzati sono: Aster, Landsat e MIVIS (quest'ultimo risultando essere il più adeguato ad un'analisi a scala urbana di edificio). Obiettivo successivo è stato classificare gli edifici presenti nella scena secondo la temperatura media della copertura, relazionare tale dato con le caratteristiche costruttive, con i materiali di rivestimento, con la classe energetica e associare ad ogni edificio le caratteristiche degli impianti di riscaldamento e/o climatizzazione. Sarà così possibile interrogare e leggere i parametri fondamentali di rendimento energetico, analizzare le singole situazioni evidenziando le anomalie, su cui pianificare le campagne d'ispezione da parte di Comune, Provincia o Regione e creare uno strumento utile nei processi di pianificazione urbana.

Il dato satellitare, classificato e successivamente georiferito, ha permesso di individuare le situazioni anomale (edifici con temperatura superficiale troppo bassa e troppo elevata rispetto a quella esterna) e si è correlata la temperatura al materiale di copertura e alla destinazione d'uso degli edifici. Tale risultato è utile per capire se le cause delle differenze sono dipendenti da fattori interni all'immobile o legati all'ambiente esterno (zone d'ombra, zone esposte ai venti), quindi trarre considerazioni utili sia per i processi di pianificazione che considerazioni su una corretta strategia di acquisizione delle immagini satellitari e i requisiti per le banche dati da relazionare nel modello analitico. In particolare si è focalizzata l'attenzione sulla condizione degli edifici

appartenenti alla classe A e B in quanto oggetto delle disposizioni della Finanziaria 2007 in tema di agevolazioni fiscali per il risparmio energetico. L'approccio analitico implementato integra il dato telerilevato con i dati GIS ancillari eterogenei per formati e sistemi di riferimento spaziale (in quanto prodotti dalle diverse PPAA locali e centrali) realizzando un prototipo di SDSS orientato alla GeoSpatial Intelligence per le analisi urbanistico-ambientali mediante il software Image Scout della Intergraph Corporation.

Abstract

The research project has been orientated to estimate potentiality of remote sensing by satellite or by plane pictures for monitoring energy consumption of buildings in accordance with D. Lgs. 192 of 1995, lately modified by D. Lgs. 311 of 2006, which define applicatory procedures for buildings energy certification and contain national guidelines. To accede to national, regional, local incentive concerning buildings energy performance improvement and in case of public buildings management entrusted to service company it is compulsory to obtain an energy certificate. The research started a study of a model suited to monitoring superficial temperatures buildings to compare to what is declared in energy certification. The use of remote sensing and airborne images enables a continuous data updating, it offers the possibility to carry out a time constant control to integrate on site researches. The experimentation focused on Porto Marghera in Venice Municipality, south Venice Mestre railway station. A first step concerned an analysis of sensor features for remote sensing by satellite and plane, in the matter of geometric resolution and thermal infrared areas of the electromagnetic spectrum existence, requested for survey of superficial temperatures. The used sensor are: Aster, Landsat and MIVIS (the latter it's the most suitable for an analysis on urban scale of a building). The next objective was a classification of existing building in the range using roof material mean temperature, relating this data with constructive features, covering materials, efficiency class and connecting every building with the specified heating and/or air conditioning system. So it is possible read energy performance highlighting every anomaly, on which planning municipality, district, region inspections and establishing an useful tool in town and country planning processes.

The satellite data, classified and lately georeferenced, enable to localize anomalous situations (buildings with superficial temperature too low or too high in comparison to open-air one) and temperature has been correlated with covering materials and building disposition of use such result is useful to understand if the causes of differences are related to internal factors of building or to open-air environment (shadow zones, wind exposure), so drawing useful consideration for pianification processes and a right strategy for acquiring satellite pictures and requirements for database to report to analytic model. We focused our attention on building belonging to A and B classes, because the 2007 Financial Law consents tax relieves for energy conservation in these classes. The analytic approach implemented combine the remote sensing datum with the GIS ancillary data for sizes and spatial reference frames (because they are supplied by local and national administrations) implementing a prototype of SDSS oriented to geospatial intelligence for analysis in urban environment using Intergraph Corporation Image Scout software.

Introduzione

Il progetto di ricerca è orientato a valutare la potenzialità di utilizzo di immagini telerilevate e/o aviotrasportate per il monitoraggio dei consumi energetici degli edifici secondo quanto prescritto dal D.Lgs 192 del 2005, successivamente modificato dal D.Lgs. 311 del 2006, che definiscono le procedure applicative per la certificazione energetica degli edifici e contengono le Linee Guida nazionali.

Il settore abitativo è responsabile di circa un terzo dei consumi energetici. Da studi risulta che i consumi medi per mq degli edifici italiani sono i più bassi al mondo, ma tale valore risulta elevato se si considera il fabbisogno al mq e i gradi/giorno, indice di cattiva coibentazione, basso rendimento degli impianti di riscaldamento e non ottimale regolazione degli stessi. (fonte: libro bianco sull'edilizia ENEA-FINCO 2004).

Le nuove norme stabiliscono il dimezzamento dei consumi energetici degli edifici, che saranno soggetti ad una classificazione in funzione del loro rendimento.

Le Regioni hanno il compito di monitorare il raggiungimento e il mantenimento dei requisiti di prestazione energetica degli edifici espressi nel certificato energetico, di monitorare i consumi legati a riscaldamento, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria.

Il certificato energetico è reso obbligatorio per accedere agli incentivi nazionali, regionali e locali che riguardino il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e, nel caso di edifici pubblici dati in gestione, a società di servizi.

La ricerca è rivolta ad analizzare le caratteristiche dei sensori all'infrarosso termico attualmente presenti sul mercato, nel campo del rilievo da satellite e da volo aereo al fine di avviare lo studio di un modello per il monitoraggio delle temperature superficiali degli edifici da riportare a quanto dichiarato nelle certificazioni energetiche. Il ricorso ad immagini telerilevate e aviotrasportate consente il continuo aggiornamento dei dati, offre la possibilità di effettuare un controllo costante nel tempo da integrare con le fasi di indagine sul campo.

La metodologia

La sperimentazione ha avuto per oggetto l'area di Porto Marghera nel Comune di Venezia a sud della stazione di Venezia Mestre.

Un primo step ha riguardato l'analisi delle caratteristiche dei sensori da telerilevamento satellitare ed aereo, riguardo alla risoluzione geometrica ed alla presenza della banda dell'infrarosso termico, necessaria per la rilevazione delle temperature superficiali. I sensori utilizzati sono stati: Aster, Landsat e MIVIS. Il più adeguato ad un'analisi a scala urbana di edificio è risultato il sensore iperspettrale MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) prodotto dalla ditta statunitense Daedalus e di proprietà del consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR – Progetto LARA). Il MIVIS è costituito da quattro spettrometri che riprendono simultaneamente in 102 bande: 20 (spettrometro 1) nel visibile tra 0,43 e 0,83 micron, 8 (spettrometro 2) nell'infrarosso vicino tra 1,15 e 1,55 micron, 64 (spettrometro 3) nell'infrarosso medio tra 2,0 e 2,5 micron e 10 (spettrometro 4) nell'infrarosso termico tra 8,2 e 12,7 micron. La risoluzione geometrica dipende dall'altezza di volo e varia da 2 a 10 metri, la risoluzione radiometrica è di 12 bit (4096 livelli), la risoluzione spettrale: 20 μm nel visibile e nel vicino infrarosso; 50 μm nell'infrarosso medio; 9 μm nell'infrarosso termico.

Il secondo step ha previsto l'analisi dell'immagine secondo due metodologie differenti: una classificazione supervised con lo Spectral Angle Mapper di ENVI e una classificazione di tipo supervised con il modulo software VLS Feature Analyst nel software Image Scout della Intergraph Corporation. Il software ENVI ed i dati MIVIS sono stati messi a disposizione per la sperimentazione da Archimedes Logica Srl di Roma, il software Image Scout da Intergraph Italia LLC.

L'algoritmo SAM (classificazione in base alla misura dell'angolo n -dimensionale, numero di bande, dei pixel con le firme spettrali di riferimento) implementato in ENVI ha richiesto come input i seguenti dati: identificazione di ROI (regioni di interesse: aree campioni guida sulle quali effettuare test di indagine e verifica), definizione del numero di classi da riconoscere, definizione della soglia minima dell'angolo, definizione dei pixel (ROI) o librerie già esistenti da cui estrapolare le informazioni spettrali (firme spettrali) "per guidare" l'algoritmo di riconoscimento spettrale. Nel caso in esame si sono definite otto classi differenti: laterizi, asfalti, cemento, alberi, prati, terreni, acqua, coperture speciali. Sono chiaramente visibili gli edifici in laterizio in rosso e la vegetazione urbana in verde per il prato e gialla per le alberature, visibile in figura 1. Si genera un po' di confusione tra asfalto e coperture in cemento, ma non è possibile prevedere tutte le tipologie di oggetti presenti nella scena e tutte le possibili alterazioni dei materiali. Da un controllo visivo si è valutata la corrispondenza tra le classi ottenute dalla classificazione SAM e le entità del tessuto urbano leggibili dall'ortofoto e da una mappa delle coperture.

L'informazione quantitativa relativa alla temperatura superficiale, invece, è stata ottenuta attraverso la classificazione con Feature Analyst.

VLS Feature Analyst é un classificatore supervised basato su reti neurali che genera feature vettoriali estraendole dall'immagine attraverso campioni geometrici e spettrali. VLS Feature Analyst utilizza la naturale abilità umana per riconoscere oggetti in un'immagine complessa, mediante esempi di patterns geospaziali. Operando direttamente all'interno di un ambiente GIS (Image Scout), l'algoritmo - a partire da un insieme di "verità" inputate come poligoni vettoriali rappresentativi della classe da estrarre e dalla definizione di una serie di parametri (intorno da analizzare in ampiezza e forma, tipologia degli oggetti che si stanno cercando, bande dell'immagine da utilizzare) - produce feature class vettoriali da sottoporre a successiva elaborazione per eliminare raggruppamenti di pixel inferiori a n pixel, per smoothing delle curve al fine di evitare l'effetto quadrettato dei pixel, ecc.. Attraverso tale classificazione supervised dall'immagine MIVIS si sono ottenute le feature degli edifici con le geometrie e i valori delle temperature.



Figura 1 - Classificazione SAM

Obiettivo successivo è stato classificare gli edifici presenti nella scena secondo la temperatura superficiale della copertura, relazionare tale dato con le caratteristiche costruttive, con i materiali di rivestimento, con la classe energetica e associare ad ogni edificio le caratteristiche degli impianti di riscaldamento e/o climatizzazione, utilizzando dati provenienti da altre banche dati.

É, così, possibile interrogare e leggere i parametri fondamentali per analizzare le singole situazioni evidenziando le anomalie: situazioni di temperature superficiali in copertura molto più alte o molto più basse rispetto alla temperatura esterna su cui pianificare le campagne d'ispezione da parte di Comune, Provincia o Regione così da creare uno strumento utile nei processi di pianificazione urbana.

Risultati

Il dato satellitare, classificato e successivamente georiferito (tale approccio evita che l'alterazione dei DN dovuta al ricampionamento del processo di georeferenziazione generi improprie classificazioni), ha permesso di individuare le situazioni anomale (edifici con temperatura superficiale troppo bassa e troppo elevata rispetto a quella esterna) e di correlare la temperatura al materiale di copertura e alla destinazione d'uso degli edifici. Questo risultato è utile per esaminare se le cause delle differenze sono dipendenti da fattori interni all'immobile o legati all'ambiente esterno (zone d'ombra, zone esposte ai venti), quindi trarre considerazioni utili sia per i processi di

pianificazione che considerazioni su una corretta strategia di acquisizione delle immagini satellitari e per definire i requisiti per le banche dati da relazionare nel modello analitico.



Figura 2 – Confronto tra dati di temperatura e classe energetica



Figura 3 – Confronto tra dati di temperatura e materiali di copertura

Dalle temperature rilevate dall'immagine MIVIS, ripresa nel Giugno 1999, si possono evidenziare situazioni in cui la temperatura superficiale è molto più bassa rispetto alla temperatura esterna: edificio probabilmente eccessivamente climatizzato e non ben isolato, con inevitabile eccessivo consumo energetico e situazioni con valori di temperatura molto più alta rispetto a quella esterna: causata probabilmente da generatori di calore (industrie, centrali elettriche) la cui energia potrebbe

essere riutilizzata. Ovviamente tali situazioni devono essere rapportate con destinazioni d'uso, tipologia del materiale di copertura e classe energetica, come da figura 2 e 3.

L'assetto metodologico sperimentato si presterebbe meglio per l'analisi delle temperature superficiali in periodo invernale in quanto il contributo della radiazione solare sarebbe trascurabile, e sarebbe possibile fare considerazioni tra temperatura superficiale, rilevata dal sensore, tipologia costruttiva dell'edificio e impianti di riscaldamento in dotazione.

In particolare si è focalizzata l'attenzione sulla condizione degli edifici appartenenti alla classe A e B che godono di agevolazioni fiscali in quanto dovrebbero essere ben isolati termicamente e avere bassi consumi energetici.

Conclusioni

L'approccio analitico implementato integra il dato telerilevato con i dati GIS ancillari, eterogenei per formati e sistemi di riferimento spaziale (in quanto prodotti dalle diverse PPAA locali e centrali), realizzando un prototipo di Spatial Decision Support System che sfrutta, secondo l'approccio delle tecnologie "duali", una metodologia propria della GeoSpatial Intelligence militare per le analisi urbanistico-ambientali con riferimento ad un ben preciso "flusso amministrativo".

Poichè di recente il paradigma dei web services ha aggiunto una nuova dimensione all'SDSS, rendendo possibile lo sviluppo di Web-based SDSS (WebSDSS), il flusso definito con la presente sperimentazione può essere in alcune sue parti implementato come componente o servizio che può essere sottoscritto od incluso in altre applicazioni.

Più specificamente, a partire dai dati vettoriali prodotti mediante le tecniche di telerilevamento, le successive analisi si prestano ad essere impostate come web services di analisi in sequenza (chained web services).

Dunque, la ricerca presentata appare particolarmente ricca di potenziali approfondimenti applicativi dato che la "modalità condivisa" di interazione tra le banche dati istituzionali (geografiche e alfanumeriche) che si sta affermando è quella delle Spatial Data Infrastructures come ribadito dalla Direttiva comunitaria INSPIRE.

Riferimenti bibliografici

- Brivio, Lechi, Zizioli (1992), *Telerilevamento da Aereo e da Satellite*, Ed. Delfino, Sassari
- Chrysoulakis, N. (2002), "Energy in the Urban Environment: Use of Terra/ASTER imagery as a tool in Urban Planning". *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*
- Comuzzi A. Zampierin S. (s.i.d.), *Studio dell'Area di San Giorgio di Nogaro mediante l'Utilizzo del Sensore Iperspettrale Aviotrasportato MIVIS*, Studio redatto dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e da Insiel.
- Di Pace R., Fiduccia A. (2006), *Le soluzioni Intergraph per la Geospatial Intelligence e la Data Harmonisation nel contesto di standardizzazione dei flussi informativi delle SDI*. Atti Conferenza Nazionale AM FM Italia 2006, Roma, pp. 71-78.
- Enea (1984), *Metodologie Di Risparmio Energetico*, Hoepli.
- Lees J., Mott R. (2006), "GeoIntelligence. Change Detection for more actionable Intelligence", *GeoIntelligence*, n.1/2006
- Lillesand T. M., Kiefer R. W. (1999), *Remote Sensing and Image Interpretation*, Wisconsin University, USA.
- Schenone C., (1997) *Sistemi Informativi territoriali: Strumenti GIS nella gestione e pianificazione del territorio*, Jackson Libri
- Tran Thi Van (2005), *Relationship Between Surface Temperature and Land Cover Types Using Thermal Infrared Remote Sensing, in Case of HoChiMinh City*, paper presented at XVI OMISAR Workshop, Ho Chi Min City, Viet Nam.