Il progetto Wastemon: la tecnologia satellitare per la gestione e il monitoraggio delle discariche

Gordon Campbell(*), Martin Critchley(**), Anna Maria Deflorio(***), Domenico Gramegna(****), Massimo Morigi(*****), Patrizia Tenerelli(***)

(*)ESA European Space Agency , Via Galileo Galilei -00044 Frascati (Roma), Tel 0694180406
(**)ERA-Maptec Ltd., 36 Dame Street, Dublin 2 Ireland, Tel: +353(01)6330516
(***) Planetek Italia s.r.l., Via Massaua, 12 – 70123 Bari,
Tel. 080 5343750, Fax 080 5340280, deflorio@planetek.it http://www.planetek.it
(****) ARPA Puglia, Corso Trieste, 27 - 70126 Bari, Tel 0805460205, Fax 0805460150
(*****) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale,, ISPRA, Via Curtatone , 3 – 00185 Roma

Riassunto

L'incremento della produzione di rifiuti nell'ultima metà del XX secolo in Europa ha reso necessaria l'adozione di sistemi per la gestione dei rifiuti sempre più sofisticati. In questo scenario, si inserisce il progetto Wastemon, finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea e condotto da un consorzio internazionale formato da ERA Maptec (Irlanda), EBA (Canada) e Planetek Italia. L'obiettivo consiste nella realizzazione di un servizio operativo basato su tecnologie innovative per l'elaborazione di dati telerilevati (dati ad alta risoluzione ottici multispettrali, iperspettrali e SAR), integrabile nelle attuali procedure di ricognizione e controllo delle discariche regolarmente censite e nella localizzazione e monitoraggio dei siti abusivi siano essi a cielo aperto che interrati.

Planetek Italia è coinvolta nel progetto per la realizzazione del servizio in un sito dimostrativo in Irlanda e tre siti in Puglia. Utente finale per i casi di studio pugliesi è ARPA Puglia, ente tecnico molto attivo sulla tematica dei rifiuti e preposto al controllo della gestione delle discariche e dei siti potenzialmente contaminati. La selezione delle aree di studio si è concentrata su alcune zone della regione, maggiormente esposte al rischio di smaltimenti illeciti, in particolare di rifiuti speciali quali quelli industriali e pneumatici. Il servizio potrà consentire di snellire le attuali procedure di monitoraggio delle discariche attraverso l'utilizzo delle tecnologie satellitari fornendo un'importante sorgente di dati, con notevole ottimizzazione di costi e tempi di acquisizione delle informazioni. La metodologia utilizzata si basa sull'analisi multisensore di diversi elementi specifici riguardanti alterazioni di parametri fisici del territorio dovute alla presenza delle discariche. Il servizio si propone quindi di fornire un aggiornamento delle ricognizioni già effettuate in passato dagli enti preposti al controllo, nonché l'individuazione di nuove realtà di degrado non ancora identificate attraverso gli attuali sistemi di monitoraggio.

Abstract

The increasing waste production in Europe in the second half of XX century, stressed out the need for efficient and sophisticated waste management systems. In this context the Wastemon project is aimed at defining an innovative EO-based services supporting the monitoring of landfill and the detection of illegal landfill and waste dumps. The project is founded by ESA and leaded by an international consortium composed of ERA Maptec (Ireland), EBA (Canada) and Planetek Italia. The service should be based on high resolution multispectral, hyperspectral and SAR data and should be integrable in the actual waste monitoring and detection systems (legal and illegal landfill and dumps). Planetek Italia is involved in a case study in Ireland and 3 test area in the Puglia Region. The final user for the Italian service case is the ARPA Puglia, technical body in charge of the monitoring of the landfill and contaminated sites. Three service cases have been defined within

three different test area in the Region. The test site are located in the northern and southern part of the region, in areas with high risk of illegal landfilling and dumps of special waste (tyres and industrial waste). The service will improve the actual landfill monitoring system by providing relevant information trough EO data and optimizing the costs and acquiring times. The proposed methodology is based on a multi-sensor analysis for the detection of specific physical parameters related to the presence of dumps and landfills. The service thus provides updated information on registered landfills and detect new sites which have not yet been registered.

Introduzione

La gestione dei rifiuti costituisce, sia per i paesi industrializzati che per quelli in via di sviluppo, uno dei problemi prioritari per la tutela dell'ambiente. L'aumento dei rifiuti e la necessità di tutelare l'ambiente e la salute dei cittadini, nonché la necessità di rispettare le direttive europee, sono questioni critiche che necessitano di essere affrontate con urgenza e adottando approcci innovativi. Il decreto 152/06, e prima ancora il decreto Ronchi e i suoi aggiornamenti, regolano la questione dei rifiuti a livello nazionale, in sintonia con le direttive della Commissione Europea, vietando le discariche incontrollate e designando a ogni regione la stesura di un piano di gestione dei rifiuti. Nonostante la direttiva della Comunità Europea del 1999, che limita l'utilizzo delle discariche, il conferimento in discarica rimane tuttora uno dei principali metodi di smaltimento dei rifiuti in Italia. La presenza, inoltre, di un elevato numero di discariche abusive ha determinato nel 2007 la condanna del paese, da parte della Corte Europea di Giustizia, per aver violato le direttive comunitarie sulla gestione dei rifiuti (75/442/CEE, 91/689/CEE e 1991/31/CEE). Il problema delle discariche è particolarmente rilevante nel Sud Italia dove si rileva il maggior numero di siti abusivi. Ne deriva, dunque, la necessità di mettere a punto un servizio operativo per il monitoraggio del territorio al fine di avere a disposizione degli strumenti informativi di supporto ai processi decisionali.

In questo contesto, si inserisce il progetto Wastemon finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA), che ha l'obiettivo di testare e sviluppare un servizio innovativo di supporto al controllo e al monitoraggio dei rifiuti basato su dati da satellite multisorgente. Il progetto, nell'ambito del programma VAE (Value Adding Element ex EOMD program) dell'ESA, è inoltre finalizzato alla definizione di un modello di business per la futura distribuzione del servizio verso diverse categorie di utenti finali. Destinatari e fruitori del servizio saranno, da un lato, gli enti preposti al controllo e al monitoraggio del ciclo dei rifiuti e dei siti contaminati (es. ARPA, Amministrazioni Provinciali); nello stesso tempo, il servizio, si propone anche di supportare sia i soggetti produttori di rifiuti (es. imprese che producono rifiuti classificati come speciali) e sia gli impianti di smaltimento e recupero, nelle loro attività periodiche di documentazione cui sono tenuti secondo la normativa vigente, al fine di costruire un quadro conoscitivo esaustivo ed aggiornato delle loro attività di gestione.

Il progetto è condotto e realizzato da un consorzio internazionale composto da ERA Maptec (Irlanda, coordinatore del progetto), Planetek Italia ed EBA (Canada). L'analisi sarà applicata a partire da dati telerilevati multisorgente su alcune aree campione in Italia ed in Irlanda, con l'obiettivo di testare una loro potenziale espansione in un contesto a scala europea. Si tratta di un servizio di mappatura e monitoraggio di depositi abusivi di rifiuti interrati o a cielo aperto, con indicazioni sulla caratterizzazione superficiale dei materiali (es. rifiuti speciali prodotti da lavorazioni industriali, depositi abusivi di rifiuti urbani o di materiali di scarto di attività estrattive). Sarà inoltre, testata l'applicabilità di un servizio di monitoraggio di un caso particolare di depositi abusivi a cielo aperto legato ad una situazione di emergenza ambientale, sia a livello locale che in ambito europeo: i depositi abusivi di pneumatici usati.

Le informazioni fornite dal servizio Wastemon derivano dall'analisi di immagini satellitari ad altissima risoluzione di ultima generazione (es. Geoeye, Worldview), il cui utilizzo sarà orientato

non solo alla fotoanalisi a video, ma anche all'elaborazione dell'informazione spettrale in essi contenuta. In questo senso, l'analisi potrà avvalersi anche dell'impiego di immagini iperspettrali ad alta risoluzione (es. MIVIS, CHRIS Proba) che potranno essere di supporto nell'individuazione di depositi sepolti, grazie alla possibilità di fornire dati più precisi sullo stress vegetativo e sulle alterazioni termiche superficiali tipicamente riscontrate in situazioni di questo tipo.
Una potenziale evoluzione del servizio prevede anche l'utilizzo di dati SAR ad alta risoluzione (es. TerraSAR-X) nelle analisi interferometriche mirate a fornire dati aggiornati sulla morfologia del territorio e a monitorare nel tempo le variazioni volumetriche dei depositi.

Il servizio Wastemon
La definizione delle caratteristiche del servizio, gli attori coinvolti e le procedure di realizzazione dei prodotti oggetto della fornitura, sono stati il fulcro della prima fase del progetto. Passaggio preliminare nella definizione del servizio Wastemon ha visto protagonisti gli utenti del servizio che hanno partecipato a consolidare i requisiti e a definire i casi d'uso. ARPA Puglia, per le aree test in Italia ed *Environment Agency, North Ireland* per i siti in Irlanda, hanno accettato di condividere con Planetek Italia le fasi iniziali del progetto, e saranno parte attiva anche nella fase di qualificazione e valutazione finale del servizio.

Lo schema in Figura 1 mostra la catena dei processi previsti dal servizio, illustrando le attività e le interazioni tra gli attori principali: manager del servizio, operatori, utenti e fornitori esterni.

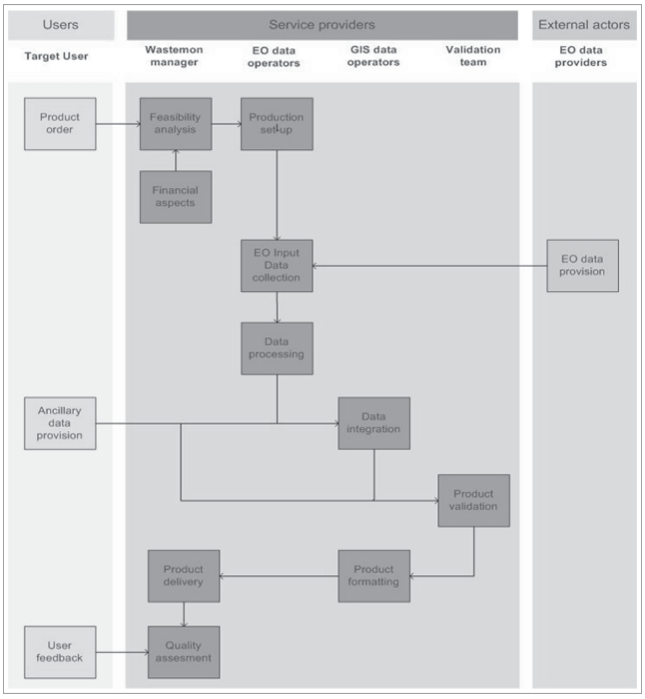

Figura 1-service chain

L'utente italiano del servizio messo a punto da Planetek Italia è l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Puglia (ARPA Puglia), organo preposto all'esercizio di attività e compiti in materia di prevenzione e tutela ambientale. In riferimento al monitoraggio dei rifiuti, in particolare, l'Arpa Puglia ha il compito di 1) organizzare e gestire la Sezione regionale del Catasto

dei Rifiuti; 2) realizzare e gestire l'inventario regionale degli apparecchi contenenti PCB (policlorobifenili); 3) raccogliere, validare, elaborare e documentare i dati che alimentano il sistema informativo; 4) monitoraggio ambientale sulle discariche e caratterizzazione dei rifiuti.

Nelle fasi successive del progetto, inoltre, l'utente sarà coinvolto nelle procedure di valutazione sulla qualità del servizio e sulla sua reale possibilità di integrazione nelle attuali procedure di controllo. L'interazione con l'utente sarà utile anche nella successiva analisi dei costi e dei benefici del servizio, fondamentale per comprenderne le potenzialità e la sua flessibilità per una possibile espansione ad altri soggetti coinvolti nella gestione e nel monitoraggio delle discariche.

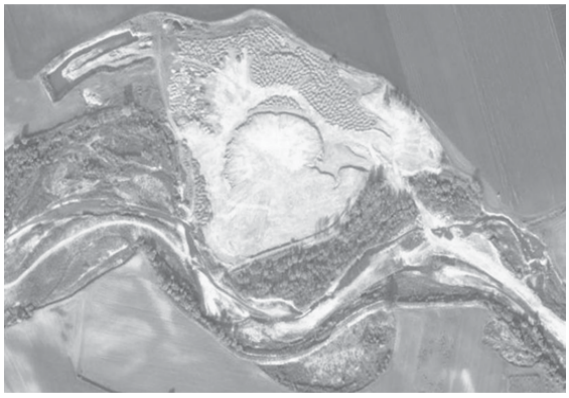

Figura 2- Esempio di discarica abusiva in Puglia

Metodologia di analisi

L'approccio basato sul telerilevamento si delinea come uno tra i maggiormente diffusi ed idonei strumenti per il monitoraggio e la gestione delle discariche su aree estese. Tale approccio consente, infatti, di ottimizzare i tempi e i costi d'indagine e anche di estrarre informazioni su aree ad accesso limitato. Diversi esempi di applicazioni di telerilevamento per il monitoraggio e la ricognizione delle discariche sono stati condotti in passato, sia in fase di ricerca e sperimentazione e sia nelle attività d'ispezione da parte degli enti preposti. In particolare, si fa riferimento ad alcune metodologie innovative sperimentate in questi ultimi anni nel campo dei sensori multispettrali, iperspettrali e SAR (Ottavianelli et al. 2005, Bettini e Morigi 2007, Fior et al. 2005, Gomarasca M.A. e Strobelt 2005). Il lavoro condotto nell'ambito del progetto Wastemon trae vantaggio dai risultati sinora raggiunti nel campo del monitoraggio ambientale, applicando l'analisi su dati di ultima generazione al fine di sfruttare l'elevato contenuto informativo attualmente disponibile sul mercato dei dati satellitari ad altissima risoluzione (es. Worldview, Geoeye). Inoltre, il lavoro intende dedicare l'analisi anche su un possibile impiego della tecnica dell'interferometria differenziale tramite radar ad apertura sintetica (DInSAR) nei normali processi di controllo e monitoraggio delle variazioni volumetriche delle discariche.

Nel caso del servizio Wastemon, è stato messo a punto un approccio multisensore basato su dati multisprettrali, iperspettrali e SAR da correlare con dati ancillari e dati di verità a terra. Sono stati individuati alcuni target che possono essere parametrizzati come elementi del territorio utili al fine di monitorare la presenza di specifiche tipologie di discariche. In particolare i seguenti elementi sono stati identificati come caratterizzanti per il riconoscimento e monitoraggio delle discariche:

- temperatura del suolo;
- umidità del suolo;
- stress della vegetazione;

- morfologia del territorio;
- uso del suolo e cambiamenti del paesaggio naturale ed antropico;
- contesto territoriale (cave dismesse, tracce non asfaltate, distanza dai centri abitati);
- composizione merceologica dei rifiuti.

In particolare l'umidità e l'aumento di temperatura del suolo sono correlabili alle emissioni di percolato e biogas dovute ai processi esotermici di fermentazione della materia organica eventualmente presente nei rifiuti. Lo stress della vegetazione può essere invece una conseguenza della contaminazione del suolo, indotto dalla presenza di rifiuti tossici e potenzialmente pericolosi quando interrati nel suolo, o presenti nelle vicinanze.

Ogni elemento può essere parametrizzato a partire da dati rilevati da specifici sensori. Ad esempio, la temperatura del suolo è stata analizzata a partire da dati iperspettrali, utilizzando le bande nell'intervallo delle onde termiche. L'immagine in Figura 3 mostra una prima rappresentazione della variazione di temperatura realizzata utilizzando la banda 93 del MIVIS (Daedalus AA5000, *Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) appartenente all'infrarosso termico. La rappresentazione è stata realizzata su un subset corrispondente all'area industriale di Taranto, dove sono presenti diversi depositi di rifiuti industriali; i gradienti termici (isolivelli) rappresentati sono utili per lo studio della termografia e l'individuazione di anomalie termiche. L'umidità del suolo e lo stress della vegetazione vengono parametrizzati utilizzando indici basati sulle bande dell'infrarosso dei sensori iperspettrali e multisprettrali. Per quanto riguarda l'analisi del contesto territoriale, l'uso del suolo e i caratteri del paesaggio, le bande del visibile dei dati ottici ad alta risoluzione (es. Geoye, Worldview) sono oggetto di fotointerpretazione ed estrazione semiautomatica delle *feature*. L'utilizzo di dati iperspettrali ad alta risoluzione risulta utile anche per ricavare indicazioni sulla caratterizzazione fisica superficiale dei depositi; in quest'ultimo caso il servizio prende in considerazione l'utilizzo di dati Proba CHIRS a media risoluzione per uno screening del territorio a livello regionale, mentre il dato aereo MIVIS è pensato per le analisi di dettaglio su casi specifici su cui si intende estrarre informazioni di supporto all'identificazione della composizione fisica del deposito. Gli output del progetto saranno dei *layer* in formato GIS che rappresenteranno la localizzazione e l'estensione dei depositi, con indicazioni sulla loro caratterizzazione fisica superficiale.

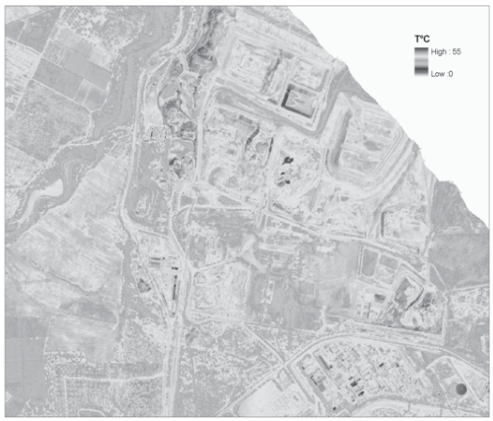

Figura 3: Rappresentazione della banda 93 MIVIS acquisito nell'area di Taranto

Una possibile evoluzione del servizio vede l'impiego della tecnica dell'interferometria differenziale tramite radar ad apertura sintetica (DInSAR) di ultima generazione (es. TerraSAR-X, Cosmo Sky_Med) per le analisi interferometriche, utili nell'interpretazione delle caratteristiche morfologiche del territorio e nel monitoraggio delle volumetrie dei depositi.

La tabella seguente elenca i dati satellitari in input e gli ambiti applicativi individuati nella definizione del servizio Wastemon di mappatura e monitoraggio delle discariche.

Tipo di dato	Descrizione	Area test	Ambito applicativo
GeoEye-I Worldview	Dato satellitare ottico multispettrale ad altissima risoluzione	▪ Lecce ▪ Foggia	▪ Mappatura di discariche abusive a cielo aperto (caso particolare: depositi di pneumatici)
MIVIS*	Dato aereo iperspettrale a 102 canali, ad alta risoluzione	▪ Taranto	▪ Supporto alla mappatura di discariche abusive a cielo aperto (caso particolare: pneumatici, depositi di traversine ferroviarie dismesse intrise di idrocarburi) ▪ Supporto all'individuazione di discariche abusive interrate
Proba CHRIS	Dato satellitare iperspettrale a 62 canali Satellitare	▪ Taranto ▪ Foggia ▪ Lecce	▪ Supporto all'individuazione su scala regionale delle discariche abusive interrate o a cielo aperto
Dati SAR (TerraSARX)	Dato satellitare SAR ad alta risoluzione	▪ TBD	▪ Estrazione di DTM ▪ Misurazioni volumetriche dei depositi

Tabella 1 – Dati satellitari e applicazione al monitoraggio delle discariche

Risultati delle prime fasi del progetto e prospettive

Le prime fasi del progetto Wastemon hanno dimostrato come i dati satellitari di ultima generazione forniscano un ampio range di possibilità applicative nel settore del monitoraggio e ricognizione delle discariche, anche in diverse condizioni ambientali. I vari partner del progetto hanno infatti individuato casi applicativi diversi e con prospettive concrete di evoluzione ed estensione del servizio. Il progetto si propone come traguardo, la messa a punto di un servizio basato su un approccio metodologico sostenibile da punto di vista economico e con una reale possibilità d'integrazione effettiva e continuativa nelle attuali procedure di gestione. Il servizio Wastemon, dovrà infatti garantire la ripetibilità e la riproducibilità dei risultati nel tempo mantenendo inalterata l'efficacia del meccanismo di erogazione e la qualità delle informazioni fornite.

In prospettiva, si pensi ad un servizio definito per essere operativo ed orientato all'utente, complementare ed integrativo rispetto alle pratiche in uso per il supporto alla pianificazione e alla gestione del ciclo dei rifiuti e di controllo e monitoraggio delle situazioni di degrado. Il servizio avrà quindi sia una funzione informativa e di monitoraggio rispetto alla presenza di discariche già censite e sia di prevenzione rispetto al rischio di abbandono di rifiuti in discariche abusive.

Riferimenti bibliografici

Ottavianelli G., Hobbs, S., Smith, R., e Bruno, D. (2005),"Assessment of Hyperspectral and SAR Remote Sensing for Solid Waste Landfill Management", *Third ESA CHRIS/Proba Workshop*, Frascati, Italy, 21-23 March 2005.

Bettini V., Morigi M. (2007), "Remote sensing and photointerpretation as essential tools for the monitoring of illegal waste-disposal practices" 27th Annual Conference IAIA (International Association for Impact Assessment) Seoul, Korea, 3-9 June 2007.

Fior F., Rosselli R., Silvestri S., Biotto G., Furlan E., Gobbo L., Omri M., Valenti S., Rampazzo S., Nicoletti V., Buzzino C., Beltrame P., Dal Tin M., Bellomo A., Beghi S. (2005),"The use of remote sensing and GIS to map illegal dumps: a project sponsored by the Veneto Region", SARDINIA Tenth International Waste Management and landfill symposium, proceedings 476, pp.689-690.

Gomarasca M.A., Strobelt S. (1995),"Integrazione di dati TM e MIVIS per l'individuazione di discariche", Atti del VII Convegno Nazionale AIT.