



First National Workshop on

Data Exploitation of PRISMA Mission

Precursor of National Hyperspectral Space Mission

Agenzia Spaziale Italiana, 1-3 Marzo 2017



Abstract-Book

COMITATO ORGANIZZATORE

Enrico Flamini (coordinatore)

Laura Candela

Marco Castronuovo

Claudia Facchinetti

Roberto Formaro

Rocchina Guarini

Rosa Loizzo

Francesco Longo

Silvia Mari

Giancarlo Natale Varacalli

INDICE

PRISMA Mission Data Exploitation	5
Hyperspectral at leonardo	7
COPERNICUS hyperspectral mission	9
Attività di calibrazione e validazione per strumentazione iperspettrale sull'area test di San Rossore	11
Il sito Apulian Tavoliere per applicazioni in agricoltura e attività cal/val di osservazione della terra	13
Preliminary activity for identification and characterization of an international cal/val site	15
Attività CAL/VAL della missione FLEX e possibili sinergie con PRISMA	17
PRISMA Hyperspectral Image Simulator	19
ToA Radiance Simulator for the New Hyperspectral Missions: STORE (Simulator of TOa Radiance)	22
Strumenti e tecniche a supporto dei dati iperspettrali	
[Tools and techniques supporting hyperspectral data]	24
Telerilevamento della composizione chimica di aerosol atmosferici da misure satellitari tramite utilizzo di reti neurali	28
Scenari di utilizzo di osservazioni iperspettrali per lo studio dei sistemi naturali e antropici	31
Dati iperspettrali e algoritmo MaxEnTES: prospettive per prodotti applicativi innovativi	33
Utilizzo di sensori iperspettrali per la stima della CO ₂ emessa da sorgenti vulcaniche in troposfera	35
Tecniche automatiche di ultima generazione per l'analisi di immagini iperspettrali satellitari	38
Analisi di immagini iperspettrali satellitari multitemporali	40
Effective methods for detecting interesting patterns in hyperspectral data	43
Sensori iperspettrali multi risoluzione: da pansharpening a hypersharpening	46
Potenzialità del sensore PRISMA per la stima delle proprietà superficiali dei suoli e la mappatura di contaminanti	49
Hyperspectral information for vegetation monitoring	51
Studi e missioni iperspettrali nel VIS-SWIRr: contributo della missione prisma allo studio di fenomeni geofisici	54
Estimate of the vegetation damage due to natural or anthropic disasters	57
Caratteristiche iperspettrali per la detezione degli incendi	60

INDICE

Valutazione dell'impatto ambientale di incendi: comparazione dei risultati ottenuti con dati iperspettrali e multispettrali	62
Metodologie e approcci per osservazioni iperspettrali in acque costiere e interne	65
Integrazione e fusione di dati ottici/IR e a microonde per la stima di parametri di suolo, neve e atmosfera	68
Dati iperspettrali per la caratterizzazione dell'ambiente urbano	71

PRISMA MISSION DATA EXPLOITATION

Enrico Flamini¹, Rosa Loizzo²

1. Agenzia Spaziale Italiana, Via del Politecnico, 06-8567298, enrico.flamini@asi.it
2. ASI, Centro di Geodesia Spaziale, Matera, 0835-377522, rosa.loizzo@asi.it

PRISMA mission overview

PRISMA (Precursore IperSpettrale della Missione Applicativa) è una missione basata su un sensore iperspettrale integrato con una camera pancromatica a media risoluzione, completamente finanziata dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e che capitalizza gli sviluppi pregressi effettuati dall'ASI nel settore dell'Osservazione della Terra con strumenti ottici iperspettrali.

La missione PRISMA rappresenta un importante sviluppo tecnologico nazionale, a disposizione della comunità scientifica e degli utenti, con cui si intende supportare la crescita e la valorizzazione delle eccellenze della ricerca italiana e la competitività nazionale nello scenario globale delle tecnologie e delle applicazioni di osservazione della terra con sensori iperspettrali.

L'ASI ha finanziato un contratto industriale per la fase B2/C/D/E1 della missione PRISMA, attualmente in corso, che prevede lo sviluppo ed il dispiegamento dell'intero sistema (segmenti di terra e di bordo), in grado di generare prodotti standard di livello 0, 1, 2b, 2c e 2d. In particolare, per quanto riguarda il Segmento di Terra, il contratto industriale prevede lo sviluppo di tutti gli elementi del Ground Segment necessari per permettere agli utenti del sistema di effettuare l'ordine dei prodotti standard e di ricevere i corrispondenti dati. Il Programma PRISMA attualmente è nella fase di chiusura della di Critical Design Review (CDR) di Sistema. Il lancio è previsto per maggio 2018 con il lanciatore VEGA.

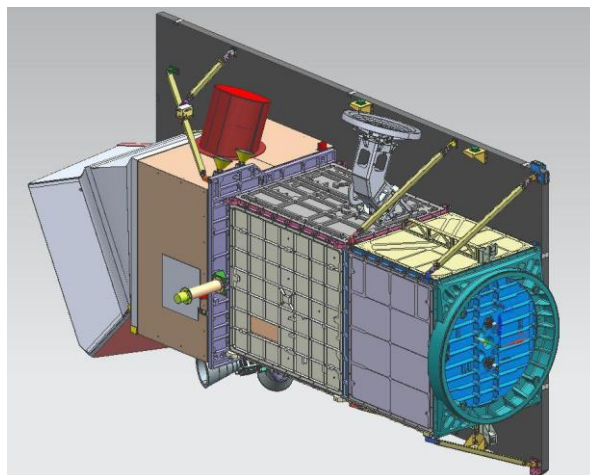


Fig. 1 PRISMA

La missione PRISMA nei prossimi anni metterà a disposizione della comunità scientifica dati ad alta risoluzione spettrale, con un contenuto informativo unico ed innovativo, utile per sviluppare nuove applicazioni per la gestione del rischio ambientale e l'osservazione del territorio.

Con le attività di data exploitation della missione PRISMA si intende perseguire i seguenti obiettivi principali:

- Potenziare le applicazioni di telerilevamento;
- Migliorare la conoscenza del Sistema Terra;
- Ottenere un buon ritorno sociale ed economico per gli investimenti della missione;
- Offrire strategicamente la giusta visibilità in ambito internazionale alla comunità scientifica e industriale italiana nel nuovo scenario europeo dell'osservazione della terra con strumenti iperspettrali;
- Supportare il miglioramento del know-how nel telerilevamento iperspettrale e la "lesson learning" per le nuove missioni.

PRISMA Data Exploitation Activities

Al fine di sfruttare al meglio i dati della missione PRISMA, l'ASI intende avviare diverse attività sfruttando tutte le possibili sinergie tra i diversi attori della data exploitation (utenti istituzionali, industrie e PMI, comunità internazionale, comunità scientifica nazionale), sia per offrire supporto alla missione, per esempio con attività di calibrazione e validazione, sia per favorire e massimizzare l'accesso ai dati, supportando attività di ricerca, servizi istituzionali di osservazione della terra e progetti di formazione e promozione della missione.

Per fornire servizi di supporto all'accesso ai dati, si intende sviluppare Mission Exploitation Platform (MEP) basata su prodotti innovativi e servizi di supporto tecnologico alle applicazioni.

Le attività di promozione della missione e di formazione si baseranno, ove possibile, sulla cooperazione nazionale e internazionale, per offrire opportunità a studenti (tesi di laurea e/o dottorati di ricerca) e giovani ricercatori attraverso opportunità post-doc, summer school e/o master.

PRISMA Data Exploitation Preparation

Per perseguire l'obiettivo del successo della Data Exploitation della missione PRISMA si intende:

- garantire prodotti di alta qualità
- fornire supporto alle attività di ricerca e sviluppo di prodotti innovativi
- sviluppare servizi pre-operativi per l'utenza istituzionale ed eventualmente commerciale
- definire un adeguato Piano Operativo di alto livello della missione
- favorire le sinergie con altre missioni (FLEX, SHALOM, Sentinel)

e intervenire sui seguenti elementi fondamentali:

- Regole di data Policy per garantire e ottimizzare l'accesso ai dati
- Servizi (es. NRT) e policy per il mantenimento della disponibilità dei dati (Archivi e Long Term Data Preservation)
- Tools di supporto (Mission Exploitation Platform) anche per consentire l'accesso selettivo (es. Data Mining) alla notevole mole di dati e prodotti
- Qualità dei dati attraverso attività di CAL/VAL e monitoraggio degli indicatori
- Piano Operativo della Missione

Gli strumenti potrebbero essere:

- Announcement of Opportunities
- Sviluppo di tools di gestione e accesso ai dati
- Coinvolgimento delle PMI
- Simulazioni
- Attività di formazione
- Campagne preparatorie al lancio

HYPERSPECTRAL AT LEONARDO

A.Sarti¹, M. Molina²

3. Leonardo Spa, via Tiburtina km 12.400 Roma, alberto.sarti@leonardocompany.com

4. Leonardo Spa, viale Europa snc Nerviano MI, marco.molina@leonardocompany.com

Abstract

Leonardo heritage in hyperspectral imaging is described, that is shown being the real foundation of the Italian capability in this field.

Starting from scientific missions for planetary exploration, all done in tight collaboration with ASI, the survey covers both spaceborne and airborne solutions.

Future roadmap is presented as well, to extend these capabilities into a marketplace now mature.

The foundation (1990-2000)

The founder of all the hyperspectral imagers built at Leonardo is the VIMS instrument, launched on Cassini in 1997 and still operating twenty years later, in 2017. The Cassini mission, a collaborative effort between ASI, ESA and NASA will end in autumn 2017 with a deep dive in Saturn atmosphere. VIMS is a compact (4.5 kg) grating-based spectrometer with less than 2 nm spectral resolution and a passive cooling.

In parallel with this Space camera, the instruments called VIRS and SIM.GA 1 were developed for airborne hyperspectral imaging, devoted to early experimental flight campaigns.

The growth (2000-2011)

The following decade (see the ASI presentation on the Italian national roadmap, part of this workshop), a series of hyperspectral imagers were developed for ASI and operated by the Italian scientific community in the Solar System. The first successful VIRTIS instrument was flown in 2004 on Rosetta, the ESA mission that arrived to comet 67P in 2014 and discovered organic material on the comet surface and the cycle of water of a comet. Three other VIRTIS-like spectrometers were flown to various Solar System bodies: in 2005 on board VENUS EXPRESS (ESA) toward Venus, in 2007 on board Dawn (NASA) toward the Ceres dwarf planet, in 2011 the Jiram spectrometer on board Juno (NASA) toward Jupiter.

The three VIRTIS instruments were almost identical one another: actively cooled, with a spectral range from 0.25 to 5 micron split in 864 bands. Jiram, instead, benefitted from the cold environment at Jupiter distance from the Sun and had a passive cooling concept.

In parallel, most of the imaging acquisition campaigns with SIM.GA 2 (from 0.4 to 2.5 micron bandwidth) were flown, with an unprecedented amount of data collected and shared with the scientific community. The airborne instruments and flight campaigns, as well as ground-based measurements for cultural heritage monitoring, are presented in a specific talk of this workshop.

The maturity (2012-...)

During Jiram development, several studies started to define an hyperspectral mission for Earth Observation: Hypseo for ASI, JHM with ASI and Canadian Space Agency, PRISMA for ASI and SHALOM for ASI and Israeli

Space Agency. All of them are based on the pushbroom concept, that allows to acquire the scene strip thanks to the satellite motion.

While the planetary track solidly continued with SIMBIO-SYS for Bepi-Colombo to Mercury (launch foreseen in 2018) and with MAJIS spectrometer for JUICE to Jupiter (launch foreseen after 2020), the Earth Observation track is rapidly progressing with the imminent launch of PRISMA (2018), a 180 kg instrument with a prism as a dispersion medium and an outstanding Signal-to-Noise-Ratio: the SNR is > 200 in the VNIR and > 100 in the SWIR, which represents nowadays the state-of-the-art. PRISMA has a spectral range from 0.4 to 2.5 micron, a spectral resolution of 12 nm and a Ground Sampling Distance (GSD) of 30 m. Several other papers are dedicated to PRISMA in this workshop, and the symposium itself is named after PRISMA.

PRISMA evolution is SHALOM (launch foreseen in 2021), a 100 kg imager with a grating for the light dispersion and a GSD of 10 m: SHALOM and the Italian-Israeli collaboration that is targeting its development are described in detail in a presentation of this workshop.

In 2013-14 Leonardo, in its UK premises, made trial flights to set up a precision agriculture service, that was released in 2016 and is currently available online for wheat (<https://www.datamapper.com/algorithms/n-wheat>).

The successes of Leonardo in the hyperspectral fields continue with spectrometers like FLEX, whose characteristics are described in a specific presentation of the workshop.

FLEX project aims at revealing photosynthesis photoluminescence from 800 km orbit: its development phase started in 2016 and is planned to be operational in 2020 to map vegetation status worldwide.

Leonardo is ready to take the challenges of the Earth Observation market, with compact instruments, less than 50 kg, capable to operate on board mini-satellites, in small constellations, and with a GSD as small as 20 m. In this case the superiority will be the frequent revisit time, the possibility of pan-sharpening the hyperspectral images and the possibility of data fusion with other sources (e.g. SAR).



Fig. 1 Leonardo hyperspectral instruments heritage and future

COPERNICUS HYPERSPECTRAL MISSION

Andrea Bucarelli¹

1. e-GEOS, Via Tiburtina 965, +390640793885, Andrea.Bucarelli@e-geos.it

Abstract

The consortium, led by e-GEOS, with several other partners, both institutional and industrial, has been recently awarded a contract by the European Space Agency for the definition of the requirements of a future hyperspectral mission. The mission and technical requirements will be identified after a critical assessment of the users' needs and of the operational services. The study will also consider possible synergies with existing and future EO hyperspectral/multispectral missions.

Copernicus Hyperspectral Mission

It is demonstrated that hyperspectral imaging can resolve bio-physical, bio-chemical and geo-chemical variables in detail thanks to the richness of the spectral information, the so-called "electromagnetic fingerprinting". Several applications can take advantage of such feature to detect, classify and monitor natural and man-made elements of land surfaces as well as coastal areas and inland water bodies, to name a few.

In Europe there is vast experience from airborne hyperspectral imagers covering the visible to shortwave infrared, however, only two Earth Observation hyperspectral imagers have flown in space up to now. Considering the advantages of hyperspectral imaging a future Copernicus Sentinel hyperspectral mission is assumed it could emerge in the next years. To this scope, the European Space Agency recently assigned a study for an "Hyperspectral Imaging Mission Concepts" to the consortium led by e-GEOS.

Main objectives

The main objective of the study is to define the mission and technical requirements for future operational hyperspectral imaging systems assessing future needs of hyperspectral imaging data and related products and services. This will be done primarily collecting and analyzing the European Commission user requirements and EU policies in order to truly understand the users' needs. Then a complete review of current and novel applications based on hyperspectral data will be performed to establish a solid baseline of relevant (from user perspective) applications. Finally, based on the previous results, the study will identify different mission scenarios and propose the possible system concepts and the corresponding architecture elements. The proposed mission concepts will take into account current and imminent offerings from European industry for what concern the sensor, the space segment and the ground segment.

The Consortium

Several institutional and industrial partners with a proven expertise and background experience in the hyperspectral domain compose the consortium. They are e-GEOS, which acts as prime contractor, CGS, CNR, INGV, ISPRA, Leonardo, Planetek Hellas, Space4Environment and Telespazio. It is worth noting that the consortium is also able to cover all the actors involved in the Copernicus Programme i.e. user's needs representatives and collectors, algorithms & products designers, satellite systems & sensors designers and

operators and finally the GI service providers. This assures the most complete vision and a chain designed to achieve a dual environmental and economic objective.

ATTIVITÀ DI CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE PER STRUMENTAZIONE IPERSPETTRALE SULL'AREA TEST DI SAN ROSSORE

Donatella Guzzi¹, Vanni Nardino¹, Ivan Pippi¹, Cinzia Lastri¹, Valentina Raimondi

1. IFAC-CNR, Via Madonna del Piano 10, 055 5226301, d.guzzi@ifac.cnr.it

Abstract

Disporre di dati telerilevati correttamente calibrati e validati rappresenta un requisito fondamentale per poter risalire alle grandezze bio-geo-fisiche descrittive dell'ambiente osservato. Da più di quindici anni all'interno della Tenuta di San Rossore vengono svolte campagne di calibrazione e validazione di sensori aerospaziale ponendo particolare attenzione alla caratterizzazione e correzione degli effetti dell'atmosfera. L'area è inoltre utilizzata per monitorare l'evoluzione dell'ecosistema della fascia costiera che comprende campi coltivati, pinete, zone umide, spiagge, foci di fiumi e mare. Durante tutta la vita operativa di CHRIS/Proba dell'ESA, San Rossore è stato utilizzato come uno dei siti di calibrazione e validazione della missione, permettendo di migliorare la conoscenza dei processi coinvolti nel monitoraggio degli ambienti costieri. Nell'agosto del 2012 in coincidenza con un'acquisizione di HYPERION è stata effettuata la campagna cal/val di telerilevamento aereo con il sensore DAEDALUS di AGEA/TELAER-STA. Grazie alla concomitanza delle due acquisizioni è stato perciò possibile effettuare un'attività di cross-calibrazione fra sensori. Queste procedure integrate di calibrazione e validazione possono essere replicate nell'ambito della missione PRISMA di ASI.

La Tenuta di San Rossore e le campagne di Cal/Val

La possibilità di disporre di dati acquisiti correttamente calibrati e validati rappresenta un requisito fondamentale per poter risalire alle grandezze bio-geo-fisiche descrittive dell'ambiente osservato. Tutte le missioni di osservazione della Terra richiedono accurate procedure di calibrazione radiometrica, spettrale e geometrica strumentale degli suoi sistemi ottici integrati sul satellite. Da più di quindici anni vengono svolte attività di studio, di calibrazione e validazione di dati acquisiti da satellite e da aereo (quali CASI, MIVIS, VIRS-200, DAEDALUS, HYPER-SIMGA, HYPERION, CHRIS) nell'area attrezzata all'interno della Tenuta di San Rossore situata all'interno del Parco Naturale di Migliarino, San Rossore e Massaciuccoli. L'area è utilizzata per monitorare l'ecosistema della fascia costiera, comprendente pinete, zone umide, spiagge, foci di fiumi, il mare prospiciente e la bassa atmosfera. All'interno della Tenuta di San Rossore si ha una ampia varietà di coperture arboree ed erbacee che risultano particolarmente adatte per test di riconoscimento dei vari tipi di vegetazione. Inoltre la spiaggia ed il mare antistante alla Tenuta costituiscono ottime zone di studio, permettendo lo studio dell'interazione delle componenti disciolte (inquinanti, sedimenti, materiale organico) con i differenti biomi presenti nella Tenuta. Nel corso degli anni sono state attrezzate, anche in collaborazione con altri gruppi di ricerca, aree di studio permanenti e temporanee sia per monitorare differenti parametri ambientali sia per svolgere attività di calibrazione e validazione di dati acquisiti durante sorvoli aerei e/o satellitari. Tali attività sono state rese possibili grazie alla disponibilità dell'Ente Parco, che ha supportato il nostro gruppo di ricerca mettendo a disposizione locali situati nell'area di interesse, e svariate informazioni e dati quali la cartografia digitale tematica, il DEM comprensivo dell'altezza delle piante ed i piani di assestamento della Tenuta. All'interno della Tenuta il gruppo può pianificare ed eseguire svariate campagne di misura a terra in concomitanza con sorvoli sia aerei che satellitari al fine di calibrare e validare i dati acquisiti. In concomitanza con i sorvoli sono stati acquisiti a terra dati di riflettanza spettrale del suolo, mentre

l'utilizzo di stazioni meteo ha permesso di misurare l'irradianza solare totale e spettrale, nelle sue componenti diretta e diffusa, la direzione e velocità del vento, la temperatura, la pressione e l'umidità dell'aria nei primi 30 metri di atmosfera. Durante ogni campagna di misura è sempre stata posta particolare attenzione al miglioramento degli algoritmi di correzione radiometrica e di correzione degli effetti atmosferici implementati da nostro gruppo di ricerca.

Le campagne cal/val per i sensori CHRIS, DAEDALUS e HYPERION

La lunga serie di acquisizioni effettuate dal sensore CHRIS su PROBA1 e la breve campagna di telerilevamento che ha coinvolto lo spettrometro ad immagine Hyperion su satellite EO-1 ed il sensore multispettrale DAEDALUS su piattaforma aerea VIATOR, sono due diversi esempi di campagne di cal/val svolte presso la Tenuta di San Rossore.

Dal 2002 al 2015 il sensore iperspettrale multiangolare CHRIS a bordo del satellite Proba-1 ha acquisito immagini del Parco di San Rossore nell'ambito del progetto Cat.1 LBR ESA-EOPI Project ID.2832 dal titolo "Assimilation of biophysical and biochemical variables in biochemical and hydrological models at landscape scale". CHRIS acquisisce durante la stessa orbita un set di 5 immagini iperspettrali della stessa area ai seguenti angoli di vista: +55°, +36°, 0°, -36°, -55° nella banda spettrale compresa fra 400 nm e 1050 nm. La lunga serie di acquisizioni effettuata da CHRIS, insieme all'attività di calibrazione e validazione dei dati acquisiti (Fig. 1A), ha permesso di svolgere un'analisi multitemporale e multispettrale di vaste aree del Parco migliorando la conoscenza di vari processi bio-geochimici che sono coinvolti nel monitoraggio dello stato della vegetazione.

Durante la campagna di calibrazione/validazione del sensore sensore DAEDALUS - TELAER STA effettuata il 10 agosto 2012, è stata invece sfruttata la coincidenza dell'acquisizione del sensore Hyperion con lo scanner multispettrale Daedalus AA1278 montato sull'aereo turboelica AP68TP-600 Viator, per effettuare una campagna di calibrazione incrociata fra i due sensori. Durante la campagna di telerilevamento sono stati caratterizzati a terra vari tipi di suolo e vegetazione attraverso una serie di misure eseguite con uno spettrometro operanti nel visibile e vicino infrarosso. Inoltre sono state eseguite misure di pressione, temperatura, ed umidità atmosferica come pure misure di irradianza solare diretta e diffusa. Le misure effettuate sia a terra sia da aereo e da satellite sono state eseguite sulle medesime aree di interesse e sono state poi opportunamente scalate e/o elaborate al fine di valutare la compatibilità delle diverse acquisizioni (Fig. 1B).

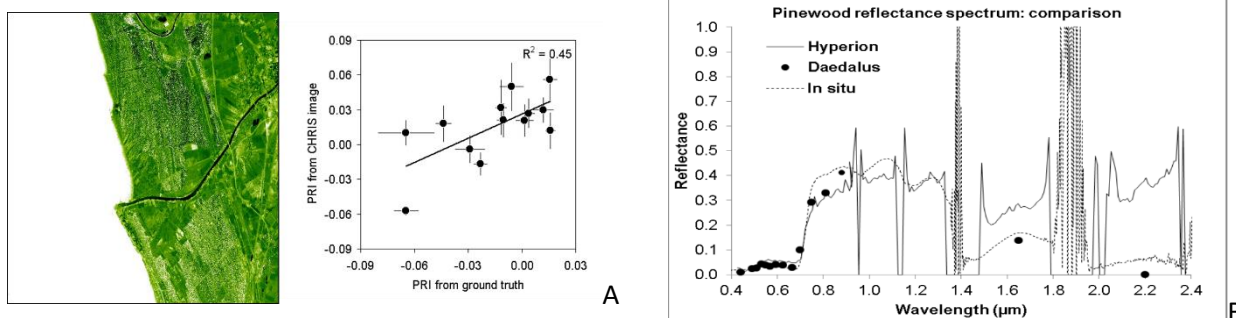


Fig. 1 Immagine di PRI (acquisizione CHRIS) e relativa validazione (a); Validazione incrociata dei sensori Hyperion e Daedalus (b)

Tali procedure integrate di calibrazione e validazione potranno essere replicate nell'ambito della missione PRISMA di ASI.

IL SITO APULIAN TAVOLIERE PER APPLICAZIONI IN AGRICOLTURA E ATTIVITÀ CAL/VAL DI OSSERVAZIONE DELLA TERRA

F. Mattia¹, G. Satalino¹, A. Balenzano¹, F. Lovergine¹, A. Daddabbo¹, A. Milella¹, G. Attolico¹, M. Rinaldi², A. Castrignanò³, S. Ruggieri³, G. Rana³, C. Riefolo³, G. Annichiarico², S.A. Colecchia², P. Toscano⁴, B. Gioli⁴, A. Matese⁴, F. Di Gennaro⁴, A. Zaldei⁴, V. Iacobellis⁵, A. Gioia⁵, S. Siad⁵, F. Sciacqua⁵

2. CNR-ISSIA, via Amendola 166/D, Bari, 080 5929436, Francesco.Mattia@cnr.it
3. CREA-CER, S.S. 673 km 25,200, Foggia, 0881 742972, Michele.Rinaldi@crea.gov.it
4. CREA-SCA, via Celso Ulpiani 5, 080-5475024, Bari, Annamaria.Castrignano@crea.gov.it
5. URT CNR-IBIMET c/o CSDAT Viale Fortore, Foggia, P.Toscano@ibimet.cnr.it
6. POLIBA-DICATECh, via E. Orabona 4, Bari, 080/5963565, V.Iacobellis@poliba.it
7. IFAC-CNR, Via Madonna del Piano 10,055 5226301, d.guzzi@ifac.cnr.it

Abstract

L'obiettivo di questo intervento è descrivere le potenzialità del sito agricolo "Apulian Tavoliere" a svolgere il ruolo di sito cal/val per missioni di osservazione della terra (OT) e in particolare della missione PRISMA. Il sito è già parte della rete internazionale JECAM (www.jecam.org) e, nell'ambito di vari progetti¹, è (o è stato) utilizzato come sito di validazione per modelli diretti e inversi, che legano il dato OT ai parametri bio-geofisici superficiali. La pianura del Tavoliere Pugliese si estende su un'area pianeggiante di circa 4000 km² ed è caratterizzata da aziende agricole di medie dimensioni (e.g., 10 ha) e da terreni altamente produttivi coltivati sia a cereali sia ad ortive. L'area ospita centri di ricerca del CREA, CNR ed universitari e reti di misura di parametri meteo-climatici, di umidità del suolo, un radar meteorologico, ecc. L'intera area, per l'orografia, la dimensione dei campi, il loro trattamento omogeneo e la concentrazione di strutture di ricerca, può svolgere un ruolo di "open air laboratory" dedicato alla raccolta sistematica di misure *in situ* in ambito agricolo/idrologico, alla validazione di prodotti OT e al loro utilizzo in applicazioni per la tutela e gestione sostenibile dell'ambiente e per l'implementazione di tecniche di agricoltura di precisione.

Motivazioni per un sito cal/val per applicazioni OT in agricoltura

L'agricoltura è uno dei settori maggiormente esposti agli effetti dei cambiamenti climatici, ed in particolar modo, del riscaldamento globale. Per mitigarne l'impatto sarà necessario sviluppare metodologie e sistemi per un uso sostenibile degli *input* nella gestione delle pratiche agronomiche in pieno campo al fine di limitare fenomeni di stress biotici ed abiotici che andranno ad incidere in maniera sempre più importante sulla fisiologia delle specie vegetali. Nel giro di pochi anni, le osservazioni radar e multispettrali delle missioni Sentinel del programma EU Copernicus insieme a quelle iperspettrali di missioni nazionali come PRISMA consentiranno lo sviluppo di modelli interpretativi e predittivi in grado di prevedere le dinamiche di crescita

¹ e.g., H2020 SENSAGRI (www.sensagri.eu); ESA Exploit-S-1 (<https://exploit-s-1.ba.issia.cnr.it>); FP7 IMAGES global network (<http://fp7-imagines.eu/>); ASI COSMOLAND (<http://www.issia.cnr.it/wp/projects/>); MIPAAF AQUATER (<http://www.inea.it/aquater>);

e sviluppo/sofferenza delle piante su larga scala e ad alta risoluzione spaziale/temporale. Tra i fattori che possono velocizzare il consolidamento dell'uso operativo del dato OT sono cruciali:

- un'accurata calibrazione/validazione del dato attraverso il confronto con misure *in situ* raccolte sistematicamente secondo standard di riferimento;
- la dimostrazione dell'utilità del dato OT in applicazioni pre-operative, per esempio, per la gestione delle colture, la programmazione dei fabbisogni irrigui, la previsione delle rese.

Tuttavia, esiste una cronica scarsità di siti agricoli nei quali sia possibile una duratura collaborazione tra aziende agricole ed enti di ricerca, che consenta, per esempio, di acquisire sistematicamente in condizioni controllate serie temporali di misure *in situ*. Questo contesto favorevole, invece, è presente nel Tavoliere Pugliese, dove più di 600 ha di suoli agricoli sono di proprietà d'istituti pubblici di ricerca i quali hanno le competenze scientifiche per poter effettivamente validare in campo, su una scala sufficientemente rappresentativa, i benefici del dato OT in applicazioni agricole e mettere a disposizione dell'intera comunità scientifica dati e risultati.

Misure *in situ* ed osservazioni iperspettrali

Le applicazioni di maggior interesse per l'area riguardano il controllo delle condizioni di stress idrico delle piante, l'identificazione di fitopatie, la valutazione dell'uso di pratiche di agricoltura conservativa, la stima dei fabbisogni irrigui delle varie colture e la previsione delle loro rese.

I parametri del suolo e colturali che sono acquisiti sul sito comprendono: mappe delle colture, e loro andamenti fenologici; serie temporali di LAI, biomassa vegetale, umidità del suolo; flussi di calore latente/sensibile e di CO₂.

L'osservazione delle proprietà di riflettanza della vegetazione, in bande del VIS e NIR molto strette (e.g., ~1nm), può essere correlata con specifiche caratteristiche fisico-chimiche delle piante, quali la loro composizione biochimica, la struttura fisica e il contenuto idrico, e può, quindi, fornire notevoli miglioramenti nell'individuazione degli stress fisiologici. Tuttavia, l'impiego dei dati iperspettrali richiede lo sviluppo di nuovi algoritmi che permettano di selezionare il sottoinsieme ottimale di bande capace di discriminare efficacemente fra piante in differenti condizioni fisiologiche.

Le tecniche di misura del dato multi- ed iper-spettrale attualmente investigate coprono l'intera filiera che va da misure di laboratorio, a quelle di "proximal, aerial and remote sensing" e possono essere adattate, eventualmente opportunamente integrate, per coadiuvare attività di cal/val di sensori iperspettrali.

Per esempio, con tecniche di proximal sensing un gruppo di ricercatori del CREA ha recentemente dimostrato come l'impiego di dati iperspettrali permetta di discriminare efficientemente fra due trattamenti irrigui durante una stagione colturale del pomodoro da industria [1]. Inoltre, il CNR-IBIMET ha sviluppato un UAV prototipale basato su elettronica Mikrokopter che alloggia una telecamera multispettrale (Tetracam Snap) ed una termica (FLIR TAU 2) e due spettroradiometri (USB2000 & HR4000) con fibra ottica per analisi di attività foto sintetica e per l'identificazione di fitopatie sul sito del Tavoliere. Un altro studio² che ha coinvolto il CNR-ISSIA ha dimostrato che i veicoli agricoli con a bordo sensori di visione, lidar, termici ed iperspettrali consentono sia l'automazione della guida del veicolo che la raccolta di dati multi-sensore per applicazioni agricole.

Bibliografia

1. Rinaldi, M., et al., 2015. Discrimination of tomato plants under different irrigation regimes: analysis of hyperspectral sensor data. *Environmetrics*, 26: 77-88.

² Progetto S3-CAV (<http://s3cav.eu/>)

PRELIMINARY ACTIVITY FOR IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF AN INTERNATIONAL CAL/VAL SITE

Massimo Musacchio¹, Fawzi Doumaz¹, Massimiliano Favalli², Ahmed Nedjari³, Said Maouche³, Mounir Rahil³

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Centro Nazionale Terremoti, Roma Italia
2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Pisa, Italia
3. University of Algeri Algeri, Algeria

Abstract

During the four years Italian Space Agency (ASI) funded project “ASI-AGI” (Analisi Sistemi Iperspettrali per le Applicazioni Geofisiche Integrate) In this context from May 6th and 11th, 2014 INGV has performed a pre-survey for the identification and characterization of a vicarious calibration-validation remote site supporting the future ASI space missions. This field campaign has been conducted in Algeria in the Western Sahara region, in the Bechar province, more precisely in the area ranging from Ougarta and Beni Abbes

Objective of field campaign

With the scope of exploring the possibility to set up a new CAL/VAL test site, INGV has organized and deployed a field campaign in the Bechar province. This survey was necessary for acquiring the parameters needed for CAL/VAL site identification and characterization of possible vicarious sites for external calibration. The region of Ougarta Beni Abbes is located 300 km SS-W from the town of Bechar in the western “Grand Erg”. Around Beni Abbes and its region, is present a geo-ecosystem, which represents the last stage of a long geological history initiated here more than 600 million years ago. During the field campaign seven sites have been analyzed in order to understand the variety of outcropping rocks and their aerial coverage (figure 1). These information are needed for defining the observability of such surfaces from satellite. Table 2 shows the names of the measuring points and the number of spectra acquired.

Surface spectral characterization

Measurements of solar reflected radiance were carried out with an Analytical Spectral Device (ASD) FieldSpec pro portable spectroradiometer (Analytical Spectral Devices, Inc., 1994). Measures of reflectances have been collected on 6th,7th, and 8th May 2014 and during these days the wheater was excellent and totally cloud free allowing the data collection over 7 different sites.

Photometric Measurement

During the CAL/VAL campaign, sun-photometric measurements were performed in different places in order to characterize the atmospheric particulate in coincident to surface spectral measurements.

Surface Temperature Measurement

Surface temperature measurements by using an Infrared Thermometer and Thermocouple Probe for contact temperature at soil level have been collected. This parameter is necessary for the proper retrieving of the surface spectral characterization.

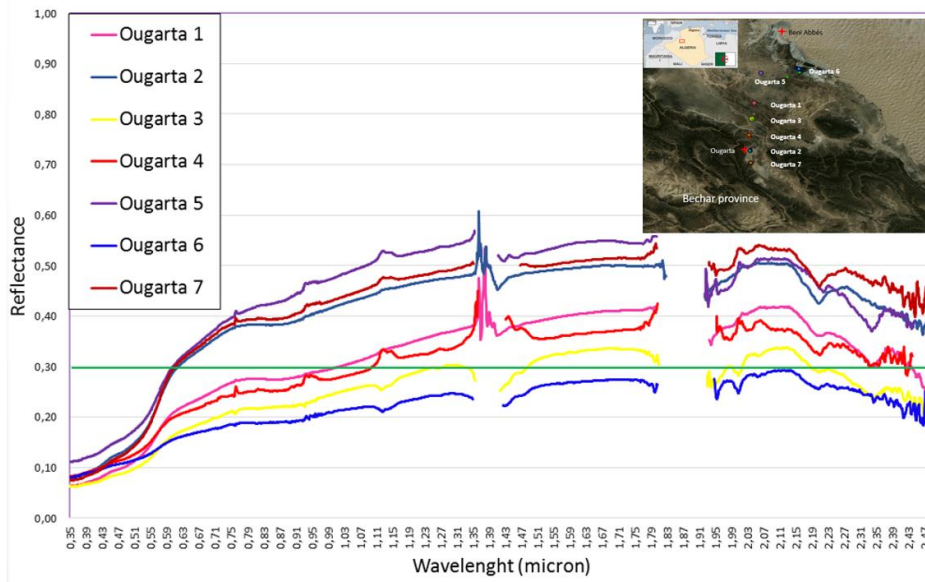


Fig. 1 Bechar Area and sites localization (inset) and Fieldspec ASD reflectance measurement. Horizontal green line is the reflectance threshold defined by Berthelot and Santer (2008).

3D modelling

The surface characterization, needed for 3D modeling, is aimed to analyze the spatial variation and distribution of outcropping lithology. This analysis is needed for understanding the illumination condition and then the shade or shadows effects to be considered in the relief-building model.

Conclusions

In this work, the results of the preliminary activities for the identification and characterization of a vicarious CAL/VAL site on Western Sahara have been reported. During the dedicated field campaign several measurements have been performed aimed to the surface characterization (by acquiring surface spectra, surface temperature and 3 D surface modelling) and atmosphere definition (by atmosphere optical thickness measures). Moreover surface geology information have been collected to complete the requirements analysis necessary for the CAL/VAL site proposition. The analysis of the collected spectra has highlighted that sampled sites have similar trend but different absolute value. Ougarta 6 has to be considered not suitable at all for CAL/VAL purposes due to its very low reflectance value with respect to the threshold defined in Berthelot and Santer (2008). Ougarta 1, 3 and 4 have several spectral range below the indicated threshold both in the VNIR and SWIR spectral region. Ougarta 2, 5 and 7 have only the initial part of the spectra below this threshold. Ougarta 2 and Ougarta 7 have the same reflectance spectra with a difference less than 2%.

Reference

1. Analytical Spectral Devices, Inc., www.asdi.com (1994)
2. Béatrice Berthelot; Richard Santer (2008) Calibration Test Sites Selection and Characterisation CALIB-TN-WP210-001-VEGA (http://calvalportal.ceos.org/c/document_library/)

ATTIVITÀ CAL/VAL DELLA MISSIONE FLEX E POSSIBILI SINERGIE CON PRISMA

Roberto Colombo¹, Franco Miglietta², Sergio Cogliati¹

1. Department of Earth and Environmental Sciences, University Milano-Bicocca, Milano, Italy, tel. 02 64482819, roberto.colombo@unimib.it; sergio.cogliati@unimib.it
2. CNR-IBIMET, Firenze, Italy, f.miglietta@ibimet.cnr.it

Abstract

La missione satellitare ESA Fluorescence Explorer (FLEX), ha l'obiettivo di mappare la fluorescenza della clorofilla indotta dal sole a scala globale, con una risoluzione spaziale di 300m. In questo contesto è in preparazione il piano di calibrazione/validazione delle stime satellitari, attraverso una rete di siti di misura, protocolli e strumenti, anche in riferimento alle esigenze delle missioni Copernicus (i.e. Sentinel-2 e -3). I siti saranno selezionati in base ad una serie di "criteri di qualità" e verranno equipaggiati con nuovi spettroradiometri VNIR automatici per osservazioni in continuo pochi minuti) e di lungo periodo (stagionali). Le misure di radianza/riflettanza top-of-canopy, saranno impiegate per valutare la qualità dei prodotti satellitari Level-2. Le misure spettrali puntuali saranno integrate con osservazioni da droni, sorvoli aerei e misure di campo dei parametri biofisici, al fine di valutare l'eterogeneità spaziale dei siti. In questo contributo verrà presentato il piano preliminare delle attività di cal/val in ambito FLEX e descritte alcune indicazioni sulle possibili sinergie con la missione PRISMA.

Introduction

The Fluorescence Explorer (FLEX) is the eighth ESA Earth Explorer. The mission aims to provide global maps of vegetation sun-induced chlorophyll fluorescence at 300m spatial resolution, which can be used to infer photosynthetic activity of natural and managed ecosystems (Drusch et al., 2017). Fluorescence is in direct competition with plant Photosynthesis (and NPQ) and its remote measurement can open new perspectives for monitoring, for example, vegetation stress detection, food security or GPP estimation. Understanding the magnitude of sun-induced chlorophyll fluorescence at field/canopy level across a range of temporal scales (daily to seasonal) and range of species and plant functional types is very useful for different phases of a space mission development, allowing to define instruments requirements, sampling approach and validation schemes in the context of cal/val activities. The main aim of this contribution is i) to present some field experiments for fluorescence studies and ii) to show preliminary concepts of cal/val activities in the context of FLEX and to address synergies with PRISMA.

Field spectroscopy and cal/val activities

Different fluorescence products such as: i) O₂-A and O₂-B TOC fluorescence emission values; ii) peak values and peak position of TOC fluorescence emission and iii) total TOC fluorescence emission are the expected Level 2 products of the FLEX mission and validated using field spectroscopy techniques. Field spectral data collected in some selected sites can also support other imaging spectroscopy missions, as PRISMA, since they provide TOC radiances, apparent and true reflectance, canopy photochemical reflectance index, spectral vegetation indices and their time series for evaluating Temporal Composites Products. Under ESA campaigns, a wide dataset has been collected with a standardized state-of-art spectrometer, making the comparison of

measurements collected at different times and locations easier. Different land cover classes and forest species are characterized by different fluorescence values. Generally, the highest fluorescence emission has been found in crops, followed by broadleaf forest plants and needleleaf respectively. In the last years, different devices, prototypes, with variable costs, automation level, imaging systems vs non imaging systems, have been developed by different research institutes (e.g. Cogliati et al., 2015; Meroni et al., 2011, Corp et al., 2010; Daumard et al., 2010). These high-spectral resolution automatic instruments have been developed for unattended fluorescence measurements: they represent a novel way to provide reflectance and fluorescence data in a continuous way and open new perspectives for satellite cal/val activities.

Different studies, researches and national and international efforts have been pursued and still running, for defining appropriate validation schemes of both radiance products and for higher level products (e.g. thematic maps of bio/geophysical variables). In the context of fluorescence cal/val activities, different important points should be considered: i) definition of the validation approach; ii) parameters to be validated and error metrics, iii) sites types and purposes; iv) site requirements; v) instruments requirements; vi) ecosystems types; vii) sampling scheme and viii) link with existing networks for ancillary measurements (e.g., atmospheric correction, vegetation carbon fluxes etc.). An Italian cal/val site, equipped for both configurations FLEX and PRISMA, to pursue common scientific and technological activities is desired and encouraged.

FLEX will generate core sites for continuous hyperspectral measurements that could be useful from PRISMA cal/val activities (i.e. intercalibration radiance/reflectance (spectral-radiometric), irradiance (atmospheric parameters)). PRISMA and FLEX should, to some extent, operate together, maybe providing a tandem configuration for specific common hyperspectral experiments. This may represent a unique opportunity, particularly if the temporal mismatch between two missions is reduced, at least in some sites. PRISMA can provide valuable information to better characterize the spatial heterogeneity of structural/biophysical/biochemical parameters at the FLEX cal/val sites and may provide useful information to better interpret the fluorescence process. The knowledge of biophysical parameters in space and time will also allow to better parametrize RT model for indirect FLEX validation at the selected sites.

Bibliografia

1. Cogliati S., M. Rossini, T. Julitta, M. Meroni, A. Schickling, A. Burkart, F. Pinto, U. Rascher, R. Colombo. Continuous and long-term measurements of reflectance and sun-induced chlorophyll fluorescence by using novel automated field spectroradiometers. *Remote Sensing of Environment*, 164, 270-28.
2. Corp, L.A., Cook, B.D., Middleton, E.M., Cheng, Y. -B., Huemmrich, K.F., & Campbell, P.K.E. (2010). Fusion: A fully ultraportable system for imaging objects in nature. 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 1671–1674).
3. Daumard, F., Champagne, S., Fournier, A., Goulas, Y., Ounis, A., Hanocq, J. -F., et al. (2010). A field platform for continuous measurement of canopy fluorescence. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(9), 3358–3368.
4. Drusch, M., Moreno, J., Del Bello, U., Franco, R., Goulas, Y., Huth, A., Kraft, S., Middleton, E., Miglietta, F., Mohammed, G., Nedbal, L., Rascher, U., and Schuttemeyer, D. (2017). The FLuorescence EXplorer (FLEX) mission concept – ESA's Earth Explorer 8. *IEEE TGRS*, 55, 3, 1273.
5. Meroni, M., Barducci, A., Cogliati, S., Castagnoli, F., Rossini, M., Busetto, L., & Di Cella, U.M. (2011). The hyperspectral irradiator, a new instrument for long-term and unattended field spectroscopy measurements. *The review of scientific instruments*, 82(4).

PRISMA HYPERSPECTRAL IMAGE SIMULATOR

Massimo Zavagli, Corrado Avolio, Maria Lucia Magliozzi, Mario Costantini

e-GEOS, Via Tiburtina 965, Rome, Italy +39 06 4079 3827, massimo.zavagli@e-geos.it

Abstract

PRISMA (PRecursore IperSpettrale della Missione Applicativa) is an Italian hyperspectral mission, scheduled for launch in 2018. It is an Earth Observation project fully founded by the Italian Space Agency (ASI; Agenzia Spaziale Italiana). HSIS is the Hyperspectral Image Simulator (HSIS) aimed at simulate the PRISMA images as acquired by the VNIR, SWIR and PAN channels. The main objective of HSIS is to allow the verification of the production chain before its integration in the Processing Subsystem, thanks to its capability of simulating all the relevant knowledge about the instrument, the orbit, the radiation source, the atmosphere and the observed scene. The Image Simulator takes in input either synthetic or real surface reflectance/radiance images compatible with PRISMA sensor characteristics and atmospheric, instrument and platform parameters to define the simulation scenario. The Instrument simulator implements in a modular and fully parametrized architecture all the functions relevant to the full path of conversion of the impinging photon flux to the Digital Numbers produced at instrument electronics output (L0 data). The modules comprise image projection and propagation through telescope to HYP (hyperspectral) and PAN (panchromatic) focal planes, with spatial optical effects (distortion, aberrations, smile/keystone, motion effect, etc.), spectral filtering (channels dispersion, SRFs) and full detection chain effects (background and dark signal, noise, non-uniformities, etc.).

HSIS FUNCTIONS

The hyper-spectral image simulator for PRISMA mission produces simulated PRISMA-like imagery in the spectral range of interest ($[0.4-2.5] \mu\text{m}$) integrating into a single tool all the relevant knowledge about the instrument, the radiation source, the atmosphere, and the observed scene and considering:

- orbital and attitude movements of the satellite during push-broom acquisition;
- Sun ephemerids and atmospheric effects;
- Earth surface properties as reflectivities and/or ToA radiances, Digital Elevation Models;
- Electro/Optical sensor characteristics taking into account geometric, spectral and radiometric behavior;
- Generation of the Digital Counts and L0 formatting in the CCSDS format.

HSIS performs the mapping from Earth surface to sensor detector array, taking into account the geometry of image acquisition (satellite position, orbit and attitude, digital elevation model of the acquisition scene). Then, the radiance at the top of the atmosphere is computed, from the surface reflectance data by applying the radiative transfer model including a Lambertian surface model. The radiative transfer model is implemented by using the Moderate Resolution Transmittance Code (MODTRAN) 5, while the effects of surface shading and of the shadow are modelled by considering a DEM as input and Sun ephemerids at the acquisition time. At this stage, HSIS generates the hyperspectral and panchromatic radiances images at the

Top of Atmosphere as perfect sensor images. In particular, the image formation on the moving focal plane is performed considering an ideal push-broom linear array generation along input pre-defined orbit and with the temporal law of the satellite attitude as defined by input parameters, without optical distortion and noises and carried by a platform without neither attitude nor orbit perturbations.

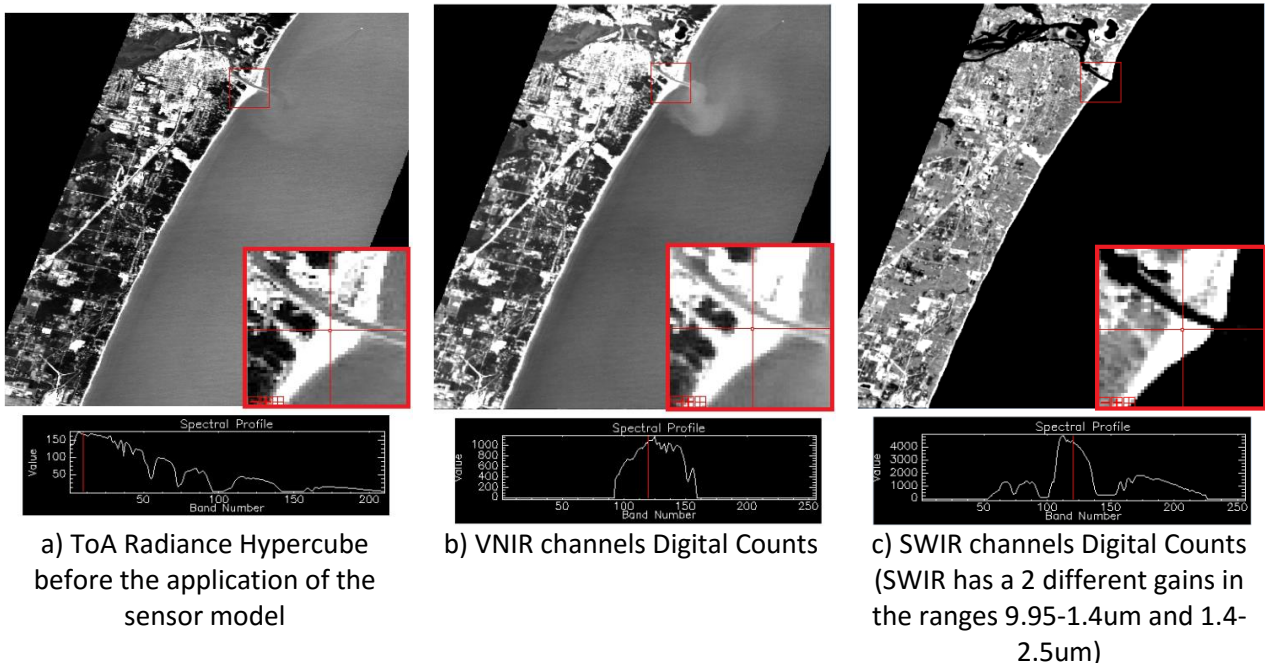
The successive simulation process is the application of all the realistic effects generated by the electro/optical system. To this aim, HSIS includes, in addition to service modules for multi-dimensional data manipulation, the following main modules:

- A spatial module to apply the spatial filtering effects to the acquired images, introduced by the instrument optics, the push-broom scanning motion, the disturbances (drift, jitter), the pixel response.
- A spectral module to apply the spectral response functions of each band to the spectral irradiance impinging on instrument focal planes (VNIR, SWIR, PAN).
- A radiometric module, implementing the full electronics detection chain generating discretized pixel signals in output from the instrument on-board processing board, including pixel-by-pixel distributions of gain, offset, noise.

The output data in digital counts from VNIR-SWIR channels has 3D dimensions (samples, lines, bands), the PAN channel output has 2D dimensions (samples, lines). The raw data is formatted into CCSDS packets.

HSIS product example

In the following, an example of simulated images based on radiances retrieved from AVIRIS Hyperspectral data (data code: f080709t01p00r13rdn). The ingested radiances are acquisition over the coast Michigan Lake south of Manistee National Forest (Grand and Kalamazoo River Outlets, MI) in 2008, 8th July.



VNIR and SWIR DC results: scene on top left image, detail on the red square and spectral profile for the central point of the detail in the bottom plot.

CONCLUSIONS

The presentation provides a description of the PRISMA image simulator HSIS, that has been designed and developed in the framework of the PRISMA programme with the aim of testing and evaluating the performances of the L1 and L2 processors. An example of HSIS results has been provided, based on AVIRIS Hyperspectral input data.

TOA RADIANCE SIMULATOR FOR THE NEW HYPERSPETRAL MISSIONS: STORE (Simulator of TOa RadianCE)

Malvina Silvestri

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, +39.06.51860732,
malvina.silvestri@ingv.it*

Abstract

In the frame of the Italian Space Agency (ASI) Hyperspectral Mission PRISMA (Precursore IperSpettrale della Missione Applicativa), the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) is coordinating the scientific project ASI-AGI (Analisi Sistemi Iperspettrali per le Applicazioni Geofisiche Integrate) to develop specific algorithms and products for various geophysical applications. In this project a PRISMA-like data simulator to test the specific algorithms during the developing phases of the PRISMA mission has been developed. STORE (Simulator of TOa RadianCE) is an image satellite sensor simulator developed to generate a simulated hyperspectral data. Its input is a set of parameters in terms of reflectance, sensor features, atmospheric profiles and topographic information in terms of DEM offering the capability to generate a synthetic image. For this work we have chosen Mt. Etna as test site, due to several ground campaigns performed in the last 10 years. Hyperion data, comparable to PRISMA, have been used to test STORE itself. The results encourage us to consider STORE as an opportunity to simulate the top of atmosphere radiance (and the at-sensor radiance if sensor spectral response function is known) acquired by new sensors for future missions.

STORE tool and results

In order to properly simulate by means STORE tool the hyperspectral images, with a spectral range from 0.4 to 2.5 μm , several inputs have to be used. The confidence of the simulated images depends on the capability to constrain the input data.

During the STORE design phase, we have considered inputs related to the earth-atmosphere-sensor geometry and spectral response function as baseline for obtaining a suitable simulated image. The study does not consider parameters related to sensor technical characteristics such as Signal-to-Noise Ratio (SNR) of sensor and the electro-mechanical noise due to sensor functionalities.

The following inputs have to be used to obtain at-sensor radiances in different channels of the sensor:

- **Radiative Transfer Model**, MODTRAN, that is the main core of STORE; this code offers the possibility to simulate under different atmospheric and surface conditions the interaction among sensor and target;
- **Atmospheric features** in terms of visibility, water vapour amounts, aerosol types and depth, etc, to correctly model the atmosphere's optical properties;
- **Surface characterization**/field campaigns in terms of surface temperature, land surface spectral response (known also as albedo or surface reflectance) and topography (or altitude) to allow to describe the image viewed by the sensor;

- Sensor information/SRF in terms of satellite attitude (considering the geometry among source, sensor and target), day and time of acquisition, spectral response function (SRF), spectral channels resolution and distribution to properly define the correct acquisition geometry.

In Fig.1 an example of STORE PRISMA-like simulation has been reported.

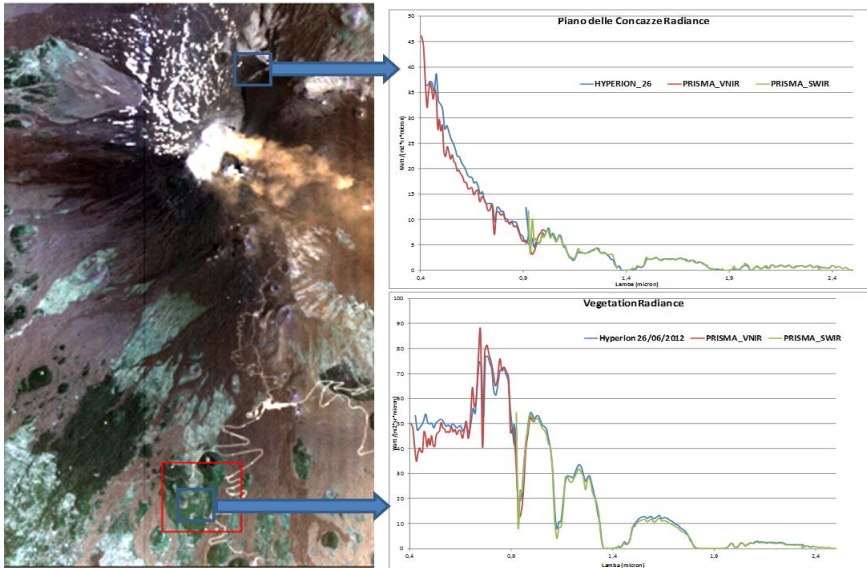


Fig. 1 Comparison of simulated PRISMA-like spectra (red VNIR and green SWIR) with Hyperion real data spectra (blue). On the left an RGB image and two areas: Piano delle Concazze (up) and vegetation area (down). The different value of radiance in the visible range can be due to atmospheric information used for simulation.

Conclusion and next steps

The proposed scheme is quite useful in understanding the at-sensor signals in the diverse atmosphere–surface scenario before the launch of a satellite. In order to constrain the simulation setup for STORE model, several inputs have to be considered for obtaining a reliable TOA radiance, such as surface reflectance, topography and sensor attitude but analysing the simulation results it is important to remark the role of the atmospheric parameterizations. Moreover, considering that this study has not consider parameters related to sensor technical characteristics such as Signal-to-Noise Ratio (SNR) of sensor and the electro-mechanical noise due to sensor functionalities, STORE could be still improved including these kind of noises.

Bibliografia

1. Berk A. et al., (1989). “**MODTRAN: a moderate resolution model for Lowtran7**”, pp 1-93, GL-TR-89-0122, AFG Lab., Hanscom Air Force Base, MA 01731-5000, USA.
2. Bo Liu et al. (2009) “**Simulation of EO-1 Hyperion Data from ALI Multispectral. Data Based on the Spectral Reconstruction Approach**”, pp 3090-3108, Sensors, 9, doi:10.3390/s90403090
3. Fang Chen et al., (2008) “**Using low-spectral-resolution images to acquire simulated hyperspectral images**”, pp 2963-2980, Int. J. Remote Sens. 29, doi:10.1080/01431160701408410

STRUMENTI E TECNICHE A SUPPORTO DEI DATI IPERSPETTRALI [TOOLS AND TECHNIQUES SUPPORTING HYPERSPETRAL DATA]

Cristoforo Abbattista, Leonardo Amoruso, Luigi Agrimano, Vito Fortunato

*Planetek Italia s.r.l, Via Massaua 12, Bari, Italy, I-70132; Tel: +39 080-964-4200; Fax: +39 080-964-4299,
abbattista@planetek.it*

Abstract

The objective of this work is to illustrate the products, tools and workflow developed by Planetek for consultation, processing and management of the hyperspectral data, supporting the synergies that can be created between the PRISMA mission and other missions as Sentinels and COSMO SkyMed. In order to manage and view big images, Planetek developed SpaceBIT (Big Image Tool), a desktop application that allows to load and display large satellite images (well over GByte). Thanks to its plugin logic, SpaceBIT allows the processing, even in real-time, of the displayed data, a feature useful in stages of quality control, calibration and validation of EO processors. The real-time processing is achieved through a software framework, partly developed in FAST4MAP project co-funded by ASI, which uses the parallel processing power of the Graphical Processing Unit. Planetek has also developed innovative techniques for compressing and processing of hyperspectral data that are based on the methodology (patent pending) HUNPCA (Hybrid A-mixing Principal Component Analysis), the compressive sensing matrix and on completion.

[L'obiettivo del presente intervento è illustrare prodotti, tool e workflow sviluppati da Planetek per la consultazione, l'elaborazione e la gestione dei dati iperspettrali, supportando le sinergie che si possono creare tra la missione PRISMA e altre missioni come le Sentinelle e COSMO-SkyMed. Al fine di gestire e visualizzare immagini di grandi dimensioni, Planetek ha sviluppato SpaceBIT (Big Image Tool), un'applicazione desktop che permette di caricare e visualizzare immagini satellitari di grandi dimensioni (ben oltre il GByte). Grazie alla sua logica a plugin SpaceBIT permette il processamento, anche in real-time, dei dati visualizzati, caratteristica utile nelle fasi di controllo qualità, calibrazione e validazione dei processori di EO. Il processing in real-time è ottenuto attraverso un framework software, in parte sviluppato nel progetto FAST4MAP co-finanziato da ASI, che sfrutta le capacità di calcolo parallelo delle Graphical Processing Unit. Planetek ha, inoltre, sviluppato tecniche innovative per la compressione e l'elaborazione di dati iperspettrali che si basano sulla metodologia (patent pending) HUNPCA (Hybrid Un-mixing Principal Component Analysis), sul compressive sensing e sul matrix completion.]

From Hyperspectral Data to Information

Hyperspectral images (HYP) provide critical insights into the composition of a scene and have found multiple applications in remote sensing situations. Unfortunately, acquiring, processing, storing and transmitting full spatio/spectral resolution hyperspectral images can introduce significant challenges, especially when considering the limitations of satellite resources and onboard computing. Moreover, this implies also the definition of proper exploitation and dissemination tools to enable end-user to deal with information instead

of data. To this end, the next subsections introduce tools and competences for consulting/processing/compress HYP data as developed by Planetek within several EU/ITA funded programs.

Hyperspectral compression based on Sparsity enforcing methods

The key objectives of The Sparse Signal Processing Technologies for Hyper Spectral Imaging Systems (PHySIS¹) include i) the design of cutting edge hyperspectral acquisition architectures, ii) the investigation of signal models for hyperspectral data, iii) the development of hyperspectral compression and restoration algorithms, and iv) the design of novel hyperspectral image understanding methods. The enhancement of the low-rank matrices generated from the acquired hyperspectral data by employing the recovery capabilities of the recently developed framework of **Matrix Completion** (MC). This approach addresses the recovery of high-dimensional data from what appears to be incomplete, and perhaps even corrupted information. To validate the potential of the proposed compression scheme, an experimental protocol, sketched in the next Fig.1, involving measurements from the AVIRIS and the Hyperion instruments.

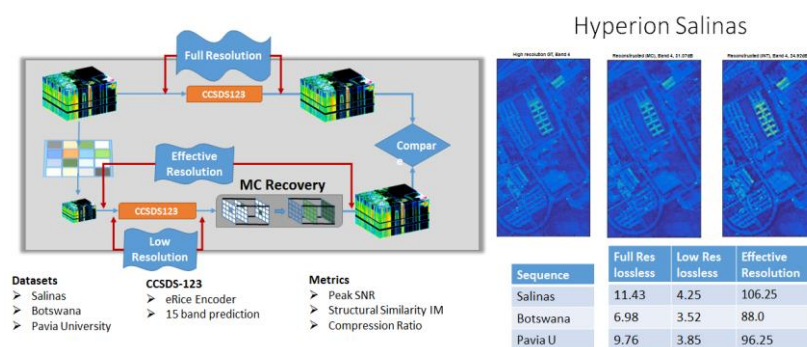


Fig. 1 Experimental setup for the evaluation of the Compression Ratio.

The proposed scheme exploits inherent inter- and intra- band correlations for recovering the missing values with high quality. Experimental results suggest that the considered strategy could allow high speed compact design imaging without sacrificing imaging quality.

SpaceOP3C

spaceOP3C (On-board Processing for Compression and Clouds Classification) is a new compression technique based on a Patent Pending methodology from Planetek Hellas, named **HUNPCA**² (Hybrid Un-mixing Principal Component Analysis), which utilizes the spectral unmixing procedure and PCA combined with a lossless generic coding algorithm. This methodology ensures that even with the highest compression ratio (25-30) the information loss is quite low. Also in the case were the compression ratio decreases (10-12), but still extremely high compared to other lossy algorithms, the information loss can be negligible (see Fig.2). The algorithm adapts to the different imaged scenes and sensor characteristics. OP3C compressed data can be processed in their compressed form, which is a typical characteristic of the class of techniques known as **compressed sensing**.

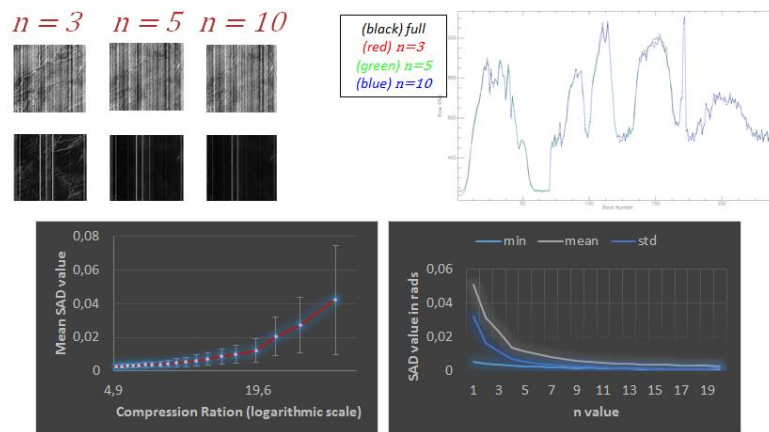


Fig.2 SpaceOP3C results on Hyperion Dataset Absolute and Spectral Angle Distance Errors

Exploitation scenarios: SpaceBIT case study

The ambition is to have an automatic or semi-automatic translation of algorithms written in typical scientific languages into a low level representation suitable for execution by GPU, with the intent to leverage the use of any GPU or multi-core SIMD CPU available on desktop, server and embedded system for processing and visualizing in any suitable/affordable technique the BIG data stream coming from space and Earth observation.

The response to these needs is the Planetek's Very Big Image Tool (**SpaceBIT**), a desktop application designed for scientific data processing with C/C++ and Python codes (Fig.3), covering the following user-oriented criteria:

- investigate about how to convert typical scientific algorithms related to space and Earth observation, from the actual sequential or grid-suited form to a GPU suited form.
- investigate whether the data in their original format (e.g. HDF5, HDF-EOS or FITS files) are suited for processing by a GPU or multi-core CPU.
- analyse how to adapt/ port a defined set of algorithms into a form suitable for GPU (OpenGL, Vulkan, OpenCL, Metal) execution, linking these analysis towards ASI's funded Fast4Map project.
- convert an algorithm from its actual form to one suitable for GPU execution by leveraging the use of a specialized instance of the LLVM (<http://llvm.org>) compiler technology.
- allow scientists to interact remotely with a GPU farm for algorithms execution and results browsing.

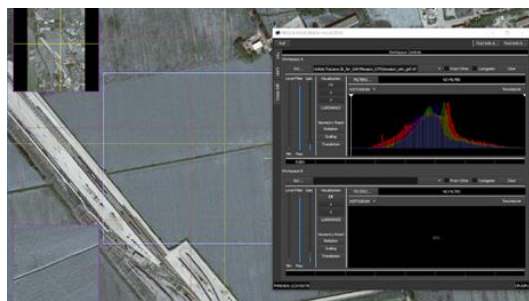


Fig. 3 SpaceBIT Graphical User Interface with a 1 GB optical Hyp data

Bibliografia

1. G. Tsagakatakis, et al, (2016), Proceedings of the 5th International Workshop on On-Board Payload Data Compression (ESA, CNES), 28-29 September 2016, ESRIN, Frascati, Italy

2. L.Amoruso et al, (2016), Proceedings of the 5th International Workshop on On-Board Payload Data Compression (ESA, CNES), 28-29 September 2016, ESRIN, Frascati, Italy

TELERILEVAMENTO DELLA COMPOSIZIONE CHIMICA DI AEROSOL ATMOSFERICI DA MISURE SATELLITARI TRAMITE UTILIZZO DI RETI NEURALI

Gabriele Curci^{1,2}, Massimiliano Sist³, Fabio Del Frate⁴, Antonio Di Noia⁵

1. Center of Excellence in Telesensing of the Environment and Model Prediction of Severe events (CETEMPS), Università degli Studi dell'Aquila, Via Vetoio, Coppito, 67100 L'Aquila. +39 0862 433708, gabriele.curci@aquila.infn.it
2. Dipartimento di Scienze Fisiche e Chimiche, Università degli Studi dell'Aquila, Via Vetoio, Coppito, 67100 L'Aquila
3. GEO-K SRL, Via del Politecnico, 1, 00133 –Roma
4. Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Laboratorio di Osservazione della Terra, Via del Politecnico, 1, 00133 –Roma
5. SRON Netherlands Institute for Space Research, Sorbonnelaan 2, 3584 CA-Utrecht (Paesi Bassi)

Abstract

In questo lavoro valutiamo la fattibilità della stima da misure satellitari della speciazione chimica degli aerosol, identificando composti simili a quelli rilevati ad esempio con spettrometri di massa nelle misure in situ a terra. Abbiamo prodotto un dataset sintetico di profili di aerosol su scala globale e relative riflettanze al top dell'atmosfera nel UV-VIS-NIR. Utilizzando algoritmi neurali, abbiamo tentato di inferire l'abbondanza relativa delle principali componenti chimiche dell'aerosol in troposfera (ioni inorganici, materiale organico, fuliggine, polvere minerale e sali marini) a partire dalla sola conoscenza della riflettanza iperspettrale tra 350 e 1000 nm e dallo spessore ottico totale degli aerosol. I primi risultati preliminari permettono di essere ottimistici sulla fattibilità di questo nuovo metodo, in particolare per i composti meno assorbenti.

Motivazione

La composizione chimica degli aerosol nelle applicazioni di telerilevamento viene talvolta rappresentata individuando una serie di "classi" (o "modelli") di aerosol, (es. continentale, urbano, marittimo, desertico, ecc.), che vengono selezionati in modo più o meno automatico dagli algoritmi di inversione. La selezione di uno di questi modelli di aerosol è spesso implicita anche nella stima di altre quantità legate agli aerosol, come lo spessore ottico o l'albedo di singolo scattering, e ciò può introdurre una incertezza significativa nei risultati. In questo lavoro, esploriamo la possibilità di identificare da misure satellitari un insieme differente di classi di aerosol, più direttamente confrontabili con le misure in situ e le simulazioni con modelli di chimica e trasporto. Queste classi sono ioni inorganici (somma di solfati e nitrati), materiale organico, fuliggine (black carbon), polvere minerale e sali marini.

Metodi

Abbiamo prodotto un insieme simulato di coppie di scene di aerosol e di relative riflettanze al top dell'atmosfera, in modo da utilizzarle per addestrare una rete neurale al riconoscimento delle classi di aerosol a partire dalle riflettanze. Le scene di aerosol sono ricavate da un campionamento casuale nel tempo e nello spazio di distribuzioni globali di aerosol generate usando il modello di chimica e trasporto GEOS-Chem, nel tentativo di rappresentare un ampio spettro della variabilità della composizione dell'aerosol atmosferico. In questo primo esperimento sono state selezionate solamente scene sull'oceano, in modo da aumentare il contrasto tra atmosfera e superficie e semplificare la rappresentazione di quest'ultima.

Le proprietà ottiche dei profili di aerosol simulati sono calcolate con diverse assunzioni alternative delle proprietà chimico-fisiche (indici di rifrazione, densità, igroscopicità, stato di mixing). Le riflettanze al top dell'atmosfera sono ottenute tramite il modello di trasferimento radiativo libRadtran con 1 nm di risoluzione spettrale nell'intervallo di lunghezze d'onda 350-1000 nm, assumendo geometrie di osservazioni tipiche di un satellite polare (es. MODIS, PRISMA, Hyperion, Sentinel-3, ecc.).

Abbiamo addestrato 5 reti neurali, una per ciascuna componente chimica dell'aerosol, con 12 nodi di input (angoli zenitale e azimutale del Sole, latitudine, longitudine, AOD a 550 nm, 7 componenti PCA più significative della riflettanza al TOA). L'output di ciascuna rete è l'abbondanza relativa (in percentuale sulla massa totale dell'aerosol) della specie su cui è stata addestrata.

Risultati

In Figura 1 mostriamo lo scatterplot tra il campione di dati di controllo e il risultato dell'inversione delle radianze per quattro delle specie chimiche considerate. Le polveri desertiche sono identificate molto bene dall'algoritmo ($R^2 = 0.81$), così come i sali marini ($R^2 = 0.87$). La rete neurale è anche capace di distinguere in modo significativo la frazione inorganica ($R^2 = 0.79$) e quella organica ($R^2 = 0.65$). In Figura 2 mostriamo il risultato per la specie più assorbente, la fuliggine. L'algoritmo ha scarsa capacità di identificazione ($R^2 = 0.31$), ma trasformando i dati con il logaritmo (per rendere più simmetrico il dataset) le capacità aumentano considerevolmente ($R^2 = 0.78$).

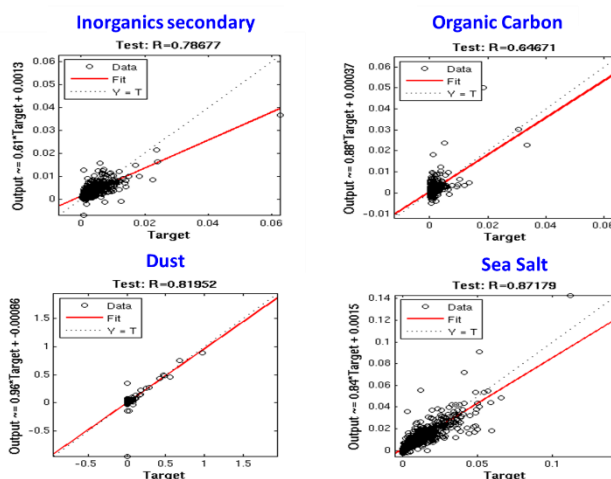


Figura 1. Risultati della stima dell'abbondanza relativa (%) delle specie chimiche dell'aerosol, realizzata invertendo le riflettanze iperspettrali al TOA con algoritmi neurali. I dati sono tutti simulati. Il coefficiente di determinazione è riportato nei titoli.

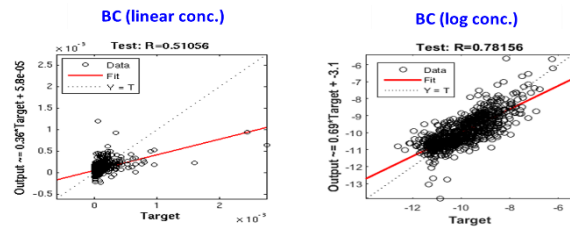


Figura 2. Come in Figura 1, ma per la fuliggine. A sinistra, retrieval con concentrazioni lineari, a destra, retrieval con il logaritmo delle concentrazioni.

SCENARI DI UTILIZZO DI OSSERVAZIONI IPERSPETTRALI PER LO STUDIO DEI SISTEMI NATURALI E ANTROPICI

M. Pepe¹, C. Giardino¹, M. Boschetti¹, R. Lanari²

1. CNR-IREA, via Bassini 15, 20133 Milano, {pepe.m, giardino.c, boschetti.m}@irea.cnr.it
2. CNR-IREA, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli, lanari.r@irea.cnr.it

Abstract

Negli ultimi decenni i sistemi di osservazione della terra basati su tecnologia iperspettrale hanno dimostrato le proprie potenzialità nel riconoscimento e caratterizzazione di superfici/sistemi otticamente complessi.

In tale contesto le immagini iperspettrali acquisite da piattaforme satellitari (es. Hyperion), aeree (es. APEX, TASI) e di campo hanno svolto un ruolo preminente nel potenziamento degli algoritmi e nello sviluppo di nuove applicazioni. I programmi Hypersi, PRISMA, Shalom e Enmap sono esempi concreti dell'impatto delle tecnologie iperspettrali sui programmi delle agenzie spaziali.

Il contributo illustra le potenzialità dei sensori per diverse applicazioni in sistemi terrestri e acquatici. Al fine di riassumere il valore aggiunto del telerilevamento iperspettrale, vengono discusse le sinergie con altre missioni di Osservazione della Terra, le prospettive e le sfide - ovvero aumentare il potere di caratterizzazione dei sistemi naturali/antropici estendendone l'utilizzo allo studio delle dinamiche - per fronteggiare specifiche questioni di natura scientifica, ambientale o operativa (specifici stakeholder), sfruttando anche le capacità offerte in ambito Big Data

Introduzione

Lo scenario del telerilevamento iperspettrale ha visto notevoli cambiamenti dagli anni 90 per arrivare ai giorni nostri. Inizialmente, infatti si vedeva il telerilevamento iperspettrale, non solo come la nuova frontiera, ma anche come la probabile soluzione a tutti i problemi e le applicazioni cui il telerilevamento si applicava. Ci si è presto resi conto però della peculiarità di questa tipologia di dati e delle criticità annesse, quali le dimensioni, i rapporti segnale/rumore non elevati (o non sufficientemente alti), le difficoltà relative alla calibrazione (come gli di banda) e al pretrattamento (correzione atmosferica), nonché alla selezione delle features salienti. Ad una grande disponibilità di informazione spettrale, si associano infatti anche problemi di rumore e ridondanza, che rendono il trattamento di questo dato molto specifico. Pertanto negli anni che vanno dal 2000 ad oggi, si sono sperimentate applicazioni dedicate perlopiù a sistemi che, per la loro complessità ottica intrinseca, si potevano unicamente o principalmente, riconoscere e caratterizzare solo attraverso l'uso di dati iperspettrali, come le acque interne e costiere, o gli affioramenti rocciosi. Dopo che la ricerca in questi specifici settori ha portato avanti la conoscenza, sia a livello di pretrattamento, che di trattamento e la comunità scientifica ha prodotto conoscenza e ha anche acquisito credibilità presso il pubblico di non esperti; con l'avvento delle missioni satellitari iperspettrali di nuova generazione (Hypersi, PRISMA, Shalom e Enmap) si aprono possibilità di applicazioni più ampie, rivolte a diversi target.

Gli applicativi scenari futuri

La frontiera consiste ora nel passare dalla prospettiva metodologico/sperimentale al mondo reale delle applicazioni operative; considerando anche la dimensione non solo spettrale ma anche spaziale e temporale (dinamica) dei fenomeni [1]. In questa ottica vanno affrontate le specifiche sfide a livello globale (sviluppo sostenibile e food security, climate change, conservazione della biodiversità, riserve idriche), in modo tale che i prodotti da telerilevamento iperspettrale sviluppati, e il loro sfruttamento, possano portare beneficio alla società. Nella presentazione sono stati introdotti e discussi alcuni esempi di applicazioni di telerilevamento iperspettrale, in risposta ad alcune specifiche domande:

- 1) ecologia/risorsa acqua: riconoscimento dell'evoluzione della composizione del substrato di macrofite nelle acque lacustri, in ottemperanza alla Water Framework Directive Europea [2];
- 2) salute umana/impatti economici: riconoscimento di fioriture algali tossiche dannose alla salute e con forte impatto economico negativo per il settore turistico e per la pesca [3];
- 3) pressione antropica: effetti di eventi di piena straordinaria in aree costiere densamente popolate [4];
- 4) biodiversità: mappatura della copertura e della biomassa di macrofite emergenti in ambienti umidi;
- 5) monitoraggio delle risorse naturali: mappatura delle specie arboree e della loro biomassa in ambiente forestale [5,6]
- 6) agricoltura: applicazioni per il riconoscimento dello stato nutrizionale di colture cerealicole per il supporto all'agricoltura di precisione [7]

Conclusioni

Le conclusioni dell'intervento si possono riassumere come segue:

- dobbiamo migrare da un'ottica sperimentale allo sviluppo di prodotti operativi e servizi;
- le missioni iperspettrali satellitari devono tenere in considerazione anche la dimensione spaziale e temporale dei fenomeni per rispondere alle sfide della società e ai loro requisiti;
- siamo supportati dalla conoscenza e dalla tecnologia già sviluppata, su cui possiamo costruire prodotti e servizi, sfruttando le opportunità offerte dal mondo delle architetture interoperabili, dei Big Data e degli OpenData
- rimangono comunque soluzioni innovative da ricercare

Bibliografia

1. Hestir, E., et al. "Measuring freshwater aquatic ecosystems: The need for a hyperspectral global mapping satellite mission." *Remote Sensing of Environment* 167 (2015): 181-195.
2. Giardino, C., et al. "Assessment of water quality in Lake Garda (Italy) using Hyperion." *Remote Sensing of Environment* 109.2 (2007): 183-195.
3. Bresciani, M., et al. "Recognizing harmful algal bloom based on remote sensing reflectance band ratio." *Journal of Applied Remote Sensing* 5.1 (2011): 053556-053556.
4. Braga, F., et al. "Assessing water quality in the northern Adriatic Sea from HICO™ data." *Remote sensing letters* 4.10 (2013): 1028-1037.
5. Boschetti, M., et al. "Tree species mapping with Airborne hyper-spectral MIVIS data: the Ticino Park study case." *International Journal of Remote Sensing* 28.6 (2007): 1251-1261.
6. Boschetti, M., et al. "The contribution of hyperspectral remote sensing to identify vegetation characteristics necessary to assess the fate of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the environment." *Annals of Geophysics* 49.1 (2006).
7. Stroppiana, Daniela, et al. "Plant nitrogen concentration in paddy rice from field canopy hyperspectral radiometry." *Field crops research* 111.1 (2009): 119-129.

DATI IPERSPETTRALI E ALGORITMO MAXENTES: PROSPETTIVE PER PRODOTTI APPLICATIVI INNOVATIVI

Vanni Nardino, Donatella Guzzi, Alessandro Barducci, Roberto Carlà, Cinzia Lastri, Ivan Pippi, Valentina Raimondi

CNR-IFAC, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)
tel.: 055-4226379, e-mail: v.raimondi@ifac.cnr.it

Abstract

Varie applicazioni basate sull'impiego di dati iperspettrali possono trarre notevoli vantaggi dall'integrazione con dati acquisiti nell'infrarosso termico. Una corretta estrazione dell'informazione da questi ultimi, tuttavia, richiede l'uso di procedure per la separazione del dato di emissività spettrale da quello della temperatura (TES), che costituisce un classico problema mal posto, in cui il numero delle incognite (la emissività misurata in ogni canale spettrale e la temperatura) è maggiore delle misure effettuate (la radianza al sensore in ciascun canale). Questo tipo di problemi ammette infinite soluzioni, ed è tipicamente risolto ricorrendo a ipotesi *a priori* sul sistema fisico in esame. Qui è descritta una procedura TES che prescinde dall'utilizzo di ipotesi esterne al dato osservato: essa si basa sulla massimizzazione dell'entropia dell'informazione relativa a ciascun pixel dell'immagine.

Introduzione

La determinazione simultanea del dato di temperatura e di emissività per ciascun canale di sensori multi- o iperspettrali operanti nell'infrarosso termico (IR) è un cosiddetto problema-mal-posto, in cui si ha un numero di incognite superiore a quello delle misure. In letteratura tale problema viene tipicamente risolto mediante la formulazione di ipotesi *a priori*, per cui si postula un andamento funzionale per lo spettro di emissività, rimuovendo il grado di libertà aggiuntivo del problema e permettendone la risoluzione. L'algoritmo qui descritto non fa uso di tali ipotesi, bensì utilizza il formalismo detto della "Massima Entropia" [1]. Il metodo assume che la condizione di massima entropia rappresenti l'ipotesi *a priori* meno vincolante per il sistema. Essa rappresenta il vincolo aggiuntivo che è utilizzato per risolvere algebricamente il problema e per ricavare i valori di emissività in ciascun canale spettrale e il valore della temperatura, i quali sono calcolati come i valori più probabili (ossia i valori di aspettazione) dati dalla distribuzione di probabilità che massimizzi l'entropia del sistema. Tale procedura è denominata Maximum Entropy Temperature and Emissivity Separation (MaxEnTES).

Principali caratteristiche dell'algoritmo e applicazioni

L'algoritmo MaxEnTES si basa sull'impiego di un algoritmo di stima iniziale (Temperature Range Selection: TRS) per individuare l'intervallo di temperatura del bersaglio, seguito dalla procedura vera e propria per il calcolo dei parametri che massimizzino l'entropia del sistema [2]. L'algoritmo TRS di stima dell'intervallo di temperatura del bersaglio osservato assume che la temperatura osservata nel canale spettrale generico sia minore del suo valore vero, a causa della emissività in quel canale. Data una stima (fisicamente ragionevole) dell'intervallo di emissività, la temperatura minima è ottenuta come il massimo valore della temperatura

osservata in ciascun canale calcolata per emissività massima, e, al contrario, la temperatura massima è ottenuta come il minimo valore di temperatura osservata calcolata per emissività massima. L'intervallo di emissività iniziale è iterativamente ristretto qualora l'intervallo di temperature massima e minima risulti nullo. Successivamente, seguendo il formalismo della teoria della massima entropia e sulla base delle misure effettuate in ciascun canale, la procedura MaxEn, calcola la distribuzione di probabilità che massimizzi l'entropia del sistema, permettendo il calcolo della emissività spettrale e della temperatura come valori di aspettazione. Dopo ulteriori iterazioni qualora l'emissività superi il valore massimo atteso, l'algoritmo restituisce i parametri voluti.

Le potenzialità del metodo e la accuratezza del metodo all'aumentare del rumore sono state studiate utilizzando dati simulati sulla base di dati di libreria ottenuti con misure su bersagli sia geologici che di origine antropica. Le simulazioni hanno mostrato un effetto di soglia all'aumentare del rumore a partire da un SNR di circa 25 dB, al di sotto del quale la precisione sul valore ricavato per la temperatura rimane ampiamente al di sotto del grado centigrado. L'algoritmo è stato testato anche su dati acquisiti da sensore MIVIS durante un sorvolo su un'area percorsa da incendio. I dati sono stati corretti per i contributi dovuti alla presenza di atmosfera e riportati alla radianza emessa a livello del suolo verso l'osservatore. I valori di emissività e temperatura sono in accordo con quelli ottenuti utilizzando altri algoritmi disponibili in letteratura (Fig.1). In particolare, si può notare come, nel metodo MaxEnTES, il contributo di rumore spaziale sia distribuito in modo più uniforme su tutte le bande rispetto all'altro metodo utilizzato. Questo è dovuto al fatto che il metodo MaxEnTES lavora contemporaneamente su tutti i canali e quindi le immagini di temperatura e di emissività per ciascun canale appaiono meno rumorose, mostrando un effetto di media spaziale per quanto riguarda il rumore spazialmente coerente.

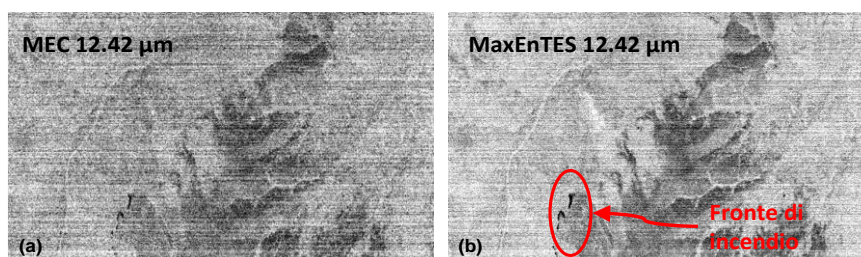


Fig. 1: Dati MIVIS acquisiti sulle Alpi ed elaborati con : (a) metodo MEC, (b) metodo MaxEnTES.

Il metodo MaxEnTES può trovare interessanti applicazioni nel settore della geologia quando sia necessaria caratterizzazione del suolo a partire dallo spettro di emissività. In generale, il metodo dimostra di poter fornire mappe affidabili di temperatura. Qualora l'utilizzatore del dato avesse necessità di dati con un grado maggiore di dettaglio spaziale, ad esempio applicazioni in ambiente urbano, deve essere considerata la possibilità di applicare delle tecniche di fusione dati (ad es. *hypersharping*) con acquisizioni nelle bande VNIR ad alta risoluzione spaziale. Il metodo MaxEnTES risulta competitivo rispetto ad altre procedure anche in presenza di pixel saturi, ad esempio nelle applicazioni di rivelazione di incendi o altri eventi caldi al suolo da piattaforma remota. Infatti, dato che il valore atteso di temperatura ed emissività è generato utilizzando l'intero set di spettri a disposizione, i risultati della elaborazione saranno molto più resistenti agli effetti della saturazione, sempreché questa sia limitata ad un numero ristretto di canali.

Bibliografia

1. Jaynes E. T. (1968), pp.227-241, "Prior Probabilities". IEEE Transactions on System Science and Cybernetics, sec-4 (3).
2. Barducci A., et al. (2015), pp. 738-751, "Emissivity and temperature assessment using a maximum entropy estimator: Structure and performance of the MaxEnTES algorithm." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 53.2.

UTILIZZO DI SENSORI IPERSPETTRALI PER LA STIMA DELLA CO₂ EMESSA DA SORGENTI VULCANICHE IN TROPOSFERA

Claudia Spinetti¹, Maria Fabrizia Buongiorno¹,

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, tel. 0651860439, Claudia.spinetti@ingv.it, fabrizia.buongiorno@ingv.it

Abstract

Vulcani rappresentano una fonte naturale di anidride carbonica. Diversi studi stimano flusso globale emesso dal degassamento vulcanico in troposfera di circa 34x10⁶ tonnellate / giorno. La CO₂ presenta assorbimenti in diverse regioni dello spettro elettromagnetico sia nello SWIR che nel MIR-TIR. Il contributo della CO₂ vulcanica è importante non solo per la conoscenza delle variazioni atmosferiche, ma anche per capire lo stato di attività di un vulcano. Infatti, la CO₂ è direttamente implicata nei meccanismi eruttivi. Le misure strumentali di anidride carbonica vulcanica sono difficili a causa dell'elevata concentrazione presente in atmosfera e dalla difficoltà di eseguire misure nelle aree di degassamento dei vulcani attivi (crateri sommitali e fumarole laterali). Le osservazioni satellitari con strumenti iperspettrali offrono il vantaggio di osservare vaste aree e la possibilità di ripetere sistematicamente le osservazioni. L'INGV ha sviluppato algoritmi specifici per la stima della CO₂ vulcanica mediante dati iperspettrali nel VIS-SWIR e nell'ambito dei recenti studi scientifici per la missione PRISMA, finanziati da ASI, ha consolidato gli algoritmi verificando i requisiti della missione ASI-PRISMA.

Emissioni di gas vulcanici

Lo studio delle emissioni vulcaniche ed in particolare della composizione gassosa dei plumes vulcanici, è considerato di particolare importanza per la comprensione dello stato di attività vulcanica (Allard et al., 1994; Aiuppa and Federico, 2004). Infatti è stata dimostrata la correlazione tra i flussi dei gas di origine magmatica con l'attività eruttiva. Dalle concentrazioni e dalle variazioni relative dei rapporti dei maggiori gas emessi quali CO₂, SO₂, HCL e H₂O si possono stimare i volumi in gioco in una eruzione. (Fig. 1)

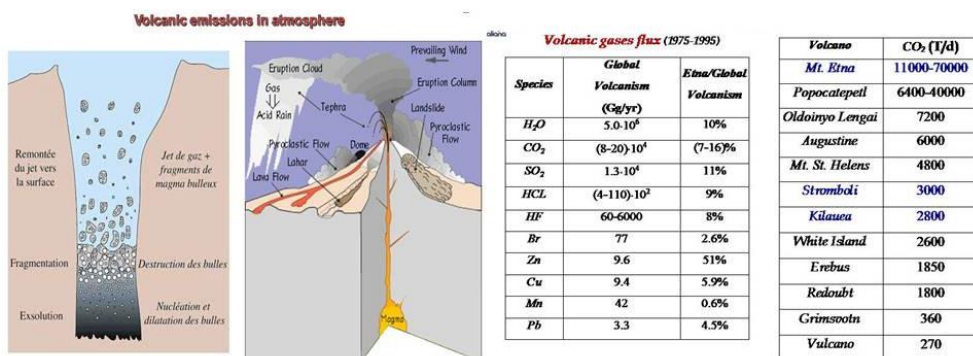


figura 1 schema del degassamento del magma vulcanico e composizione dei gas emessi durante il degassamento

Descrizione degli Algoritmi per la stima della CO₂ vulcanica

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse tecniche iperspettrali che hanno permesso di misurare e ottenendo mappe di concentrazione di gas di diversa origine. Queste tecniche si basano sulla inversione delle radiane misurate da sensori remoti nelle lunghezze d'onda dell'infrarosso (SWIR).

Tecnica CIBRW e APDA per la stima della CO₂ vulcanica

La tecnica CIBR è una tecnica ad assorbimento differenziale 'Continuum Interpolated Band Ratio' sviluppata da Carrere et al. (1993). Opera su immagini iperspettrali derivando il contenuto di vapore acqueo atmosferico. La base del CIBR consiste nell'assunzione che le righe di assorbimento nella curva spettrale sono proporzionali alla concentrazione del gas nella colonna. La relazione tra la curva spettrale nella banda di assorbimento e ed il contenuto colonnare e' stata dimostrata da Spinetti et al, (2008) derivando la mappa di anidride carbonica di un plume vulcanico. La tecnica sviluppata CBRW si basa sul concetto base del CIBR ed e' stata adattata ed implementata per l'intervallo spettrale tra 1.9 a 2.1 μm dove le molecole di CO₂ presentano righe di assorbimento. La tecnica "Atmospheric Pre-Corrected Differential Absorption Technique" (APDA) è una evoluzione del CIBRW L'algoritmo si basa sull'equazione di trasferimento radiativo nel caso di un sensore che acquisisca un numero elevato di bande spettrali nel VIS-SWIR. Sia il CIBRW che APDA necessitano sella stima del contenuto di vapor d'acqua nella colonna atmosferica mediante le bande di assorbimento nel VIS-NIR dell'acqua.

Risultati della validazione

Per validare gli algoritmi di stima del contenuto di anidride carbonica sono stati utilizzati dati Hyperion acquisiti sull'Etna a partire dal 2001 al fine di individuare un set di dati adeguato per il test delle procedure. Inoltre sono stati utilizzati dati aerei acquisiti dal sensore MIVIS del CNR sul vulcano Stromboli. I dati forniti nella campagna aerea 2012 con il sensore SPECIM hanno mostrato una qualità del dato non ottimale per le tecniche di stima di CO₂. I risultati dei test hanno evidenziato che la stima della CO₂ vulcanica dipende da due fattori: a) la sensibilità strumentale del sensore spaziale (rapporto segnale rumore); b) dalla concentrazione dell'anidride carbonica nel un plume vulcanico rispetto al background atmosferico e dal contenuto di vapor d'acqua. Pertanto è stato fondamentale stabilire una soglia di sensibilità per il segnale misurato dal sensore PRISMA nelle bande di assorbimento della CO₂ utilizzate dagli algoritmi di stima (CIBRW e APDA).

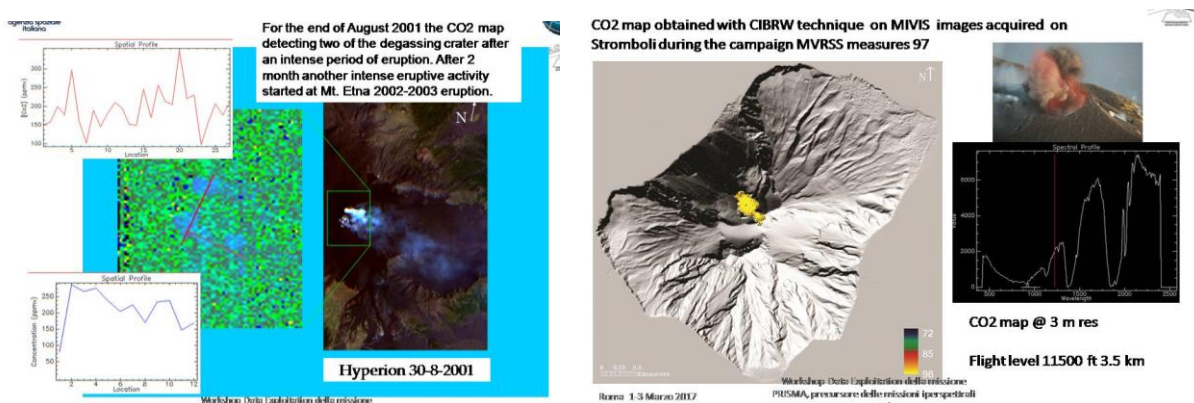


figura 1 risultati delle tecniche di stima della CO₂ mediante dati satellitari EO1-HYPERION ed aerei MIVIS, rispettivamente su Etna e Stromboli.

Bibliografia

1. Aiuppa, A., Federico, C., 2004. Anomalous magmatic degassing prior to the 5th April 2003 paroxysm on Stromboli. Geophys. Res. Lett. 31, L14607. doi:10.1029/2004GL020458.

2. Allard P., Carbonnelle J., Metrich N., Loyer H., Zettwoog P. (1994), Sulphur output and magma degassing budget of Stromboli. *Nature* 368, 326-330.
3. Carrere, V., Conel, J.E., 1993. Recovery of atmospheric water vapour total column abundance from imaging spectrometer data around 940 nm—sensitivity analysis and application to AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment* 44, 179–204.
4. Spinetti, C., V. Carrere M.F. Buongiorno, A.J. Sutton, T. Elias, 2008. Carbon Dioxide of Kilauea Volcanic Plume Retrieved by Means of Airborne Hyperspectral Remote Sensing *Remote Sensing of Environment* Volume 112, Issue 6, June 2008, Pages 3192–3199. DOI: 10.1016/j.rse.2008.03.010

TECNICHE AUTOMATICHE DI ULTIMA GENERAZIONE PER L'ANALISI DI IMMAGINI IPERSPETTRALI SATELLITARI

Lorenzo Bruzzone, Claudia Paris

Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione, Università degli studi di Trento, Via Sommarive, 9, 38213, Povo, Trento, Italia, tel. 0461 282056, email: lorenzo.bruzzone@unitn.it, claudia.paris@unitn.it

Abstract

L'enorme quantità di dati che verrà acquisita dal sensore PRISMA (PRecursoro IperSpettrale della Missione Applicativa) richiede lo sviluppo di un insieme di tecniche automatiche che possano analizzare le immagini estraendo in maniera accurata l'informazione semantica necessaria nei vari domini applicativi legati allo sfruttamento dei dati iperspettrali. I dati iperspettrali consentono infatti di fornire informazioni preziose nell'ambito di molteplici applicazioni quali il monitoraggio di aree forestali o agricole, la mappatura di zone urbane, il monitoraggio geologico e marino e il supporto alla gestione del rischio (e.g., incendi, frane, vulcani e terremoti). Nel corso degli anni, presso il laboratorio di telerilevamento (RsLab) dell'Università degli studi di Trento sono state svolte numerose attività nell'ambito dello sviluppo di tecniche automatiche per l'analisi di immagini iperspettrali. Particolare attenzione è stata dedicata a tecniche di ultima generazione al fine di effettuare: i) classificazione automatica per la produzione di mappe di copertura del suolo; ii) *data mining*; e iii) integrazione/fusione di immagini iperspettrali satellitari con altre tipologie di dati (e.g., dati LiDAR, dati ottici VHR e dati SAR).

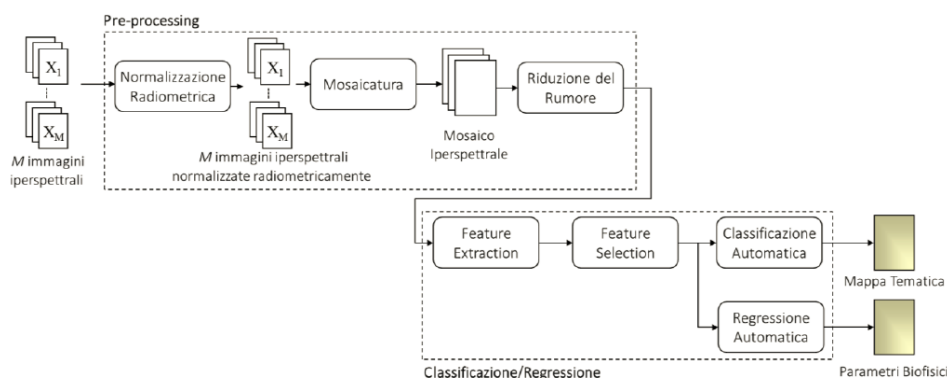


Fig. 1 Architettura di sistema per l'elaborazione automatica dei dati iperspettrali.

Al fine di estrarre le informazioni dalle immagini iperspettrali, il sistema sviluppato si basa su tecniche automatiche capaci di gestire le criticità di tali dati. Le immagini iperspettrali sono infatti caratterizzate da un'elevata dimensionalità, da una notevole variabilità della firma spettrale, un'alta ridondanza spettrale ed eterogeneità a livello di *subpixel* [1]. Inoltre, tali tecniche devono essere in grado di fronteggiare la scarsa disponibilità di misure a terra di riferimento. In Fig. 1 è rappresentata l'architettura, sviluppata nel corso degli anni presso RsLab, per l'elaborazione automatica dei dati iperspettrali. Durante la fase di *pre-processing* il dato grezzo iperspettrale, solitamente acquisito in strisciate georeferenziate, viene corretto

radiometricamente per poi effettuare la mosaicatura in modo da ottenere un'unica immagine dell'area in analisi. Dopo aver ridotto il rumore, si procede alla classificazione del dato al fine di generare una mappa tematica della scena in analisi [2] o alla regressione qualora si vogliano stimare parametri biofisici [3, 4] grazie all'utilizzo di tecniche avanzate di *image processing* o *pattern recognition* capaci di gestire le criticità del dato iperspettrale. In entrambi i casi viene ridotta la dimensionalità del dato iperspettrale utilizzando tecniche di *feature extraction* [5] o *feature selection* [6]-[8] che consentono di migliorare notevolmente le prestazioni del sistema riducendo l'onere computazionale dell'elaborazione dei dati. A seconda del tipo di applicazione richiesta, è possibile utilizzare metodi capaci di selezionare i canali spettrali più informativi [6], sfruttare l'informazione spaziale del dato iperspettrale [7] o identificare il *set* di *feature* che minimizza la distanza statistica tra le distribuzioni di immagini iperspettrali acquisite su diverse aree geografiche utilizzando metodi di *domain adaptation* [8]. Infine, l'architettura sviluppata prevede metodologie per l'integrazione delle immagini iperspettrali con altre tipologie di dati telerilevati che forniscono informazioni complementari al dato ottico (ad esempio dati LiDAR), consentendo di effettuare analisi accurate e oggettive che possono essere utilizzate per lo sviluppo di numerose applicazioni [9]. L'articolata architettura di sistema proposta, può essere utilizzata in diversi domini applicativi (un esempio di applicazione in ambito forestale è stata presentata al *workshop*) ed è promettente per l'elaborazione dei dati iperspettrali che verranno acquisiti da PRISMA.

Bibliografia

1. Camps-Valls, G., Tuia, D., Bruzzone, L., & Benediktsson, J. A. (2013). "Advances in hyperspectral image classification: Earth monitoring with statistical learning methods." *IEEE Signal Processing Magazine*, 31(1), 45-54.
2. Dalponte, M., Bruzzone, L., Vescovo, L., & Gianelle, D. (2009). "The role of spectral resolution and classifier complexity in the analysis of hyperspectral images of forest areas." *Remote Sensing of Environment* 113.11, 2345-2355
3. Camps-Valls, G., Bruzzone, L., Rojo-Álvarez, J. L., & Melgani, F. (2006). "Robust support vector regression for biophysical variable estimation from remotely sensed images." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(3), 339-343.
4. Demir, B., Bruzzone, L. (2014). "A multiple criteria active learning method for support vector regression." *Pattern recognition* 47.7, 2558-2567
5. Izquierdo-Verdiguier, E., Gomez-Chova, L., Bruzzone, L., & Camps-Valls, G. (2014). "Semisupervised kernel feature extraction for remote sensing image analysis." *IEEE transactions on geoscience and remote sensing* 52.9, 5567-5578.
6. Yang, C., Liu, S., Bruzzone, L., Guan, R., & Du, P. (2013). "A feature-metric-based affinity propagation technique for feature selection in hyperspectral image classification." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 10.5, 1152-1156.
7. Pedernana, M., Marpu, P. R., Dalla Mura, M., Benediktsson, J. A., & Bruzzone, L. (2013). "A novel technique for optimal feature selection in attribute profiles based on genetic algorithms." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 51.6 3514-3528.
8. Persello C., Bruzzone L. (2016). "Kernel-based domain-invariant feature selection in hyperspectral images for transfer learning." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 54.5, 2615-2626.
9. Dalponte, M., Bruzzone, L., & Gianelle, D. (2008). "Fusion of hyperspectral and LIDAR remote sensing data for classification of complex forest areas." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(5), 1416-1427.

ANALISI DI IMMAGINI IPERSPETTRALI SATELLITARI MULTITEMPORALI

Francesca Bovolo¹, Lorenzo Bruzzone²

1. Fondazione Bruno Kessler, Via Sommarive 18, 38123 Trento, 0461 314503, bovolo@fbk.eu
2. Università degli Studi di Trento, Via Sommarive 5, 38123 Trento, 0461 282056, lorenzo.bruzzone@unitn.it

Una delle caratteristiche principali di una missione satellitare quale PRISMA risiede nella capacità di acquisire immagini sulle stesse aree geografiche ripetutamente nel tempo generando sequenze di dati multitemporali. Tali dati sono estremamente importanti per una vasta gamma di applicazioni legate monitoraggio del territorio che richiedono di identificare cambiamenti localizzati in particolari porzioni dello spettro elettromagnetico. L'analisi automatica di immagini iperspettrali multitemporali presenta enormi potenzialità, ma anche criticità. Tale problema è connesso a molte applicazioni estremamente rilevanti, ma è anche complesso data l'intrinseca variabilità temporale della firma spettrale misurata da sensori iperspettrali. L'unità di Remote Sensing for Digital Earth (RSDE) della Fondazione Bruno Kessler (FBK) ha una vasta competenza in questo ambito e ha sviluppato nel tempo un'architettura generale per l'elaborazione di serie di immagini multitemporali (Fig. 1) che si articola in 2 passi: i) la pre-elaborazione; e ii) l'estrazione dell'informazione multitemporale [1].

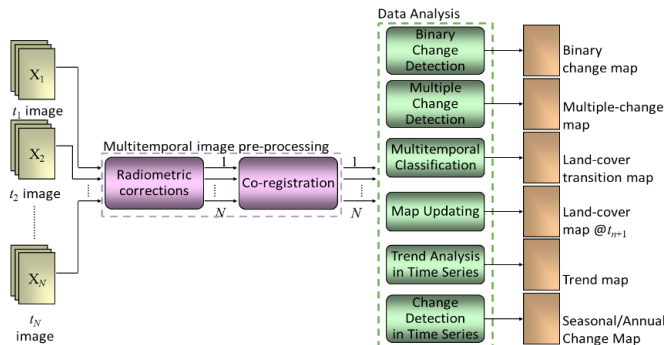


Fig. 1 Analisi di dati multitemporali: schema a blocchi e prodotti

Il primo passo mitiga le differenze radiometriche e geometriche dei dati. Entrambi gli aspetti sono rilevanti e se non gestiti opportunamente riducono l'accuratezza della fase di estrazione dell'informazione. Il secondo passo dipende dalle necessità applicative, molti sono gli approcci possibili e i prodotti generabili. Tra gli altri, citiamo: i) mappe di cambiamento binarie; ii) mappe di cambiamenti multipli; iii) mappe di transizione della copertura del suolo; iv) mappe di classificazione aggiornate ad una certa data; v) mappe degli andamenti temporali; vi) mappe di cambiamento stagionale o annuale (Fig. 1). Ciascun prodotto richiede la definizione di metodi specifici che possono essere non supervisionati oppure (semi-)supervisionati secondo i vincoli applicativi. RSDE ha sviluppato numerose tecniche per la pre-elaborazione dei dati e per l'estrazione dell'informazione multitemporale. sia per dati acquisiti da sensori attivi che passivi, con bassa, media e alta risoluzione spaziale, e per dati multi- e iper-spetttrali. A titolo di esempio delle numerose attività sviluppate, nel seguito, l'attenzione è focalizzata su: i) co-registrazione di coppie di immagini multitemporali; e ii) sulla rivelazione dei cambiamenti non supervisionata. Si illustrano 2 esempi di tecniche automatiche per l'identificazione dei cambiamenti in immagini iperspettrali: uno basato su un approccio gerarchico e l'altro

sul concetto di pixel unmixing. Entrambi gli approcci sono particolarmente promettenti per essere applicati ai dati PRISMA.

Nell'ambito dell'analisi di dati multitemporali, il mancato allineamento delle immagini implica il confronto tra pixel che non corrispondono alla stessa area geografica a terra. Anche in assenza di cambiamenti reali, in particolar modo lungo i bordi degli oggetti, questi campioni si comportano come se fossero cambiati generando falsi allarmi e degradando le prestazioni delle tecniche di estrazione dell'informazione. In letteratura [2], è stato dimostrato che il rumore di registrazione può essere modellato statisticamente in funzione del proprio comportamento a diverse risoluzioni spaziali: il rumore e i suoi effetti tendono a sparire al diminuire della risoluzione. Un'analisi differenziale multirisoluzione consente quindi di identificare i pixel disallineati [2] e di stimare l'intensità e la direzione del disallineamento [3]. Quest'informazione è impiegata in [3] per definire un approccio alla co-registrazione di immagini multitemporali con elevate prestazioni. Il metodo garantisce che pixel dello stesso oggetto siano gestiti in modo omogeneo e che le prestazioni siano elevate anche localmente in ogni parte dell'immagine.

Le immagini iperspettrali multitemporali mostrano elevata sensibilità alle variazioni spettrali. L'identificazione automatica dei cambiamenti deve quindi gestire esplicitamente: a) l'elevata dimensione dei dati; b) la presenza di canali rumorosi e ridondanti, c) l'aumento dell'onere computazionale, d) l'elevato numero di cambiamenti e la loro complessità, e) la presenza di cambiamenti a livello sub-pixel. In questo contesto, il concetto stesso di cambiamento deve essere ridefinito. Presso RSDE sono stati sviluppati approcci specifici per la rivelazione dei cambiamenti in immagini iperspettrali. Nel seguito si illustrano a titolo esemplificativo due metodi automatici e non supervisionati.

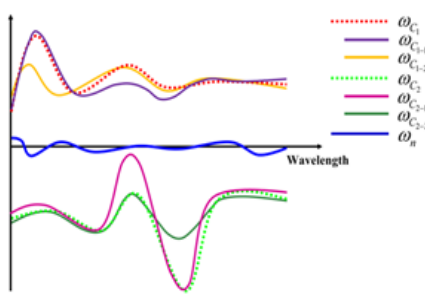


Fig. 2 Intensità di cambiamento

Il primo è un approccio gerarchico che si basa sullo studio del vettore differenza iperspettrale ottenuto sottraendo due immagini acquisite sulla stessa area geografica in istanti differenti [4]. Come illustrato in Fig. 2 il vettore differenza contiene informazioni su macro-cambiamenti (righe tratteggiate rossa e verde). Per ciascun macro-cambiamento possono essere identificati dei micro-cambiamenti con andamenti tra loro simili, ma distinti in alcune porzioni dello spettro (linee continue). Basandosi su questa osservazione, l'approccio sviluppato separa i macro-cambiamenti dai non cambiamenti. Procedo poi con una sequenza gerarchica di proiezioni che ad ogni passo massimizzano la separazione dei micro-cambiamenti in un certo cluster.

Ogni micro-cambiamento identificato viene ulteriormente riproiettato finché si soddisfa un criterio di stop.

Il secondo approccio si basa su unmixing [5] e ha come obiettivo quello di identificare i diversi contributi che concorrono a definire la firma multitemporale di un pixel misto e la loro percentuale di abbondanza. L'approccio caratterizza ciascun pixel con una firma iperspettrale multitemporale concatenando una di seguito all'altra le immagini multitemporali. La procedura di unmixing identifica gli end-member multitemporali. Essi sono associati a diverse classi di non cambiamento (le coperture al suolo che presentano firme stabili in entrambe le acquisizioni) e di cambiamento (le transizioni di classe che presentano firme differenti nelle due acquisizioni). Ciascuna classe multitemporale è caratterizzata da un valore di abbondanza. Le abbondanze delle classi di non cambiamento vengono sommate e costituiscono l'abbondanza di un'unica classe di non cambiamento. Le altre rappresentano l'abbondanza delle classi di cambiamento in ogni pixel.

In conclusione, esistono molti metodi per l'elaborazione di dati telerilevati multitemporali [1] sviluppati presso RSDE, e recentemente sono state definite tecniche specifiche per l'elaborazione di dati iperspettrali [4], [5]. Esse costituiscono una base molto promettente per lo sviluppo di tecniche innovative, accurate ed efficienti per l'analisi multitemporale delle immagini acquisite da PRISMA.

Bibliografia

1. F. Bovolo et al., (2015), pag. 8, IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine.

2. F. Bovolo et al., (2009), pag. 2658, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
3. Y. Han et al., (2017), IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing.
4. S. Liu et al., (2015), pp. 4363, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
5. S. Liu et al., (2016), pp. 2733, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.

EFFECTIVE METHODS FOR DETECTING INTERESTING PATTERNS IN HYPERSPPECTRAL DATA

Marco Diani¹

1. Accademia Navale, Viale Italia, 72, 57127 Livorno LI, m.diani@iet.unipi.it

Abstract

In this work, we focus on the problem of finding areas containing spectral patterns of potential interest. Such areas may deserve attention because of their *strange* or *anomalous* spectral behaviour or because they potentially contain materials/objects whose spectrum is known *a-priori*. Object detection also applies to the case of multitemporal images to detect areas of anomalous changes or the displacements of specific materials/objects.

Object and material detection

Object detection (OD) is a discipline rooted in statistical detection theory. OD is approached as a binary hypothesis testing problem where, in the null hypothesis (H_0), the pixel under test (PUT) contains uninteresting materials, commonly called *background*, while in the alternative hypothesis (H_1), the PUT contains a material of interest. Detection strategies are derived by properly modelling the complex nature of the observed signal. As is shown in eq. (1) the observed vector \mathbf{X} is written as the composition of different contributions from the background classes (\mathbf{b}_n) and/or of the signatures of the materials of interest (\mathbf{s}_k) weighted with their *abundances*.

$$\mathbf{X} = \mathbf{S}\mathbf{a}_t + \mathbf{B}\mathbf{a}_b + \mathbf{w} = \underbrace{\sum_{k=1}^{n_T} a_{t_k} \mathbf{s}_k}_{\text{Target materials signatures}} + \underbrace{\sum_{n=1}^{n_B} a_{b_n} \mathbf{b}_n}_{\text{Background signatures}} + \underbrace{\mathbf{w}}_{\text{Noise and lack of fit}} \quad (1)$$

The test statistic, usually derived following the Neyman-Pearson criterion, is a gray scale image where intensity measures the degree of interest of the pixels (black=background, white=object/material of interest). The detection strategy also involves thresholding to produce a binary image that highlights the potential positions of objects of interest. Advanced approaches are used to detect *difficult objects*, i.e. objects that occupy only a few pixels in the image and have a low spectral contrast. In OD, a Bayesian approach based on the minimization of the average error probability does not fit. Instead, the Neyman-Pearson criterion is invoked in the attempt of maximizing P_D for a fixed P_{FA} . In this framework, the CFAR property is highly desirable [1]. It is worth noting that in an OD problem large training sets are not available. Usually, only one reference spectrum is given for the target material, while background is not known *a-priori* and must be learned from the data themselves [2]. The success of object detection strategies depends on a dedicated preprocessing chain that has to improve the quality of raw data limiting the effects of spatial/temporal noise sources and reducing dimensionality without losing the dim, small patterns one is looking for [1], [3].

OD can be performed in unsupervised or supervised fashion. In unsupervised processing of a single image, the pixels of interest are those whose spectrum differs from that of the background (*Anomaly Detection, AD*). Instead, in supervised analysis we use some reference reflectance spectra to search for specific objects/materials (*Spectral Signature Based OD, SSB-OD*). In this latter case, advanced methods are used to make the reflectance spectrum comparable with the radiance spectra actually measured by the sensor. Such methods combine subspace processing and radiative transfer codes to avoid the inversion of the atmospheric model and speed up the detection process [4]. In the multitemporal framework, unsupervised analysis aims at detecting small changes occurred in the monitored scene (*Anomalous Change Detection, ACD*). Image coregistration and automatic atmospheric equalization are mandatory steps in ACD. State-of-art ACD strategies not only reveal the changes but can also distinguish between changes due to objects that entered the image or left it [5].

Supervised methods can be effectively coupled with multitemporal analysis to perform object or material rediscovery (*SSB-OR*). The radiance spectrum of the material of interest, taken in the reference image, is searched in the test image. Of course, automatic atmospheric equalization is needed to compensate the changes occurred between the two images.

More complex multitemporal approaches can be arranged to refine the search and reduce false alarms in difficult scenarios. For example, in Fig. 1, ACD is used to find locations where an object entered the scene, while SSB-OR is used to find, in the same image, objects whose spectrum resembles the one of the material(s) of interest. The final map highlights the position where the object of interest has moved in the image [6].



Fig. 1 (a) ACD map, (b) SSB-OR map, (c) combining (“and” operator) ACD and SSB-OR maps one finds the position where the searched object has moved in the test image.

Conclusions

Hyperspectral sensors sample the spatial/spectral domain with an ever-increasing density and produce huge data sets. Extracting the proper information from such complex data is often a daunting task and demands for advanced statistical methods for multivariate high-dimensional data analysis. We have illustrated the general framework of OD that can be applied/customized to different applications such as detection and tracking of pollutants, detection of areas of vegetation stress, geology, wide area surveillance and so on.

Bibliografia

1. N. Acito, M. Diani, G. Corsini, *On the CFAR Property of the RX Algorithm in the Presence of Signal-Dependent Noise in Hyperspectral Images*, IEEE Trans. GRS, Vol. 51, N. 6, pag. 3475-3491, 2013.
2. S. Matteoli, M. Diani, J. Theiler, *An Overview of Background Modeling for Detection of Targets and Anomalies in Hyperspectral Remotely Sensed Imagery*, JSTARS, Vol. 7, N. 6, pag. 2317-2336, 2014.
3. N. Acito, M. Diani, G. Corsini, *Hyperspectral Signal Subspace Identification in the Presence of Rare Signal Components*, IEEE Trans. GRS, Vol. 48, N. 4, pag. 1940-1954, 2010.
4. N. Acito, M. Diani, G. Corsini, *Illumination and atmospheric conditions invariant transform for object detection in hyperspectral images*, Proceedings IGARSS-2015, pag. 3731 – 3734.

5. N. Acito, M. Diani, G. Corsini, S. Resta, *Introductory view of anomalous change detection in hyperspectral images within a theoretical Gaussian framework*, to appear on IEEE A&E System Magazine, 2017
6. A. Rossi, N. Acito, M. Diani, G. Corsini, *Combining spectral matching and anomalous change detection for target rediscovery in hyperspectral images*, Proc. SPIE, Vol. 9250, 2014.

SENSORI IPERSPETTRALI MULTI RISOLUZIONE: DA PANSHARPENING A HYPERSHARPENING

Massimo SELVA¹, Bruno AIAZZI², Leonardo SANTURRI³, Stefano BARONTI⁴

1. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR), Via Madonna del Prato 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), 055-5226416, m.selva@ifac.cnr.it
2. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)
3. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)
4. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)

Abstract

La configurazione dei satelliti ottici per telerilevamento costituita da un sensore multispettrale a bassa risoluzione spaziale e una camera pancromatica ad alta risoluzione spaziale è un consolidato schema realizzativo. Le metodologie pansharpening sono il corrispondente algoritmico basato su questo schema costruttivo. Tali metodologie, infatti, sintetizzano il dato multispettrale alla risoluzione spaziale del pancromatico elaborando il pancromatico stesso e il multispettrale acquisiti. Il continuo progresso tecnologico sta però modificando la configurazione multispettrale – pancromatico passando ad un'altra caratterizzata dalla presenza di più sensori multispettrali-iperspettrali aventi distinti range spettrali e differenti risoluzioni spaziali. In questo panorama in continuo mutamento le metodologie pansharpening si stanno dunque evolvendo in metodologie hypersharpening. La loro specificità consiste nel ricavare il dettaglio spaziale elaborando l'immagine multispettrale/iperspettrale ad alta risoluzione spaziale. In questo studio, vengono introdotti due approcci hypersharpening distinti. La sperimentazione è condotta su un dataset acquisito dal sensore SIM-GA sviluppato da Leonardo SpA. Le immagini fuse ottenute vengono comparate per valutarne la qualità. Particolare attenzione è riservata alla misurazione della distorsione spettrale delle immagini ottenute.

Introduzione

L'approccio hypersharpening richiede due sequenze multi/iperspettrali co-registrate, la prima a bassa risoluzione spaziale indicata con hs , la seconda ad alta risoluzione spaziale indicata con HS . Eq.1 riporta la formula che permette di ricavare ciascuna banda fusa ad alta risoluzione spaziale:

$$\hat{hs}_k = hs_{k_{exp}} + g_k \left(X_k - \tilde{X}_{k_{exp}} \right) \quad k = 1 \dots N \quad \text{Eq.1}$$

In Eq.1, \hat{hs}_k è la banda fusa, $hs_{k_{exp}}$ è la banda originale espansa alla scala spaziale di HS mentre g_k è il termine di guadagno. La banda X_k è la sorgente delle alte frequenze spaziali ed è pertanto ricavata elaborando HS . Osservando Eq. 1, si evince che il dettaglio da iniettare è ottenuto sottraendo dalla X_k la banda $\tilde{X}_{k_{exp}}$, ovvero la banda ottenuta riducendo X_k alla scala spaziale di hs ed espandendola successivamente alla scala di HS . Le due varianti hypersharpening si differenziano nel modo in cui ciascuna banda X_k è ricavata.

La variante denominata "Selected band" sceglie come banda X_k una specifica banda di HS , ovvero la banda di HS che, alla risoluzione di hs , risulta la più correlata proprio con hs_k . La seconda variante denominata

"Synthesized band" sintetizza la banda X_k attraverso una combinazione lineare delle bande di HS . I pesi sono ottenuti attraverso una minimizzazione MMSE, alla risoluzione di h_s , tra ciascuna banda h_{s_k} e la combinazione lineare delle bande degradate di HS . Per approfondire quanto qui sinteticamente esposto, si veda [1].

Sperimentazione

Le sperimentazioni sono state condotte su un data set acquisito dal sensore SIM-GA sviluppato da Leonardo SpA. Le sue principali caratteristiche sono riportate in Tabella 1.

	PAN	VNIR	SWIR
Range spettrale	400-1000 nm	400 - 1000 nm	1000 - 2500 nm
Campionamento Spettrale	Mono	1.2 nm	5.8 nm
# Bande Spettrali	1	512	256
# Pixel per riga	4096	1024	320
GSD @ 1000 m	0.17 m	0.5 m	1.5 m

Tabella 1
caratteristiche

Principali
dello strumento

SIM-GA.

Le metodologie hypersharpening sono state applicate per ottenere un'immagine SWIR alla risoluzione spaziale di 0.5 m, utilizzando l'immagine VNIR come HS .

In aggiunta, al fine di valutare quantitativamente il dato fuso, è stato necessario compiere una fusione tra la immagine SWIR degradata alla risoluzione di 4.5 m e quella VNIR degradata alla risoluzione 1.5 m. In tal modo, infatti, è stato possibile utilizzare l'immagine originale SWIR a 1.5 m come riferimento. Per maggiori dettagli a riguardo si veda [1].

Le prime tre immagini di Figura 1 riportano le mappe di SAM (Spectral Angle Mapper) calcolate tra l'immagine di riferimento e rispettivamente l'immagine espansa, quella fusa applicando la variante "Selected band" e quella ottenuta applicando la variante "Synthesized band". È evidente come entrambe le immagini fuse riducano la distorsione spettrale di partenza. Le migliori prestazioni assolute sono ottenute dalla variante "Synthesized band". Osservando le ultime tre immagini di Figura 1 che riportano un dettaglio del dato fuso a piena scala, si constata ancora una volta l'efficacia di entrambe le varianti hypersharpening. Il maggiore dettaglio inserito dalla variante "Synthesized band", la rende quella con le performance migliori.

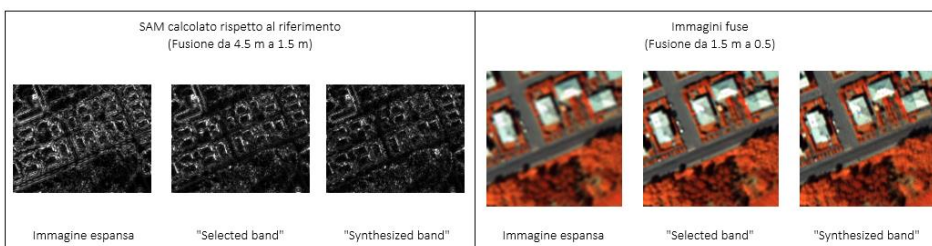


Fig. 1 Risultati ottenuti.

Conclusioni

Il presente contributo ha dimostrato l'efficacia dell'approccio hypersharpening per fondere dati acquisiti da sensori iperspettrali con risoluzioni spaziali diverse, operanti nel range spettrale VNIR-SWIR. Si ritiene di interesse scientifico indagare in futuri lavori l'efficacia dell'hypersharpening per fondere immagini acquisite nel range spettrale ottico – termico.

Bibliografia

1. Selva, M.; Aiazzi, B.; Butera, F.; Chiarantini, L.; Baronti, S. “Hyper-sharpening: A first approach on SIM-GA data” IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2015, 8, 3008–3024.

Lo studio è stato svolto nell'ambito progetto OPTIMA finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), contratto n. CNR-IFAC/SOASAR/111213. Si desidera inoltre ringraziare Leonardo SpA e in particolare il Dottor L. Chiarantini e l'Ing. F. Butera per il supporto costantemente fornito.

POTENZIALITÀ DEL SENSORE PRISMA PER LA STIMA DELLE PROPRIETÀ SUPERFICIALI DEI SUOLI E LA MAPPATURA DI CONTAMINANTI

S. Pascucci¹, A. Palombo¹, F. Santini¹, R. Casa², F. Castaldi², S. Pignatti¹

1. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale (CNR-IMAA), Via Fosso del Cavaliere 100, 00133 Roma, Italia, +390649934685, simone.pascucci@imaa.cnr.it
2. DAFNE, Università della Tuscia, Via San Camillo de Lellis, 01100 Viterbo, Italia, +390761357555; rcasa@unitus.it

Abstract

Nell'ambito del progetto SAP4PRISMA (Sviluppo di Algoritmi e Prodotti per applicazioni in agricoltura ed il monitoraggio del territorio a supporto della missione PRISMA) finanziato da ASI è stato condotto uno studio in merito alle potenzialità del telerilevamento iperspettrale per la stima della tessitura dei suoli agricoli e l'identificazione di inquinanti otticamente attivi. I risultati ottenuti utilizzando sia dati iperspettrali acquisiti a terra supportati dalle analisi di campioni raccolti in situ, sia dati iperspettrali da satellite (Hyperion), hanno permesso di individuare le potenzialità del sensore PRISMA nell'ambito del monitoraggio dei suoli e di alcuni contaminanti. La risoluzione spaziale di PRISMA è confrontabile con il dato satellitare già utilizzato per fornire informazioni spettrali sulla tessitura e sugli inquinanti otticamente attivi considerati, ma possiede in più un'ottima posizione di banda centrata intorno alle bande caratteristiche dei diversi inquinanti considerati. I parametri derivati trovano applicazione per una gestione sostenibile dei suoli agricoli e un valido supporto alle autorità preposte al monitoraggio e ripristino di siti contaminati.

Stima delle proprietà superficiali dei suoli

La tessitura rappresenta una caratteristica fisica del terreno molto importante dal punto di vista agronomico, in grado di influenzare diverse proprietà del terreno ed i processi che in esso si svolgono, regolando in maniera determinante la capacità di ritenzione idrica del suolo, la formazione di aggregati strutturali e della porosità del suolo. In SAP4PRISMA sono state analizzate tecniche multivariate (PLSR) per la stima della tessitura dei suoli agricoli lavorati e i risultati hanno evidenziato che queste tecniche consentono una stima più accurata rispetto alle tecniche di retrieving della tessitura dei suoli basate sull'uso degli indici spettrali. In particolare, sono state confrontate le performance (RPD, RPIQ) delle tecniche multivariate rispetto agli indici spettrali selezionati in funzione della umidità dei suoli (Castaldi et al., 2015). Le tecniche PLSR applicate hanno dimostrato la loro efficacia a scala locale (scala di campo), ma presentano delle debolezze se applicate a territori estesi (scala regionale). Sono stati altresì effettuati test con dati di laboratorio e dati PRISMA-simulati per stimare il miglioramento del retrieving del contenuto di argilla nei suoli in funzione della umidità dei suoli. Due esempi di stima della tessitura del suolo ottenuta applicando tecniche di regressione PLSR (Fig. 1-1) e tenendo conto dell'umidità (Fig. 1-2) ad un'immagine Hyperion su un campo sperimentale a Maccaresse sono presentati in Figura 1.

Mappe di inquinanti otticamente attivi

I prodotti calibrati e validati realizzati all'interno del progetto SAP4PRISMA per il rilevamento e la stima degli inquinanti otticamente attivi sono tre.

1. Identificazione e mappatura di rocce contenenti amianto presenti, in affioramento, sul territorio (e.g., serpentiniti Parco del Pollino in Fig. 1(3)) e dei relativi accumuli secondari (depositi alluvionali), attraverso lo sviluppo di procedure non supervisionate basate sull'utilizzo delle features spettrali caratteristiche dei depositi asbestiformi. Sulla base dell'esperienza maturata (Bassani et al., 2007) sono stati testati e ottimizzati algoritmi di tipo spettrale quali il "Continuum Removed Band Depth" e lo "Spectral Feature Fitting" per le caratteristiche del sensore PRISMA.

2. Identificazione e mappatura di ossidi di ferro (indicatori di metalli pesanti) presenti in quantità rilevante sui suoli a causa delle polveri rosse che derivano dai processi industriali per l'estrazione dell'alluminio. Sulla base dell'esperienza maturata (Pascucci et al., 2012) è stato messo a punto un indice di tipo spettrale (denominato RDI_{PRISMA}) ottimizzato per le caratteristiche spettrali del sensore PRISMA in grado di fornire in modo automatico, a partire dal dato in riflettanza, una mappa accurata della distribuzione delle polveri rosse. In Fig. 1-4 è mostrata una mappa delle polveri rosse derivata applicando il RDI a dati Hyperion (Ungheria 2010).

3. Identificazione e mappatura, dal dato in riflettanza, degli sversamenti di petrolio a mare. Sulla base dell'esperienza maturata (Leifer et al., 2012) è stata messa a punto una routine di classificazione di tipo spettrale adatta alle caratteristiche del sensore PRISMA in grado di fornire in modo automatico una mappa di olio sversato a mare (Fig. 1(5)). Quantificare e validare la quantità di olio presente in superficie è però ancora oggetto di studio in quanto l'attuale qualità del dato (SNR e risoluzione spaziale) non rende possibile la stima dell'entità dello sversamento.

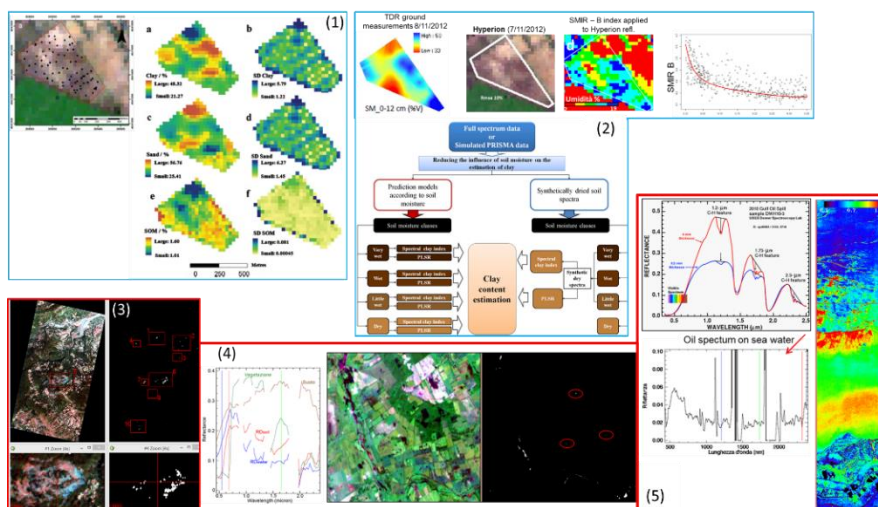


Fig. 1 Prodotti messi a punto nel progetto SAP4PRISMA. Mappe di: (1) tessitura superficiale e (2) contenuto superficiale di argilla considerando il contributo dell'umidità di suoli agricoli (Maccarese, Roma), (3) affioramenti naturali di amianto (serpentiniti in Basilicata), (4) residui lavorazione alluminio (Ungheria, 2010), (5) sversamento di petrolio su acqua (Golfo del Messico, 2010).

Bibliografia

1. Castaldi, F., et al., (2015), pag. 15561-15582, Remote Sensing.
2. Choe, E., et al., (2008), pag. 3222-3233, Remote Sensing of Environment.
3. Bassani, C., et al., (2007), pag. 361-378, Remote Sensing of Environment.
4. Pascucci et al., (2012), pag. 139-154, Remote Sensing of Environment.
5. Leifer et al., (2012), pag. 185-209, Remote Sensing of Environment.

HYPERSPECTRAL INFORMATION FOR VEGETATION MONITORING

Gaia Vaglio Laurin¹, Dario Papale¹, Claudio Belli²

1. Tuscia University (DIBAF), v. S. Camillo de Lellis, Viterbo. gaia.vl@unitus.it, darpap@unitus.it
2. Terrasystem s.r.l., via Pacinotti 5, Viterbo. c.belli@terrasystem.it

Abstract

Two case studies are presented, that illustrate the potential of hyperspectral and satellite data (from red-edge bands) to derive information useful for innovative vegetation monitoring. Results indicate that fine radiometric resolution data can successfully be used to monitor biodiversity and functional forest guilds, to improve biomass estimation, and to derive important information in agriculture and crop productivity monitoring.

Tropical forests case study

Hyperspectral and lidar data were collected in some West African forests, to investigate biodiversity, carbon density, productivity and other vegetation information. These forests have high value and are poorly investigated; they represent a biodiversity hotspot, a buffer between Sahel and the ocean which is fundamental in desertification avoidance, and experienced a dramatic decrease of the original extent, with high fragmentation due to logging, mining, human use, hunting. Overall the region has the highest human population growth in the world, and is affected by climate change, with increased and prolonged droughts. In these forests we collected a large number of field information in plots: >700 in Sierra Leone, >90 in Ghana forests. Data including tree height, tree species, guilds (NPLD, SB, PION), biomass.

Methods: In March 2012 the field plots were surveyed, using a Pilatus PC-6 Porter aircraft equipped with lidar and Aisa Eagle 244 bands hyperspectral sensors (400-974 nm) and a digital camera for aerial photographs. Bands reduced to 186 for noise removal, with 2.3 nm spectral resolution; the final spatial resolution was 1 m, after radiometric correction and orthorectification (with lidar DEM). The atmospheric correction was done using FLAASH algorithm in ENVI; Minimum Noise Fraction (MNF) transformation was applied to further reduce noise: for each image strip, 9–15 MNF components were selected by visual screening to compute the inverse MNF to transform back bands in the original data space. Eight vegetation indices (VIs) were calculated from the inverted MNF bands, representing information of vegetation greenness, light use efficiency and leaf pigments and selected for being relatively insensitive to shadow. The hyperspectral dataset was also degraded to simulate Sentinel 2 data. The remote sensing and ground data were used to:

- (1) predict the Shannon biodiversity index in Ghana
- (2) improve lidar-based above ground biomass estimation in Sierra Leone
- (3) identify forest functional guilds and dominant species in Ghana

Results (1): Shannon-Wiener index was predicted using Random Forests (pseudo-R²= 84.9% and OOB RMSE = 0.30). Hyperspectral bands were more effective than derivatives, that were supposed to suppress noise.

Most important statistical metric was standard deviation, indicating that within-plot spectral variation is most informative in explaining diversity. Most important inputs were standard deviations from the green region (pigments and chlorophyll)

Results (2): For AGB estimation, using Partial Least Square Regression, with lidar metrics alone we obtained a $R^2 = 0.64$ and a RMSE of 67.8 Mg ha⁻¹. With hyperspectral bands alone the R^2 was equal to 0.36. The addition of HS bands to lidar metrics increased the R^2 to 0.70, with RMSE of 61.7 Mg ha⁻¹. The most useful hyperspectral bands were in the green and in red-edge, and in NIR close to the spectra end.

Results (3): With both hyperspectral and simulated Sentinel 2 bands it was possible to map forest types (wet, moist), most common dominant species and functional guilds (Pioneer, Non Pioneer Light Demanding, and Shade Bearer) with > 85% overall accuracy. Results stress the importance of texture features, especially if using lower spectral and spatial resolution data. We proposed functional guilds mapping as an innovative approach to: monitor compositional changes (effects of global climate change) particularly in the tropics where mapping at species level is not feasible; support large-scale forest inventories (by strata).

Agriculture case study

Very high resolution spectral data (from airborne survey, Sentinel 2 and Rapideye) were tested for: (1) Tomato crop monitoring (crop identification, early forecasts of production, damage assessment) in central and southern Italy;
(2) Kiwi phytopathologies detection and risk analysis.

Results (1): the results indicate that high spectral resolution (from hyperspectral or red-edge bands) is often more important than high spatial resolution. Fundamental is the availability of repeated acquisitions. Different data/results are obtained according to local environmental heterogeneity: there is the need for area-based features calculation (VIs, textures etc.). The overall accuracy of mapping activity was > 85%

Results (2): Preliminary tests indicate that hyperspectral data can support early detection of crops pathologies before disease is visually evident on leaves and trunks; In fact the pathogens not only affect leaves and trunks, but alter photosynthetic performance, secondary metabolism, leaf transpiration etc., modifying the spectral response at crop and cultivation area levels. Thermal information is also very important. Additional work is needed to test the scalability of the pathogen-RS data relationship at different levels - leaves, plant, crop, cultivation area - using data from field hyperspectral measures to data from satellite platforms

Bibliografia

Vaglio Laurin G., Puletti N., Hawthorne W., Liesenberg V., Corona P., Papale D., Chen Q., Valentini R., 2016. Discrimination of tropical forest types, dominant species, and mapping of functional guilds by hyperspectral and simulated multispectral Sentinel-2 data. *Remote Sensing of Environment* 176 (2016) 163–176.

Vaglio Laurin G., Chen Q., Lindsell J., Coomes D., Del Frate F., Guerriero L., Pirotti F., Valentini R., 2014. Above ground biomass estimation in an African tropical forest with lidar and hyperspectral data. *Intl. Journal of Photogram. and Remote Sensing* 89 (2014) 49-58.

Vaglio Laurin G., Chan J., Chen Q., Lindsell J., Coomes D., Guerriero L., Del Frate F., Miglietta F., Valentini R., 2014. Biodiversity mapping in a tropical West African forest with airborne hyperspectral data. *Plos One* DOI: 10.1371/journal.pone.0097910.

Vaglio Laurin G., Belli C., Papale D. Early detection and mapping of industrial tomato with satellite -RapidEye, Sentinel 2- and aerial remote sensing in Central and Southern Italy. Precision Agriculture (in review).

STUDI E MISSIONI IPERSPETTRALI NEL VIS-SWIR: CONTRIBUTO DELLA MISSIONE PRISMA ALLO STUDIO DI FENOMENI GEOFISICI

Maria Fabrizia Buongiorno¹, Stefania Amici¹, Laura Colini¹, Fawzi Doumaz¹, Valerio Lombardo¹, Massimo Musacchio¹, Malvina Silvestri¹, Claudia Spinetti¹, Francesca Despini², Sergio Teggi²

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia , Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, tel. 0651860439, fabrizia.buongiorno@ingv.it
2. Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari – Università di Modena e Reggio Emilia, via Pietro Vivarelli, 104,1125 - Modena, 39 059 2056131, sergio.teggi@unimore.it

Abstract

Lo studio di spettrometri ad immagine per l'osservazione della Terra per missioni spaziali inizia alla fine degli anni 80 per concretizzarsi con la missione della NASA EO-1 HYPERION nel 2001. Negli ultimi 15 anni sono state studiate molte missioni satellitari e sono stati realizzati molti sensori aerei operanti nel VIS-SWIR (0,4-2,5 micron). ASI dalla fine degli anni 90' ha investito in modo continuo in questo settore con l'obiettivo di realizzare una missione spaziale per l'Osservazione della Terra. Il progetto ASI-AGI finanziato da ASI, coordinato dall'INGV ha contribuito sia alla definizione dei requisiti del sensore iperspettrale a bordo della missione ASI-PRISMA che allo sviluppo di procedure per la correzione degli effetti atmosferici, topografici e di "data fusion". Sono stati analizzati prodotti utili allo studio e monitoraggio dei fenomeni geofisici con particolare attenzione all'osservazione dell'attività vulcanica. In tale ambito i dati iperspettrali possono fornire informazioni durante le diverse fasi vulcaniche: pre-eruttiva, rilevamento e stima dei gas emessi da plumes di degassamento; eruttiva, analisi delle proprietà termiche delle lave; post eruttiva impatto delle eruzioni su vegetazione, aree urbane e infrastrutture. Il Progetto ASI-AGI ha anche analizzato l'utilizzo dei dati iperspettrali per lo studio degli incendi, per le applicazioni geologiche per quanto concerne il riconoscimento delle diverse litologie e specie mineralogiche.

Missioni spaziali iperspettrali

Negli ultimi 15-20 anni sono state lanciate alcune missioni iperspettrali per l'osservazione della Terra (Fig 1). L'ASI ha sviluppato la missione nazionale PRISMA il cui lancio è previsto nel 2018.

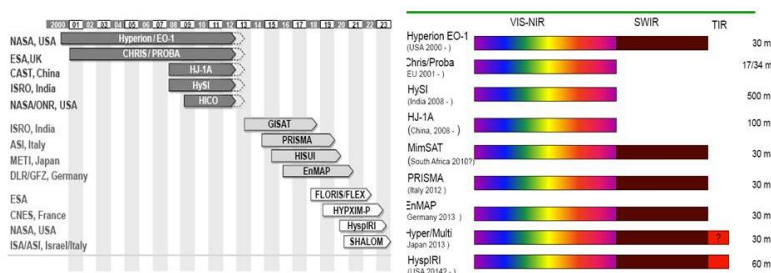


figura 1 missioni spaziali e caratteristiche degli strumenti iperspettrali

Studio ASI-AGI Analisi Sistemi Iperspettrali per le Applicazioni Geofisiche Integrate

Nel periodo 2011-2015 ASI ha finanziato un 5 studi scientifici per l'analisi delle applicazioni della missione PRISMA. L'INGV ha coordinato lo studio ASI-AGI dedicato ai prodotti per lo studio delle applicazioni geologiche e geofisiche e per l'analisi dei fronti d'incendio. Gli obiettivi principali sono stati 2 : Task 1 Sviluppare procedure applicabili ai dati PRISMA, Campagne di misura in siti d'interesse e per le attività di cal/val di PRISMA; Task 2 Supportare ASI per tutti gli aspetti di carattere scientifico attinenti alla progettazione ed allo sviluppo della missione PRISMA, Sviluppare e mantenere contatti internazionale nell'ambito di altre missioni iperspettrali

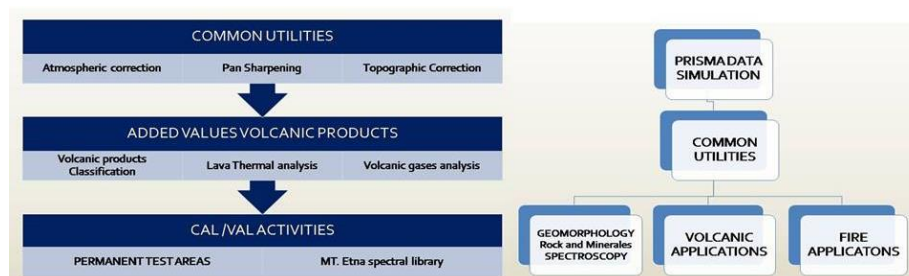


Figura 2 schema di sviluppo del progetto ASI-AGI finalizzato ad integrare diverse procedure per i prodotti di livello 2 di PRISMA

Le attività hanno riguardato la selezione di dati acquisiti da HYPERION della missione NASA- EO1 e dati ottenuti dalla campagna aerea effettuata nel 2012 mediante sensore di tipo SPECIM (0.4-2,5 mm). per la simulazione delle radianze misurate del sensore PRISMA. Sono state sviluppate una serie di "Common Utilities" per le correzioni atmosferiche e topografiche e per la fusione tra dati iperspettrali e pancromatici al fine di sfruttare contemporaneamente le proprietà spettrali del sensore PRISMA e del sensore pancromatico con risoluzione spaziale di 5 m. Inoltre è stata condotta una campagna di caratterizzazione di un sito di calibrazione vicaria nel deserto dell'Algeria nell'area di Beni Abbes. (Fig. 2)

Prodotti di valore aggiunto per le applicazioni geofisiche

Algoritmi specifici sviluppati per i dati iperspettrali hanno permesso di verificare i prodotti della missione PRISMA finalizzati alle applicazioni geofisiche con particolare riferimento all'osservazione dei fenomeni vulcanici d'interesse per la Protezione Civile Italiana ma esportabili anche verso utenti di aree vulcaniche a livello mondiale. Tra i prodotti sviluppati, l'analisi delle proprietà termiche delle colate laviche è un elemento molto importante per determinare il tasso di effusione delle lave attive e stimare il percorso di una colata lavica. Inoltre i dati iperspettrali potranno fornire importanti informazioni sulla composizione mineralogica e la distribuzione dei prodotti vulcanici sul territorio per stimare l'impatto di coperture di lave e ceneri vulcaniche su aree vegetate e urbane (Fig. 3).

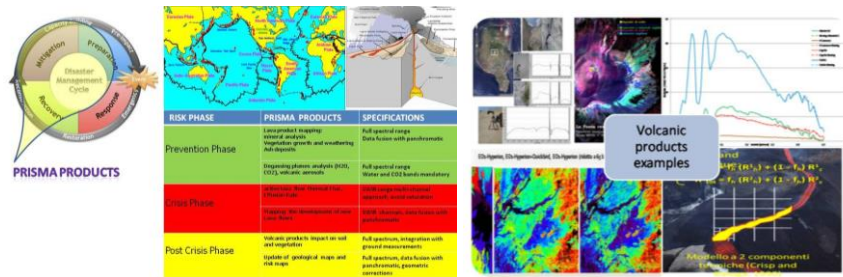


Fig. 3 Applicazioni per la mitigazione dei rischi geofisici e prodotti per l'osservazione dei fenomeni vulcanici

Bibliografia

1. Gao, Y., & Zhang, W. (2009). A simple empirical topographic correction method for ETM+ imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 30(9), 2259–2275. doi:10.1080/01431160802549336
2. K. Amolins, Y. Zhang, P. Dare, “Wavelet based image fusion techniques — An introduction, review and comparison”, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 62 (2007) 249–263
3. Beaulieu, J.-M. and Goldberg, M., 1989. Hierarchy in picture segmentation: a stepwise optimization approach. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11(2), pp. 150–163
4. Lombardo, V., M.F. Buongiorno and S. Amici (2006). Characterization of a volcanic thermal anomalies by means of sub-pixel temperature distribution analysis: a case from the 1996 mount Etna eruption using airborne imaging spectrometer data, *Bull. Volcanol.* 68, 07-08, 641-651;

ESTIMATE OF THE VEGETATION DAMAGE DUE TO NATURAL OR ANTHROPIC DISASTERS

Giovanni Laneve¹, Guido Bernini¹, Lorenzo Fusilli¹

1. Scuola di Ingegneria Aerospaziale, Sapienza Università di Roma, Via Salaria 851, Roma, +39 06 49919778, giovanni.laneve@uniroma1.it

Abstract

The SAP4PRISMA (Development of algorithms and products for supporting the PRISMA mission) project is one of the five research projects funded by ASI (Italian Space Agency) with the objective to develop applications capable of suitably exploiting the data acquired by the satellite hyperspectral sensor PRISMA. The products proposed in the frame work of the SAP4PRISMA project regard: (a) land degradation and vegetation status, (b) products development for agricultural areas, (c) management and monitoring of natural and induced hazards. Regarding the application of PRISMA for the management and monitoring of natural and anthropogenic hazards, we focus on the assessment of the damage severity and mainly on the effects of fire in vegetated areas. Moreover, project goal is to develop an index that, in the presence of an area where the vegetation shows a sharp decline, is able to understand the causes, that may not necessarily be linked to the occurrence of a fire (e.g., oil spills, floods, landslide, etc.). This paper aims at showing the results reached up-to-now in the process of developing such an index called DSI (Damage Severity Index).

Introduction

Studies on the possibility of using satellite images for estimating the damage caused on vegetation by disastrous events, in particular wildfires, have been carried out in the last few years by using images acquired from high spatial resolution multispectral sensors like LANDSAT/TM/ETM+/OLI. Our objective aims at developing a more general index capable of assessing vegetation damages caused by other disastrous events in addition to fires. Basically, this involves defining indices that allow to determine, using post-event hyperspectral images, its impact on vegetation distinguishing as accurately as possible, between different levels of damage, namely the loss of biomass produced on it. In particular, in the case of burned areas, a series of field-based indices have been introduced (CBI, Composite Burn Index; GeoCBI, Geometrically Structured CBI) [1], [2], [3] which were correlated to spectral indices based on multi-spectral images. In fact, the CBI index is based on a visual assessment of the quantity of fuel consumed and the degree of soil charring [4] whereas the GeoCBI represents a modified CBI where the fraction of vegetation coverage (FCOV) is introduced as a weighting factor [3] and both of them are correlated with quantitative indices like the NBR (Normalized Burn Ratio) [5], the dNBR (differential NBR) [6] or the RdNBR (Relative delta Normalized Burn Ratio) [7]. Our study aims at generalizing the approach followed for developing the fire severity index by constructing an index of indices to be applied to hyperspectral images for assessing the status of vegetated areas interested by any kind of disastrous phenomenon (fires, floods, volcanic eruption, landslide, oil spills, weather events, etc.).

Data & Method

Initially, our idea about the damage severity index (DSI) starts from the possibility, provided by hyperspectral images, to compute several indices, each one capable to assess different characteristics of the vegetation and possibly capable to evaluate the effect on it of a disastrous event whereas other authors exploit the pixel un-mixing capabilities of the hyperspectral images for identifying the relative abundance of ground components (ash, soil, scorched and green vegetation) [8] following a fire event. Up to now, the assessment of the damage severity is based on the identification of a relationship between an empirical index computable by using remotely sensed data and ground based visual estimate of the damaged caused by a fire. In this study, we evaluate damage severity relying on physical parameters which can be measured in the field and at the same time may be assessed through hyperspectral satellite images. For this purpose, spectral signatures were collected in field, in two test areas representative of typical Mediterranean vegetation. The data collected comprehend spectra at leaf level and at canopy level, in order to investigate the various effects of fire on the vegetation. The test areas selected for the field campaigns are located in Sicily and Sardinia (Fig. 1).

Results

The data collected in the field were used, combined with simulation tools like PROSPECT and SAIL, and using a selection of the PRISMA channels, taking into account their characteristics (SNR and atmospheric transmittance), to identify six Normalized Difference Indices (NDI) each one highly correlated with one of the six bio-physical parameters (Cab, Car, Cbrown, Cw, Cm and LAI) considered essential in vegetation damage assessment. The indices selected as said above are [9]:

$$ND_{cabl} = \frac{B_{1233} - B_{698}}{B_{1233} + B_{698}}; ND_{carl} = \frac{B_{718} - B_{523}}{B_{718} + B_{523}}; ND_{cwl} = \frac{B_{1233} - B_{1612}}{B_{1233} + B_{1612}};$$

$$ND_{cbrownl} = \frac{B_{1082} - B_{770}}{B_{1082} + B_{770}}; ND_{cml} = \frac{B_{1528} - B_{2211}}{B_{1528} + B_{2211}}; ND_{lail} = \frac{B_{1506} - B_{2062}}{B_{1506} + B_{2062}};$$



Fig. 1 Test areas.

The results were successfully validated on two burned areas [9].

Reference

1. Parra, A. et al., (2005). Proceedings of the 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management. Available at <http://earsel-ffsig.web.auth.gr/publication/>.
2. De Santis, A. et al. (2009), pag. 554-562, Remote Sensing of Environment, 113 (3).
3. De Santis, A. et al., (2009), pag. 126-136, Remote Sensing of Environment, 113 (1).

4. Lentile, L. B. et al., (2006), pag. 319-345, International Journal of Wildland Fire, 15.
5. Escuin, S. et al., (2008), pag. 1053-1073, International Journal of Remote Sensing, 29.
6. Hall, R. J. et al., (2008), pag. 476 – 489, International Journal of Wildland Fire, 17.
7. Soverel, N. O. et al., (2010), pag. 1896 – 1909, Remote Sensing of Environment, 14.
8. Robichaud, P. R. et al., (2007), pag. 467 – 480, Remote Sensing of Environment, 108.
9. Laneve, G. et al., (2013), pp. 711-724, 33rd EARSeI Proceedings, ISBN 978-88-89693-34-6.

CARATTERISTICHE IPERSPETTRALI PER LA DETEZIONE DEGLI INCENDI

Dott.ssa Stefania Amici

1. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, via di Vigna Murata 605, +39
0651860337, stefania.amici@ingv.it

Abstract

L'Europa, con il sistema EFFIS (European Forest Fire Information System), fornisce un servizio di detezione e caratterizzazione delle aree percorse da incendi utilizzando i sensori MODIS e VIIRS di bassa risoluzione spaziale ed alta risoluzione temporale. I piccoli incendi però o quelli di bassa intensità risultano essere attualmente assenti dal sistema globale dei prodotti. Questo è un gap rilevante in quanto i piccoli incendi sono anche i più abbondanti. Le missioni spaziali iperspettrali di prossima generazione come PRISMA (IT), EnMAP (DE), HSUI (JN) insieme al programma Copernicus (EU) possono contribuire a colmare questa mancanza di informazione. Questo lavoro presenta le caratteristiche spettrali degli incendi nel range spettrale VIS-NIR considerando l'emissione del Potassio, l'assorbimento del CO₂ che possono essere utilizzati per la detection della biomassa in combustione anche da satellite a supporto dei metodi tradizionali (MIR-TIR). L'emissione del Potassio essendo caratteristica della fase di fiamma può permettere di discriminare la fase di "flaming" da quella di "smouldering" e contribuire a fornire informazioni sui gas ed aerosols rilasciati. Analogamente la banda di assorbimento del CO₂.

Introduzione

Gli incendi boschivi sono una tematica di grande interesse scientifico, economico e sociale per il loro notevole impatto sia a scala globale e che locale. A scala globale la notevole massa di gas ed aerosol emessi nella fase di *flaming e smouldering*, influenzano il clima (Chiuveco et al. 2008) e le dinamiche del Carbonio in atmosfera. Giglio et al 2010 hanno infatti indicato che circa il 3.4% delle zone vegetate terrestri sono bruciate annualmente con un' emissione di CO₂ stimata essere circa ¼ di quella industriale. A scala locale il pronto intervento e la distinzione tra flaming e smouldering è di rilievo sia per la soppressione che per la modellizzazione dell'evoluzione del fronte di incendio. In aggiunta ai costituenti primari come Carbonio, idrogeno, Ossigeno e Sodio, la biomassa è composta da elementi in traccia come Na, K, P, che ionizzano alle temperature di combustione emettendo linee alle lunghezze d'onda del visibile. Le linee sono molto strette e una risoluzione spettrale fine come quella dei sensori iperspettrali può registrarle. Durante un incendio gas serra come CO₂ e CO vengono emessi in quantità rilevanti, superiori al contributo atmosferico attenuando la radiazione riflessa misurata dal sensore in corrispondenza di bande specifiche. Queste bande di assorbimento caratteristiche dei gas possono essere utilizzate per fini di detection.

Metodo

Il lavoro presentato è stato svolto nell'ambito del progetto ASI-AGI, con lo scopo di investigare due possibili indici di *detection* per PRISMA: 1) detection della zona di fiamma attiva dell'incendio dovuto alla combustione di biomassa utilizzando l'emissione tipica del Potassio (Vodacek 2002), mediante la metrica AKBD (Amici et al 2011) 2) detection degli incendi nel range spettrale SWIR utilizzando la proporzione di radianza riflessa ed emessa assorbita dal biossido di Carbonio (CO₂) presente nell'atmosfera e denominata CDAI da Dennisson 2006. In particolare gli algoritmi utilizzati da Dennisson sono stati adattati alle caratteristiche spettrali di PRISMA e descritti nel report finale del progetto ASI-AGI.

Risultati

Gli indici sono stati testati su dati aerei simulando le bande di PRISMA. E' stato investigato il database degli incendi registrati dal satellite EO-1 negli ultimi quindici anni. Un dato contenente incendio con fase di fiamma acquisito su Escondido, è stato utilizzato per applicare la metrica AKBD per la detezone di fiamma e la metrica CDAI per lo localizzazione dell'incendio utilizzando la banda di assorbimento del CO₂ intorno a 2000 nm.

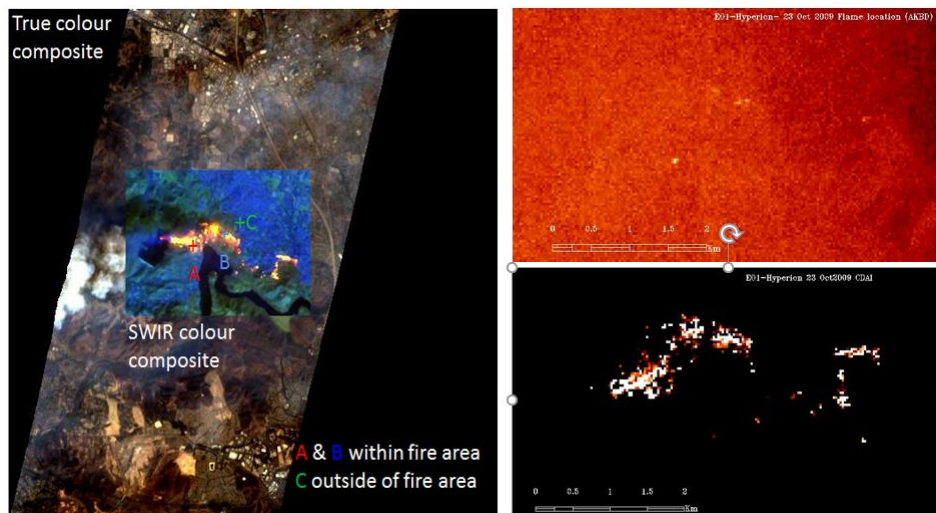


Figura 1 a)EO-1- Hyperion Wich Fire, zona Escondito (Lat 33,0°N Lon 117,2° E) 2007 composizione falsi colori SWIR e VIS , sorgente Prof. M. Wooster b) mappa della metrica AKBD mostra le zone di fiamma attiva. c) mappa della metrica CDAI mostra la detection utilizzando la banda di assorbimento del CO₂.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato portato avanti nell'ambito del progetto ASI-AGI (2011-2015). Si ringrazia il responsabile del progetto nella persona di M.F. Buongiorno e l'Agenzia Spaziale Italiana che ha finanziato il progetto. Si ringrazia il NASA EO-1 team per i dati EO-1Hyperion.

Bibliografia

Amici S., Wooster M. J, Piscini A. (2011), Multi-resolution spectral analysis of wildfire potassium emission signatures using laboratory, airborne and spaceborne remote sensing, *Remote Sensing of Environment* 115 (2011) 1811–1823.

Chuvieco, E., Giglio, W.L., & Justice, C. (2008) Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 14, 1488–1502, doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01585.x

Dennison, P. E. (2006). Fire detection in imaging spectrometer data using atmospheric carbon dioxide absorption. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 3049–3055.

Vodacek, A., Kremens, R. L., Fordham, A. J., Vangorden, S. C., Luisi, D., Schott, J. R., & Latham, D. J. (2002). Remote optical detection of biomass burning using a potassium emission signature. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2721–2726.

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DI INCENDI: COMPARAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON DATI IPERSPETTRALI E MULTISPETTRALI

Leonardo SANTURRI¹, Bruno AIAZZI², Stefano BARONTI³, Massimo SELVA⁴, Roberto CARLÀ⁵

1. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR), Via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino (FI), 055 5226461, l.santurri@ifac.cnr.it
2. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)
3. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)
4. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)
5. Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC-CNR)

Abstract

Il dato iperspettrale dovrebbe offrire maggiori informazioni rispetto al dato multispettrale, a causa del numero maggiore di campioni; quest'ultimo però è in genere caratterizzato da un maggiore rapporto segnale/rumore (S/N). La maggior utilità del dato iperspettrale non può quindi essere affermata con certezza a priori. In questo studio si è effettuato un confronto preliminare fra le prestazioni ottenute utilizzando dati iperspettrali e multispettrali nella valutazione della severità degli incendi; la valutazione è stata effettuata con una classificazione del tipo *Spectral Mixture Analysis*. Sono state osservate prestazioni leggermente superiori per il dato iperspettrale.

Introduzione

L'utilizzo di dati satellitari di tipo multispettrale per la valutazione dell'impatto degli incendi in zone vegetate è ormai prassi consolidata. La comparsa di sensori iperspettrali ha portato alla necessità di adeguare a questi nuovi dati le tecniche sviluppate per le acquisizioni multispettrali. In termini teorici, l'acquisizione di un pixel di riflettanza rappresenta un campionamento dello spettro di riflettanza del pixel medesimo. In generale il dato iperspettrale è caratterizzato da un maggior numero di campioni e quindi rispetto al dato multispettrale soffre in maniera minore di artefatti dovuti all'insufficiente campionamento, cioè presenta un minore "aliasing spettrale" [1]. Dal punto di vista tecnologico però la necessità di acquisire più campioni porta usualmente ad una riduzione del rapporto S/N. La maggiore potenzialità del dato iperspettrale va dunque verificata caso per caso. In questo studio è stato svolto un confronto fra i risultati ottenuti con un dato iperspettrale e uno multispettrale nella valutazione con tecniche del tipo *Spectral Mixture Analysis (SMA)* dell'impatto di un incendio sulla vegetazione di una zona rurale.

Attività sperimentale

Lo studio si è basato su una immagine iperspettrale Hyperion e una multispettrale ETM+, acquisite contemporaneamente durante l'estate del 2002 su una zona rurale del centro Italia caratterizzata da un

incendio pregresso. Le immagini sono state tra loro preliminarmente intercalibrate e riallineate; una classificazione del tipo SMA [2] basata su un software appositamente sviluppato è stata quindi effettuata su un sottoinsieme spaziale contenente la zona incendiata. Gli spettri di riflettanza dei pixel acquisiti sono stati confrontati con delle tavole di *look-up* generate a partire da spettri di laboratorio [2]. Considerando in particolare gli spettri campione di “Bare Soil” (Suolo Nudo), “Green Leaf” (Foglia Verde) e “Dark Charcoal” (Carbone) sono state prodotte quindi immagini tematiche contenenti le percentuali stimate dei suddetti spettri. Non disponendo di una verità a terra, le potenzialità dei due dati sono state valutate confrontando qualitativamente le immagini tematiche in termini di plausibilità.

Risultati

La classificazione ha originato due mappe tematiche, ottenute utilizzando rispettivamente il dato iperspettrale (Figura 1(a)) e quello multispettrale (Figura 1(b)). In queste mappe, per ogni pixel viene specificato la percentuale stimata di Foglia Verde, Suolo Nudo e Carbone. Tali mappe sono rappresentate in falsi colori, in accordo alla *color map* mostrata in Figura 1(c).

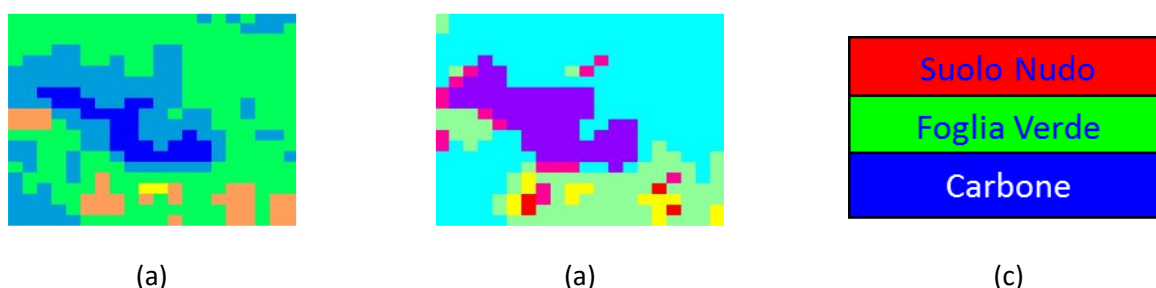


Fig. 1. Mappe tematiche ottenute ricorrendo ad una tecnica SMA con tavola di look-up, a partire dal dato iperspettrale (a) e multispettrale (b); le mappe sono rappresentate in falsi colori (c).

È evidente come la mappa prodotta con il dato iperspettrale si presenti più plausibile; essa è infatti composta da una zona centrale caratterizzata da una percentuale di carbone del 100% (tipicamente riferibile alla parte interna dell'area bruciata), circondata da una zona con percentuale di carbone minore, (riferibile ai pixel misti sui confini dell'area bruciata). Sull'esterno si notano invece pixel stimati come vegetati o come suolo nudo (riferibili cioè ad aree agricole con terreno in coltivazione o lavorato) e quindi non toccati dall'incendio. Anche se si evidenziano dei “falsi positivi”, la mappa originata con il dato iperspettrale presenta una configurazione più consona ad una situazione reale rispetto a quella originata con il dato multispettrale, che non ha nessun pixel completamente occupato dal carbone e nessuno completamente vegetato.

Conclusioni

La mappa tematica ottenuta utilizzando il dato iperspettrale risulta qualitativamente più plausibile e più informativa rispetto a quella ottenuta utilizzando il dato multispettrale.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del contratto ASI I/018/11/0 “PRISMA OPTIMA”.

Si ringrazia

il Prof. Chuvieco per aver fornito gli spettri di laboratorio utilizzati in questo studio.

Bibliografia

1. L. Santurri "Aliasing assessment in wavelength domain of hyperspectral data" on Journal of Real-Time-Image Processing, Vol.1, No. 2, pp. 131-141, December, 2006. [DOI: 10.1007/s11554-006-0019-4].
2. D. Rian, E. Chuvieco, S. Ustin, R. Zomer, P. Dennison, D. Roberts, J. Salas, Assessment of vegetation regeneration after fire through multitemporal analysis of AVIRIS images in the Santa Monica Mountains, Remote Sensing of Environment 79 (2002) 60–71.

METODOLOGIE E APPROCCI PER OSSERVAZIONI IPERSPETTRALI IN ACQUE COSTIERE E INTERNE

Federica Braga¹, Mariano Bresciani², Claudia Giardino², Vittorio Ernesto Brando³

1. CNR-ISMAR, Arsenale-Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venezia, Italia, tel. 0412407950, f.braga@ismar.cnr.it
2. CNR-IREA, Via Bassini 15, 20133 Milano, Italia, tel. 0223699298, bresciani.m@irea.cnr.it, giardino.c@irea.cnr.it
3. CNR-ISAC, Via Fosso del Cavaliere 100, 00133 Roma, Italia, tel. 0649934340, v.brand@isac.cnr.it

Abstract

Le acque costiere e interne sono ecosistemi caratterizzati da dinamiche e processi complessi che necessitano di adeguate scale spaziali e temporali per poter rispondere alle esigenze di gestione e monitoraggio di utenti istituzionali, secondo gli obiettivi previsti dalle leggi regionali e dalle direttive europee sulle acque (WFD 2000/60/EC) e sul mare (MSFD 2008/56/EC). Il telerilevamento rappresenta una tecnologia integrativa che permette misure quantitative di qualità delle acque e mappature dei fondali con accuratezza e tempistiche adeguate. Lo stato dell'arte dimostra come gli algoritmi per la stima dei macrodescrittori di qualità dell'acqua offrano stime più accurate se applicate a dati iperspettrali. Questo studio presenta metodologie e approcci per la deconvoluzione del segnale iperspettrale rispetto a tutte le componenti che lo generano (es. pigmenti fitoplanctonici, differenti substrati e range di concentrazioni delle sostanze sospese e disciolte), applicati ad ambienti con caratteristiche ecologiche e idrodinamiche diverse.

Introduzione

Nelle acque costiere e interne le proprietà ottiche dipendono dalle caratteristiche ecologiche sito-specifiche e stagionali, dalle forzanti meteo-marine e da input di materiale dall'ambiente terrestre (Babin et al., 2003). Le sostanze otticamente attive presenti nella colonna d'acqua (clorofilla, CDOM, particolato sospeso) interagiscono con la radiazione solare e sono in grado di assorbire e diffondere la luce. Concentrazione, composizione, dimensione e forma condizionano direttamente le proprietà ottiche inerenti (IOP) e indirettamente le proprietà ottiche apparenti (AOP) che dipendono, a loro volta, dalle condizioni di illuminazione e dalle IOP. Il legame tra IOP e AOP è descritto in modo rigoroso dalla fisica del trasferimento radiativo nella colonna d'acqua una cui semplificazione è rappresentata dalla modellistica bio-ottica. Numerosi studi hanno analizzato come le variazioni delle caratteristiche delle sostanze otticamente attive influenzino le IOP e le AOP e, invertendo la relazione, come misure quantitative dei parametri biogeochimici siano ottenibili da dati ottici (Brando e Dekker, 2003). Nell'ambito del progetto CLAM-PHYM (Coasts and Lake Assessment and Monitoring by PRISMA Hyperspectral Mission), uno degli studi scientifici finanziati dall'ASI, sono stati sviluppati prodotti e applicazioni per la gestione e il monitoraggio di acque costiere e interne a partire da dati iperspettrali. Una selezione dei risultati è qui presentata.

Materiale e metodi

La definizione degli algoritmi per la generazione di parametri biogeofisici da dati iperspettrali in acque costiere e interne necessita di misure *in situ*, quali sorgente di dati di calibrazione e validazione dei prodotti. A questo scopo sono stati raccolti ed elaborati dati di IOP e AOP in acque con differenti livelli di trofia, trasparenza e complessità di tipologia di substrato/vegetazione, con strumentazione ottica specifica e attraverso analisi di laboratorio. Gli approcci metodologici applicati al *dataset* di immagini iperspettrali da aereo e da satellite (ad es. MIVIS, APEX, HICO, HYPERION) hanno incluso la modellistica semi-empirica, che è basata sullo sviluppo di correlazioni statistiche tra valori spettrali misurati dal sensore e parametri biogeofisici e la modellistica semi-analitica, che utilizza un approccio fisico basato sul trasferimento radiativo attraverso il quale le proprietà ottiche del *medium* sono associate alla riflettanza, sia in atmosfera, sia nella colonna d'acqua.

Risultati e considerazioni

I risultati mostrano la capacità dei sensori iperspettrali di mappare le sostanze otticamente attive delle acque, di ottenere informazioni sulle fioriture potenzialmente tossiche e di caratterizzare profondità e copertura dei fondali. Da tali prodotti derivano applicazioni per la gestione degli ecosistemi acquatici e lo studio delle dinamiche costiere. Ad esempio la possibilità di distinguere diversi pigmenti fitoplanctonici permette di determinarne i gruppi funzionali ed identificare le fioriture di cianobatteri o di alghe potenzialmente tossiche (Bresciani et al., 2011). Le mappe di torbidità sono utilizzate per seguire la distribuzione della plume dei fiumi e i processi di trasporto dei sedimenti a sub-mesoscala (Brando et al., 2015). Le variazioni nella copertura ed estensione delle macrofite in acque basse danno indicazioni sullo stato di salute dell'ecosistema (Bresciani et al., 2012) e possono essere messe in relazione con la distribuzione e concentrazione delle sostanze otticamente attive (Giardino et al., 2015). In accordo con Hestir et al. (2015), si può concludere che una missione iperspettrale, quale ad esempio PRISMA, potrebbe rispondere ai requisiti di numerosi utenti finali che si dedicano alla gestione, al monitoraggio e allo studio di ecosistemi di acque costiere e interne.

Bibliografia

1. Babin, M., Stramski, D., Ferrari, G.M., Claustre, H., Bricaud, A., Obolensky, G., & Hoepffner, N. (2003). Variations in the light absorption coefficients of phytoplankton, nonalgal particles, and dissolved organic matter in coastal waters around Europe. *J Geophys Res-Oceans*, 108(C7).
2. Brando, V.E., Braga, F., Zaggia, L., Giardino, C., Bresciani, M., Matta, E., ... & Bonaldo, D. (2015). High-resolution satellite turbidity and sea surface temperature observations of river plume interactions during a significant flood event. *Ocean Sci*, 11(6), 909.
3. Brando, V.E., & Dekker, A.G. (2003). Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 41(6), 1378-1387.
4. Bresciani, M., Bolpagni, R., Braga, F., Oggioni, A., & Giardino, C. (2012). Retrospective assessment of macrophytic communities in southern Lake Garda (Italy) from *in situ* and MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) data. *J Limnol*, 71(1), 19.
5. Bresciani, M., Giardino, C., Bartoli, M., Tavernini, S., Bolpagni, R., & Nizzoli, D. (2011). Recognizing harmful algal bloom based on remote sensing reflectance band ratio. *J Appl Remote Sens*, 5(1).
6. Giardino, C., Bresciani, M., Valentini, E., Gasperini, L., Bolpagni, R., & Brando, V.E. (2015). Airborne hyperspectral data to assess suspended particulate matter and aquatic vegetation in a shallow and turbid lake. *Remote Sens Environ*, 157, 48-57.

7. Hestir, E.L., Brando, V.E., Bresciani, M., Giardino, C., Matta, E., Villa, P., & Dekker, A.G. (2015). Measuring freshwater aquatic ecosystems: The need for a hyperspectral global mapping satellite mission. *Remote Sens Environ*, 167, 181-195.

INTEGRAZIONE E FUSIONE DI DATI OTTICI/IR E A MICROONDE PER LA STIMA DI PARAMETRI DI SUOLO, NEVE E ATMOSFERA

Ugo Cortesi & Simonetta Paloscia

CNR-IFAC, via Madonna del Piano 10 – 50019 Sesto Fiorentino (Firenze)
0555226494/6368, S.Paloscia@ifac.cnr.it, U.Cortesi@ifac.cnr.it

Abstract

The integration between optical/infrared and microwave sensors provides significant advantages due to the specific characteristics of these spectral bands: High spatial resolution and sensitivity to surface characteristics of optical sensors, and medium-high spatial resolution and high sensitivity of microwave sensors to water content and to the characteristics of the entire observed medium (soil-snow-vegetation-atmosphere).

Several applications can benefit from this synergy: Agriculture and forestry, Hydrology (hydrological cycle), and Atmosphere. The advanced and peculiar characteristics of the hyperspectral instrument of PRISMA make it possible a significant synergy between this mission and those of COPERNICUS program, allowing the project contributing to national missions within the framework of the Sentinels.

Fruitful synergies can be implemented between PRISMA and Cosmo-Skymed, PRISMA and S1 or/and S4-S5/S5p, PRISMA and MW radiometers, by exploiting the interesting characteristics of the hyperspectral sensor. The latter mainly for atmosphere sounding purposes, but also in view of implementing algorithms for improving microwave radiometers spatial resolution.

Synergy methods between data derived from different sensors

Among various methods for integrating data from different sensors, such as optical and microwave data, the following examples can be listed:

- The most usual concerns the use of optical/infrared and microwave data in a separate way for estimating different parameters by applying inversion algorithms and models, one for each spectral band (e.g. use of NDVI for land classification purposes before the application of MW data/algorithms)
- Integration of data in single algorithms, which take advantage of the different characteristics of the sensors and their synergy. Neural Networks are typical examples.
- The most innovative techniques, which are used for atmospheric investigation purposes at IFAC, are based on 'data fusion' algorithms, capable to merge data from independent measurements acquired in different spectral regions and from different observation geometries.

Typical applications: snow classification and snow cover area

For this application, a conventional system applied so far consists of the use of simultaneous optical (e.g. LANDSAT) and microwave (ENVISAT/S1/Cosmo-SkyMed) images able to classify snow cover by separating no-snow/dry snow/wet snow areas. In fact, optical data allow a clear identification of snow cover area (SCA), later on the algorithm merges microwave with optical images using a threshold (-3dB) in microwave images for identifying wet snow (even with clouds).

The integration with Cosmo data by using a Neural Network Algorithm allows obtaining in many cases even snow water equivalent (SWE) and snow depth (SD), which are relevant parameters for hydrological and water resources management [1].

Typical applications: atmosphere

The atmospheric temperature and water vapour vertical profiles can be estimated from airborne limb sounders in the middle infrared (MIPAS-STR), in the mm-wave (MARSCHALS) and using the Measurement Space Solution (MSS) method, which integrates the information from these two sensors. MSS method can also be applied to the combination of measurements acquired using different viewing geometries (e.g. nadir and limb sounding) [2].

Future Steps and Some Conclusions

The CDF method (Complete Data Fusion) is an a posteriori combination of the information from two (or more) independent datasets based on the standard products of the individual retrievals (vertical profile and associated uncertainty and vertical sensitivity). Equivalence of CDF method and simultaneous retrieval from CDF method and MSS method was demonstrated by Ceccherini et al. [3],[4]. A first attempt to apply CFD to combination of data acquired in various spectral regions and from different observation geometries and to test the performance of assimilation of fused data currently on-going in the H2020 project AURORA [5].

Theoretical studies, demonstration and application of innovative data fusion methods are part of dedicated and ongoing research efforts at IFAC-CNR since the last decade. The focus is on the exploitation of potential synergies between simultaneous and independent measurements of the same target acquired by two (or more) sensors. Interesting results have been obtained by using ANN based algorithms for estimating geophysical parameters through the synergy between optical and SAR data (S1/CSK/S2/PRISMA).

Substantial results and promising perspectives have been obtained from a posteriori combination of geophysical products retrieved from observations in different spectral regions or with different viewing geometries.

Potential adaptation and/or further development of these algorithms are in progress for application to data fusion from microwave and optical/infrared data (atmospheric soundings and land surface observation).

Bibliografia

1. S. Pettinato, E. Santi, M. Brogioni, S. Paloscia, E. Palchetti, and Chuan Xiong, 2013, The Potential of COSMO-SkyMed SAR Images in Monitoring Snow Cover Characteristics, IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters, 10, 1, pp.9-13
2. S. Ceccherini, B. Carli and P. Raspollini, Vertical grid of retrieved atmospheric profiles, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol. 174, 7-13 (2016), doi: 10.1016/j.jqsrt.2016.01.018.
3. S. Ceccherini, B. Carli and P. Raspollini, Equivalence of data fusion and simultaneous retrieval Optics Express, Vol. 23, Iss. 7, 8476-8488 (2015), doi: 10.1364/OE.23.008476.

4. S. Ceccherini, Equivalence of measurement space solution data fusion and complete fusion, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Vol. 182, 71-74 (2016), doi: 10.1016/j.jqsrt.2016.05.019
5. U. Cortesi, S. Del Bianco, S. Ceccherini, M. Gai, B. M. Dinelli, E. Castelli, H. Oelhaf, W. Woiwode, M. Höpfner and D. Gerber, Synergy between middle infrared and millimeter-wave limb sounding of atmospheric temperature and minor constituents, *Atmospheric Measurement Techniques*, 9, 2267-2289 (2016), doi:10.5194/amt-9-2267-2016.

DATI IPERSPETTRALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE URBANO

Andrea Marinoni¹, Paolo Gamba¹

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Università degli studi di Pavia, Via A. Ferrata, 5, 27100 Pavia, tel.: 0382 984781, {paolo.gamba, andrea.marinoni}-at-unipv.it

Abstract

Questo lavoro si propone di indicare brevemente quali sono le attuali sfide metodologiche nell'utilizzo di dati iperspettrali da satellite in ambiente urbano legate all'uso di modelli non-lineari di unmixing e all'estrazione dell'edificato da dati iperspettrali a risoluzione di 20/30 m. Nel seguito verranno riportati alcuni risultati atti a illustrare le sfide indicate e ad offrire soluzioni e possibili linee di ricerca. Questi risultati sono estratti da quelli del progetto USHIER, finanziato da ASI per la cooperazione scientifica nel settore spaziale Italia e Israele.

Estrazione dell'edificato mediante non-linear unmixing

L'approccio si basa sul presupposto che la riflettanza da un sensore a finissima risoluzione spettrale ma con risoluzione spaziale piuttosto grossolana può essere modellato da un polinomio p-lineare delle firme spettrali dei materiali nella scena [1]:

$$\widehat{y}_{l_n} = \sum_{r=1}^R \hat{a}_{rl} m_r + \sum_{k=2}^p \hat{a} \hat{a} b_{rkl} m_r^k$$

dove \widehat{y}_{l_n} è la firma spettrale su N bande del pixel l-esimo, R è il numero di materiali, m_r la firma spettrale del materiale r-esimo, \hat{a}_{rl} l'abbondanza del materiale r-esimo nell'area di cui è immagine il pixel l-esimo e b_{rkl} quantifica gli effetti non-lineari. Per calcolare una stima dei termini a e \hat{a} , si utilizza il metodo chiamato POLytope Decomposition (POD). Partendo dalla rappresentazione di uno scheletro N-dimensionale che rappresenta una firma spettrale e sfruttando relazioni complesse che descrivono le proporzioni tra coppie di materiali si può ottenere un problema linear che descrive il problema non-lineare. Normalmente, si prendono le abbondanze stimate da uno stimatore lineare a massima verosimiglianza come prima stima dei termini lineari. Se però il termine non-lineare non viene stimato contemporaneamente, I risultati possono essere non soddisfare la condizione della somma a uno, portando ad un notevole peggioramento delle prestazioni [2]. Ecco perché è stata proposta la seguente rappresentazione per il pixel l-esimo

$$\widehat{y}_{l_n} = \sum_{r=1}^R \hat{a}_{rl} m_r$$

dove j_{rl} è il contributo complessivo del materiale r -esimo alla ricostruzione del pixel l -esimo.

Definendo il volume del polytope come $V_G = \frac{1}{N!} \det[D(\underline{G})]$ dove $D(\underline{G})$ è la matrice diagonale indotta dalle \underline{G} firme spettrali. $V_{j_{rl}}$ può essere utilizzato per caratterizzare l'abbondanza aggregate del

materiale r -esimo endmember: $\widehat{a_{rl}} = \frac{V_{j_{rl}}}{\sum_{i=1}^R V_{j_{il}}}$. Allo stesso modo, abbiamo proposto in [3] un nuovo

indice, che tende ad utilizzare le abbondanze $\widehat{a_{rl}}$ degli elementi che non caratterizzano elementi

antropogenici della scena: $\widehat{u_l} = 1 - \frac{\sum_{j \in Y} V_{j_{il}}}{\sum_{i=1}^R V_{j_{il}}}$, dove Y è l'insieme dei materiali che non sono

direttamente collegati all'urbanizzazione, come ad esempio acqua o suolo nudo.

Risultati sperimentali

I risultati mostrati qui sotto utilizzano un dato iperspettrali Hyperion sull'area di Fukushima e indicano (come si vede dalla figura seguente) una eccellente correlazione tra valori alti dell'indice proposto (a destra) e posizione di aree urbane estratte dal dato iperspettrale (a sinistra).

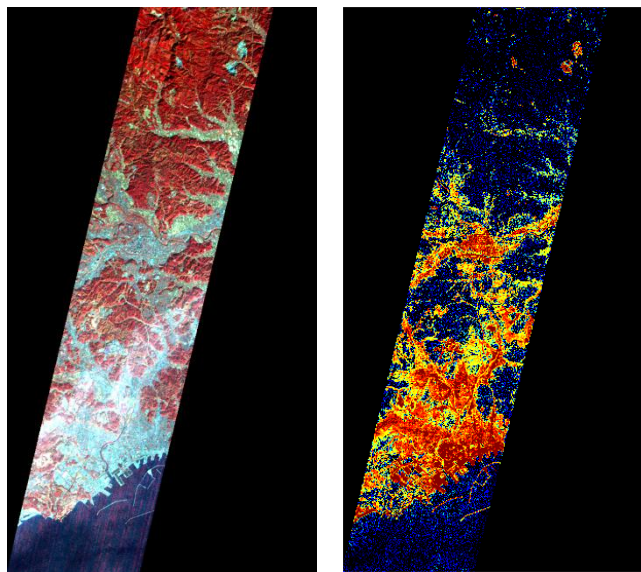


Fig. 1: Risultati di estrazione urbana dell'immagine Hyperion su Fukushima: l'immagine a sinistra è in falsi colori, quella a destra la probabilità di appartenere alla classe urbana (da blu a rosso).

Bibliografia

2. A. Marinoni and P. Gamba, 2014. Non-linear hyperspectral unmixing by poly- tope decomposition. In Proc. IEEE WHISPERS, Lausanne, Switzerland.
3. R. Heylen, M. Parente, and P. Gader. A review of nonlinear hyperspectral unmixing methods. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7(6), 1844–1868, June 2014.
4. A. Marinoni and P. Gamba, 2015. A novel approach for efficient p-linear hyperspectral unmixing. IEEE Journal of Selected Topics on Signal Processing, 9(6), 1156-1168.