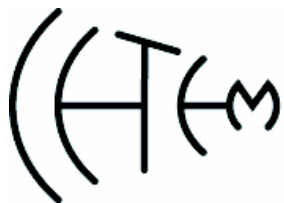
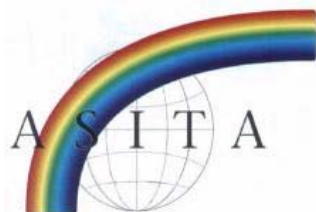




Geoscience and Remote Sensing
South Italy Chapter



Quota Iscrizione Relatori:

Soci AIT/CETEM 80,00 €

Altri 100,00 €

I migliori lavori saranno selezionati per contribuire ad un numero speciale di "AIT informa" coordinato dal Prof. M. Migliaccio, Univ. di Napoli Parthenope, e dall Ing. Guido Luzi, CETEM.

*Università degli Studi di Napoli
"Parthenope"*

Via Acton, 38

80133 Napoli

Tel: 081-5475262

Fax: 081-5512884

e-mail: wave@uniparthenope.it



*III Workshop AIT
XII Riunione Annuale CeTeM
sul Telerilevamento a Microonde*

dalla Ricerca alle Applicazioni



Napoli 25 – 26 Novembre 2004

Villa Doria D'Angri

Via Petrarca, 80 - Napoli

Giovedì 25 novembre 2004

A partire dalle 10:30 Interverranno:

Prof. Gennaro Ferrara

Rettore dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

Dott. Stefano Caldoro

Sottosegretario MIUR

Prof. Francesco Domenico Moccia

Provincia di Napoli

Prof. Luigi Nicolais

Regione Campania

Prof. Giorgio Franceschetti

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dott.sa Simonetta Paloscia

AIT/CETEM

Prof. Paolo Corona

Presidente della Facoltà di Ingegneria "G. Latmiral"

Prof. Maurizio Migliaccio

Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

Chairman del *Chapter IEEE* sul Telerilevamento per il Sud Italia

Coro "Mysterium Vocis", Direttore Rosario Totano

Ore 13:00 – 14:00 Pranzo

Sessione 1. Mare - Chairman Prof. M. Migliaccio

14:00 S. Pierini, M. Migliaccio:

"IL TELERILEVAMENTO PER LO STUDIO DELL'AMBIENTE MARINO"

14:20 A. Reppucci, M. Migliaccio:

"INVERSIONE DI DATI SCATTEROMETRICI SEAWINDS"

14:40 M. Adamo, G. De Carolis, S. Morelli, F. Parmiggiani:

"USO SINERGICO DI IMMAGINI SAR E DEL MODELLO ATMOSFERICO ETA PER LA DETERMINAZIONE DEL CAMPO DI VENTO SU SUPERFICI MARINE: UN'APPLICAZIONE IN PRESENZA DI ONDE ATMOSFERICHE DI GRAVITÀ SUL MAR TIRRENO"

15:00 N. Pierdicca, L. Pulvirenti, F. De Biasio, S. Zecchetto:

"OSSERVAZIONI DA RADIOMETRO E SCATTEROMETRO DEL BACINO DEL MEDITERRANEO"

15:20 – 15:40 Coffee Break

Sessione 2. Atmosfera - Chairman Prof. F.S. Marzano

15:40 P. Basili, S. Bonafoni, V. Mattioli, P. Ciotti, E. Fionda, Ed. R. Westwater: "CAMPAGNE SPERIMENTALI PER LA STIMA DEL CONTENUTO DI VAPOR D'ACQUA NELL'ATMOSFERA: CONFRONTO TRA RADIOMETRI A MICROONDE, GPS E RADIOSONDE"

16:00 R. Notarpietro, G. Perona, M. Gabella, J. Wickert:

"LA TECNICA DEL GPS LIMB SOUNDING PER IL REMOTE SENSING DEL PROFILO DI RIFRATTIVITÀ ATMOSFERICA E IL NUOVO RICEVITORE GPS ROSA DELL'AGENZIA SPAZIALE ITALIANA"

16:20 F. Cuccioli, L. Facheris, D. Giuli:

"MISURE DI ATTENUAZIONE A MICROONDE FRA SATELLITI LEO PER LA STIMA DEL VAPOR ACQUEO NELLA BASSA TROPOSFERA"

16:40 F.S. Marzano, G. Vulpiani and V. Chandrasekar:

"TELERILEVAMENTO DI PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE MEDIANTE RADAR METEOROLOGICI A DOPPIA POLARIZZAZIONE IN BANDA C"

Sessione 3. Neve – Chairman Prof. P.Pampaloni

17:00 S.Pettinato, P.Poggi, G.Macelloni, S.Paloscia, P.Pampaloni, A.Crepaz:

"MAPPING DI NEVE IN AREE ALPINE CON IMMAGINI ENVISAT/SAR"

17:20 P. Pampaloni, G. Macelloni, S. Paloscia, P. Poggi, F. De Biasio, S. Zecchetto, R. Ranzi, M. Tomirotti, A. Cagnati, A.Crepaz:

"TELERILEVAMENTO A MICROONDE DEL CICLO DI FUSIONE DELLA NEVE"

17:40 G. Macelloni, P. Pampaloni, M. Tedesco, M.Drinkwater:

"EMISSIONE A MICROONDE DELL' ANTARTIDE E CALIBRAZIONE DI RADIOMETRI A BASSA FREQUENZA DA SATELLITE"

Venerdì 26 novembre 2004

Sessione 4. Tecnologia – Chairman Prof. G. Franceschetti

09:20 M. Varasi, L. Pierno, M.Dispenza, G. Perrotta, Fulvia Verzegnassi:

"SMART TTD PER ANTENNE ATTIVE"

09:40 F. Madonna, G. D'Amico, C. Cornacchia, A. Amodeo, G. Pappalardo:

"UN RADIOMETRO A MICROONDE MULTICANALE: CONFRONTO CON LE TECNICHE ATTIVE"

10:00 G. Franceschetti, R. Guida, D. Riccio, A. Iodice:

"SIMULAZIONE EFFICIENTE DI SEGNALI SAR AD ELEVATA RISOLUZIONE: LA MODALITÀ IBRIDA STRIPMAP/SPOTLIGHT"

10:20 F. Del Frate, G. Schiavon, D. Solimini:

"MONITORAGGIO DI AREE URBANE TRAMITE L'USO DI DATI ERS-SAR E ALGORITMI DI RETE NEURALE"

10:40 A. Budillon, V. Pascazio, G. Schiririni:

"UN APPROCCIO MULTI CANALE PER LA STIMA DELLA VELOCITÀ RADIALE IN SISTEMI SAR INTERFEROMETRICI ALONG TRACK"

11:00 – 11:20 Coffee Break

11:20 G. Alberti, G. Galiero, G. Palmese, M. Sacchetti, G. Salzillo:

"GENERATORE DI ECHI DI MARTE PER LA MISSIONE SHARAD"

11:40 G. Fornaro, G. Franceschetti, S. Perna:

"APPROSSIMAZIONI NELLA COMPENSAZIONE DEGLI ERRORI DI MOTO DI DATI SAR"

12:00 P. Gruccione, C. Cafforio, A. Monti Guarnieri:

"APPLICAZIONI DELLA MODALITÀ WIDE SWATH DEL SENSORE ENVISAT ASRA: INTERFEROMETRIA SCANSAR"

Sessione 5. Terra Solida I – Chairman Prof. S. Paloscia

12:20 G. Luzzi, D. Mecatti, L. Noferini, M. Pieraccini, G. Macaluso, C. Atzeni:

"IMPIEGO DI UN APPARATO RADAR INTERFEROMETRICO DA TERRA IN BANDA C PER L'OSSERVAZIONE DI VERSANTI SOGGETTI AD INSTABILITÀ"

12:40 S. Paloscia, G. Macelloni, P. Pampaloni, E. Santi:

"STIME DI UMIDITÀ DEL TERRENO A GRANDE SCALA DA DATI DI TEMPERATURA DI BRILLANZA MULTI-FREQUENZA DI AMSR-E"

13:00 G. Franceschetti, A. Iodice, D. Riccio, G. Ruello, P. Blanco, J. J. Mallorquí, A. Broquetas:

"MISURE DI DIFFUSIONE ELETTRIMAGNETICA DA UNA SUPERFICIE FRATTALE: UNA VERIFICA DEI METODI DI CALCOLO"

13:20 G.P. Ricciardi, I. Aquino, C. Del Gaudio, C. Ricco, V. Siniscalchi, G. Solaro, P. Tizzoni, S. Borgström

"INTEGRAZIONE TRA DATI INTERFEROMETRICI E DATI DI GEODESIA CLASSICA PER LO STUDIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO NELL'AREA FLEGREA (NAPOLI)"

13:40 – 14:40 Pranzo

Sessione 6. Terra Solida II – Chairman Ing. E. Sansosti

14:40 F. Casu, M. Manunta, M. Manzo, A. Pepe:

"APPLICAZIONE DELL'ALGORITMO SBAS A DATA-SET CON RIDOTTO NUMERO DI ACQUISIZIONI"

15:00 F. Casu, M. Manunta, M. Manzo, A. Pepe:

"GENERAZIONE DI SERIE TEMPORALI DI DEFORMAZIONE MEDIANTE DATI SAR MULTI-SENSORE"

15:20 G. Antonello, N. Casagli, P. Farina, L. Guerri, D. Leva, D. Tarchi:

"APPLICAZIONE DEL TELERILEVAMENTO A MICROONDE CON IL SISTEMA RADAR DA TERRA INSAR: IL CASO DI STROMBOLI"

15:40 G. Fornaro, A. Monti Guarnieri, A. Maciullo, F. Rocca:

"MAXIMUM LIKELIHOOD MULTI-BASELINE SAR INTERFEROMETRY"

16:00 – 16:20 Coffee Break

Sessione 7. Vegetazione – Chairman Dott. G. Nico

16:20 L. Dente, M. Rinaldi, F. Mattia, G. Satalino:

"ASSIMILAZIONE DI DATI POLARIMETRICI SAR NEL MODELLO CERES-WHEAT"

16:40 C. Bignami, N. Pierdicca, L. Pulvirenti, F. Ticconi, S. Paloscia, S. Pettinato, E. Santi:

"ANALISI SULLA SENSIBILITÀ DELL'UMIDITÀ DELLE MISURE ENVISAT/A-SAR PER SUOLI NUDI E VEGETATI"

17:00 A. DellaVecchia, P. Ferrazzoli, L. Guerriero:

"NUOVE RAPPRESENTAZIONI PER LE FOGLIE DEL MAIS E GLI STELI DEL GRANO: SIMULAZIONI TEORICHE E DATI SPERIMENTALI"

17:20 F. Del Frate, A. Minchella:

"POTENZIALITÀ DI SISTEMI SAR SATELLITARI PER IL MONITORAGGIO DELLA RISCRESITA BOSCHIVA SU AREE COLPITE DA INCENDI"

17:40 Concluding Remarks

IL TELERILEVAMENTO PER LO STUDIO DELL'AMBIENTE MARINO

S. Pierini, M. Migliaccio

Università degli Studi di Napoli Parthenope
Via Acton 38 - 80133 Napoli, Italia

stefano.pierini@uniparthenope.it
maurizio.migliaccio@uniparthenope.it

Abstract

In questa memoria si discute come il telerilevamento, in particolare il telerilevamento a microonde, possa essere utilmente impiegato sia per monitorare l'ambiente marino sia per fornire campi di vento superficiale utili a forzare modelli di circolazione marina, e alternativi ai venti generalmente usati prodotti da modelli di previsione meteorologica. Vengono presentati risultati relativi al Mar Tirreno e, in particolare, alla zona di mare prospiciente le coste Campane, discutendo le implicazioni ambientali connesse con la circolazione e il trasporto delle acque nell'area in questione.

Inversione di Dati Scatterometrici SeaWinds

Antonio Reppucci, Maurizio Migliaccio

Università degli Studi di Napoli *Parthenope*, *Istituto di Teoria e Tecnica delle Onde Elettromagnetiche*,

Via Acton 38, 80133 Napoli, Italy. phone: +(39)0815475262 fax: +(39)0815512884

e-mail: antonio.reppucci@ieee.org

L'utilizzo di sensori per il telerilevamento a bordo dei satelliti ha aperto un nuovo campo di applicazioni nel settore dell'osservazione e dello studio della superficie terrestre, grazie alla possibilità di acquisire dati su scala globale e sinottica.

In particolare con il sensore attivo a microonde denominato scatterometro è possibile stimare il campo di vento sulla superficie del mare con una copertura ed una risoluzione molto maggiore di quella offerta da misure realizzate con boe o dalle imbarcazioni, permettendo così di migliorare considerevolmente la conoscenza di alcuni fenomeni meteorologici. Tali informazioni sono di enorme rilevanza nelle previsioni del tempo su scala regionale e del clima su scala globale.

Lo scatterometro realizza più misure di sezione radar in una cella di risoluzione con grande accuratezza. Con tali misure, impiegando un'opportuna funzione di modello geofisico ed una significativa elaborazione numerica, è possibile realizzare una stima del campo di vento sulla superficie del mare.

In questa memoria si presenta uno schema d'inversione per la determinazione del campo di vento sulla superficie marina da misure scatterometriche. La procedura di inversione che si presenta e si valida è un'evoluzione della tecnica presentata in [1],[2]. Infatti a differenza di quanto illustrato in [1],[2] qui si presenta una tecnica di inversione adatta alla geometria di acquisizione *pencil-beam* e non più *fan-beam* e con funzione geofisica da invertire *QSCAT-1* e non più *CMOD-4*. Infatti, l'evoluzione della procedura d'inversione permette di elaborare i dati degli scatterometri *SeaWinds*.

Una serie di esperimenti su dati simulati e reali permettono di validare la procedura d'inversione.

[1] M.Migliaccio, M.Sarti, S.Marsili "C-band Scatterometer and Wind-field Retrieval" *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol 29, no. 4, pp.472-480, 2003.

[2] M.Migliaccio, M.Sarti, S.Marsili "On the Inversion of Wind Scatterometer Data" *IEICE Trans.on Electronics*, vol.E84-C, no.12, pp.1857-1876, 2001.

Uso sinergico di immagini SAR e del modello atmosferico ETA per la determinazione del campo di vento su superfici marine: una applicazione in presenza di onde atmosferiche di gravità sul Mar Tirreno

Maria Adamo^a, Giacomo De Carolis^a, Sandra Morelli^b, Flavio Parmiggiani^c

^aCNR, Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione, via Amendola 122/D-I, 70126 Bari

^bUniversità di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Fisica, via Campi 213/A, 41100 Modena

^cCNR, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, via Gobetti 101, 40129 Bologna

SOMMARIO

La determinazione della distribuzione del campo di vento su superfici marine da immagini SAR richiede la risoluzione di un problema di inversione mal posto, indipendentemente dalla accuratezza della formulazione del modello diretto che stabilisce la relazione funzionale tra il vettore orizzontale del vento (velocità e direzione) e la sezione d'urto radar normalizzata (NRCS). Due approcci sono praticabili: si fissa uno dei due parametri vettoriali per determinare il rimanente mediante tecniche di inversione del modello diretto; oppure si dispone della distribuzione del campo di vento da un modello atmosferico di previsione meteorologica da usare come first guess per inizializzare una procedura di inversione che tenga conto del contenuto informativo del dato SAR. Accanto al problema metodologico si affianca la necessità della corretta interpretazione geofisica delle manifestazioni SAR di quei processi, di origine atmosferica e/o marina, la cui variabilità spaziale è su scala inferiore alle capacità predittive dei modelli di previsione atmosferica. Un tipico esempio è dato dalla manifestazione di fenomeni atmosferici ondulatori che modulano la risposta SAR a piccola periodicità spaziale (1-10 Km): ciò induce potenzialmente a stime errate del campo vettoriale sulla base dei dati superficiali forniti dal modello atmosferico.

In questo lavoro sono presentati i risultati di un esperimento il cui scopo è la determinazione del campo di vento mediante l'utilizzo sinergico di immagini SAR associate ad un modello atmosferico ad alta risoluzione. A tale fine è stata selezionata come area test una regione di mare che si estende, in direzione O-E, dalla Corsica (8.8 E) alla costa italiana (10.5 E) e, nella direzione N-S, dal Mar Ligure (44.0 N) sino alla zona più a nord del Mar Tirreno (42.2 N). Per l'analisi sono state scelte due immagini ERS-2 SAR consecutive, acquisite in data 30 Marzo 2000, alle quali si è poi affiancato un set di immagini NOAA/AVHRR e MODIS acquisite nella stessa giornata. Una porzione dell'area selezionata è interessata dalla propagazione di un'onda atmosferica di gravità quasi stazionaria che produce sulla corrispondente immagine SAR una modulazione della NRCS con periodicità di circa 15 Km. L'onda di gravità non è prevista dal modello atmosferico alla risoluzione adottata, per cui ha interesse valutare le prestazioni della procedura di inversione.

La velocità e la direzione del vento a 10 m dalla superficie del mare sono state ricavate dall'applicazione dei modelli semiempirici CMOD4, CMOD-IFREMER e CMOD5. Essi descrivono la dipendenza della NRCS, nella geometria di ripresa del radar, dal vettore orizzontale del vento a 10 m dalla superficie marina. La procedura di inversione dei modelli diretti, recentemente proposta in letteratura, utilizza un approccio di tipo Bayesiano in cui la distribuzione di guess del campo di vento di superficie è fornita dal modello di previsione meteorologica denominato ETA. Operativo presso il National Centers for Environmental Prediction dell'U.S. National Weather Service, ETA è un modello atmosferico tridimensionale ad equazioni primitive con output su grigliato, da noi adattato per produrre previsioni ad una risoluzione orizzontale fino a circa 4 Km. Oltre al campo di vento a 10 m, gli outputs di ETA includono la distribuzione verticale di parametri fisici fra cui pressione, temperatura e umidità dell'aria sino a circa 25 Km di quota.

Tranne per alcune discrepanze in piccole aree sparse, è stato trovato un complessivo accordo tra i risultati dell'inversione sulle immagini SAR e le predizioni del modello ETA. Inoltre, si è effettivamente riscontrato che la metodologia di inversione non è in grado di riconoscere le modulazioni della velocità del vento dovute alla manifestazione dell'onda di gravità. Queste sono presenti nella zona analizzata a causa dell'ostacolo orografico che la penisola a nord della Corsica rappresenta per il flusso d'aria proveniente da O-SO. Il monitoraggio dell'evoluzione temporale del fenomeno di propagazione ondulatorio è stato reso possibile dall'osservazione, sulle immagini NOAA/AVHRR e MODIS, di un pattern nuvoloso associato all'onda atmosferica. Per tener conto della modulazione della velocità del vento, osservata sull'immagine SAR, è stato applicato un modello di propagazione delle onde atmosferiche prodotte dalle caratteristiche dell'ostacolo e dalle condizioni dell'atmosfera. Come input al modello sono stati utilizzati i profili verticali, predetti dal modello ETA, delle grandezze atmosferiche di rilievo e relativi alla regione antistante l'ostacolo orografico.

OSSERVAZIONI DA RADIOMETRO E SCATTEROMETRO DEL BACINO DEL MEDITERRANEO

Nazzareno Pierdicca, Luca Pulvirenti,

Dipartimento Ingegneria Elettronica, via Eudossiana 18, 184 Roma; e-mail: nazzareno.pierdicca@uniroma1.it,
pulvirenti@mail.die.uniroma1.it

Francesco De Biasio, Stefano Zecchetto

ISAC CNR, Corso Stati Uniti 4, Padova; e-mail: f.debiasio@isac.cnr.it, s.zecchetto@isac.cnr.it

SOMMARIO

I dati forniti da radiometri e scatterometri a microonde consentono di acquisire lunghe serie temporali di dati riguardanti diversi parametri geofisici importanti per lo studio dell'ambiente e l'evoluzione del clima. In particolare, la temperatura di brillanza (TB) misurata dai radiometri è sensibile alla presenza di acqua nei tre possibili stati (vapore acqueo, acqua liquida nelle nubi, gocce di pioggia e particelle di ghiaccio). La TB è sensibile anche al vento che spira sulla superficie, che la rende rugosa, nonché alla temperatura superficiale ed alla salinità del mare. Lo scatterometro è la fonte principale di dati concernenti velocità e direzione del vento grazie alla sua capacità di misurare con precisione il coefficiente di backscattering a diversi angoli di azimut.

L'uso combinato delle misure da radiometro e scatterometro permette sia di operare una validazione incrociata delle stime di vento da misure radiometriche, che di sfruttare la loro complementarietà per studiare le caratteristiche di alcuni fenomeni meteorologici. Inoltre, lo studio di questo tipo di fenomeni in piccoli bacini come quello del Mediterraneo, può essere effettuato solo disponendo di misure, quali quelle fornite dai satelliti, ad una risoluzione spaziale dell'ordine delle decine di Km.

Il presente lavoro si fonda sull'utilizzo di due anni (2000-2001) di dati forniti dal radiometro Special Sensor Microwave / Imager (SSM/I) e dallo scatterometro QuikSCAT Seawinds e si propone due obiettivi. Il primo è la validazione di un metodo di stima della velocità del vento da SSM/I basato su simulazioni di TB per valutarne la sua applicabilità a sensori più moderni che dispongono anche di bande poco sensibili all'atmosfera (AMSR-E, Windsat). Il secondo obiettivo è la produzione di mappe medie bimestrali di tasso di precipitazione (RR), contenuto integrato di liquido (LWP) e vapore (IPWV) in atmosfera, direzione e velocità del vento (WS) sulla superficie del mare e velocità verticale (Ekman pumping), per analizzare le proprietà di alcuni fenomeni meteorologici comuni nell'area Mediterranea. I dati acquisiti da radiometro e scatterometro sono stati co-locali su una griglia comune (quella del QuikSCAT) avente risoluzione di $0.25^\circ \times 0.25^\circ$.

Le mappe di RR, LWP e IPWV derivate da dati SSM/I sono state generate utilizzando algoritmi di letteratura (Gerard e Eymard, 1998), (Ferraro e Marks, 1995), la cui validità è stata verificata anche per l'area Mediterranea. L'algoritmo di stima della velocità del vento da radiometro è stato addestrato su simulazioni generate utilizzando delle "model functions" derivate dalle uscite del pacchetto software SEAWIND che implementa un modello a doppia scala di superficie marina a microonde ed uno schema di trasferimento radiativo in atmosfera non diffondente. Il pacchetto SEAWIND permette di simulare non solo le TB ma anche le altre componenti del vettore di Stokes (U e V) a diverse frequenze, ma necessita di un tempo di calcolo elevato. Le "model functions" permettono di ridurre tale tempo di calcolo pur riproducendo con buona accuratezza la sensibilità di SEAWIND alle principali variabili meteorologiche.

La validazione del metodo di stima di WS, effettuata confrontando le stime con le misure QuikSCAT, ha mostrato un buon accordo, risultando quindi promettente per l'estensione anche ad altri sensori.

Per quanto riguarda l'analisi delle mappe medie bimestrali di vento, liquido e vapore, essa si è rivelata significativa per lo studio delle caratteristiche di due tipi di vento: il Mistral (da Nord-Ovest) ed il Vendaval (da Sud-Ovest). E' stata infine notata, in alcuni casi, una corrispondenza tra l'occorrenza di fenomeni di pioggia di tipo convettivo rivelati dal radiometro sull'area Mediterranea ed elevati valori di velocità verticale misurata dallo scatterometro.

CAMPAGNE SPERIMENTALI PER LA STIMA DEL CONTENUTO DI VAPOR D'ACQUA NELL'ATMOSFERA: CONFRONTO TRA RADIOMETRI A MICROONDE, GPS E RADIOSONDE

P. Basili ⁽¹⁾, S. Bonafoni ⁽¹⁾, V. Mattioli ⁽¹⁾, P. Ciotti ⁽²⁾, E. Fionda ⁽³⁾, Ed. R. Westwater ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Dip. di Ingegneria Elettronica e dell'Informazione, Univ. di Perugia, via Duranti 93 06125 Perugia, ph. +390755853667, fax +390755853654, E-mail: basili@diei.unipg.it

⁽²⁾ Dip. di Ingegneria Elettrica, Univ. of L'Aquila, 67040 Poggio di Roio, L'Aquila, ph. +390862434412, fax +390862434414, E-mail: p.ciotti@ing.univaq.it

⁽³⁾ Fondazione Ugo Bordoni, Viale Europa 190, 00144 Roma, ph. +390654802118, fax+ 390654804401, E-mail: ermanno@fub.it

⁽⁴⁾ Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado/NOAA-Environmental Technology Laboratory, 325 Broadway, Boulder, CO 80305, USA, ph. +1-303-497-6527, E-mail: Ed.R.Westwater@noaa.gov

Il vapor d'acqua è un parametro importante nello studio di fenomeni meteorologici in quanto dalla sua condensazione dipende la formazione delle nubi, delle nebbie, delle precipitazioni.

Essendo uno dei più variabili costituenti atmosferici, è fondamentale l'utilizzo di strumenti in grado di effettuare stime accurate con elevata risoluzione temporale: una grandezza molto interessante per il monitoraggio del vapore è il contenuto integrato di vapor d'acqua precipitabile atmosferico IPWV (Integrated Precipitable Water Vapour).

L'IPWV in un sito specifico viene usualmente calcolato tramite radiosondaggi (RAOB), ricevitori GPS ed invertendo misure di temperature di brillanza effettuate da radiometri a microonde posti a terra (WVR).

In questo lavoro verranno mostrate le stime di IPWV ottenute in varie campagne sperimentali svolte in Italia e negli Stati Uniti, utilizzando tali strumenti collocati e operanti contemporaneamente, utilizzando tecniche statistiche di regressione lineare multipla e reti neurali. In particolare:

- Gennaio–Dicembre 1999: campagna di misure a Cagliari, condotta dal gruppo di ricerca di telerilevamento dell'Università di Perugia, di L'Aquila e della Fondazione Ugo Bordoni. Gli strumenti utilizzati comprendevano RAOB (Vaisala RS80, lanciate 4 volte al giorno), WVR (campionamento allo zenit ogni minuto) e GPS (risoluzione temporale di cinque minuti, software Bernese).

- Giugno 2000–Ottobre 2001: campagna di misure a Perugia, condotta dal gruppo di ricerca di telerilevamento dell'Università di Perugia, di L'Aquila e della Fondazione Ugo Bordoni. Gli strumenti utilizzati comprendevano WVR (risoluzione temporale di un minuto), GPS (risoluzione temporale di cinque minuti, software Gipsy) e una stazione meteorologica con pluviometro.

- Luglio–Dicembre 2002: campagna di misure all'Isola d'Elba, condotta dal gruppo di ricerca di telerilevamento dell'Università di Perugia, di L'Aquila e della Fondazione Ugo Bordoni. Gli strumenti utilizzati comprendevano WVR (risoluzione temporale di un minuto), GPS (risoluzione temporale di cinque minuti, software Gipsy) e una stazione meteorologica con pluviometro.

- Marzo–Aprile 2003: esperimento condotto a Southern Great Plains (SGP), in Oklahoma, USA, dal programma Atmospheric Radiation Measurement (ARM) del Dipartimento dell'Energia degli USA. Nell'ambito della collaborazione con il National Oceanic and Atmospheric Administration/Environmental Technology Laboratory (NOAA/ETL) il gruppo di ricerca di telerilevamento dell'Università di Perugia si è occupato dell'analisi di dati da: tre radiometri WVR-1100 (campionamento allo zenit ogni trenta secondi), ricevitore GPS (risoluzione temporale di trenta minuti, software Gamit), RAOB (lanciate 4 volte al giorno), lidar Vaisala CT25K (risoluzione temporale quindici secondi).

- 9 Marzo–9 Aprile 2004: esperimento condotto al sito ARM a Barrow, in Alaska, USA, dal programma ARM e dall'ETL. Il gruppo di ricerca di telerilevamento dell'Università di Perugia ha partecipato attivamente alla conduzione dell'esperimento e si è occupato dell'analisi di dati da: radiometro WVR-1100 (campionamento allo zenit ogni trenta secondi), ricevitore GPS (risoluzione temporale di trenta minuti, software Gamit), RAOB (Vaisala RS90, VIZ-B2, Snow White, lanciate in tre locazioni a Barrow), lidar Vaisala CT25K (risoluzione temporale quindici secondi).

Tali campagne hanno permesso di valutare l'attendibilità e l'accuratezza di tali strumenti per la stima dell'IPWV sia in condizioni di cielo sereno che in presenza di precipitazioni, e di analizzare eventuali problemi legati alla non perfetta collocazione degli strumenti per tali campagne.

La tecnica del *GPS limb sounding* per il remote sensing del profilo di rifrattività atmosferica e il nuovo ricevitore *GPS ROSA* dell'Agenzia Spaziale Italiana

R. Notarpietro⁽¹⁾, G. Perona⁽¹⁾, M. Gabella⁽¹⁾, J. Wickert⁽²⁾

(1) Politecnico di Torino – Dipartimento di Elettronica – C.so Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino (Italy)

(2) GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam – Div. 1, Kinematics and Dynamics of the Earth – Potsdam (Germany)

Corresponding author: Riccardo Notarpietro (riccardo.notarpietro@polito.it) – Tel: +39.011.564.4623

L'importanza della tecnica del *GPS limb sounding* per il remote sensing dell'atmosfera terrestre è certamente cresciuta nel corso dell'ultimo decennio dopo che, nel 1995, la prima missione di concetto *GPS-MET* (*GPS-MET*eorology, nata da una collaborazione tra la *UCAR*, il *JPL* e la *NASA*) ne dimostrò l'efficacia. Invertendo le misure di ritardo di fase del segnale GPS, osservabili da un ricevitore trasportato a bordo di un satellite posto in orbita bassa quando sta tramontando o sorgendo rispetto al trasmettitore, è possibile dedurre il profilo di rifrattività atmosferica (e quindi di pressione, temperatura e umidità) che ha causato tale ritardo, con una risoluzione verticale più elevata rispetto a quella ottenibile con altre tecniche (fino anche a 100 m). Un solo ricevitore sarebbe inoltre in grado di fornire, almeno in linea teorica, fino a 500 profili atmosferici al giorno distribuiti uniformemente sul globo.

Attualmente, almeno due missioni satellitari forniscono operativamente i profili atmosferici utilizzando tale tecnica. Si tratta della missione argentina *SAC-C* e di quella tedesca *CHAMP* (*CH*allenging *Min*isatellite *P*ayload). Ad esempio, per quello che riguarda quest'ultima, dalla data della sua prima misura (11/02/2001) ad oggi sono stati osservati circa 270000 occultamenti di tipo "set" (tramonto del ricevitore rispetto al trasmettitore), dei quali circa 170000 sono stati considerati validi, con una media di circa 140 profili atmosferici forniti ogni giorno agli utenti. In Italia, un'iniziativa finanziata dall'Agenzia Spaziale Italiana chiamata *ASTRO* (*A*tmospheric *S*ounding *T*hrough *R*adio *O*ccultation) nata nel 1998 con una collaborazione di cinque enti universitari (Politecnico di Torino, Università "La Sapienza" di Roma, Università di Camerino, Istituto di Scienza dell'Atmosfera e del Clima di Bologna, Istituto di Fisica Applicata "Carrara" di Firenze) e un partner industriale (Alenia Spazio – LABEN), ha permesso di sviluppare un prototipo di ricevitore GPS per il radio occultamento chiamato *ROSA* (*R*adio *O*ccultation *S*ounding of the *A*tmosphere), progettato opportunamente in modo da migliorare quelli attualmente utilizzati in missioni di questo tipo.

La tecnica del radio occultamento è basata sull'inversione delle misure di ritardo di fase, o meglio, delle misure di Eccesso Doppler (scostamento Doppler in eccesso rispetto a quello geometrico) causato dagli effetti rifrattivi indotti dall'atmosfera terrestre nella propagazione del segnale. L'elevata variabilità spazio-temporale del vapor d'acqua soprattutto negli strati più bassi della troposfera è però la causa principale di propagazioni anomale del segnale (multipath, ducting), effetti questi piuttosto comuni anche alle nostre latitudini. Dal punto di vista del ricevitore GPS la loro conseguenza è rappresentata dalla perdita prematura dell'aggancio di fase (se il *tracking* avviene ad anello chiuso) e, di conseguenza, dall'impossibilità di estrarre le informazioni necessarie sulla fase del segnale ricevuto. In termini di retrieval, i profili dedotti in questi casi non possono rappresentare l'atmosfera fino agli strati più bassi. Inoltre, è stato osservato un *bias* negativo sulla maggior parte dei profili di rifrattività ricavati con tale tecnica, se confrontati con i dati forniti dall'*ECMWF*.

Il ricevitore *GPS ROSA* differisce sostanzialmente da quelli attualmente utilizzati come *payload* per missioni di radio occultamento innanzitutto perché sarà in grado di gestire sia occultamenti di tipo "set" che di tipo "rise" (durante i quali il ricevitore sorge rispetto al trasmettitore), e perché potrà implementare il *tracking* del segnale in modo innovativo: ad anello chiuso quando il segnale proviene dalla stratosfera e ad anello aperto quando proviene dalla troposfera. È noto però che per poter inseguire il segnale ad anello aperto è necessario fornire al ricevitore una predizione dell'Eccesso Doppler in tempo quasi reale. Nell'ambito di questo lavoro si vuole descrivere la tecnica che permette di predire l'Eccesso Doppler sulla base di un modello atmosferico e che è stata implementata nel software di bordo di *ROSA*; la sua validazione è effettuata confrontando le predizioni con circa 200 misure realmente svolte dal ricevitore di *CHAMP* durante eventi di occultamento di tipo "set" osservati nell'inverno 2002/2003 sopra l'Europa; la sua ottimizzazione per adattarla ad un'utilizzazione in *quasi real-time*. La stessa tecnica è stata poi applicata per predire sia le evoluzioni di Eccesso Doppler che l'istante di inizio occultamento per gli eventi di tipo "rise" (quantità questa fondamentale per il ricevitore che deve essere in grado di stabilire quando cominciare a cercare ed "inseguire" il segnale). Dal momento che non esistono misure reali di questo tipo abbiamo dovuto simulare la geometria di eventi "rising" utilizzando un software commerciale per la gestione delle orbite (*STK*[®] - *S*atellite *T*ool *K*it).

Infine verrà descritta l'idea di una campagna di misure a terra da svolgersi durante il prossimo inverno/primavera utilizzando un *bread-board* del *ROSA* posto sulla cima di una montagna. Sebbene in linea di principio la dinamica dei segnali "attesi" da terra sia completamente differente e la tecnica di inversione standard sia applicabile solo per caratterizzare l'atmosfera fino alla quota a cui è posto il ricevitore, si vuole sia testare il ricevitore dal punto di vista hardware ma anche validare l'intera catena algoritmica che permette di effettuare l'inversione del segnale.

Titolo: Misure di attenuazione a microonde fra satelliti LEO per la stima del vapor acqueo nella bassa troposfera.

Autori: Fabrizio CUCCOLI, Luca FACHERIS, Dino GIULI
CNIT e Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Università di Firenze, Via Santa Marta 3 - 50139
Firenze - ITALY

Autore di riferimento: Luca Facheris - Tel: +390554796274; Fax: +39055488883;
e-mail: facheris@ingfi1.ing.unifi.it

La misura della concentrazione del vapore acqueo atmosferico, specialmente per quanto riguarda gli strati più bassi della troposfera, è di primario interesse nella comunità scientifica che si occupa di telerilevamento. La concentrazione di vapore acqueo varia considerevolmente in funzione del tempo e della posizione e pertanto la sua misura non è facile in genere, ma è di grande interesse negli studi climatologici, meteorologici e per applicazioni di telecomunicazioni.

Come è noto, nell'intervallo di frequenze tra 10 e 30 GHz il vapore acqueo presenta una curva di assorbimento con picco a 22.235 GHz, causa di attenuazione di potenza per i segnali elettromagnetici che si propagano in troposfera. In questo lavoro sono presentati i risultati dello studio sulla possibilità di stimare il contenuto di vapore acqueo presente lungo il percorso di propagazione fra due satelliti LEO (Low Earth Orbit), il primo con un trasmettitore ed il secondo con un ricevitore a bordo, ambedue orbitanti a quote basse sullo stesso piano orbitale, sfruttando misure differenziali di potenza nell'intervallo 10-26 GHz.

In precedenti lavori gli hanno dimostrato il legame fra il contenuto integrale di vapore acqueo (I_{wv} , integrated water vapor) presente lungo un percorso di propagazione atmosferico e la funzione "sensitivity" $S(f)$ (parametro di sensibilità spettrale). Il tipo di legame riscontrato è per lo più lineare o quadratico e praticamente indipendente dalle condizioni ambientali tipiche della troposfera.

L'approccio seguito per stimare la funzione $S(f)$ riferita ad una data frequenza f , utile a ricavare direttamente il contenuto integrale di vapore acqueo, consiste nella possibilità di misurare simultaneamente l'attenuazione totale subita in troposfera da due segnali ad onda continua a due frequenze sufficientemente "prossime", in modo da ottenere la funzione $S(f)$ come rapporto incrementale normalizzato di potenze.

L'analisi è stata fatta a diverse frequenze in modo da identificare quelle ottimali al variare della quota tangente, rispetto alla superficie terrestre, del percorso di propagazione. Una frequenza è tanto migliore quanto maggiore è la correlazione fra $S(f)$ e I_{wv} , indipendentemente dalle condizioni atmosferiche.

Le prestazioni sono state valutate sfruttando simulazioni di propagazione in atmosfera durante la fase di tramonto relativo dei due satelliti (occultazione) al variare delle condizioni di pressione temperatura e concentrazione di vapore acqueo. Gli intervalli di variazione di questi parametri sono stati assegnati in base a valori reali misurati con radionsondaggi.

Sono stati utilizzati dataset annuali di radiosondaggi acquisiti nelle diverse posizioni del globo terrestre, che hanno permesso di simulare tutte le condizioni atmosferiche plausibili. In questo modo è stato possibile quantificare gli errori di stima del vapore acqueo utilizzando la relazione di conversione tra contenuto integrale di vapore acqueo e $S(f)$, al variare delle condizioni atmosferiche.

Inoltre sono stati analizzati gli effetti del rumore al ricevitore, del fenomeno di scintillazione (variazioni temporali dell'indice di rifrazione per effetto della turbolenza atmosferica) sulle prestazioni del ricevitore nella stima della funzione *sensitivity*. Gli effetti del rumore sono stati analizzati in termini di incremento/decremento del rapporto segnale rumore al ricevitore rispetto ad un valore di riferimento realistico assunto in assenza di attenuazione. Il fenomeno di scintillazione è stato trattato con modelli stocastici per la singola frequenza e con modelli di correlazione statistica tra le due frequenze utilizzate per la stima della funzione *sensitivity*.

I risultati ottenuti mostrano che è possibile stimare la funzione $S(f)$ sopra i 2-3 km di altezza tangente del percorso di propagazione nell'intervallo di frequenza 19-21 GHz con errori inferiori al 5%, e che il contenuto integrale di vapore acqueo può essere direttamente rilevato (convertendo con legge lineare o quadrata la *sensitivity*) fino a 10-12 km di quota tangente con errori finali inferiori al 10%.

Quote tangenti inferiori ai 2-3 km necessitano di frequenze inferiori ai 19 GHz a causa dei livelli troppo alti di attenuazione del segnale a 19-21 GHz. Con 17 GHz è possibile scendere teoricamente fino alla superficie terrestre, ma con prestazioni sulla stima della *sensitivity* inferiori (errori dell'ordine del 30-40%) rispetto al caso 19-21 GHz. Il peggioramento delle prestazioni è dovuto principalmente ai fenomeni di scintillazione che non sono trascurabili alle quote più basse. Anche con 17 GHz il contenuto integrale di vapore acqueo può essere direttamente rilevato convertendo linearmente la *sensitivity*.

Telerilevamento di precipitazioni atmosferiche mediante radar meteorologici a doppia polarizzazione in banda C

F.S. Marzano¹, G. Vulpiani¹ and V. Chandrasekar²

(1) Dipartimento di Ingegneria Elettrica - Centro di Eccellenza CETEMPS, Università dell'Aquila, Italy
Montelucio di Roio, 67040 L'Aquila

E-mail: marzano@ing.univaq.it, g.vulpiani@aquila.infn.it, Fax +39.0862.434403

(2) Department of Electrical Engineering and Computer Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado

(3) Department of Environmental Sciences, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands

Abstract

Polarimetric radar estimation of rainfall in convective regimes is affected by the two-way path fade. The latter effect must be carefully evaluated if a quantitative precipitation estimation needs to be carried out, especially at C band and above [Bringi and Chandrasekar, 2001]. In this respect, polarimetric differential phase measurements have been proven to be particularly useful [Zrníc et al., 1996; Testud et al., 2000; Bringi et al., 2001]. Analytical solution of the inverse problem, based on the Hitschfeld-Bordan formulation, have been proposed using differential phase data as a constraint to the general solution. The idea behind is to exploit the almost linear relation between path attenuation and differential phase shift in order to regularize the inverse problem of radar retrieval in convective rainfall at C band and above.

In this work, analytical inversion techniques are revised and framed within general profiling methods developed for spaceborne applications. We propose an adaptive iterative approach, based on a backward recursion and differential phase constraint. The methodology exploits the statistical relationship derived from a polarimetric radar physically-based simulator and a constrained optimization procedure to correct the polarimetric power observables for the two-way path attenuation. Rain rate profile is then estimated by employing a feed-forward neural network and corrected radar data. Iterative approaches are shown to have an appealing flexibility to cope with variable conditions along the path. Numerical results in a controlled simulation environment, where an error model on amplitude and phase observables has been set up, have shown that the hybrid adaptive iterative algorithm performs quite well. When compared to current available inversion techniques, the improvement ranges from 10% to 25% in terms of standard errors. Moreover, the proposed technique shows a fairly good robustness to noise bias, that is when a systematic error is supposed to affect both the horizontal and the differential reflectivity. Preliminary applications to C-band polarimetric data will be also shown and discussed for some case studies, comparing the results with available literature techniques.

Mapping di neve in aree alpine con immagini ENVISAT/ SAR

Simone Pettinato⁽¹⁾, Pietro Poggi⁽¹⁾, Giovanni Macelloni⁽¹⁾, Simonetta Paloscia⁽¹⁾, Paolo Pampaloni⁽¹⁾ Andrea Crepaz⁽²⁾

⁽¹⁾ IFAC-CNR, via Panciatichi 64, 50127 Firenze, Email: P.Pampaloni@ifac.cnr.it

⁽²⁾ Centro Valanghe Arabba, ARPAV

La possibilità di ottenere informazioni sulla copertura nevosa in aree alpine è di grande importanza in varie discipline come l'idrologia, il controllo delle acque e la climatologia.

Il monitoraggio del manto nevoso con sensori ottici e infrarossi, in condizioni di cielo sereno è ormai una pratica a livello operativo. Tuttavia, solo i sensori a microonde possono operare in condizioni meteorologiche avverse. Gli effetti della copertura di neve asciutta sul backscattering in banda C sono molto modesti e difficilmente identificabili per la elevata trasparenza, in questa banda, di un strato anche molto spesso di neve. Al contrario diversi esperimenti hanno documentato l'abilità dei radar a sintesi di apertura in banda C, per la stima dell'estensione della neve umida

Nell'ambito del progetto EC ENVISNOW è stata acquisita una serie di immagini ERS SAR e ENVISAT ASAR sul bacino del Cordevole nelle Alpi orientali, con l'obiettivo di studiare l'evoluzione temporale del manto nevoso. L'esperimento ha compreso anche misure a terra dei parametri caratteristici della neve. Le immagini SAR acquisite in tempi diversi sono state geocodificate sul DEM dell'area e calibrate con le procedure fissate da ESA, tenendo conto della topografia dell'area.

Il monitoraggio della neve umida è stato effettuato con l'approccio del "change detection". È stato dimostrato sperimentalmente e teoricamente che la presenza di neve umida determina una sensibile diminuzione di backscattering rispetto al caso di terreno nudo o coperto da neve asciutta. Sulla base di dati sperimentali e di simulazioni effettuate con un modello elettromagnetico basato sulla teoria delle fluttuazioni forti si è visto poi che la rivelazione di neve umida può essere effettuata imponendo un soglia di -3dB rispetto ad un'immagine di riferimento ottenuta mediando due o tre immagini ottenute in tempi diversi su terreni nudi. Usando quindi dati multitemporali, e con l'ausilio del modello digitale del terreno e di misure di temperatura a varie quote, è stato possibile monitorare la variazione del manto nevoso e identificare anche le aree coperte da neve asciutta.

Telerilevamento a Microonde del ciclo di fusione della neve

Pampaloni P., G. Macelloni, S. Paloscia, P. Poggi,
IFAC-CNR- via Panciatichi 64, 50127 I Firenze- e-mail P. Pampaloni @ifac.cnr.it

F. De Biasio, S. Zecchetto,
ISAC-CNR, Padova, Italy

R. Ranzi, M. Tomirotti,
University of Brescia, Dept. Civil Eng. Brescia, Italy

A.. Cagnati, A.Crepaz
Centro Valanghe Arabba, Italy

Il monitoraggio del ciclo di fusione della neve è assai importante per il controllo delle risorse idriche e la previsione di eventi catastrofici come alluvioni e valanghe. Durante il processo di fusione i cristalli di neve asciutta si trasformano in grossi grani arrotondati. Nella fase notturna di rigelo, che coinvolge soprattutto lo strato superficiale, i cristalli si aggregano in grani policristallini e possono formare una crosta superficiale. Questa trasformazione influenza le caratteristiche di emissione e scattering della neve, che cambiano in relazione al ciclo giornaliero di fusione rigelo

Per approfondire queste relazioni si è effettuato uno studio del ciclo di fusione della neve combinando misure con sensori a microonde attivi e passivi con dati meteorologici e le simulazioni effettuate con un modello idrologico. L'esperimento, progettato nell'ambito del progetto europeo ENVISNOW, ha avuto luogo sulle Alpi orientali dall'inizio di febbraio alla fine di marzo 2003. La temperatura di brillanza del manto nevoso nelle bande C-, Ku- e Ka (polarizzazioni verticale e orizzontale) ed il coefficiente di backscattering in banda Ku- (VV), sono stati misurati con continuità (24ore/giorno) con sensori posti su una piattaforma terrestre. A queste osservazioni si sono aggiunte misure meteorologiche (vento, temperatura e umidità aria, radiazione solare diretta e riflessa, flusso radiativo netto nella neve e flusso di calore nel terreno) e dei parametri della neve (spessore, densità, umidità, equivalente in acqua, dimensione e forma dei grani).

Per tutto il periodo delle misure si è effettuata una simulazione continua della temperatura, spessore e acqua liquida della neve usando un modello fisico di fusione della neve (PDSM). Il tasso di fusione della neve ed il flusso di acqua sono stati stimati sulla base del bilancio di energia per mezzo di un modello a due strati comprendente uno strato superficiale di spessore fisso di 10 cm. Per interpretare l'emissione ed il backscattering a microonde si è usato un modello di trasporto radiativo basato sulla Strong Fluctuation Theory (SFT) e implementato sullo stesso schema dei due strati. In questo modello ciascuno strato è formato da un insieme di particelle sferiche di ghiaccio circondate da un film sottile d'acqua e immerse in aria. La permittività di queste particella è stata calcolata usando la formula di Maxwell-Garnett

Entrambi gli approcci, idrologico e di telerilevamento, hanno dato risultati coerenti e utili per descrivere i cicli di fusione-rigelo. Durante il ciclo di fusione, la presenza di acqua liquida causa un aumento dell'assorbimento e quindi un incremento della temperatura di brillanza ed una conseguente diminuzione del backscattering. Il modello elettromagnetico, con opportuni dati di ingresso ricavati dalle misure a terra e dalle simulazioni idrologiche ha permesso di ben riprodurre tutte le misure a microonde. Lo stesso modello è stato usato per allenare una rete neurale in un processo di inversione per il retrieval del contenuto di acqua liquida dalle misure a microonde.

EMISSIONE A MICROONDE DELL' ANTARTIDE E CALIBRAZIONE DI RADIOMETRI A BASSA FREQUENZA DA SATELLITE

G. Macelloni, P. Pampaloni
Istituto di Fisica Applicata, IFAC-CNR,
via Panciatichi 64, 50127
Firenze, Italy
P.Pampaloni@ifac.cnr.it

M. Tedesco
NASA - Cold Land Working Group

M.Drinkwater
ESA- ESTEC
Noordwijk, The Netherlands

L'Antartide, che è uno dei più interessanti laboratori naturali del mondo, gioca un ruolo fondamentale nei cicli idrologici e meteorologici. La stazione DOME Concordia, situata a $75^{\circ}06'06''S$ e $123^{\circ}23'42''E$, vicino alla sommità dell'altopiano polare dell'Antartide orientale con un'altitudine di 3280 m s.l.m., è uno dei posti più freddi e elevati della Terra con i suoi $-50.4^{\circ}C$ di temperatura media. Questo luogo è spazialmente omogeneo con scarse pendenza. Il tasso di accumulazione è di circa 3.7 cm/anno, la velocità media del vento è di circa 2.7 m/s e la temperatura, durante l'estate, varia di solito fra -20 fino a -50 gradi Celsius.

Oltre all'interesse legato ai cambiamenti climatici e alle applicazioni glaciologiche e idrologiche, c'è una crescente attenzione per quest'area da parte della comunità del telerilevamento a microonde, perché le dimensioni, la struttura, l'omogeneità e la stabilità termica temporale dell'area la rendono appetibile come zona di calibrazione esterna e validazione dati per i radiometri a microonde da satellite.

I dati a microonde su questa regione sono stati e vengono tuttora raccolti con i sensori dei satelliti SMMR, SSM/I e AMSR-E. Tuttavia, esiste una scarsità di informazione per le basse frequenze, che sono le più interessanti per indagare spessi strati di ghiaccio. Per questa ragione, e in vista del lancio di alcuni radiometri in banda L sui satelliti SMOS, Hydros e Aquarius, è stato pianificato un esperimento per misurare l'emissione in banda C e L durante l'estate australe 2004/2005. Questo esperimento, sostenuto da ESA nell'ambito delle attività di calibrazione di SMOS e dal Progetto Italiano Antartide, prevede misure radiometriche da una torre a diversi angoli di incidenza e azimuth e misure dei parametri nivologici effettuate con metodi convenzionali.

Per preparare l'esperimento sono state realizzate delle simulazioni per mezzo di un modello elettromagnetico multi-strato basato sulla teoria delle fluttuazioni forti.

SMART TTD PER ANTENNE ATTIVE

M. Varasi⁽¹⁾, L. Pierno⁽¹⁾, M. Dispenza⁽¹⁾, Giorgio Perrotta⁽²⁾, Fulvia Verzegnassi⁽³⁾

⁽¹⁾Alenia Marconi Sistemi Via Tiburtina Km____, Roma ITALY.

⁽²⁾IMT srl Via B. Piazza 8, Roma ITALY.

⁽³⁾Alenia Spazio Via Saccomuro, 24 Roma ITALY.

SOMMARIO

Al fine di ottimizzare le prestazioni di strumenti SAR complessi, è stata analizzata una soluzione fotonica per la BFN che include una matrice TTD (True Time Delay) in ottica ed un confronto prestazionale rispetto alla tecnologia convenzionale in RF. L'antenna di riferimento è del tipo utilizzato nel programma COSMO-SkyMed composta da circa 1280 elementi attivi di ricezione e trasmissione operanti in entrambe le polarizzazioni lineari H&V. Il grande vantaggio di questo tipo di antenna sta, oltre che nella elevata qualità del fascio trasmesso/ricevuto anche nella possibilità di riconfigurare i pattern di trasmissione/ricezione in volo, per adattare l'antenna alle diverse richieste dell'utenza e per effettuare piccole scansioni del fascio senza movimenti meccanici; oltre a ciò è possibile, sempre in volo, effettuare la ricalibrazione dell'antenna.

La TTD ottica descritta in questo articolo permette una elevata velocità di riconfigurazione dei segnali da inviare agli elementi attivi assicurando elevate prestazioni di accuratezza e migliori bilanci in termini di massa e volume occupati. Nell'articolo, oltre ad una breve descrizione dei concetti base del progetto della TTD ottica, è anche sinteticamente riportata una breve descrizione delle potenziali applicazioni della tecnologia ottica al mondo del telerilevamento dallo Spazio.

“UN RADIOMETRO A MICROONDE MULTICANALE: CONFRONTO CON LE TECNICHE ATTIVE”

Madonna F., D’Amico G., Cornacchia C., Amodeo A., and Pappalardo G.
Istituto di Metodologie per l’Analisi Ambientale (IMAA) – CNR,
Contrada S.Loja - Tito Scalo Zona industriale 85050 (Potenza)
madonna@imaa.cnr.it

Sommario

Negli ultimi vent’anni, i risultati conseguiti dalla radiometria a microonde hanno contribuito in modo essenziale alla caratterizzazione statica e dinamica dell’atmosfera, rilevando tutte le potenzialità che questa banda di frequenza può esprimere nell’ambito del telerilevamento. In particolare la radiometria da terra è stata e continua ad essere un elemento fondamentale nell’ambito dei programmi di validazione dei dati satellitari e nell’integrazione dei dati ottici.

Il radiometro a microonde installato all’Istituto di Metodologie per l’Analisi Ambientale (IMAA) del CNR, situato a Tito scalo (40.60°N, 15.72°E, 820 m a.s.l), dotato di 12 canali (7 nella banda K-Ka, 5 nella banda V) è in grado di fornire h24 profili verticali di temperatura, vapore d’acqua ed acqua liquida fino ad una quota di 10 km dal suolo, con una risoluzione spaziale di 100 m fino ad 1 km, 250 m altrove. Il sistema è in grado di operare una scansione tridimensionale dell’atmosfera sovrastante, misurando la temperatura di brillantezza del cielo a diversi angoli zenitali ed azimutali. Le temperature di brillantezza sono integrate dai parametri misurati alla superficie (temperatura, RH, pressione) rilevate dai sensori interni al radiometro e dalla quota della base del primo strato nuvoloso osservato ottenuta dalle misure di un termometro infrarosso (IRT), opportunamente installato sul radiometro. L’inversione dei dati avviene utilizzando reti neurali opportunamente addestrate, basate su una storia di circa 10000 radiosondaggi, ottenuti dalla rete RAOB e relativi al sito della rete più prossimo alla stazione di misura.

I prodotti radiometrici vengono principalmente utilizzati nell’ambito dei progetti di validazione dei dati satellitari, nella calibrazione dei profili verticali di vapor d’acqua misurati dal LIDAR Raman (attraverso il confronto tra le rispettive misure della quantità integrata di vapor d’acqua) e all’interno di campagne di misura locali ovvero presso altri siti e in collaborazione con diversi enti di ricerca. Le altre applicazioni di interesse dei dati radiometrici si rivolgono all’osservazione della variabilità del profilo di temperatura per lo studio della dinamica atmosferica e ad un confronto con le tecniche attive. A tale scopo, è stato verificato anche l’accordo dei profili verticali di temperatura e vapor d’acqua con quelli ottenuti dai locali sistemi di radiosondaggio. Il contenuto verticale di acqua liquida, invece, è stato invece utilizzato per stimare la base delle nubi osservate, incrociando queste con le stime effettuate dagli strumenti attivi (LIDAR e nefoipsometro). Il confronto è stato effettuato per le nubi osservate nella bassa troposfera, essenzialmente costituite da acqua liquida e prive di cristalli di ghiaccio. La stima della base della nube per il LIDAR è stata effettuata attraverso lo studio profilo verticale del coefficiente di retrodiffusione elastico; per il nefoipsometro, invece, si assume come quota di base della nube quella in corrispondenza della quale la visibilità verticale è inferiore a 100 m. I risultati del confronto rivelano il buon accordo delle stime effettuate con le diverse strumentazioni e la molteplicità d’impiego dei dati radiometrici.

SIMULAZIONE EFFICIENTE DI SEGNALI SAR AD ELEVATA RISOLUZIONE: LA MODALITA' IBRIDA STRIPMAP/SPOTLIGHT

Giorgio Franceschetti, Raffaella Guida, Antonio Iodice, Daniele Riccio
Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni,
Università di Napoli "Federico II"
Via Claudio, 21 - 80125 Napoli
{gfrance, rafguida, iodice, daniele.riccio}@unina.it

SOMMARIO

La modalità di funzionamento ibrida stripmap/spotlight per Radar ad Apertura Sintetica (SAR) [1] è in grado di generare immagini nelle microonde con una risoluzione in azimuth migliore di quella raggiunta dalla modalità stripmap ed una copertura a terra maggiore di quella garantita dalla geometria spotlight. La rotazione del fascio dell'antenna radar attorno ad un punto più distante dal radar dell'area che si vuole illuminare è l'espedito che conferisce alla modalità ibrida le caratteristiche descritte di risoluzione e copertura in azimuth. Tali proprietà hanno suscitato notevoli interessi nella comunità scientifica che infatti ha visto crescere, negli ultimi anni, gli studi di progettazione, elaborazione e di interpretazione dati relativi a tale modalità. Alcuni sensori SAR per lo spazio operanti in questa modalità sono tuttora in fase di progettazione, come SAR 2000 del progetto Cosmo/Skymed [2] o TerraSAR-X, mentre da aereo è già disponibile, ad esempio, il sensore a larga banda SAR/MTI PAMIR.

Si sente come urgente a questo punto, specialmente se dati grezzi reali non sono ancora disponibili, la realizzazione di un simulatore di segnali grezzi SAR ibridi in grado di supportare la progettazione di sistemi SAR ibridi e valutarne i relativi algoritmi di elaborazione.

Sebbene una simulazione di segnali grezzi SAR nel dominio del tempo sia sempre possibile e facile da realizzare, essa risulta dispendiosa in termini di tempo e di memoria quando si considerano scene estese. Di conseguenza, sarebbe auspicabile un approccio efficiente nel dominio della frequenza.

Un metodo di simulazione di questo tipo è stato presentato per le modalità stripmap e spotlight [3-4] ma, per quanto è nelle nostre conoscenze, non è disponibile una versione efficiente per segnali grezzi SAR ibridi relativi a scene estese. In letteratura [5] si trovano soltanto simulatori nel dominio del tempo per singoli punti o piccole scene.

In questo lavoro viene innanzitutto definita, e valutata con un'espansione asintotica, una nuova funzione di trasferimento per il caso ibrido.

Inoltre, dopo aver mostrato che in questo caso non è possibile un approccio nel dominio bidimensionale di Fourier, dimostriamo la convenienza di un approccio nel dominio monodimensionale di Fourier (per la coordinata range) seguito da un'integrazione nel dominio del tempo (per la coordinata azimuth) quando si accettano alcune approssimazioni solitamente valide nei casi reali.

Confrontato con un approccio completo nel dominio del tempo, lo schema di simulazione proposto appare molto più efficiente al punto da poter considerare il caso di scene estese. Alcuni esempi di simulazione, relativi a scene estese reali, ne attestano la validità dimostrando la ragionevolezza delle approssimazioni effettuate.

RIFERIMENTI

- [1] R.Lanari, S.Zoffoli, E.Sansosti, G.Fornaro, F.Serafino, "New approach for hybrid strip-map/spotlight SAR data focusing", *IEE Proc., Radar Sonar Navig.* vol.148, pp.363-372, 2001.
- [2] F.Caltagirone, P.Spera, R.Vigliotti, G.Manoni, "SkyMed/COSMO mission overview", *Proc. IGARSS1998*, Seattle, USA, pp. 683-685, 1998.
- [3] G.Franceschetti, M.Migliaccio, D.Riccio, G.Schirizzi, "SARAS: a SAR raw signal simulator", *IEEE Trans. Geosc. Remote Sensing*, vol.30, pp.110-123, 1992.
- [4] S.Cimmino, G.Franceschetti, A.Iodice, D.Riccio, G.Ruello, "Efficient Spotlight SAR Raw Signal Simulation of Extended Scenes", *IEEE Trans. Geosc. Remote Sensing*, vol.41, pp. 2329- 2337, 2003.
- [5] E.Boerner, R.T.Lord, J.Mittermayer and R.Bamler, "Evaluation of TerraSAR-X Spotlight Processing Accuracy based on a New Spotlight Raw Data Simulator", *Proc. IGARSS 2003*, Toulouse, France, pp.1323-1325, 2003.

MONITORAGGIO DI AREE URBANE TRAMITE L'USO DI DATI ERS-SAR E ALGORITMI DI RETE NEURALE

F. Del Frate, G. Schiavon, D. Solimini

Università Tor Vergata, DISP – Via del Politecnico, 1 – 00133 Roma
Email: delfrate@disp.uniroma2.it

Il telerilevamento ottico rappresenta una tecnica ormai consolidata per l'analisi dei cambiamenti urbani tramite dati satellitari. Tuttavia esso soffre di ben note limitazioni in particolare dovute all'indisponibilità dei dati in caso di copertura nuvolosa della scena sotto osservazione. A questo proposito l'uso di dati a microonde, specialmente quelli acquisiti da sistemi SAR, può rappresentare un'efficace alternativa oltre a rappresentare comunque un'ulteriore fonte d'informazione rispetto a quella proveniente dalla banda ottica.

In questo lavoro vengono presentati i risultati di uno studio sulle potenzialità dei dati SAR provenienti dai satelliti ERS-1 ed ERS-2 per la classificazione del territorio urbano della città di Roma e per il monitoraggio dei suoi cambiamenti attraverso un periodo di 5 anni, dal 1994 al 1999. La classificazione è stata effettuata tramite algoritmi di rete neurale in cui le classi corrispondono ad aree erbose o agricole, aree con vegetazione ad alto fusto, aree edificate ad alta o media densità, aree commerciali, superfici acquose, superfici asfaltate. L'algoritmo è implementato su base pixel considerando per ogni anno di interesse 5 differenti immagini SAR relative alla stagione invernale, a quella primaverile e a quella estiva. In particolare gli ingressi della rete neurale sono calcolati considerando sia i valori medi dei coefficienti di retrodiffusione, sia le loro variazioni nel tempo e nello spazio. In quest'ultimo caso si intende che sono stati calcolati i parametri di tessitura locali dell'immagine. Un ulteriore input è rappresentato dal grado di coerenza ricavato dalle combinazioni interferometriche. Infatti, per quanto parzialmente correlati, i coefficienti di retrodiffusione e i valori di coerenza contengono informazioni indipendenti sui meccanismi di interazione tra l'onda elettromagnetica e la superficie caratterizzante le classi urbane analizzate.

I risultati ottenuti hanno mostrato l'efficacia dell'algoritmo di classificazione neurale e che la metodologia adottata è in grado di rilevare i maggiori fenomeni di espansione urbanistica corrispondenti all'area sotto osservazione.

Un Approccio Multi Canale per la Stima della Velocità Radiale in Sistemi SAR Interferometrici Along Track

Alessandra BUDILLON⁽¹⁾, Vito PASCAZIO⁽¹⁾, Gilda SCHIRINZI⁽²⁾

⁽¹⁾ Istituto di Teoria e Tecnica delle Onde Elettromagnetiche – Università di Napoli “*Parthenope*”
via Acton, 38 – 80133 Napoli (ITALY)
☎ +39 081 5513976 – Fax +39 081 5512884 – E-mail: vito.pascasio@uniparthenope.it

⁽²⁾ DAEIMI – Università di Cassino
via Di Biasio 43 - 03043 Cassino (ITALY)
☎ +39 0776 2993654 – Fax: +39 0776 310812 – e-mail: schirinzi@unicas.it

Abstract

I sistemi SAR di tipo interferometrico Along Track (AT-InSAR) [1] sono caratterizzati dall'uso di due antenne separate montate sullo stesso velivolo e distanti b nella direzione del volo. Le due immagini radar ottenute possono essere combinate generando un segnale SAR interferometrico la cui fase è proporzionale alla velocità radiale di un eventuale oggetto in movimento, per esempio la superficie oceanica, navi o veicoli sulla superficie terrestre. In questo lavoro concentriamo la nostra attenzione sul caso di oggetti in movimento sulla superficie terrestre.

In particolare sussiste la relazione $\phi = (4\pi b/\lambda)u_r$, dove ϕ è la fase interferometrica, λ è la lunghezza d'onda del radar e u_r è la velocità radiale dell'oggetto normalizzata rispetto a quella del velivolo. In realtà la fase interferometrica è in primo luogo affetta da rumore di fase la cui entità dipende da molti fattori, tra cui (i) il rapporto tra la potenza di segnale dovuta all'oggetto in movimento e la potenza del segnale dovuta alla superficie fissa (clutter), (ii) il rapporto tra la potenza del clutter e la potenza di rumore termico, (iii) la cosiddetta coerenza tra le due immagini SAR che si utilizzano per generare la fase interferometrica. In secondo luogo, la fase interferometrica misurata è disponibile “arrotondata” (tra $-\pi$ e π). Queste due circostanze possono rendere complicato, se non impossibile, il problema della determinazione della velocità radiale u_r a partire dalla fase interferometrica.

In questo lavoro presentiamo un sistema SAR interferometrico multi canale per la stima di u_r . L'approccio a più canali permette un'accuratezza superiore nella stima statistica del parametro affetto dal problema dell'arrotondamento della fase. È stato infatti dimostrato che con questa tecnica è possibile rendere *unica* la soluzione [2,3] suddividendo la banda di interesse in sottobande (approccio multi frequenza), e/o variando la distanza tra le due antenne (approccio multi base). In questo modo è possibile ottenere diversi campioni statisticamente indipendenti della fase del segnale interferometrico, ed utilizzarli per una stima a massima verosimiglianza della velocità radiale dell'oggetto in movimento. Questa stima, come noto, al crescere del numero dei dati a disposizione è asintoticamente *ottima*. Unicità e ottimalità della stima sono quindi possibili solo con il metodo multi canale proposto, contrariamente ai metodi convenzionalmente utilizzati che seguono un approccio a canale singolo e non si basano su approcci statistici.

In questo lavoro abbiamo anche verificato con i limiti di Cramer-Rao l'efficacia di tale metodo per diverse velocità di interesse, al variare anche di importanti parametri che caratterizzano il sistema, il rapporto clutter-rumore, il rapporto segnale-clutter e la coerenza tra le due immagini SAR. Inoltre, sono state analizzate le probabilità di rivelazione del segnale e di falso allarme al variare dei parametri di interesse ed in particolare abbiamo investigato la possibilità di adottare nuove strategie di rivelazione in grado di sfruttare l'approccio multi canale.

- [1] R. E. Carande, “Dual Baseline and Frequency Along-Track Interferometry”, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'92)*, Huston (USA), pp. 1585-1588, 1992.
- [2] V. Pascazio, G. Schirinzi, “Multifrequency InSAR Height Reconstruction Through Maximum Likelihood Estimation of Local Plane Parameters”, *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. 11, pp. 1478-1489, 2002.
- [3] A. Budillon, G. Ferraiuolo, V. Pascazio, G. Schirinzi, “Multi-Channel SAR Interferometry via Classical and Bayesian Estimation Techniques”, sottomesso a *Journal of Applied Signal Processing*, 2004.

Generatore di echi di Marte per la missione SHARAD

G. Alberti, G. Galiero, G. Palmese, M. Sacchetti, G. Salzillo

CO.RI.S.T.A. - Consortium for Research on Advanced Remote Sensing Systems
Viale Kennedy 5, 80125 Napoli

La prossima missione della NASA denominata Mars Reconnaissance Orbiter, prevista per la metà del 2005, sarà equipaggiata con un radar a bassa frequenza dedicato alla scoperta di acqua e ghiaccio sotto la superficie marziana. Questo radar è stato sviluppato da Alenia Spazio e finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana.

Una sostanziale parte di attività sono state dedicate allo sviluppo di un adeguato sistema di test e validazione a terra, EGSE (Electrical Ground Support Equipment), capace di provare le varie modalità di funzionamento del radar e di verificarne le prestazioni.

Il consorzio CO.RI.S.T.A. è stato responsabile di definire le specifiche di tale sistema e di svilupparne una parte chiamata MEGS (Mars Echoes Generation System).

Questo sottosistema è in grado di generare degli echi radar simulando la risposta della superficie di Marte attraverso una parte analogica e digitale ed un simulatore software.

Questo lavoro descrive le attività di sviluppo del sottosistema, la sua architettura e mostra i principali risultati ottenuti dai test eseguiti su SHARAD.

Corresponding author:

G. Alberti

CO.RI.S.T.A. - Consortium for Research on Advanced Remote Sensing Systems

Viale Kennedy 5, 80125 Napoli

e-mail alberti@unina.it

tel. 081-5935101

Approssimazioni nella compensazione degli errori di moto di dati SAR

G. Fornaro¹, G. Franceschetti², S. Perna²

1) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell' Ambiente
Via Diocleziano, 328 I-80124 Napoli
Phone: +39 0815707999
fornaro.g@irea.cnr.it

2) Università di Napoli Federico II - Dip. Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni
Via Claudio, 21 I-80128 Napoli
Phone: +3115 768 3104
{gfrance, steperna}@unina

Sommario

I sistemi SAR da aereo sono fortemente condizionati sia dalle instabilità di assetto sia dalle deviazioni di traiettoria del velivolo causate principalmente da turbolenze atmosferiche.

L'instabilità dell'assetto del velivolo fa sì che i dati siano acquisiti in geometria "squintata", i.e. con un offset (angolo di *squint*) tra l'angolo di puntamento del radar e la direzione ortogonale a quella di volo. La presenza di un angolo di *squint* determina aberrazioni sul segnale grezzo ricevuto che possono gravemente peggiorare la qualità dell'immagine SAR finale, se non opportunamente tenute in conto in fase di elaborazione [A1][A2].

Le deviazioni di traiettoria, d'altro canto, determinano errori di "moto" sul segnale grezzo ricevuto che devono essere opportunamente corrette in fase di elaborazione mediante opportuni algoritmi, detti di Motion Compensation (MOCO) [A3][A4][A5].

Va notato, tuttavia, che gli algoritmi MOCO presenti in letteratura [A3][A4] risultano precisi ed affidabili soltanto in assenza di "squint" [A5]. D'altro canto, gli algoritmi disponibili in letteratura [A1] [A2] per l'elaborazione di dati SAR "squintati" risultano inefficaci nel caso di dati acquisiti da aereo (in presenza, cioè di errori di moto).

Nel presente lavoro viene presentato uno studio sugli effetti degli errori di moto sul dato SAR acquisito in geometria "squintata". Le approssimazioni utilizzate per la compensazione degli errori di moto di dati SAR acquisiti in assenza di *squint* vengono, in questo lavoro, estese al caso di acquisizioni in geometria "squintata". In particolare viene messo in luce l'impatto della correzione della "range walk" (aberrazione geometrica dei dati acquisiti in geometria "squintata" [A1] [A6]) sulla compensazione degli errori di moto. Viene presentato, infine, un algoritmo innovativo per l'elaborazione di dati SAR in grado di compensare sia le aberrazioni dovute agli errori di moto sia quelle legate alla presenza di *squint* [A6]

Riferimenti bibliografici

- [A1] G.Franceschetti and R.Lanari; *Synthetic Aperture Radar Processing*, CRC PRESS, New York, 1999.
- [A2] G.Fornaro, E.Sansosti, R.Lanari and M.Tesauro; "Role of Processing Geometry in SAR Raw Data Focusing", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Sys., April 2002, 38, 441-454.
- [A3] A.Moreira and Y.Huang; "Airborne SAR Processing of highly squinted data using a chirp scaling approach with integrated motion compensation", IEEE Trans. G.R.S. vol. 32, pp. 1029-1040, Sept.1994.
- [A4] G.Fornaro; "Trajectory Deviations in Airborne SAR: Analysis and Compensation", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. 35, pp.997-1009, July 1999.
- [A5] E.Alivizatos, A.Potsis, A.Reigber, A.Moreira, and N.Uzunoglu, "SAR Processing with motion compensation using the extended wavenumber algorithm", Proc. EUSAR, Ulm, 2004.
- [A6] G.Fornaro, G.Franceschetti and S.Perna; "Motion Compensation of Squinted Airborne SAR Raw Data: Role of Processing Geometry"; proc. IGARSS, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Anchorage, 2004

APPLICAZIONI DELLA MODALITA' WIDE SWATH DEL SENSORE ENVISAT ASAR: INTERFEROMETRIA SCANSAR

P. Guccione⁽¹⁾, C. Cafforio⁽¹⁾, A. Monti Guarnieri⁽²⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica - Politecnico di Bari, via Orabona, 4
70125 BARI, Italia, guccione@poliba.it

⁽²⁾ Dipartimento di Elettronica ed Informazione - Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 MILANO, Italia

ABSTRACT

Il satellite ENVISAT dell'Agenzia Spaziale Europea, lanciato nel marzo 2001, include numerosi sensori tra i quali un radar attivo alle microonde, l'Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR). Il sensore ASAR appartiene a una nuova generazione di strumenti che includono varie modalità di funzionamento, tra le quali la modalità a scansione o ScanSAR.

A differenza della modalità SAR stripmap, la modalità ScanSAR è in grado di acquisire una porzione di terreno sottostante più larga in direzione trasversale al moto (range) mediante commutazione periodica del puntamento d'antenna. Ciò è ottenuto tuttavia a spese della risoluzione in azimuth (direzione parallela al moto).

La modalità ScanSAR Wide Swath (WS) possiede una risoluzione in azimuth di 120m (circa 20 volte più piccola di quella ottenibile con un tradizionale sistema SAR) e una risoluzione di circa 30 metri in direzione range su una fascia di terreno larga sino a 400km sui sottofasci (sub-swaths) periodicamente spazzati dal fascio d'antenna.

La modalità ScanSAR, originariamente pensata per applicazioni radiometriche (per esempio il controllo dello stato dei ghiacci delle calotte, il monitoraggio di zone colpite da incendi, alluvioni e così via), è stata progressivamente utilizzata anche per applicazioni interferometriche, per le quali è necessario un prodotto complesso. I dati ScanSAR sono stati quindi utilizzati anche per monitorare eventi sismici, per effettuare misure della velocità delle onde oceaniche o per valutare gli effetti dell'atmosfera su alcune aree.

L'uso dei dati ScanSAR per applicazioni coerenti è tuttavia complicato dalla limitata banda in azimuth e dalle proprietà spazio-varianti della risposta all'impulso del sistema. L'interferometria, che consiste nel combinare i dati di due immagini (acquisite in tempi differenti) che si riferiscono alla stessa zona per ottenere una visione "stereo" dell'area interessata, richiede alcuni accorgimenti, quali ad esempio che la distanza tra le due orbite (baseline) al momento delle due acquisizioni non sia troppo elevata o che il contributo spettrale delle due immagini abbia elementi in comune (common band filtering). Un interferogramma può infatti essere generato soltanto se le due immagini sono a registro spazialmente, cioè i dati che si combinano si riferiscono allo stesso punto a terra e spettralmente, cioè il contributo spettrale delle due immagini che si combina ha la stessa banda. Quest'ultimo fatto richiede che le due immagini di una coppia stereo che genera un interferogramma ScanSAR, abbiano il pattern di scansione parzialmente sincronizzato.

In questa presentazione si mostrano alcuni risultati sperimentali ottenuti con l'interferometria mista, generata combinando un'immagine SAR a piena risoluzione e un'immagine ScanSAR WS e con l'interferometria ScanSAR/ScanSAR, generata combinando due immagini ScanSAR WS.

Il lavoro rientra nell'ambito di una lunga collaborazione e una serie di contratti tra l'ESA, il Politecnico di Milano e il Politecnico di Bari.

Impiego di un apparato radar interferometrico da terra in banda C per l'osservazione di versanti soggetti ad instabilità

Guido Luzi, Daniele Mecatti, Linhsia Noferini, Massimiliano Pieraccini, Giovanni Macaluso e Carlo Atzeni
Laboratorio Tecnologie per Beni Culturali - Dipartimento Electr. e Telecom. Università di Firenze
via C. Lombroso 6/11B, 50134 Firenze, Italia
luzi@det.unifi.it

Sommario

Nell'ultimo decennio grazie alla larga disponibilità di dati forniti da missioni effettuate da diverse piattaforme satellitari con a bordo apparati SAR, si è diffusa un'intensa attività di ricerca incentrata sull'interferometria SAR da satellite, sulle relative potenzialità applicative e sugli aspetti che ne limitano o ne rendono difficoltoso un impiego operativo. In particolare sono oggetto di studio le sue potenzialità per il monitoraggio su scala regionale di fenomeni di subsidenza, frane, ghiacciai o degli effetti dovuti a eventi sismici. Nell'impiego di dati da satellite una limitazione operativa è costituita dalla bassa frequenza di rivisitazione che spesso comporta l'impossibilità a fornire una adeguata continuità nell'osservazione di fenomeni veloci oltre ovviamente alla difficoltà di fornire un *early warning*. In presenza di fenomeni lenti un'eccessiva decorrelazione temporale, dovuta a diversi fattori strumentali, geometrici ed atmosferici, o legati alle proprietà dielettriche del mezzo osservato, può comunque comprometterne l'impiego.

Solo di recente sono stati pubblicati i risultati di campagne di misura effettuate con sistemi *ground based* finalizzati soprattutto all'osservazione di versanti soggetti ad instabilità a causa di frane o di altri fenomeni di natura idrogeologica. Pur basandosi sullo stesso principio, l'osservazione con sistemi interferometrici da terra impiegata per il monitoraggio di aree di pochi chilometri quadrati, può trarre vantaggio da una minore criticità rispetto all'applicazione da satellite; in particolare aspetti legati alla tipologia del sensore ed alla geometria di osservazione si semplificano. Essa si dimostra comunque più adatta ad osservazioni ad alta risoluzione temporale a scapito di una ridotta capacità di osservazione dal punto di vista spaziale a grande scala. In questo contesto negli ultimi anni il Laboratorio di Tecnologie per i Beni Culturali del Dipartimento di Elettronica dell'Università di Firenze ha organizzato numerose campagne di misura per il monitoraggio sul territorio Italiano di alcune situazioni a rischio dovute alla presenza di versanti instabili o soggetti a frane.

Attualmente il sistema utilizzato è un prototipo basato sull'impiego di un analizzatore vettoriale di rete, analogo a quello frequentemente proposto in letteratura per misure radar in campo. L'apparato è stato adeguato ad un uso in condizioni ambientali molto variabili ed è fornito di un sistema di correzione strumentale dei dati che ne aumenta stabilità ed accuratezza. Un collegamento radio consente di operare a distanza garantendo un impiego in tempo reale anche in situazioni estreme. In questo lavoro vengono mostrati alcuni risultati ottenuti con il sistema operante in banda C in due situazioni molto differenti: una frana di grandi dimensioni (frana del Tessina) costituita prevalentemente da fango e detriti, già oggetto in passato di alcune osservazioni radar, ed un versante alpino (parete orientale del Monte Rosa) dove lo scenario osservato è costituito dal ghiacciaio in movimento e da una frana che grava su un lago di natura effimera formatosi nella primavera del 2001. I risultati ottenuti in entrambe le situazioni confermano le potenzialità di questa tecnica nell'osservazione di fenomeni di instabilità di versanti, fornendo mappe di spostamento con elevata frequenza temporale ed adeguata risoluzione spaziale di pochi metri. In questo lavoro vengono presentati alcuni dei risultati ottenuti basati sull'impiego di tecniche di elaborazione delle immagini interferometriche sviluppate dall'attività di ricerca del Laboratorio.

STIME DI UMIDITÀ DEL TERRENO A GRANDE SCALA DA DATI DI TEMPERATURA DI BRILLANZA MULTI-FREQUENZA DI AMSR-E

Simonetta Paloscia, Giovanni Macelloni, Paolo Pampaloni, Emanuele Santi

CNR-IFAC

Via Panciatichi 64 - 50127 Firenze

S.Paloscia@ifac.cnr.it, G.Macelloni@ifac.cnr.it, P.Pampaloni@ifac.cnr.it, E.Santi@ifac.cnr.it

La sensibilità dell'emissione a microonde a bassa frequenza ai parametri del terreno è un fenomeno noto ed è oggetto di molti esperimenti e studi teorici. Tuttavia, la stima dell'umidità del terreno con misure radiometriche a microonde rimane ancora un problema aperto, soprattutto nel caso di un'analisi da satellite, a cause dell'alto numero di parametri come la rugosità superficiale, la composizione del terreno, il tipo di vegetazione e la sua densità e biomassa che influenzano l'emissione. Negli ultimi anni sono stati sviluppati e provati molti modelli in grado di riprodurre l'emissione a microonde dal suolo e della vegetazione. Tuttavia l'inversione di questi modelli, per ottenere le stime di questi parametri, non è facile a causa delle relazioni non lineari e dell'alto numero di parametri di ingresso.

In questo articolo viene descritto un algoritmo basato su una versione semplificata della teoria del trasporto radiativo, che utilizza misure in banda C per calcolare la riflettività del terreno e misure in banda X per tenere conto degli effetti della vegetazione (modello Tau-Omega). L'inversione è stata ottenuta tramite un metodo di minimizzazione basato sull'algoritmo di Nelder-Mead. Per ogni misura di temperatura di brillanza in banda C è stato calcolato il valore teorico più vicino, variando gli ingressi del modello per minimizzare l'opportuna funzione di differenza. L'indice di polarizzazione in banda X è stato invece utilizzato per ottenere informazioni sulla biomassa vegetale allo scopo di creare un insieme di valori di partenza del vettore di input riducendo così il rischio di cadere in un minimo locale della funzione di differenza. La stima della costante dielettrica del suolo è stata ricavata dal miglior vettore di ingresso e da essa è stata poi ricavata l'umidità del terreno.

Questo algoritmo è stato validato su due insiemi di misure raccolte durante l'esperimento MASMEx 2002 in Italia e lo SMEX02 nello Iowa (USA). MASMEx è un esperimento condotto dall'IFAC-CNR sulle Alpi Italiane, sull'altopiano del Chertz vicino ad Arabba, e dedicato all'osservazione sia dei cicli di fusione e rigelo del manto nevoso che dell'andamento temporale dell'umidità del terreno. Le misure relative all'umidità del terreno sono state condotte dopo la fusione completa del manto nevoso, impiegando un sistema radiometrico a microonde in banda L, C e Ka. Durante questo esperimento le caratteristiche del terreno sono cambiate apprezzabilmente fra marzo e giugno, passando da un suolo molto umido coperto da uno strato di vegetazione secca a uno più asciutto rivestito da uno spesso strato di cortica erbosa. Il modello applicato per la stima dell'umidità del terreno ha dato dei risultati piuttosto incoraggianti ed è stato successivamente validato con i dati AMSR-E raccolti su quest'area. Anche se le limitate dimensioni della zona dell'altopiano del Chertz non hanno consentito l'impiego di più di un pixel del satellite, è stato riscontrata prima una buona correlazione fra la temperatura di brillanza in banda C di AMSR-E e le misure di umidità del terreno raccolte a terra e successivamente una buona stima dell'umidità valendosi dell'algoritmo di inversione.

Questo metodo è stato poi applicato ai dati di temperatura di brillanza AMSR-E, raccolti sull'area di test di SMEX02 in Iowa. In questo caso ci sono stati dei problemi dovuti alle interferenze a radio-frequenza (RFI) sui dati in banda C. Molti valori di brillanza sono stati scartati usando un indice di RFI basato sul rapporto fra temperature di brillanza in banda C e Ka, che segnala la presenza di RFI quando è maggiore di 0.90/0.95. Dopo questa selezione fra i dati l'algoritmo ha mostrato delle buone capacità di stima dell'umidità del terreno, anche se con qualche sovrastima per i valori più bassi di umidità.

Misure di diffusione elettromagnetica da una superficie frattale: una verifica dei metodi di calcolo

Giorgio Franceschetti, Antonio Iodice, Daniele Riccio, Giuseppe Ruello

Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni, Università di Napoli "Federico II",
Via Claudio 21, 80125 Napoli, {gfrance, iodice, ruello Daniele.riccio}@unina.it

Pablo Blanco, Jordi J. Mallorquì, Antoni Broquetas

Department of Signal Theory and Communications, Universitat Politècnica de Catalunya, C/ Jordi
Girona, 08034 Barcelona, Spain, {pblanco, mallorqui, toni}@tsc.upc.es

Abstract

La geometria frattale consente di descrivere in maniera estremamente concisa ed efficace un gran numero di fenomeni naturali. Ad esempio, nel valutare il campo elettromagnetico diffuso da superfici naturali, gli strumenti della geometria frattale sono particolarmente utili nella descrizione delle superfici. In particolare, il moto frazionario browniano (fBm), una funzione continua ovunque ma in nessun punto differenziabile, è considerato il modello teorico più efficace. Diversi metodi elettromagnetici sono stati sviluppati, impiegando l'fBm come modello di superficie (ad esempio l'appoggio di Kirchhoff (KA) ed il metodo delle piccole perturbazioni (SPM)), con risultati più affidabili rispetto a quelli ottenuti con i classici modelli di superfici gaussiane [2]. Mentre l'uso dell'fBm consente il calcolo delle statistiche di secondo ordine del campo diffuso, è possibile utilizzare la funzione di Weierstrass-Mandelbrot (WM), che esprime la superficie come sovrapposizione di toni spazati in frequenza secondo un fattore irrazionale, per ottenere una descrizione delle statistiche di primo ordine del campo. Diversi metodi per il calcolo del campo diffuso da superfici descritte in termini di WM sono stati sviluppati, consentendo di descrivere in forma analitica le statistiche del primo ordine del campo diffuso [2]-[3]. Una piena affermazione di tali metodi richiede una campagna di misure ad essa dedicata.

In questo lavoro si presenta una campagna di misure in camera anecoica pianificata e realizzata per dare una risposta positiva a tale esigenza. In particolare, si presenta come una superficie frattale sia stata progettata e realizzata in maniera semplice ed economica ed ottimizzata per misure in banda X. La superficie è stata costruita come sovrapposizione di una topografia in cartone (circolare, con diametro di 1.5m) e una rugosità superficiale di fogli di alluminio. La parte in cartone è stata modellata a partire dalle curve di livello (spaziate di 0.5 cm) di una realizzazione di un processo WM. Per generare la rugosità su scala inferiore a 0.5 cm sono stati sovrapposti alla superficie di cartone dei fogli di alluminio increspato. Le caratteristiche della superficie così realizzata sono state poi misurate con uno strumento ottico, che ha consentito una verifica delle caratteristiche della superficie fino a scale dell'ordine di frazioni di millimetro. I risultati di tale analisi hanno accertato che la superficie realizzata possedeva effettivamente le caratteristiche richieste.

Al fine di realizzare le misure di campo elettromagnetico diffuso per diversi angoli di incidenza, la superficie è stata montata in camera anecoica su di un rotore. In particolare, sono state realizzate misure di retrodiffusione sia in polarizzazione VV che in polarizzazione HH, che per la polarizzazione incrociata, per angoli di incidenza compresi tra 0° e 70° , con passo di 2° . I risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli teorici derivanti dall'uso dell'fBm nel KA e nell'SPM e saranno presentati e discussi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mandelbrot B. B., *The Fractal Geometry of Nature*, New York: W.H. Freeman & C., 1983.
- [2] Franceschetti, G., A.Iodice, and D.Riccio, "Fractal models for scattering from natural surfaces", in *Scattering*, Pike and Sabatier, Academic Press, London, 2001.
- [3] Franceschetti G., A.Iodice, D.Riccio, G.Ruello, "Fractal Surfaces and Electromagnetic Extended Boundary Conditions", *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing*, vol.40, no.5, pp.1018-1031, 2002.

INTEGRAZIONE TRA DATI INTERFEROMETRICI E DATI DI GEODESIA CLASSICA PER LO STUDIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO NELL'AREA FLEGREA (NAPOLI)

Ricciardi G.P., Aquino I., Del Gaudio C., Ricco C., Siniscalchi V., Solaro G., Tizzani P. & Borgström S.
INGV-Osservatorio Vesuviano - Via Diocleziano 328, 80124 Napoli

Storicamente l'Osservatorio Vesuviano, Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV-OV), effettua il monitoraggio geodetico dell'area vulcanica napoletana avvalendosi di reti "puntuali" uniformemente distribuite sull'area oggetto della sorveglianza.

Tali reti, pur consentendo precisioni sub-centimetriche nella misura delle deformazioni del suolo, restituiscono solo un'informazione correlata alla geometria delle stesse, non consentendo quindi di evidenziare eventuali migrazioni della deformazione al di fuori di queste.

L'informazione "areale" ottenuta dall'applicazione dell'Interferometria SAR (IFSAR) da piattaforma satellitare consente valutazioni in tal senso, oltre ad indicare eventuali nuovi siti verso cui indirizzare successivamente indagini a scala puntuale.

L'impiego dell'IFSAR da piattaforma satellitare consente altresì di estrapolare un'informazione temporalmente più fitta rispetto alle misurazioni delle reti terrestri, in considerazione dei tempi di rivisitazione dei sensori attualmente in orbita. Ciò non vale nel caso di reti permanenti (GPS, Inclino metrica) le quali però, per ovvii motivi di carattere economico, sono alquanto limitate in termini di punti di misura.

L'applicazione dell'IFSAR allo studio delle deformazioni del suolo nell'area vulcanica napoletana inizia presso l'INGV-OV già alla fine degli anni '90, attraverso collaborazioni con Enti ed Istituti di Ricerca nazionali ed internazionali. In particolare, a partire dal 2001 l'INGV-OV partecipa ad un'attività finanziata da ESA (Progetto MINERVA, Monitoring by Interferometric SAR of Environmental Risk in Volcanic Areas) in ambito DUP (Data User Programme), che gli consente di dotarsi di un codice software che viene ora utilizzato routinariamente per fini di sorveglianza; l'utilizzo di tale codice consente altresì di produrre i risultati che vengono inseriti per la prima volta nei Rapporti di Sorveglianza dell'Ente a partire dal 2002.

Il codice di MINERVA si basa su di un nuovo approccio per l'elaborazione dei dati interferometrici, che consente di ottimizzare la qualità degli interferogrammi che ricoprono intervalli temporali compresi tra 35 giorni sino a diversi anni e di combinarli per generare una singola soluzione che descriva, per ogni pixel coerente dell'immagine SAR, l'evoluzione temporale delle deformazioni del suolo nell'area esaminata. Il programma consente di aggiornare tale soluzione ogni volta che una nuova immagine SAR si rende disponibile, rappresentando quindi uno strumento innovativo per il controllo temporale delle deformazioni del suolo in aree vulcaniche attive.

A seguito dell'ultima crisi bradisismica degli anni 1982-84, l'area dei Campi Flegrei (Napoli) è stata caratterizzata da una generale subsidenza interrotta solo in occasione di alcuni brevi episodi di sollevamento, l'ultimo dei quali si è verificato durante la primavera-estate del 2000. L'installazione di una rete permanente di stazioni GPS, avvenuta a partire da quegli anni, ha consentito un confronto rigoroso dei dati IFSAR con i dati di questa tecnica, avvalendosi della possibilità di proiettare il dato GPS nella linea di vista del sensore radar: l'accordo tra i dati che ne è derivato risulta particolarmente soddisfacente. La disponibilità di dati di livellazione geometrica, raccolti con cadenza mensile a partire da maggio 2000 lungo l'area di massima deformazione, ha consentito un ulteriore confronto col dato interferometrico.

L'episodio di sollevamento si conclude nell'autunno del 2000 con una lenta ripresa della subsidenza. Nuovamente, l'entità delle deformazioni del suolo misurate negli anni successivi da dati interferometrici e da dati di geodesia classica risulta comparabile, evidenziando un buon accordo.

Relativamente agli sviluppi futuri delle attività legate all'IFSAR in ambito INGV-OV, si prevede un potenziamento dell'attuale rete di Corner Reflectors, costituita da 4 coppie di riflettori ai Campi Flegrei e 5 coppie al Vesuvio, al fine di aumentare il potere risolutivo della tecnica SAR in aree caratterizzate da bassa o nulla coerenza. Il potenziamento sarà effettuato inizialmente attraverso l'installazione di 3 nuove coppie presso l'isola d'Ischia; successivamente, si prevede la realizzazione di almeno altre 3 coppie di riflettori, da utilizzare come rete mobile.

Verranno qui presentati e discussi i principali risultati ottenuti nel corso di questi anni, con particolare riferimento all'integrazione tra dati interferometrici e dati di geodesia classica.

Applicazione dell' algoritmo SBAS in condizioni di particolare criticità

Casu F.⁽¹⁾, Manunta M.⁽¹⁾, Manzo M.⁽¹⁾, Pepe A.⁽²⁾

(1) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell' Ambiente, IREA, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Via Diocleziano 328, 80124 Napoli, Italia

(2) Università degli Studi di Napoli, Federico II, Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni,
Via Claudio 21, 80125 Napoli, Italia
e-mail: {casu.f, manunta.m, manzo.mr, pepe.a@irea.cnr.it}

Sommario

L'Interferometria Differenziale Radar ad Apertura Sintetica (DInSAR) è una tecnica di telerilevamento che sfrutta la differenza di fase fra coppie di immagini SAR acquisite in istanti temporali differenti, in modo tale da osservare lo spostamento relativo del suolo (proiettato lungo la linea di vista del sensore) avvenuto fra le due acquisizioni.

Nell'ultimo decennio l'approccio DInSAR è stato applicato con successo in svariati studi. Grazie soprattutto all'ampia disponibilità di acquisizioni dei sensori ERS-1/2 dell'Agenzia Spaziale Europea, recentemente sono state proposte varie tecniche che consentono lo sfruttamento di questo *dataset* per la generazione di serie storiche e mappe di deformazione [1-3].

Tra questi, l'algoritmo noto come Small Baseline Subset (SBAS) [1] consente di determinare le deformazioni della superficie terrestre e di analizzare la loro evoluzione nel tempo tramite un'appropriata combinazione di interferogrammi a piccola baseline spaziale e temporale (per mitigare gli effetti di decorrelazione), eventualmente raggruppati in sottoinsiemi (*subset*). In particolare, la combinazione delle fasi interferometriche è ottenuta, sfruttando il metodo della Decomposizione in Valori Singolari (SVD), attraverso la ricerca di una soluzione ai minimi quadrati con un vincolo di norma minima sull'energia.

La tecnica SBAS è stata applicata con successo a diverse aree di studio, per *dataset* con diverse risoluzioni spaziali [4-6] caratterizzati da un numero di acquisizioni abbastanza elevato (maggiore di 40) e con estensioni dell'ordine di 80x80 Km. In questo lavoro verrà mostrata l'applicazione dell'algoritmo in alcuni casi limite per lo stesso, in modo tale da testarne le capacità e le potenzialità. In particolare verranno esaminate le prestazioni nei due casi seguenti:

- 1) Vaste aree (100x100 Km) con condizioni di coerenza particolarmente elevate (zone desertiche e/o densamente urbanizzate);
- 2) Dataset di ridotte dimensioni (< di 20 immagini).

L'intenzione, attraverso tali test, è quella di ricercare e determinare i limiti superiore ed inferiore della tecnica sia dal punto di vista algoritmico che da quello computazionale.

Bibliografia

[1] P. Berardino, G. Fornaro, R. Lanari, E. Sansosti, "A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring based on Small Baseline Differential SAR interferograms", *IEEE TGRS*, Vol. 40, No. 11, pp. 2375-2383, November 2002.

[2] Ferretti, A., C. Prati and F. Rocca, "Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry", *IEEE TGRS*, 38, 2202-2212, 2000.

[3] Usai, S., "A Least Squares Database Approach for SAR Interferometric Data", *IEEE TGRS*, 41, 753-760, 2003.

[4] R. Lanari, O. Mora, M. Manunta, J.J. Mallorquí, P. Berardino, E. Sansosti: "A Small Baseline Approach for Investigating Deformations on Full resolution Differential SAR Interferograms", *IEEE TGRS*, Vol. 42, No. 7, July 2004.

[5] Lundgren, P., F. Casu, M. Manzo, A. Pepe, P. Berardino, E. Sansosti, and R. Lanari (2004), "Gravity and magma induced spreading of Mount Etna volcano revealed by satellite radar interferometry", *Geophys. Res. Lett.*, 31, L04602, doi:10.1029/2003GL018736

[6] Lanari, R., P. Lundgren, M. Manzo, F. Casu (2004), "Satellite radar interferometry time series analysis of surface deformation for Los Angeles, California", *Geophys. Res. Lett.*, in stampa.

L'Applicazione dell'algoritmo SBAS in condizioni di particolare criticità

Casu F.⁽¹⁾, Manunta M.⁽¹⁾, Manzo M.⁽¹⁾, Pepe A.⁽²⁾

(1) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, IREA, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Via Diocleziano 328, 80124 Napoli, Italia

(2) Università degli Studi di Napoli, Federico II, Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni,
Via Claudio 21, 80125 Napoli, Italia
e-mail:{casu.f, manunta.m, manzo.mr, pepe.a@irea.cnr.it}

Sommario

L'Interferometria Differenziale Radar ad Apertura Sintetica (DInSAR) è una tecnica di telerilevamento che sfrutta la differenza di fase fra coppie di immagini SAR acquisite in istanti temporali differenti, in modo tale da osservare lo spostamento relativo del suolo (proiettato lungo la linea di vista del sensore) avvenuto fra le due acquisizioni.

Nell'ultimo decennio l'approccio DInSAR è stato applicato con successo in svariati studi. Grazie soprattutto all'ampia disponibilità di acquisizioni dei sensori ERS-1/2 dell'Agenzia Spaziale Europea, recentemente sono state proposte varie tecniche che consentono lo sfruttamento di questo *dataset* per la generazione di serie storiche e mappe di deformazione [1-3].

Tra questi, l'algoritmo noto come Small Baseline Subset (SBAS) [1] consente di determinare le deformazioni della superficie terrestre e di analizzare la loro evoluzione nel tempo tramite un'appropriata combinazione di interferogrammi a piccola baseline spaziale e temporale (per mitigare gli effetti di decorrelazione), eventualmente raggruppati in sottoinsiemi (*subset*). In particolare, la combinazione delle fasi interferometriche è ottenuta, sfruttando il metodo della Decomposizione in Valori Singolari (SVD), attraverso la ricerca di una soluzione ai minimi quadrati con un vincolo di norma minima sull'energia.

La tecnica SBAS è stata applicata con successo a diverse aree di studio, per *dataset* con diverse risoluzioni spaziali [4-6] caratterizzati da un numero di acquisizioni abbastanza elevato (maggiore di 40) e con estensioni dell'ordine di 80x80 Km. In questo lavoro verrà mostrata l'applicazione dell'algoritmo in alcuni casi limite per lo stesso, in modo tale da testarne le capacità e le potenzialità. In particolare verranno esaminate le prestazioni nei due casi seguenti:

- 1) Vaste aree (100x100 Km) con condizioni di coerenza particolarmente elevate (zone desertiche e/o densamente urbanizzate);
- 2) Dataset di ridotte dimensioni (< di 20 immagini).

L'intenzione, attraverso tali test, è quella di ricercare e determinare i limiti superiore ed inferiore della tecnica sia dal punto di vista algoritmico che da quello computazionale.

Bibliografia

- [1] P. Berardino, G. Fornaro, R. Lanari, E. Sansosti, "A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring based on Small Baseline Differential SAR interferograms", *IEEE TGRS*, Vol. 40, No. 11, pp. 2375-2383, November 2002.
- [2] Ferretti, A., C. Prati and F. Rocca, "Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry", *IEEE TGRS*, 38, 2202-2212, 2000.
- [3] Usai, S., "A Least Squares Database Approach for SAR Interferometric Data", *IEEE TGRS*, 41, 753-760, 2003.
- [4] R. Lanari, O. Mora, M. Manunta, J.J. Mallorquí, P. Berardino, E. Sansosti: "A Small Baseline Approach for Investigating Deformations on Full resolution Differential SAR Interferograms", *IEEE TGRS*, Vol. 42, No. 7, July 2004.
- [5] Lundgren, P., F. Casu, M. Manzo, A. Pepe, P. Berardino, E. Sansosti, and R. Lanari (2004), "Gravity and magma induced spreading of Mount Etna volcano revealed by satellite radar interferometry", *Geophys. Res. Lett.*, 31, L04602, doi:10.1029/2003GL018736
- [6] Lanari, R., P. Lundgren, M. Manzo, F. Casu (2004), "Satellite radar interferometry time series analysis of surface deformation for Los Angeles, California", *Geophys. Res. Lett.*, in stampa.

Applicazione del telerilevamento a microonde con il sistema radar da terra InSAR: il caso di Stromboli.

Antonello G.⁽¹⁾, Casagli N.⁽²⁾, Farina P.⁽²⁾, Guerri L.⁽²⁾, Leva D.⁽³⁾, Tarchi D.⁽¹⁾

⁽¹⁾ European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Ispra (Italy), dario.tarchi@jrci.it

⁽²⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze (Italy), nicola.casagli@unifi.it

⁽³⁾ LiSALab Ltd., a JRC spin-off company, Legnano (Italy), davide.leva@lisalab.net

Il 30 Dicembre 2002, si sono staccati dalla Sciara del Fuoco del vulcano Stromboli alcune decine di milioni di m³ di materiale vulcanico, collassando nel mare e causando uno tsunami, che si è propagato fino alle coste della Sicilia .

Dal 20 Febbraio 2003 è stato installato sul bordo della frana, fianco destro della Sciara del Fuoco, un interferometro radar da terra, InGrID-LiSA (*Interferometric Ground-based Imaging Deformeter – Linear Synthetic Aperture Radar*). Questo sistema innovativo ha permesso di delimitare l'area instabile e di seguire l'evoluzione nel tempo del relativo movimento.

Il sistema è capace di produrre un'immagine radar ogni 12 minuti, con risoluzione spaziale di ca. 2 x 2 m e un'accuratezza millimetrica. Utilizzando la tecnica dell'interferometria, quindi comparando opportunamente due immagini radar, è stato possibile ottenere una mappa del campo di deformazione di tutta l'area esaminata e, di conseguenza, mappare i diversi settori sia per differente velocità di deformazione che per differente modalità di deformazione.

Grazie alle potenzialità dell'analisi interferometrica è stato possibile, oltre a seguire le zone in deformazione nello spazio, seguire anche l'evoluzione nel tempo della massa in movimento. In particolare sono state riconosciute quattro classi di processi di deformazione:

1. colate di lava, con velocità elevata, fortemente canalizzate in depressioni morfologiche lungo il pendio;
2. colate di lava accumulate sulla Sciara, con velocità lenta;
3. scivolamenti gravitativi di materiale vulcanico relativi alla frana di Dicembre 2002;
4. scivolamento planare di ca. 1 milione di m³ sul fianco del cratere di NE del vulcano.

Dall'acquisizione dei dati radar, è stato possibile inoltre registrare che la frana di scivolamento planare, sulla parte alta del cratere, ha subito una rapida accelerazione il 5 Aprile 2003, momento in cui si è verificata un'esplosione parossistica, che ha danneggiato tutti i sistemi di monitoraggio tranne InGrID-LiSA. La frana, a causa di questo evento, ha incrementato di un ordine di grandezza la sua velocità ed è tornata a valori pre-esplosione, nei due mesi successivi.

L'evoluzione nel tempo della frana sulla Sciara mostra ampie fluttuazioni, con spostamenti compresi fra 0.6 e 10 mm/h; le fasi di accelerazione corrispondono ai momenti di intensa attività effusiva. Da Luglio 2003 la velocità della frana sulla Sciara è progressivamente diminuita e si è stabilizzata su valori attuali di 0.3 mm/h.

Maximum Likelihood Multi-Baseline SAR Interferometry

G. Fornaro(*), A. Monti Guarnieri(**), A. Pauciuolo(*), F. Rocca(**)

(*) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell' Ambiente (IREA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Via Diocleziano 38, 80124 Napoli Italy, e-mail: fornaro.g@irea.cnr.it

(**) Dipartimento di Elettronica e Informazione Politecnico di Milano Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano
Italy, e-mail: monti@elet.polimi.it.

Abstract

We propose a technique to provide interferometry by combining multiple images of the same area. This technique exploits all the images jointly and performs an optimal spectral shift pre-processing to remove most of the decorrelation for distributed targets. It's applications are mainly for DEM generation at centimetric accuracy, and for differential interferometry. The major requirement is that targets are coherent over all the images: this may be the case of current multi-pass over desert areas, or better the case of images coming from future short revisit time systems (constellations, cart-wheel, geosynchronous SAR etc.).

Assimilazione di dati polarimetrici SAR nel modello CERES-Wheat

Laura Dente⁽¹⁾, Michele Rinaldi⁽²⁾, Francesco Mattia⁽¹⁾, Giuseppe Satalino⁽¹⁾

⁽¹⁾*Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione, ISSIA-CNR,
via Amendola 122/D, 70126 Bari, Italy, tel. +39805929438, email Dente@ba.issia.cnr.it*

⁽²⁾*Istituto Sperimentale Agronomico, ISA,
via Celso Ulpiani 5, 70125 Bari, Italy*

Risultati ottenuti da recenti studi dimostrano una forte correlazione fra la biomassa/LAI del grano e il rapporto del coefficiente di backscattering misurato nelle polarizzazioni HH e VV in banda C ed acquisito ad un angolo di incidenza di circa 40°.

Sulla base di questo risultato, l'obiettivo del presente lavoro è pertanto quello di valutare la possibilità di assimilare l'informazione stimata dal radar in modelli di crescita del grano, come CERES-Wheat, con lo scopo di migliorare le stime di raccolto in particolare quando il modello è guidato da parametri di input non accurati.

I dati sperimentali usati in questo lavoro sono stati raccolti durante le campagne di misura svolte su 5 campi di grano selezionati in un'area vicino Matera (Basilicata) nel 2001, 2003 e 2004. Durante queste campagne sono stati misurati parametri relativi al suolo ed alla vegetazione dall'accestimento al raccolto approssimativamente ogni due settimane. Inoltre sono stati raccolti dati meteorologici giornalieri e sono state effettuate analisi pedologiche. Le misure sono state eseguite nel 2001 in coincidenza con le acquisizioni in-situ di uno scatterometro polarimetrico in banda C e nel 2003 e 2004 in coincidenza con le acquisizioni in polarizzazione alternata del sensore ASAR a bordo di ENVISAT, sia ad alti che a bassi angoli di incidenza.

Il modello CERES-Wheat è guidato da numerosi input fra cui i dati meteorologici, parametri genetici, informazioni dettagliate sul suolo e sulle pratiche agricole. Preliminarmente calibrato su due campi il modello è stato poi testato sui rimanenti. A causa della alta variabilità spaziale di alcuni degli input e della difficoltà nel possedere informazioni accurate riguardo ad essi, il modello può ottenere delle previsioni di LAI, biomassa secca, umidità del suolo e raccolto finale che risultano in forte disaccordo con i dati misurati. Al fine di ottenere stime più accurate, il metodo di assimilazione usato consiste nel forzare la variabile di stato del modello ad assumere un trend che meglio approssimi il LAI stimato dal radar e di conseguenza nel re-inizializzare il modello, cioè cambiare un set di parametri di input affinché l'errore fra il LAI stimato dal radar e quello previsto dal modello sia minimizzato. Per lo scopo sono stati individuati i parametri di input che maggiormente influenzano il trend del LAI, effettuando un'analisi di sensibilità del modello CERES-Wheat.

I risultati mostrano che, in seguito all'assimilazione dei dati radar, si raggiunge un migliore accordo fra le previsioni del modello e i dati misurati.

**ANALISI SULLA SENSIBILITA' DELL'UMIDITA' DELLE MISURE ENVISAT/A-SAR
PER SUOLI NUDI E VEGETATI**

C. Bignami¹, N. Pierdicca¹, L. Pulvirenti¹, F. Ticconi¹, S. Paloscia², S. Pettinato², E. Santi²

¹Dip. Ingegneria Elettronica, Univ. "La Sapienza" di Roma, via Eudossiana 18, 00184 Roma

nazzareno.pierdicca@uniroma1.it

²CNR-IFAC, via Panciatichi 64, 50127 Firenze

s.paloscia@ifac.cnr.it

Questo lavoro analizza le potenzialità dello strumento A-SAR (*Advanced Synthetic Aperture Radar*), a bordo del satellite Envisat, per il monitoraggio dell'umidità del terreno. In particolare vengono mostrati dei risultati preliminari riguardanti il progetto *Announcement of Opportunity of Envisat (AO140)*. Allo scopo di indagare la sensibilità all'umidità del terreno di tale strumento, sono state effettuate due campagne sperimentali in alcune zone agricole vicino ad Alessandria nei mesi di Novembre 2003 e Giugno 2004 in contemporanea ai passaggi Envisat, durante le quali sono state acquisite misure del contenuto d'acqua del terreno per mezzo di una sonda TDR, insieme con dati di rugosità superficiale del terreno e alcune misure dei parametri della vegetazione. Le zone sono state identificate sulle immagini A-SAR opportunamente geo-codificate e i pixel di ciascuna area sono stati mediati per calcolare il coefficiente di *backscattering* rappresentativo di ognuna. I risultati ottenuti su suoli nudi riguardanti la sensibilità all'umidità del terreno di tale coefficiente sono stati confrontati con quelli forniti da un modello semi-empirico di diffusione. Un'ulteriore analisi temporale è stata compiuta con lo scopo di valutare il comportamento del coefficiente di *backscattering* in funzione della variazione stagionale dei campi coltivati. Per stimare in modo univoco l'umidità del terreno da dati A-SAR sono stati poi provati e confrontati fra loro alcuni algoritmi di inversione basati su metodi statistici. Fra questi sono stati presi in esame un approccio basato sul teorema di Bayes, una rete neurale di tipo *Feed-Forward* con due strati nascosti e un algoritmo iterativo basato sul metodo di minimizzazione di Nelder-Mead. L'allenamento della rete neurale e la generazione dei valori di riferimento sia per Bayes che per Nelder-Mead sono stati effettuati realizzando simulando il coefficiente di *backscattering* attraverso l'*Integral Equation Model* sviluppato da Fung. Infine, sono state anche riportate alcune considerazioni sulla calibrazione A-SAR emerse durante lo studio temporale dei dati a disposizione.

Nuove rappresentazioni per le foglie del mais e gli steli del grano: simulazioni teoriche e dati sperimentali

A. DellaVecchia, P. Ferrazzoli, L. Guerriero

Università di Roma Tor Vergata
V. del Politecnico, 1
00133 Roma

Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi modelli per descrivere le proprietà di scattering della vegetazione di tipo agricolo. La maggior parte si basa sulla teoria del trasferimento radiativo e rappresenta gli elementi che costituiscono la singola pianta come scatteratori discreti con la forma di dischi (per le foglie) e cilindri (per gli steli). Il modello sviluppato all'Università di Tor Vergata per simulare il coefficiente di backscattering di superfici coperte da vegetazione necessita delle sezioni trasverse di scattering bistatico dei vari elementi, per calcolare le quali è necessario introdurre approssimazioni, sia di tipo elettromagnetico che geometrico. Queste ultime sono state recentemente affinate, come verrà illustrato in questo lavoro, per rendere la rappresentazione geometrica dei singoli scatteratori più realistica.

In particolare, le foglie lunghe e curve vengono generalmente suddivise in dischi piccoli e numerosi, ma così facendo, viene persa la continuità dell'elemento dielettrico. Come soluzione di questo problema, la letteratura propone alcune teorie per il calcolo dello scattering di lamine curve dielettriche, prendendo però in considerazione solo particolari configurazioni di incidenza e di scattering. Una formulazione generalizzata dello scattering di una lamina curva è stata elaborata, così da poter considerare qualunque direzione di incidenza e qualunque orientazione della lamina, ed è stata quindi inglobata nel modello di Tor Vergata. I risultati delle simulazioni relative ad alcuni campi di mais sono stati infine confrontati con le misure di backscattering effettuate sui siti di Central Plain (CH) e Loamy (B) acquisite, rispettivamente, dallo scatterometro RASAM e dall'ENVISAT.

Gli steli, dal canto loro, vengono usualmente rappresentati mediante cilindri pieni ed omogenei, mentre evidenze sperimentali mostrano che quelli del grano sono spesso cavi, specialmente nella fase di maturità della pianta. Il tradizionale approccio mediante la forma cilindrica piena può quindi condurre ad una rappresentazione inadeguata delle proprietà elettromagnetiche degli steli. Anche in questo caso si è proceduto inizialmente a sviluppare una formulazione teorica della sezione trasversa di scattering bistatico, e di estinzione, di un cilindro dielettrico dissipativo, cavo, di lunghezza finita, e per incidenza obliqua; successivamente, le sezioni trasverse dei cilindri cavi sono state inserite nel modello di Tor Vergata, e le simulazioni del backscattering del grano sono state messe a confronto con dati sperimentali.

In particolare, come input al modello sono stati utilizzati dati a terra relativi a colture di grano e raccolti sui siti di Matera nel 2001 e nel 2003, e a Loamy nel 2003. Quindi, è stato possibile simulare il coefficiente di backscattering multitemporale e confrontarlo con i dati ERS e ENVISAT.

POTENZIALITÀ DI SISTEMI SAR SATELLITARI PER IL MONITORAGGIO DELLA RISCRESITA BOSCHIVA SU AREE COLPITE DA INCENDI

F. Del Frate, A. Minchella

Università Tor Vergata, DISP – Via del Politecnico, 1 – 00133 Roma
Email: delfrate@disp.uniroma2.it

Il personale in servizio presso agenzie ambientali ed enti pubblici ha più volte sottolineato come la conoscenza del tasso di ricrescita della vegetazione su aree bruciate sia uno dei fattori cruciali per la stima dei danni relativi ad un incendio. In alcuni casi il processo di riforestazione è molto veloce e anche dopo solo due anni il ripopolamento vegetativo è praticamente completato. In altri casi un tale processo può invece richiedere tempi molto lunghi, per esempio decine di anni, con un impatto economico ed ambientale molto più elevato.

La conoscenza della capacità di ripopolamento boschivo o vegetativo su aree bruciate è a tutt'oggi molto scarsa e limitata ad isolate esperienze locali. L'impiego di dati satellitari può invece offrire su questi temi una possibilità di indagine molto più sistematica e significativa. In particolare può essere indicato l'uso di sistemi SAR visti gli adeguati tempi di rivisita anche attualmente disponibili e l'effettiva sensibilità dei coefficienti di retrodiffusione ai fenomeni di interesse.

L'incendio della pineta di Castel Fusano del 3-4 luglio 2000 è stato uno dei più disastrosi degli ultimi anni, si è sviluppato in una giornata di eccezionale scirocco che ha fatto propagare le fiamme con incredibile velocità provocando la distruzione di circa 250 ha e il serio danneggiamento di ulteriori 100 ha.

In questo lavoro si è cercato di analizzare le potenzialità dei dati SAR, compresi quelli polarimetrici misurati dallo strumento ASAR a bordo del satellite Envisat, sia per identificare l'area bruciata, sia per monitorare il processo di ripopolamento vegetativo.