

2008

**Una interfaccia grafica per
la Procedura "CIRILLO" dedicata alle
correzioni degli effetti atmosferici e
topografici per dati telerilevati da
piattaforma spaziale**

Massimo Musacchio, Sergio Teggi, Fabrizia Buongiorno

n.57

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it

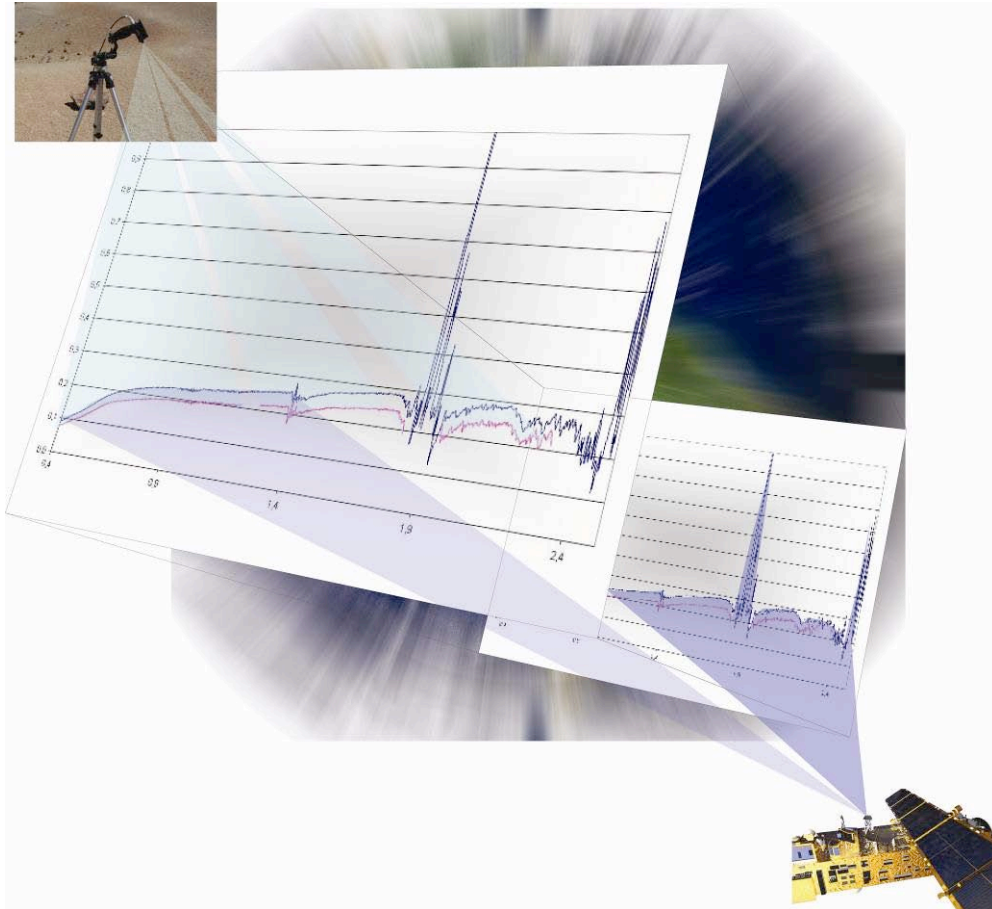


UNA INTERFACCIA GRAFICA PER LA PROCEDURA “CIRILLO” DEDICATA ALLE CORREZIONI DEGLI EFFETTI ATMOSFERICI E TOPOGRAFICI PER DATI TELERILEVATI DA PIATTAFORMA SPAZIALE

Massimo Musacchio ⁽¹⁾, Sergio Teggi ⁽²⁾, Fabrizia Buongiorno ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione CNT*

⁽²⁾ *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*



Indice

Introduzione.....	7
1. Correzioni Atmosferiche e Orografiche (Cirillo).....	7
2. Descrizione logico funzionale dell'Interfaccia Grafica.....	8
2.1 Come accedere all'interfaccia grafica "CIRILLO".....	9
2.2 Descrizione della finestra "Datacorr".....	11
2.3 Descrizione della finestra "Data at the sensor".....	12
2.4 Descrizione della finestra "Sensor Acquisition Data".....	13
2.5 Descrizione della finestra "Computing atmospherical correction".....	13
3 Sviluppi futuri.....	15
Bibliografia.....	15

Introduzione

Il principio del Telerilevamento si basa sulla capacità di differenziare il maggior numero di parametri fisici (temperatura, emissività etc) od oggetti sul territorio (suolo, vegetazione, acqua, strutture antropiche, ecc.) discriminando le caratteristiche spettrali, alle diverse lunghezze d'onda cui sono sensibili i diversi sensori (aerei o satellitari) compatibilmente con la loro risoluzione spaziale. La capacità di riconoscere oggetti o parametri può essere migliorata correggendo atmosfericamente e orograficamente le immagini telerilevate.

Nell'ambito delle attività svolte dal laboratorio di Telerilevamento della Sezione CNT dell'INGV, in collaborazione con l'Università degli studi di Modena e Reggio Emilia è stato sviluppata una procedura per la correzione atmosferica e topografica per immagini telerilevate, da piattaforma spaziale, nella regione del visibile-vicino infrarosso, ed una MMI [*Man Machine Interface*] dedicata all'inserimento dei parametri fondamentali al calcolo.

Le Correzioni Atmosferiche e Orografiche (CAO) delle immagini telerilevate rappresentano uno dei passaggi di pre-elaborazione più impegnativi ma necessari per potere procedere a valutazioni quantitative delle immagini stesse. Le metodologie per effettuare questo tipo di correzioni sono varie e i principali fattori che le differenziano sono 1) l'intervallo spettrale considerato, 2) l'accuratezza desiderata e 3) la difficoltà di applicazione degli algoritmi. Il primo fattore determina la definizione dei termini di sorgente e i fenomeni di interazione radiazione elettromagnetica – atmosfera da considerare ed è indipendente dall'algoritmo che si decide di usare. Gli altri due fattori hanno effetti opposti: generalmente gli algoritmi semplici, di facile e veloce applicazione, producono correzioni atmosferiche poco accurate. Al contrario un'elevata accuratezza del risultato si ottiene da algoritmi complessi di non facile applicazione.

Solitamente le difficoltà che si incontrano utilizzando algoritmi che producono correzioni atmosferiche soddisfacenti sono di due tipi: quelle legate alla complessità degli algoritmi e quelle legate all'utilizzatore. Nel primo caso le difficoltà sono dovute al fatto che gli algoritmi sono spesso basati sull'uso di modelli di trasferimento radiativo il cui impiego è notoriamente complesso. Le difficoltà più strettamente legate all'utilizzatore consistono nel fatto che questa figura è molto spesso rappresentata da una persona che non ha conoscenze molto approfondite sui fenomeni di trasferimento radiativo o più in generale della fenomenologia che entra in gioco in questo contesto.

Sulla base di queste premesse, si è cercato di sviluppare una procedura per le CAO abbastanza completa dal punto di vista della modellistica del trasferimento radiativo ma allo stesso tempo di facile utilizzo grazie alla costruzione di un'interfaccia grafica che guida l'utente attraverso le varie fasi di elaborazione. Sia la procedura che l'interfaccia grafica sono state sviluppate nell'ambito delle collaborazioni scientifiche intercorrenti tra l'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia e l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. In ragione della conoscenza e della disponibilità delle risorse è stato scelto di sviluppare il codice in ambiente IDL/ENVI [Research System Inc. , 2005].

In questo contributo sono mostrate le funzionalità dell'interfaccia grafica sviluppata appositamente per guidare un utente, anche non esperto, nell'inserimento delle informazioni necessarie ad eseguire le correzioni.

1. Correzioni Atmosferiche e Orografiche (Cirillo)

La procedura *CIRILLO* [Teggi et al., 2005 Teggi et al., 2007] sviluppata è concepita per apportare le correzioni delle immagini telerilevate nella regione dello spettro elettromagnetico compresa tra 0.40 μm e 2.5 μm . In questa regione spettrale l'atmosfera influenza il dato telerilevato sia tramite processi di diffusione che di assorbimento. In questo caso il procedimento sviluppato per le correzioni atmosferiche utilizza il modello di trasferimento radiativo 6S [Vermote et al., 1997], che, a differenza del MODTRAN [Adler-Golden et al., 1999, Berk et al., 1989], tiene conto anche degli effetti di riflessione ambientale. E' stata inoltre aggiunta la correzione del cambiamento di illuminazione legato all'orografia. Pur non dilungandoci sulle peculiarità della procedura di calcolo alcuni aspetti specifici meritano una particolare attenzione. La relazione che descrive il modello di trasferimento radiativo di base utilizzato è:

$$\rho = \left[\frac{\rho^*}{t_g} - \rho_a - \frac{\langle \rho_e \rangle \cdot (t_s^\downarrow + t_m^\downarrow) t_m^\uparrow}{1 - \langle \rho_e \rangle \cdot s} \right] \frac{(1 - \langle \rho_e \rangle \cdot s)}{(\beta \cdot t_s^\downarrow + t_m^\downarrow) (t_s^\uparrow + t_m^\uparrow)} \quad [1]$$

Dove:

ρ^* : riflettanza al sensore (o apparente), a sua volta data dalla

$$\rho^* = \frac{\pi L_m}{E_0 \cos(\theta_s)}$$

Dove:

L_m radianza misurata dal sensore;

E_0 irradianza solare esoatmosferica;

ρ : la riflettanza del pixel;

t_g trasmittanza dovuta all'assorbimento dei gas;

$t_s^\uparrow, t_m^\uparrow, t_s^\downarrow, t_m^\downarrow$ trasmittanza atmosferica; percorso Sole-superficie, $(\)^\downarrow$, percorso superficie-sensore, $(\)^\uparrow$, dovuto sia al single scattering, $(\)_s$, che al multiple scattering, $(\)_m$;

ρ_a riflettanza atmosferica intrinseca;

$\langle \rho_e \rangle$ riflettanza ambientale; riflettanza media dei pixel nell'intorno di quello visto dal sensore;

s albedo sferica dell'atmosfera;

β $\cos \theta_n + \tan \theta_s \sin \theta_n \cos(\varphi_s - \varphi_n)$ è il fattore correttivo per il cambio di illuminazione dovuto all'orografia;

θ_n, φ_n pendenza e l'orientazione della superficie;

θ_s, φ_s angolo zenitale solare e angolo zenitale di vista;

Tenendo conte che:

- (i) I contributi atmosferici sono calcolati usando il 6S per i termini legati alla diffusione atmosferica e il MODTRAN per i termini legati all'assorbimento atmosferico.
- (ii) Tutti i termini dell'equazione di base, ad eccezione di quelli geometrici, sono prima calcolati in funzione della lunghezza d'onda e successivamente riportati ai valori "in banda" mediante convoluzione con la funzione di risposta del sensore considerato.
- (iii) Il termine di riflettanza ambientale è calcolato col metodo iterativo descritto in [Richer, 1990]

La procedura, per la quale è stata disegnata e sviluppata questa interfaccia grafica, prevede l'uso di immagini telerilevate la cui unità di misura sia $W/(m^2 \cdot Sr \cdot \mu m)$.

2. Descrizione logico funzionale dell'Interfaccia Grafica

I passi principali della procedura CIRILLO sono rappresentati nel diagramma logico-funzionale riportato in figura 1 e figura 2. Lo schema presentato in figura 1 rappresenta sinteticamente:

- (i) gli input richiesti all'utente (area blue scura, a sinistra nella figura 1);
- (ii) i moduli dedicati al calcolo delle correzioni atmosferiche e topografiche, (area celeste, al centro nella figura 1);
- (iii) la lista dei diversi prodotti ottenuti dai calcoli (area azzurra, a destra nella figura 1).

Mentre la figura 2 rappresenta il percorso necessario per la compilazione delle finestre dedicate rispettivamente al calcolo della riflettanza apparente (percorso blue, figura 2 finestre "Datacorr", "Data at the sensor" e "Sensor Acquisition Data") e della riflettanza corretta atmosfericamente (percorso rosso, figura

2, finestre “Datacorr”, “Data at the sensor”, “Sensor Acquisition Data” e “Computing Atmospherical Correction”).

Nei paragrafi successivi vengono descritte in dettaglio le funzionalità ed i campi presenti in ogni finestra.

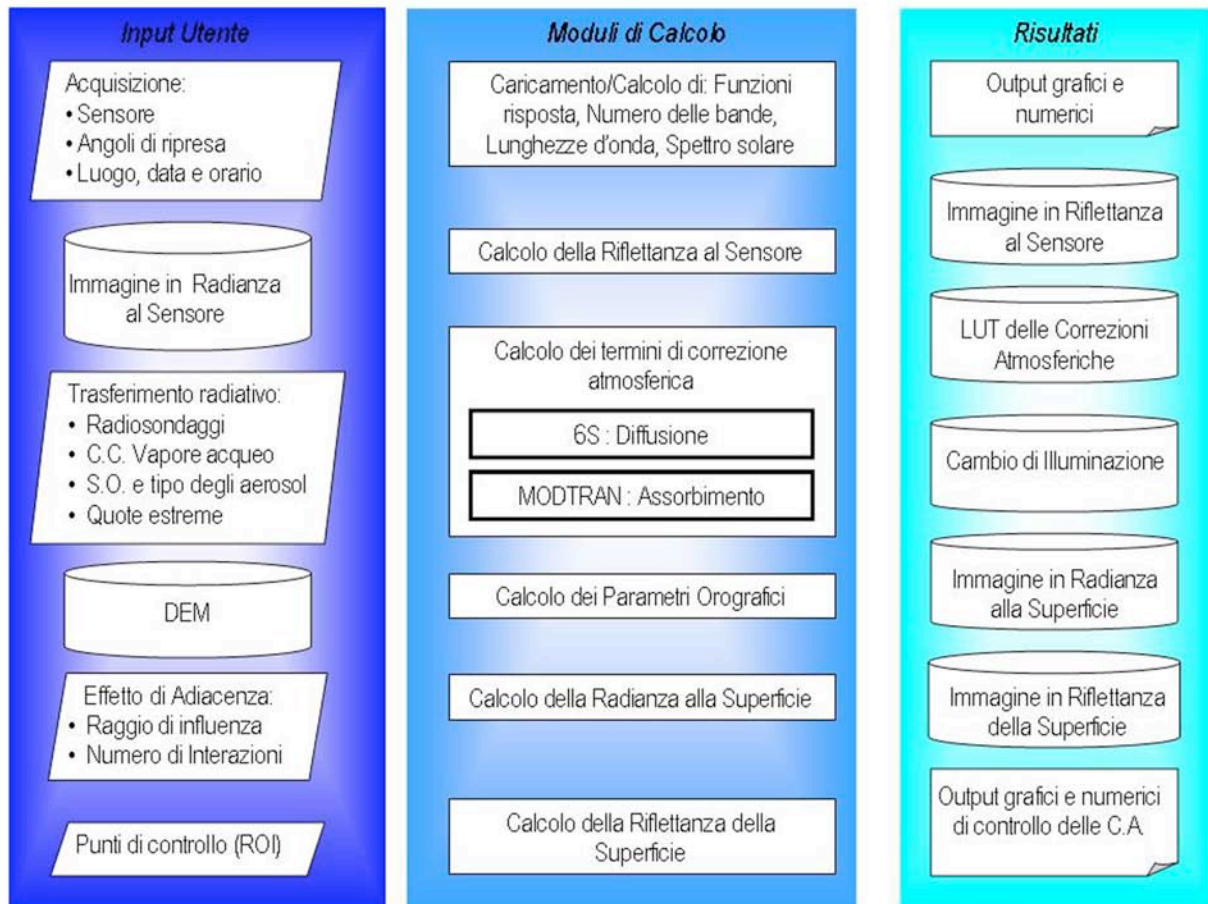


Figura 1 Diagramma logico funzionale della procedura CIRILLO: L’area destra racchiude i moduli di input con le informazioni richieste all’utente, l’area centrale racchiude il vero e proprio nucleo di calcolo e l’area destra racchiude i risultati delle procedure di calcolo.

2.1 Come accedere all’interfaccia grafica “CIRILLO”

La finestra principale dell’interfaccia grafica è accessibile direttamente dal menu di ENVI appositamente modificato (figura 3). Nei “Basic Tools”, all’interno del sub-menu “Calibration Utilities” contenuto negli strumenti di “Preprocessing” è stato inserito il comando per attivarla (Figura 3). Gerarchicamente si pone in parallelo e quindi equivalente agli altri moduli di correzione atmosferica già presenti. Selezionando “CIRILLO” apparirà la prima finestra dedicata alla procedura di correzione

Per effettuare il calcolo della riflettanza apparente e quindi nelle condizioni prossime al sensore saranno disponibili, in automatico, solo le finestre “Datacorr”, “Data at the sensor” e “Sensor Acquisition Data” alle quali si accederà premendo il pulsante “Apparent reflectance” sulla finestra principale di CIRILLO.

Per effettuare il calcolo relativo della riflettanza alla superficie saranno disponibili, unicamente in automatico, le finestre “Datacorr”, “Data at the sensor”, “Sensor Acquisition Data” e “Computing atmospherical correction” alle quali si accederà premendo il pulsante "Ground reflectance" sulla finestra principale di CIRILLO (figura 4).

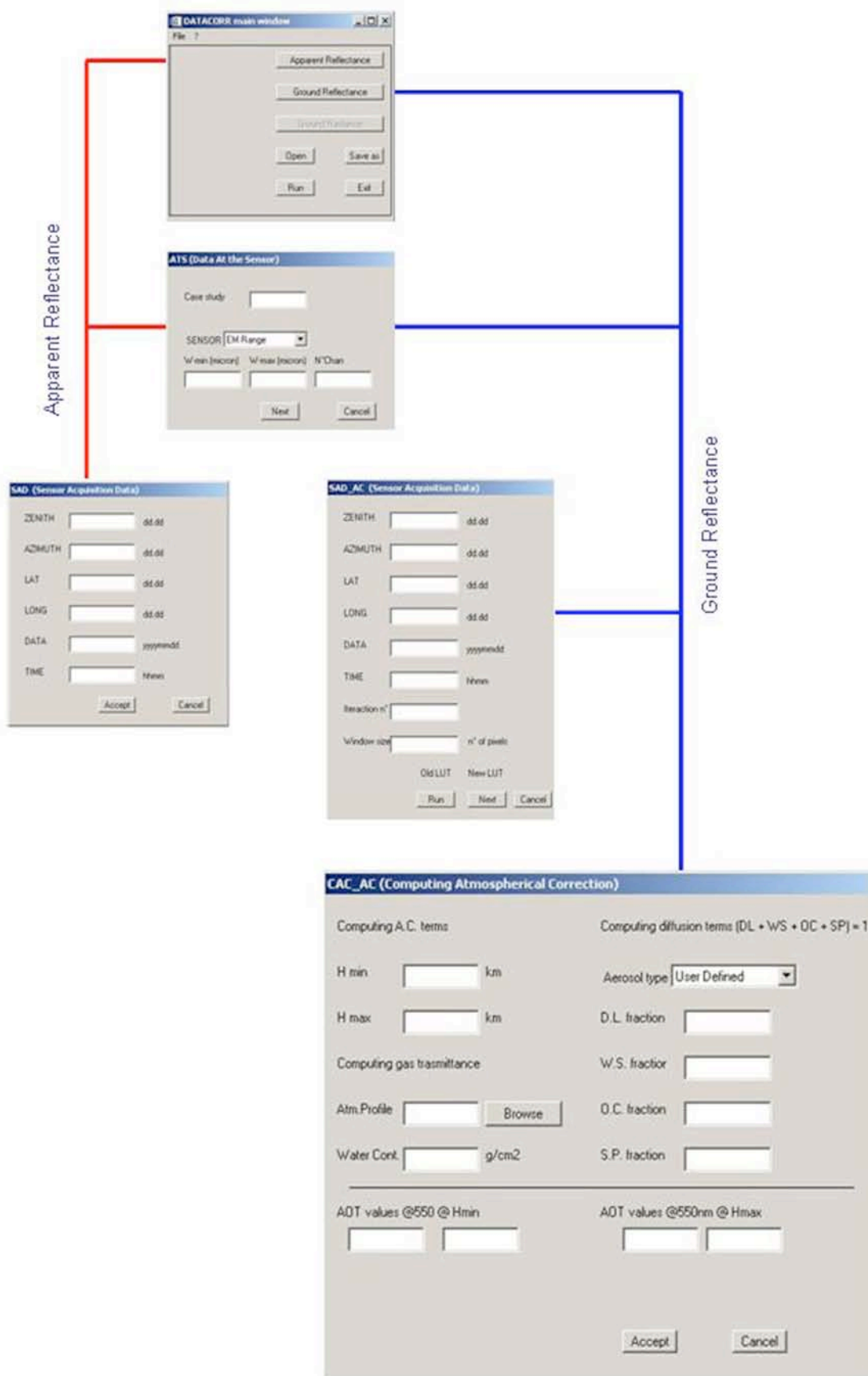


Figura 2 Sintesi dell'interfaccia grafica sviluppata per la procedura CIRILLO: La linea rossa indica il percorso necessario per compilare le finestre dedicate al calcolo della riflettanza apparente, quella blue le finestre dedicate al calcolo della riflettanza al suolo.

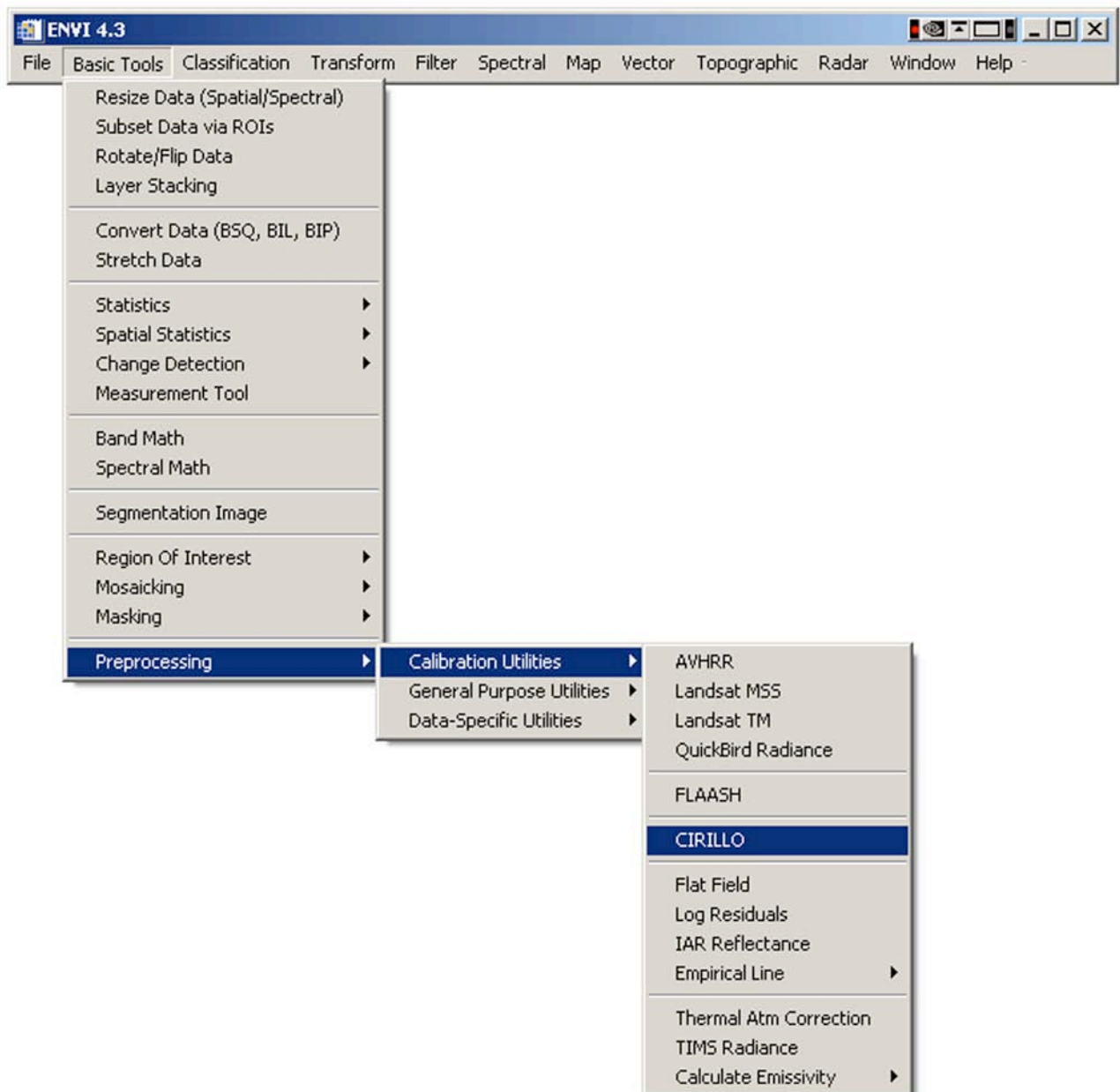


Figura 3 Barra degli strumenti di ENVI: posizionamento del bottone di attivazione dell'interfaccia grafica di Cirillo.

2.2 Descrizione della finestra "Datacorr"

La prima finestra dedicata alla correzione atmosferica e topografica (figura 4) contiene le opzioni relative ai differenti tipi di correzione; attualmente sono state sviluppate le procedure per il calcolo della riflettanza apparente (*Apparent Reflectance*) e per il calcolo della riflettanza al suolo (*Ground Reflectance*). La procedura per il calcolo della radianza al suolo (*Ground Radiance*) non è stato ancora sviluppata. Questa finestra permette le funzioni standard di archiviazione ed apertura dei file precedentemente scritti (*Open*, *Save as*), l'esecuzione del modulo di calcolo (*Run*) e l'uscita dal programma senza effettuare calcoli e senza salvare (*Exit*).

In questa fase la scelta del tipo di correzione non implica differenze nel contenuto della finestra successiva (figura 5) ma ne produce in quella relativa all'inserimento della geometria di acquisizione, delle coordinate del centro immagine da correggere e dell'ora alla quale la scena è stata acquisita (figura 6).

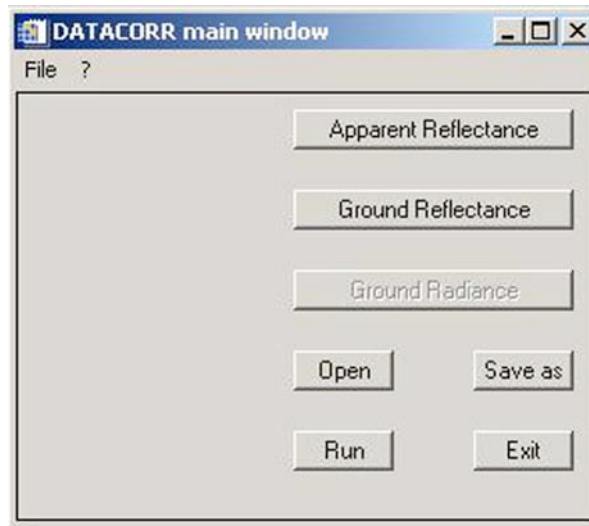
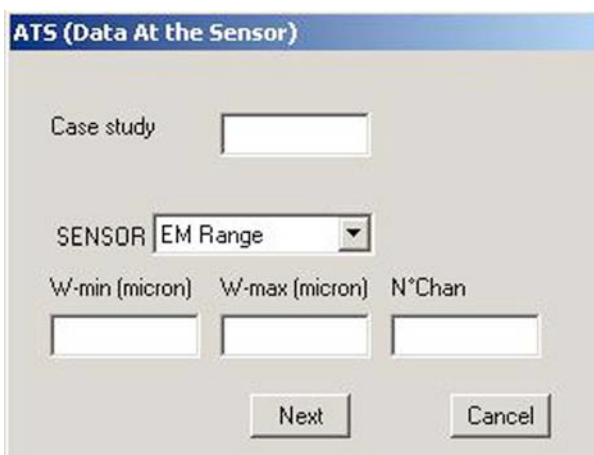


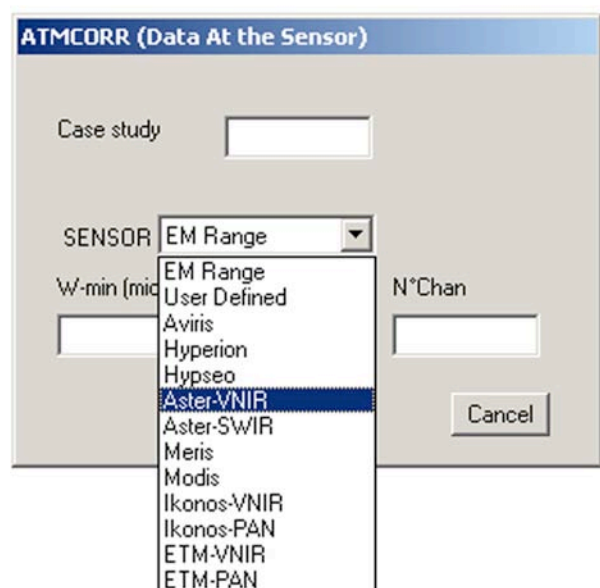
Figura 4 Finestra di partenza di Cirillo; il sotto-menu “File” contiene le stesse opzioni evidenti nella schermata (Open, Save as, Run, Exit). Il punto interrogativo individua il collegamento all’help. La funzione principale di questa finestra è permettere all’utente di scegliere che tipo di correzione si vuole effettuare (Apparent reflectance, Ground reflectance oppure Ground radiance).

2.3 Descrizione della finestra “Data at the sensor”

Questa finestra (figura 5) è dedicata all’immissione dei dati relativi al sensore (se predefinito o definito dall’utente figura 5b) e, di conseguenza, al range delle lunghezze d’onda tra le quali correggere l’immagine, il numero di canali. Il menu a tendina relativo al parametro *Sensor* offre la selezione dei sensori disponibili per i quali questa procedura è stata sviluppata. Selezionandone uno (ad es. ASTER VNIR in figura 5b) i campi restanti si compileranno automaticamente con i valori delle lunghezze d’onda minima e massima ed il numero di canali appartenenti al sensore scelto. L’unico campo da riempire da parte dell’utente è quello definito *Case Study*. Questo conterrà un identificativo scelto dall’utente che andrà a comporre la radice dei nomi di tutti i file di uscita del programma.



a)



b)

Figura 5 Finestra dedicata alla selezione dell’inserimento dei dati relativi alla geometria, alla posizione geografica, alla data di acquisizione del dato telerilevate da correggere.

2.4 Descrizione della finestra “Sensor Acquisition Data”

Questa finestra (Figura 6 a, b) è dedicata all'immissione dei parametri relativi alla geometria di acquisizione, cioè alla definizione della posizione assoluta del sensore, del target e del Sole. Questa finestra appare diversa in funzione del tipo di correzione che si vuole apportare. Nel caso di “*Apparent reflectance*” (Figura 6a) i parametri richiesti sono: gli angoli di vista del sensore (ϑ_v, φ_v) la latitudine e longitudine del centro immagine ed, infine, la data ed ora dell'acquisizione. Al lato di ogni campo è riportato il formato e l'approssimazione dell'informazione che il sistema è pronto a ricevere.

Nel caso in cui l'operatore avesse scelto di ottenere il valore delle riflettanze corrette atmosfericamente e topograficamente (*Ground reflectance*), la finestra dedicata all'immissione dei dati necessari ad eseguire la procedura prenderebbe la forma di quella rappresentata in figura 6b. In questa interfaccia sono presenti altre due campi oltre i precedenti (Figura 6a); il primo (*Iteration n°*) deve ricevere come input un numero > 0 (tipicamente 3 come descritto in Richter, 1990), il secondo (*window size*) deve essere compilato con un intero, pari al numero di pixel necessario ad ottenere una finestra ampia circa 1 km di lato. Questo intero dipende dal sensore scelto, ad esempio se il pixel di riferimento è di circa 30 m per ottenere una finestra di circa 1 km saranno necessari 33 pixel. Questo sarà il numero con cui riempire la “*Window size*”.

La procedura di correzione guida, una volta inseriti i parametri relativi alla condizione di acquisizione, l'utente verso una scelta tra due possibilità: la prima è usare una LUT pre-esistente, quindi precedentemente calcolata, oppure calcolarne una nuova seguendo l'immissione dei parametri descrittivi delle caratteristiche dell'atmosfera (Figura 7).

The figure shows two side-by-side screenshots of software windows. Window (a) is titled "SAD (Sensor Acquisition Data)" and contains six input fields: ZENITH (dd.dd), AZIMUTH (dd.dd), LAT (dd.dd), LONG (dd.dd), DATA (yyyymmdd), and TIME (hhmm). At the bottom are "Accept" and "Cancel" buttons. Window (b) is titled "SAD_AC (Sensor Acquisition Data)" and contains the same six fields as (a), plus two more: "Iteration n°" and "Window size" (n° of pixels). At the bottom are "Old LUT" and "New LUT" radio buttons, and "Run", "Next", and "Cancel" buttons.

Figura 6 Finestra per l'inserimento dei dati relativi alla geometria, alla posizione geografica ed alla data di acquisizione del dato da correggere.

2.5 Descrizione della finestra “Computing atmospherical correction”

Tutti i termini atmosferici presenti nell'equazione [1] vengono calcolati dai modelli MODTRAN e 6S, ed i parametri necessari alla loro definizione vengono inseriti in questa finestra (figura 7). L'utente non “entra in contatto” diretto con i modelli di trasferimento ma imposta nella finestra dedicata (figura 7) solamente le informazioni sulla struttura atmosferica: radiosondaggi, contenuto colonnare di vapore acqueo, spessore ottico e tipo di aerosol, quote estreme di calcolo. I rimanenti parametri di calcolo, come gli estremi spettrali e le geometrie dei cammini ottici, sono stati già inseriti e vengono ricavati dai dati dei passi precedenti. Inoltre l'utente deve definire gli estremi per il calcolo, ovvero la quota minima e massima all'interno della quale calcolare i termini atmosferici necessari ad effettuare le correzioni atmosferiche e topografiche.

I valori di correzione atmosferica così ottenuti vengono salvati sotto forma di LUT in un file. Il calcolo della LUT deve essere effettuato solo una prima volta: per run ulteriori sulla stessa immagine o in condizioni di acquisizione e atmosferiche inalterate, la LUT può essere semplicemente caricata.

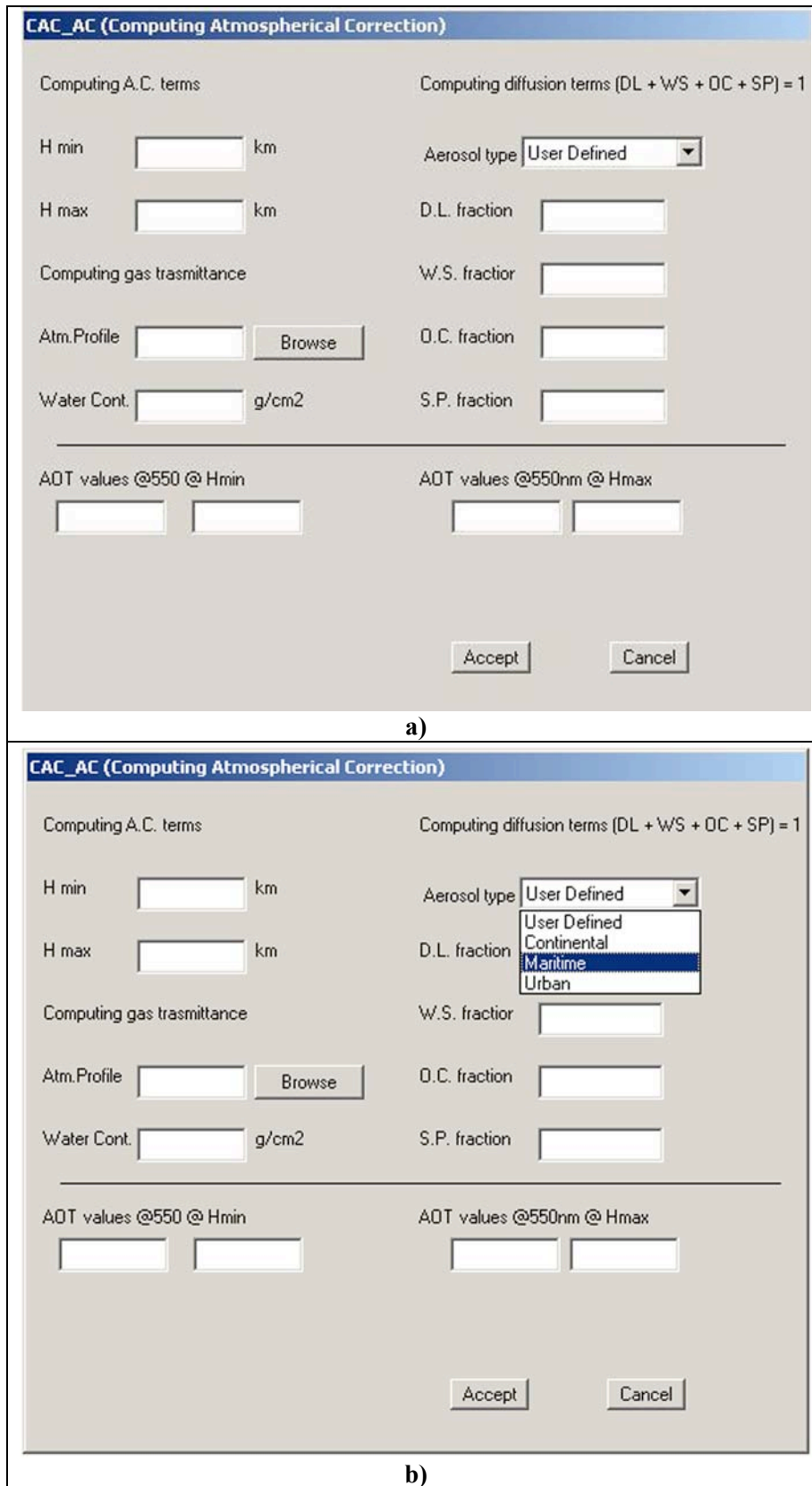


Figura 7 Finestra per l'inserimento dei dati relativi ai termini di trasmittanza e diffusione.

3. *Sviluppi futuri*

La procedura per il calcolo delle correzioni atmosferiche e topografiche, *CIRILLO*, da applicare a dati rilevati da piattaforma satellitare nel range spettrale VNIR-SWIR (0.4-2.5 μm) è stata sviluppata nell'ambito di una collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e l'Università di Modena e Reggio Emilia (UNIMORE). Nell'ambito della stessa collaborazione è stata disegnata e sviluppata anche l'interfaccia grafica dedicata all'immissione dei parametri necessari ad eseguire la procedura omonima. Lo sviluppo previsto per la procedura sino ad ora consolidata prevede due linee principali; la prima ampliare il range spettrale fino al circa 12 μm (TIR) che permetterà di poter correggere una famiglia più ampia di sensori satellitari maggiormente adatti allo studio delle anomalie termiche, la seconda prevede lo sviluppo di *routines*, da affiancare a quelle già sviluppate, per eseguire la correzione atmosferica e topografica di immagini acquisite da sensori montati su piattaforma aerea.

Bibliografia

Berk A., Bernstein L.S. e Robertson D.C. (1989). *MODTRAN: a moderate resolution model for Lowtran7*, GL-TR-89-0122, AFG Lab., Hanscom Air Force Base, MA 01731-5000, USA.

Adler-Golden, S. M., Matthew, M. W., Bernstein, L. S., Levine, R. Y., Berk, A., Richtsmeier, S. C., Acharya, P. K., Anderson, G. P., Felde, G., Gardner, J., Hike, M., Jeong, L. S., Pukall, B., Mello, J., Ratkowski, A., and Burke, H. -H. (1999), *Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4*. SPIE Proc. Imaging Spectrometry, 3753 pp. 61-69.

Vermote E., D. Tanre', J. L. Deuze', M. Herman, and J. J. Morcrette, (1997) *Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: an overview*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 35, pp. 675-686.

Research Systems Inc(RSI), (2005), ENVI User's Guide, ENVI Version 4.2, September 2005: Research Systems Inc, pp. 1084
Abrams M.J., Bianchi R. e Buongiorno M.F. (1997) - *Next-generation spectrometer aids study of Mediterranean*, Eos Trans. AGU, 78 (31), 317.

Richter R., (1990), *A fast atmospheric correction algorithm applied to Landsat TM images*, Int. J. Remote Sensing, 11, pp. 159-166

Teggi S., M. Musacchio. M.F. Buongiorno (2005): *Procedura con interfaccia-utente grafica per le correzioni atmosferiche di immagini satellitari*. Atti della 9° conferenza nazionale ASITA, Catania 15-18 novembre, pagg 1927-1932

Teggi .S, Musacchio M., M.F. Buongiorno (2007) *CIRILLO: a new SW dedicated to the orographic and atmospheric correction of spaceborne remote sensed data*", Journal of Applied Remote Sensing , SPIE (submitted)