



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1892A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Castellana Carlo

MATERIA: Telerilevamento - Prof. Boccardo

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Telerilevamento Software ENVI

30/9/2014

ENVI sta per Environment Software for Visualizing Information.

Per aprire le immagini andare sul *menu file di ENVI classic – open image file* – a questo punto è possibile selezionare anche più files da aprire tenendo premuto il tasto CTRL.

Nella cartella Maldives sono presenti più files che vengono rilevate dal sensore ETM (Enhanced Thematic Mapper) montato su Landsat 7 e che rileva in diverse bande: banda 1 (blu), banda 2 (verde), banda 3 (rosso), banda 4 (NIR), banda 5 (parte del MIR centrata sui 2 µm), banda 7 (parte del MIR centrata sui 4 µm). ETM non rileva in banda 6, che è quella del TIR, poiché è un sensore che registra riflettività e non emissività.

Apriamo il file *etm_bands1_7_20000307* della cartella Madive. Qui è omessa l'estensione del file che è .img. I files con estensione .hdr (header file) sono i files di testa dal quale ENVI recupera le informazioni relative al numero di righe e colonne, al numero di bande, al tipo di file (BSQ, BIL, BIP) e ad eventuali informazioni inerenti la georeferenziazione. Questi files non vanno aperti.

Quindi:

menu file di ENVI classic – open image file – etm_bands1_7_20000307

A questo punto ENVI apre una finestra chiamata *Avaiable Band List* che riporta il nome delle bande che sono disponibili ad essere visualizzate. Se l'immagine è georeferenziata nell' ABL appare un piccolo mappamondo blu che riporta le informazioni di georeferenziazione. L'ABL in realtà legge il file con estensione .hdr.

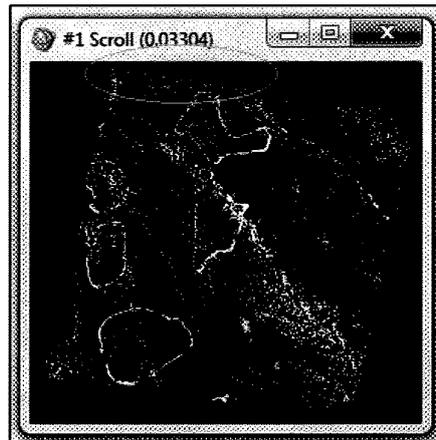
Nell'ABL ci sono due radiobuttons: *Gray Scale* e *RGB color*. L'RGB color permette di sintetizzare manualmente immagini colorate.

In basso nell'ABL c'è un riquadro che riporta le dimensioni dell'immagine. Poiché l'immagine è una matrice, sono riportate le dimensioni della matrice-immagine. Nella visualizzazione dell'immagine, l'origine della matrice ha è in alto a sinistra quindi il primo numero è riferito al numero di colonne, il secondo al numero di righe.

Per caricare l'immagine desiderata rilevata in una particolare banda cliccare sulla banda desiderata nell'elenco delle immagini e fare click su *Load Band*. Si apre un'immagine pancromatica cioè in toni di grigio, anche perché nell'ABL è selezionato *Gray Scale*.

Si aprono 3 finestre: quella di *Image* (la più grande), quella di *Scroll* e quella di *Zoom*. La finestra di *Scroll* rappresenta l'intera immagine, quella di *image* rappresenta il quadrato rosso nella finestra di *Scroll* e la finestra di *zoom* rappresenta il quadrato rosso nella finestra di *Image*.

Osservazione: siamo abituati a chiamare pixel l'unità minima di una matrice. Questo non è vero! Il pixel è l'unità minima di uno schermo (display). Nella finestra di *image* il rapporto tra la cella della matrice d'immagine e il pixel dello schermo è di 1:1, cioè cella e pixel coincidono nella finestra di *Image*. Solo in questa finestra è vera la corrispondenza tra cella della matrice immagine e pixel dello schermo! Essendo la finestra di *Scroll* uno zoom negativo che ci fa vedere tutta l'immagine, significa che ad ogni pixel dello schermo corrispondono più celle dell'immagine. La finestra di *zoom*, in base allo zoom applicato (es. 4x,6x



Nell'immagine si vedono le ombre delle nuvole proiettate sulla superficie del mare. Le ombre possono fornire indicazioni importanti riguardo la quota delle nuvole se l'immagine viene acquisita ed elaborata nel TIR (lo vedremo in seguito). Da questa altezza, si può risalire all'altezza del sole sull'orizzonte in quel momento e quindi all'ora di acquisizione dell'immagine.

Si può aprire anche un'immagine rilevata in altre bande contemporaneamente a quella già aperta. Basta andare sull'ABL selezionare la banda dell'immagine da aprire e cliccare su *No Display* (vicino al Load Band) poi selezionare *New Display* ed infine cliccare su *Load Band*.

A questo punto viene riportata una nuova terna di visualizzazioni (Image, Scroll e Zoom) contraddistinte da #2. Apriamo come seconda visualizzazione la banda 2 (verde). Si nota subito che le due immagini nelle due bande sono diverse. Per fare in modo di visualizzare la stessa porzione di immagine muovendoci in maniera sincrona sulle due immagini si collegano le due finestre di image facendo click con il tasto destro su una di queste e selezionando *Link Displays*.

Apriamo anche la banda 3 e la sincronizziamo con le altre due tramite *Link Displays*. Gli stessi oggetti possono essere chiari o scuri in una delle tre bande o in più bande. Ad esempio un oggetto chiaro nella banda del blu e verde e scuro in quella del rosso significa che l'oggetto sarà blu-verdastro e non di certo rosso (o meglio che riflette poco nel rosso). Se l'oggetto in questione si mostra chiaro in tutte e tre le bande (cioè in quelle del visibile) significa che si mostrerà al nostro occhio bianco. Per fare questo effettuiamo una sintesi additiva nelle tre bande del visibile: nell'ABL clicchiamo su *RGB color* ed effettuiamo una sintesi $R=banda3, G=banda2, B=banda1$ (è quello che il nostro occhio vedrebbe da satellite). L'immagine visualizzata con questa sintesi è detta immagine a colori reali!

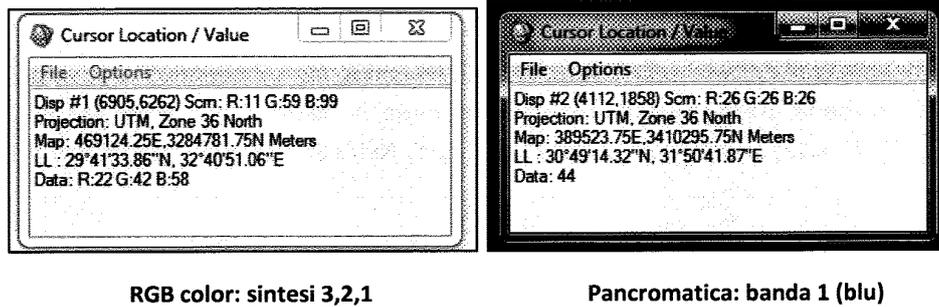
L'acqua è un buon assorbitore (in quanto risulta scura)! Potevamo già dirlo guardando separatamente le tre bande.

Facciamo una sintesi a falsi colori 4,3,2: è detta così perché il nostro occhio non vede la banda 4 (NIR).

Eseguiamo un *Link Displays* tra la sintesi a colori reali ed una a falsi colori.

Ciò che è verde nella 3,2,1 risulta rosso nella 4,3,2. Nella sintesi a falsi colori nel canale R abbiamo posto la banda 4 (NIR). Questo significa che l'oggetto che si vede rosso ha una forte riflettività nel NIR. Questa è la vegetazione.

Nella sintesi a falsi colori la sabbia è di colore ciano (miscela satura di blu e verde) e significa che nell'infrarosso riflette molto poco (infatti caricando solo la banda 4 in toni di grigio si vede come questa sia molto scura, riflette poco nel NIR).



Nell'immagine si possono osservare:

- Il display sul quale si sta effettuando tale comando. Se sono aperti più display contemporaneamente muovendosi da un display all'altro cambia il soggetto (es. da Disp#1 a Disp#2);
- Tra parentesi le coordinate della matrice immagine (colonna,riga);
- I valori dei digital number (DN compresi tra 0 e 255) delle tre bande del visibile che rappresentano la radianza delle tre bande rappresentate a monitor (valori di output) (anche le immagini pancromatiche hanno i tre DN perché i toni di grigio sono sintetizzati a partire dai tre primari RGB anche se questi risultano tutti uguali). Un basso valore di RGB indica una bassa radianza in quella banda (riflettività scarsa). Generalmente i campi Data e Scrn sono differenti poiché ENVI applica automaticamente uno stretch al 2% sulle code dell'istogramma per ottimizzare la visualizzazione;
- Il sistema di riferimento;
- Le coordinate piane;
- Le coordinate geografiche;
- I valori dei DN della matrice immagine (DN compresi tra 0 e 255), cioè quelli che mostrano la riflettività delle superfici nelle tre bande del visibile rilevate da satellite. Le immagini in RGB color hanno tre valori (per R, per G, per B) quelle pancromatiche hanno solo un valore: quello della banda visualizzata.

Tasto destro su finestra di Image – Pixel Locator (oppure tasto destro sul menu Tool di Image e selezionare Pixel Locator). È il comando per conoscere le coordinate (sia di immagine che geografiche) di una cella immagine (quella incorniciata in rosso nella finestra di Zoom).

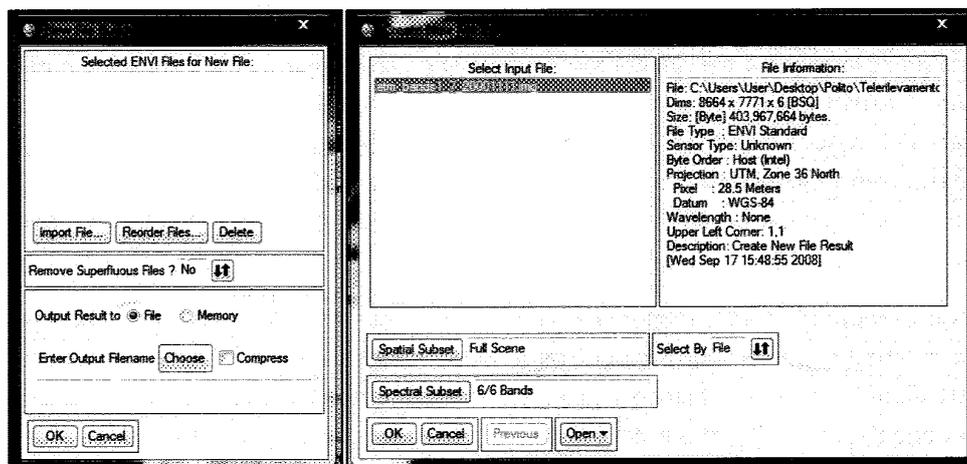
Le celle in banda 1, 2 e 3 hanno dimensioni 30x30 m (detta risoluzione geometrica cioè la dimensione della cella corrispondente al suolo), mentre in banda 6.1 e 6.2 sono di dimensioni 60x60 m (infatti poiché l'area di ripresa è sempre la stessa, le dimensioni della matrice immagine sono la metà lungo x ed y e dunque la risoluzione geometrica è doppia, cioè 60x60 m, lungo le due dimensioni (x ed y) rispetto a quella delle immagini rilevate nelle bande che registrano riflettività). Quindi le immagini rilevate in banda 6.1 o 6.2 che registrano emissività, sono la metà di quelle che registrano riflettività. Questo perché la Terra emette poco e quindi si interviene sul parametro ΔA per fare in modo che dal sensore venga raccolta una quantità di radianza sufficiente a rendere leggibile l'immagine.

2/10/2014

Per eliminare il file di testata aperto nell'ABL basta cliccare con il tasto destro e selezionare *Close Selected File*. Chiudiamo in questo modo *etm_bands_61_62_20001111* e *etm_pan_20001111*.

Dalla sintesi 4,3,2 estraiamo un'immagine che contenga i cerchi di coltivazione. Per fare questo apriamo il *Cursor Location/Value* e leggiamo le coordinate di un ipotetico riquadro che contenga i cerchi d'interesse: le coordinate del riquadro sono 4300,3000 in alto a sx e 4800,3400 in basso a dx. Ciò che ci interessa è contenuto in un riquadro di circa 500 cellex500celle (circa 15 kmx15km). A questo punto andiamo sul menu *File* della finestra di Image – *Save Image As – Image File*. Si apre una finestra che permette di salvare il riquadro selezionato dell'immagine facendo uno *Spatial Subset*, ma si salva un riquadro nelle tre bande selezionate (4,3,2). A noi interessa salvare questo riquadro nelle sei bande che registrano riflettività. Chiudiamo la finestra e apriamo dal menu *File* della finestra *ENVI Classic* il comando *Save File As – ENVI Standard*. Si apre una finestra nominata *New File Builder*. Selezioniamo *Import File -- etm_bands1_7_20001111.img* (si apre una finestra dove vengono riportate tutte le informazioni del file; si nota che la dimensione della cella è pari a 28.5 m che noi abbiamo detto essere 30m). Selezioniamo *Spatial Subset*. Qui è possibile definire un sottoinsieme delle immagini. L'immagine si può ritagliare per coordinate oppure direttamente dall'Image cliccando sull'apposito tasto. Scegliendo di selezionare il riquadro da estrarre dalla finestra di Image, vengono visualizzate le dimensioni del riquadro selezionato in NS ed NL dove NS è il numero di colonne e NL il numero di righe della matrice immagine. Poiché prima di lanciare il *Save File As* avevamo già la finestra di Image che visualizzava il riquadro di interesse da estrarre possiamo cliccare OK. Altrimenti si poteva selezionare le coordinate della cella in alto a sx e in basso a destra che limitano il riquadro da estrarre riempiendo le caselle *Samples* e *Lines* ricordando che le prime due caselle (in *Samples* e *Lines* rispettivamente) riguardano il vertice in alto a sx del riquadro e le seconde due quello in basso a destra. Si osservino le seguenti figure.

Dal tasto *Spectral Subset* è possibile scegliere in quali bande salvare il riquadro selezionato per l'estrazione.



Density Slice: Image → Tools → Color Mapping → DS

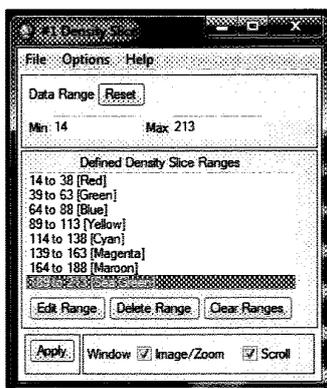
generare il nero in quanto il nero si potrebbe generare sottraendo il bianco dal bianco (non è possibile), per questo si adopera come quarto colore il nero.

Apriamo una sintesi 4,3,2 del file Memory 1.

Finestra di Image – Tools – Color Mapping – Control RGB Image Planes. Si apre una finestra nella quale è possibile mettere in on/off uno o più canali della sintesi creata in RGB. Ad esempio spegnendo i canali del verde e del blu e seleziono Options – Apply, si ottiene un'immagine pancromatica non più in toni di grigio, ma in toni di rosso (dal nero=assenza di riflettività al rosso saturo=massima riflettività). Spegnendo solo il canale del blu, si vede tutto quello che ha alta riflettività in banda 4 (cioè quella associata al canale del rosso nella sintesi fatta) in rosso e quello che ha bassa riflettività in banda 4 in toni di giallo (complementare del blu e somma di rosso e verde cioè somma delle bande 4 e 3). Quindi i cerchi vegetati risultano rossi, gli altri no.

Apriamo l'immagine Memory 1 in banda 4 (pancromatica). Per rappresentare l'immagine a colori anche se non è una sintesi additiva, ma un'immagine pancromatica, selezionare Tools dal menu di Image – Color Mapping – Density Slice. È un'operazione monospettrale (si applica ad una sola banda) noi la applichiamo alla banda visualizzata, cioè alla banda 4. Clicchiamo su OK. A questo punto si apre una nuova finestra in cui è possibile assegnare colori diversi ai vari DN (numeri interi positivi variabili tra 0 e 255 poiché ogni singolo valore della matrice immagine è memorizzato in 1 byte cioè in 8 bit) per ogni bit di variazioni 0,1, sono possibili 256 combinazioni: a p bassi sono associati DN bassi, a p alti DN alti) associati a ciascuna cella associandoli in intervalli. Ovviamente vengono creati intervalli compresi tra il valore minimo e massimo di DN presenti nell'immagine.

Nota: il byte è normalmente formato da 8 bit ed è pertanto in grado di assumere $2^8 = 256$ possibili valori (da 0 a 255). In un byte l'informazione è contenuta in 8 bit cioè è formato da una stringa di 8 cifre che possono assumere valori 0 o 1. (es. 01010011).



Per vedere i cerchi vegetati verdi con un'operazione affettamento della densità (Density Slice) è necessario definire un solo intervallo a cui associare il verde. Per fare ciò andiamo in Options – Set number of Default Ranges selezioniamo 1 e premiamo Ok. Andiamo in Options – Apply Default Ranges. A questo punto compare un solo intervallo.

Apriamo tutte le immagini della cartella 28/9/2002 (*File – Open Image File* – selezioniamo tutte le immagini (TIFF) presenti nella cartella tenendo premuto il tasto CTRL – *Apri*). Nell'ABL vengono riportate tutte le immagini selezionate. Queste sono immagini così come vengono scaricate dal sito della NASA. Il nome del file di immagine riporta il satellite di acquisizione (L7=Landsat 7), 7 numeri successivi indicano le coordinate nel sistema di riferimento dell'orbita del satellite, successivamente c'è un underscore (_) a cui segue la data di acquisizione formata da 8 cifre (si legge da destra verso sinistra), infine c'è la banda di acquisizione separata dalla data da un secondo underscore (_) (es. L71194029_02920020928_B10). Le immagini sono georeferenziate poiché nell'ABL appare l'icona mappamondo blu per ogni file immagine.

Il Landsat 7 acquisisce in 9 bande: 1, 2, 3, 4, 5, 6.1, 6.2, 7, 8 (detta anche pan). La risoluzione geometrica è di circa 30 m per le bande 1, 2, 3, 4, 5, 7, di circa 60 m per le bande 6.1 e 6.2 e di circa 15 m per la banda 8.

Facciamo una sintesi additiva (RGB color) a colori reali 3,2,1 ed attiviamo il *Cursor Location\Value* facendo click con il tasto destro sulla finestra di Image.

Andando su Torino si notano in maniera distinta i grandi viali. Nella finestra di zoom questi viali hanno spessore di circa 2 celle, quindi dovrebbero avere larghezza compresa tra i 30 m e i 60 m. Non è così! I viali si vedono in maniera così evidente poiché sono elementi fortemente contrastati rispetto alle zone circostanti. L'asfalto che compone i viali riflette in maniera così diversa dalla parte edilizia che li circonda per cui il contrasto è forte e i viali sembrano più grandi di quello che sono. Stesso discorso vale per i ponti su Po. Questi riflettono in maniera molto diversa dall'acqua del fiume. Stessa cosa per la pista dell'aeroporto.

Si vede anche l'effetto contrario. Ad esempio Piazza Vittorio risulta più piccola di quello che effettivamente è in quanto le celle dell'immagine che si trovano sul bordo della piazza, rappresentano una media della radianza registrata e la piazza sembra più piccola.

La diffusione non selettiva è evidente sul mare verso la costa per la presenza di toni grigiastri.

Carichiamo su nuovo display la banda 1 (acquisita nel blu). Carichiamo anche la banda 4 su nuovo display. Si nota come in banda 4 l'acqua è un fortissimo assorbitore. Dunque la banda 4 è fortemente contrastata rispetto alla banda 1. Ad esempio il contorno del Po è molto più evidente in banda 4 che in banda 1. Questo perché l'acquisizione dell'immagine da satellite in banda 1 è fortemente disturbata dal fenomeno della diffusione selettiva.

Apriamo una sintesi 4,3,2. Tutto ciò che viene visualizzato rosso è sicuramente vegetazione. Tutto ciò che viene visualizzato con il colore complementare ciano è sicuramente non vegetazione in quanto le superfici di colore ciano non riflettono nel canale associato al rosso. Nella sintesi a falsi colori il ciano solitamente rappresenta superfici urbanizzate (infatti i tetti riflettono molto nella banda del rosso associata al canale del verde). Le nuvole risultano bianche perché riflettono altamente nelle tre bande (4,3,2).

Apriamo una pancromatica in banda 6.1 (TIR). Questa banda registra emissività. Le nuvole risultano nere perché sono più fredde della superficie terrestre. Se volessimo invertire i colori facendole risultare bianche in visualizzazione basta andare sul menu *Tools (Image) – Color Mapping – Control RGB Planes* e selezionare *Inverse* nei tre canali R,G,B (tutti in modalità On). Infine selezionare *Options – Apply*. Con questa operazione si visualizza il negativo dell'immagine registrata in banda 6.1.

Apriamo la banda 8 (acquisita tra 0,4 μm e 1,2 μm). Quest'immagine ha una risoluzione maggiore delle altre (circa 15 m). Condizione necessaria e sufficiente per realizzare una sintesi additiva è che le matrici delle immagini abbiano stessa dimensione in quanto ENVI per sintetizzare diverse immagini prende come

Salviamo l'immagine come *L71194029_02920020928_B10_B80.img* (quindi forniamo anche l'estensione .img). Se aprissimo il file di testata *L71194029_02920020928_B10_B80.hdr* con il Blocco Note leggeremmo le informazioni contenute nel nuovo file creato. Questo file creato occupa una memoria enorme (1.6 GB). Apriamo l'immagine appena creata nell'ABL.

In realtà non si è migliorata la risoluzione geometrica dell'immagine, ma ENVI ha solo quadruplicato ogni cella (passando da 30 a 15 m) oppure moltiplicato per 16 volte la stessa cella (passando da 60 a 15 m). In definitiva si è solo aumentata la dimensione dell'immagine! In generale ha senso sotto campionare l'immagine passando da 30 m a 60 m di risoluzione geometrica (cioè far diventare 4 celle da 30 m una sola da 60m), non il contrario.

Sicuramente sarebbe stato meglio ricampionare tutte le immagini importate a 30 m. In questo caso delle 9 bande importate ne roviniamo solo 2 su 9 (cioè le 6.1 e 6.2).

Se faccio una sintesi 4,4,4 della stessa immagine acquisita in tre momenti diversi e vedo un'immagine pancromatica significa che non è cambiato nulla, se vedo dei colori significa che qualcosa è cambiato. Ad esempio se si vede una superficie di un tono rosso significa che qualcosa è cambiato nell'immagine riguardo quella superficie alla data a cui è associato il canale del rosso, mentre se si vede un complementare significa che la superficie dell'immagine colorata con un complementare è uguale in due tempi e diversa rispetto al terzo (es. se si vede una superficie dell'immagine gialla significa che questa è cambiata nell'immagine registrata al tempo a cui è associato il canale del blu, mentre è uguale per le immagini registrate ai tempi a cui sono associati i canali del rosso e del verde). In definitiva è importante avere a disposizione immagini multitemporali e di conseguenza predisporre di satelliti eliosincroni.

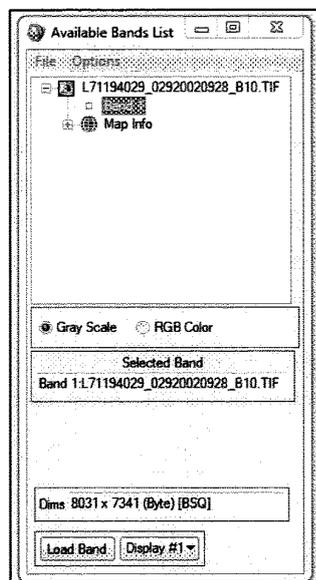
analisi multitemporale

29/10/2014

Avviamo ENVI.

Open Image File -- *L71194029_02920020928_B10*. Visualizziamo questa immagine (Load Band).

Nella ABL è visualizzata la dimensione della matrice immagine (8031 colonne x 7341 righe).

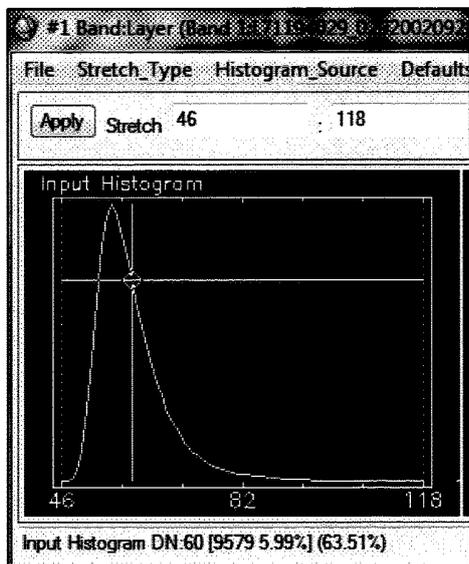


A destra della dimensione della matrice immagine è compresa tra parentesi tonde la dicitura Byte il quale indica che l'intervallo di campionamento radiometrico della radianza che giunge al sensore è memorizzato in 1 Byte cioè in 8 bit. Questo significa che l'immagine è acquisita in 8 bit e che quindi i DN variano tra 0 e 255.

Nelle parentesi quadre vi è scritto il formato di memorizzazione del file immagine. ENVI per poter visualizzare l'immagine ha aperto il file di testa per reperire le informazioni di visualizzazione. Per leggere queste informazioni possiamo cliccare su *File* in ENVI Classic e selezionare *Edit ENVI Header*. Selezioniamo il file di interesse (cioè quello aperto), sulla parte destra della finestra appaiono delle informazioni. Cliccando su Ok si apre una finestra in

salva il file in BIP o BIL, ma lo forza in visualizzazione (cioè lo legge come BIP o BIL). Se proviamo a fare una sintesi 3,2,1 viene una schifezza!

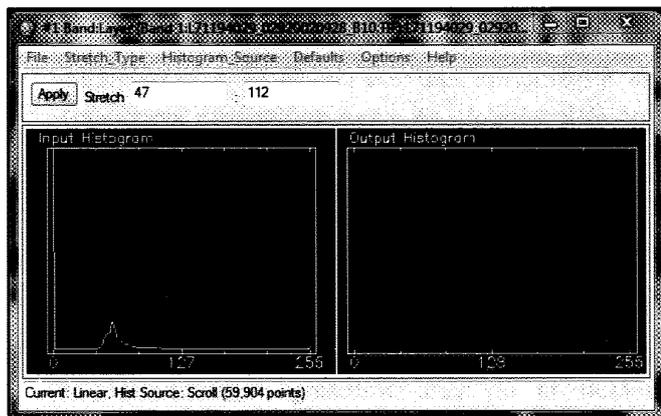
Se volessimo generare e salvare il file L71194029_02920020928_B10_B70.img in BIP o BIL bisogna andare



da *File* (ENVI Classic) – *Save File As* e selezionare il formato desiderato. (??????)

Su ENVI è possibile visualizzare l'istogramma delle frequenze dei DN per una sola banda che abbia sull'asse delle ascisse i valori dei DN (tra 0 e 255) e sull'asse delle ordinate la frequenza (cioè il numero di celle della matrice immagine che hanno il corrispondente valore di DN). Prima di fare questo eliminiamo dall'ABL le immagini relative alle singole bande e teniamo solo il file creato con il Layer Stacking (tasto destro nell'ABL sul nome di ciascun file da chiudere e selezioniamo *Close Selected File* per ogni file uno alla volta).

Visualizziamo la banda 1. Per visualizzare l'istogramma delle frequenze dei DN per la banda 1 bisogna cliccare con il tasto destro sulla finestra di Image e aprire il comando *Interactive Stretching* oppure Cliccare sul menu *Enhance* nella finestra di Image e selezionare *Interactive Stretching*. Si apre la finestra di fianco. Nella finestra



vengono mostrati due istogrammi: a sinistra vi è l'istogramma di frequenza dei DN della banda originale memorizzata su file (input, colore bianco) mentre a destra è riportato l'istogramma di frequenza relativo alla visualizzazione dei DN (output, colore rosso). I valori di output dei DN a monitor sono quelli che vengono riportati come Scrn nel Cursor Location\Value (si ricorda che generalmente nel Cursor Location\Value i campi Data e Scrn sono differenti poiché ENVI applica automaticamente uno stretch al 2% sulle code dell'istogramma per ottimizzare la visualizzazione).

A noi interessa il grafico in bianco. Questo istogramma è quello relativo alla finestra di Image, ma può essere mostrato anche per la finestra di Scroll e Zoom. Per gestire su quale finestra eseguire l'istogramma basta andare in *Histogram Source* e selezionare la finestra d'interesse. Se selezioniamo Scroll l'istogramma non si riferisce a tutte le celle dell'immagine, ma solo ad un certo numero poiché essendo questa uno zoom all'indietro, ad ogni pixel dello schermo corrispondono più celle. Per avere l'istogramma delle frequenze dei DN delle celle dell'intera matrice immagine, bisogna selezionare in *Histogram Source* l'opzione *Band* (viene eseguito l'istogramma delle frequenze sui circa 60 milioni di celle della matrice immagine che ha dimensione 8031 x 7341 e quindi è formata da 60 milioni di celle). Se vario cioè che viene visualizzato nella finestra di Image (spostandomi in quella di Scroll) l'istogramma delle frequenze varia in tempo reale.

Eseguiamo l'istogramma sulla finestra di Image.

tre bande associate ai tre canali della sintesi. Si nota che i tre istogrammi sono tutti uguali in forma, ma cambia la varianza, il DN per cui c'è il massimo. In banda 4 si vede che l'immagine risulta più luminosa e contrastata per sua natura. Questo è dovuto alla diffusione selettiva che incide poco in banda 4 perché diminuisce all'aumentare della lunghezza d'onda della radiazione luminosa. L'effetto della diffusione selettiva è quello di abbassare i contrasti.

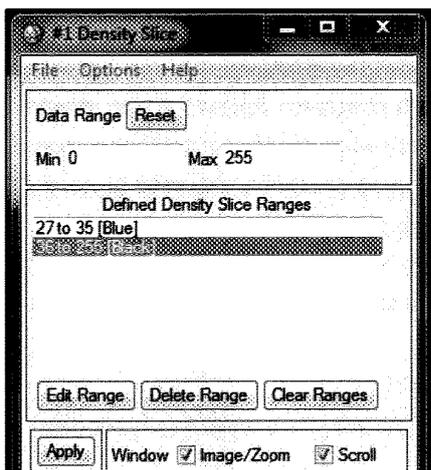
Se confrontassimo l'istogramma di banda 1 e 2 si vede che la diffusione selettiva ha l'effetto maggiore di diminuzione del contrasto in banda 1, come teoricamente dimostrato. La banda 1 è quella che risente maggiormente della diffusione selettiva.

È possibile estrarre un'immagine a colori da un'immagine pancromatica. Questo è possibile mediante una trasformazione puntuale dei DN nota come *Density Slice*. Finestra di *Image – Tools – Color Mapping – Density Slice*. L'operazione di *Density Slice* consiste letteralmente nell'affettamento dell'istogramma delle frequenze (density histogram), cioè nell'individuazione, su di esso, di intervalli di DN caratteristici che possono essere associati a particolari superfici (es. acqua). Tale tecnica agisce sulla banda singola ed ha come risultato l'assegnazione di uno specifico colore scelto dall'utente a tutte le celle dell'immagine i cui DN ricadono all'interno degli intervalli definiti.

Selezionando la banda ed accettando viene aperta una finestra come quella mostrata il 2/10. Il *Density Slice* attiene ad una statistica univariata (ad una sola variabile) e monospettrale (per una sola banda). All'apertura del *Density Slice* vengono proposti autonomamente dal software alcuni intervalli di DN dell'istogramma delle frequenze originali (tra 0 a 255). Generalmente a questi non è associato alcun significato (è un'immagine a pseudocolori dove i colori non hanno alcuna attinenza né con i DN registrati, se non un'attinenza secondaria, né con una sintesi additiva). Conviene dunque procedere alla loro cancellazione premendo il tasto *Clear Ranges*, e procedere successivamente alla definizione del corretto numero di intervalli di interesse andando in *Options – Set number of Default Ranges* e successivamente cliccando *Options – Apply Default Ranges*. Il *Density Slice* lavora su i DN della matrice immagine originale (quella memorizzata dal sensore del satellite) e quindi è possibile individuare gli intervalli di interesse per cui estrarre particolari superfici dalle immagini attraverso un'indagine con il *Cursor Location\Value*. L'inserimento dei valori massimo e minimo dell'intervallo avviene tramite l'interfaccia di seguito mostrata. Accettando, la finestra iniziale di elenco degli intervalli viene aggiornata con il nuovo intervallo e alle celle dell'immagine i cui DN ricadono all'interno di questo viene assegnato il colore definito attraverso il tasto dedicato della precedente interfaccia.

L'immagine che ne risulta può a buon diritto essere considerata una "proto-classificazione", cioè una classificazione delle coperture del territorio basata su una discriminante molto debole quale è l'appartenenza dei DN della distribuzione statistica che riguarda una singola banda spettrale ad un assegnato intervallo. Ciò nonostante interessanti indicazioni possono essere fornite per questa via, ad

esempio per estrarre l'acqua del mare dall'immagine di banda 2. Per fare ciò occorre settare solo due classi di intervallo per i DN. Andiamo in *Options – Set number of Default Ranges* selezioniamo 2 e premiamo Ok. Andiamo in *Options – Apply Default Ranges*. A questo punto compaiono solo due intervalli. Ispezioniamo con il *Cursor Location\Value* i valori del DN (in Data) ad esempio dalla sintesi 4,3,2 corrispondenti all'acqua del mare. Poiché si vogliono estrarre i DN corrispondenti all'acqua del mare bisogna leggere in Data nel *Cursor Location\Value* puntato sulla sintesi 4,3,2 i valori



Scatter Plot: Image → Tools → 2D Scatter Plot

ENVI di default compie uno stretching lineare delle immagini. Lo stretching lineare lo possiamo effettuare non solo intervenendo sulle due barre tratteggiate, ma anche ponendo i DN di interesse nelle apposite caselle nella finestra di Interactive Stretching.

Nel menu *Stretch Type* si possono scegliere diverse tipologie di Stretch:

- Lineare;
- Piecewise Linear: si può abbassare il coeff. angolare per abbassare o alzare il contrasto;
- Gaussian;
- Equalization: assegna valori equidistanti di DN equipartendoli su tutto lo spettro radiometrico (valori di DN);
- Square Root: migliora la luminosità.

Dalla banda 1 utilizzando lo stretching lineare si possono estrarre dall'immagine le nuvole in quanto si può constatare con il CLV che i DN del file immagine (input) assumono valori compresi tra 127 e 255 e successivamente fare uno stretching lineare tra 127 e 255.

Ripetiamo lo stesso procedimento per banda 4. Si estraggono le nuvole facilmente.

Come possiamo manipolare gli istogrammi per uno spazio multispettrale?

Bisogna accedere al campo della statistica multivariata.

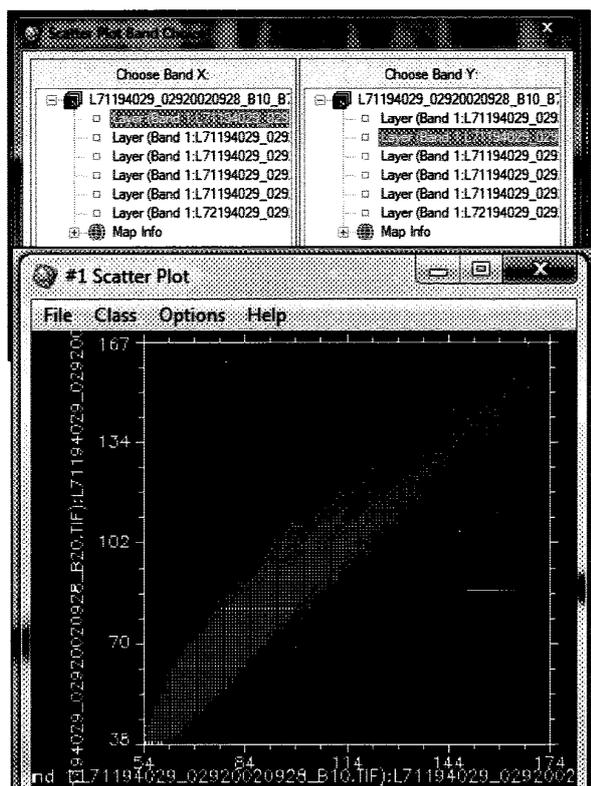
In modo analogo all'istogramma è possibile definire lo scatterogramma di un'immagine multispettrale come quella funzione che associa ad ogni cella le frequenze di due bande di riferimento. Quindi gli scatterogrammi sono rappresentazioni nel piano delle bande selezionate (due) della distribuzione dei DN. In particolare ogni cella dell'immagine può essere pensata come un punto di questo spazio di coordinate DN nelle due bande considerate.

Per ricavare gli scatterogrammi bisogna andare in *Tools* (finestra di Image) - *2D Scatter Plot*.

Per accedere a tale comando basta che una pancromatica sia stata visualizzata (o anche una sintesi).

Una volta cliccato su *2D Scatter Plot* si apre una finestra dove selezionare le due bande da correlare per generare lo scatterogramma.

Selezioniamo la banda 1 sulle ascisse e la banda 2 sulle ordinate (figura).



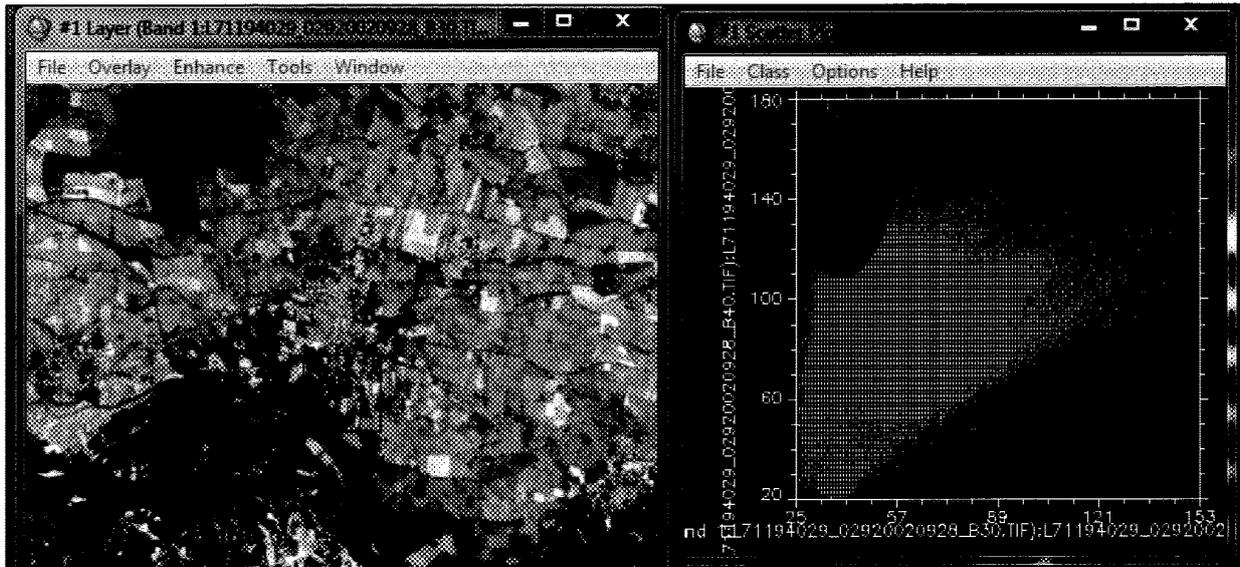
Viene generato lo scatterogramma (istogramma bidimensionale). La nuvola dello scatterogramma è composta da tutti i DN che rappresentano le celle della matrice immagine rappresentata nella finestra di Image, infatti muovendo il mouse sullo Scroll lo scatterogramma si aggiorna in tempo reale.

Più la nuvola di punti è stretta e sulla bisettrice, più i DN delle due bande sono correlati fra loro. Quindi lo Scatter Plot serve a verificare la correlazione eventuale tra bande.

In figura si vede una forte correlazione tra la banda 1 e la banda 2 in quanto a bassi valori dei DN della banda 1 corrispondono bassi valori di DN della banda 2 e stessa cosa per i valori alti di DN delle due bande.

I DN sappiamo che hanno una relazione con le radianze registrate dai sensori, quindi gli scatterogrammi stanno a mostrare non solo una

Band Math: Classic → Basic Tools → Band Math



All'interno dello stesso scatterogramma si possono disegnare diverse aree attribuendo vari colori andando nel menu *Class* e intervenendo su *New* per disegnare una nuova area e su *Item* per attribuirne un colore.

Questa possibilità equivale ad effettuare un *Density Slice* bidimensionale.

Inoltre si può valutare la frequenza bidimensionale della distribuzione dei punti considerati nello spazio delle

bande (scatterogramma) non solo manualmente (disegnando l'area sullo scatterogramma) come appena visto, ma anche attivando la voce *Density Slice* dal menu *Options*. Lo scatterogramma viene colorato con gradazioni dell'arcobaleno tali per cui le regioni dello spazio in cui si ha la maggior concentrazione di celle è quella rossa e quella a minor concentrazione la blu.

Le due bande nel MIR (5 e 7) sono fortemente correlate (ovunque).

La banda 4 le bande nel MIR non sono correlate.

In definitiva la banda 4 è scarsamente correlata con tutte le altre bande. Questo significa che dalla banda 4 si possono estrarre più informazioni e uniche riguardo alle superfici. Paradossalmente si è più interessati a bande fra loro scorrelate al fine di ricavare informazioni dalle immagini.

Caricando le bande 6.1 e 6.2 (TIR) si nota che queste non hanno alcuna correlazione con tutte le altre bande.

Questo dimostra che non c'è correlazione tra riflettività ed emissività.

È giusto che non ci sia perché la relazione $\epsilon=1-\rho$ vale solo in condizioni di equilibrio termico e nelle immagini telerilevate non c'è equilibrio termico.

Boccardo non parla dell'opzione *Density Slice* in scatter plot anche se su Prette e dispense pratiche ne parla! Bho!

Le immagini digitali sono a tutti gli effetti interpretate dal software come matrici numeriche di DN. E' quindi possibile effettuare su di esse operazioni matematiche attraverso lo strumento **Band Math** attivabile con il percorso *Basic Tools (ENVI Classic) - Band Math*.

NDVI : Classic → Transform → NDVI

- $(b1 > 50 \text{ and } b1 < 90) \text{ and } (b2 > 70 \text{ and } b2 < 100)$: estraggo celle con valori di DN dalla matrice immagine allo stesso modo di quando si disegnano aree nello scatterogramma;
- $b1 \text{ gt } 50$: le celle con DN superiori al valore di soglia 50 vengono posti uguali ad 1 (vero) mentre quelli inferiori a 0 (falso). Il risultato è un'immagine binaria (1 bit) che può essere utilizzata come maschera moltiplicandola per l'immagine originale;
- $(\text{float}(b3) / \text{float}(b2))$: dividendo due bande nel visibile fra loro comporta l'eliminazione delle ombre poiché le ombre sono caratterizzate da un tono radiometrico molto basso e simile nelle varie bande; Si scrive float poiché ENVI non riesce più a memorizzare i dati in 1 Byte (numeri interi), ma occorrono 2Byte (numeri con la virgola).
- $(\text{float}(b4) - \text{float}(b3)) / (\text{float}(b4) + \text{float}(b3))$: viene generata la banda sintetica NDVI che permette di estrarre la vegetazione ;

Quest'ultima espressione $\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ viene denominata NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) e permette di sintetizzare in un'unica immagine il contenuto informativo delle bande del rosso e dell'infrarosso vicino, relativamente allo stato vegetativo delle superfici.

I valori numerici in uscita variano in un intervallo compreso tra -1 e +1: se i valori sono positivi significa che per quella cella della matrice immagine il DN della banda 4 è più grande di quello della banda 3, se i valori sono negativi vale il contrario. Ricordando la firma spettrale della vegetazione si evince che questa in banda 3 ha un picco di assorbibilità perché è quella particolare lunghezza d'onda della radiazione (rosso) che viene utilizzata dalle piante per innescare i processi fotosintetici, mentre in banda 4 si ha un picco di riflettività. Per cui se l'indice NDVI di una cella è negativo (toni scuri), significa che quella non è vegetazione, se l'indice è positivo (toni chiari) significa che è vegetazione. Aiutandoci con il Cursor Location\Value è facile capire cosa sia vegetazione o meno nella matrice immagine della sintesi appena creata con l'algoritmo NDVI. Per avere la conferma basta fare un Link Display tra l'immagine creata con l'NDVI e una sintesi 4,3,2, cioè che è rosso nella sintesi 4,3,2 è rappresentato in toni chiari nell'immagine di algoritmo NDVI.

L'NDVI è un'operazione molto importante e frequente da utilizzare nei software di elaborazione delle immagini telerilevante, infatti è preimpostata in ENVI nel menu *Transform (ENVI Classic) - NDVI*.

5/11/2014

Avviamo ENVI.

poligono di celle (polygon) un rettangolo o un ellisse (figura). I DN che fanno parte del campione vengono estratti da tutte le bande che fanno parte del file, quindi è necessario estrarre da un file creato con il Layer Stacking. Non ha senso estrarre un campione da una cella utilizzando il comando Point in quanto il campione estratto non sarebbe rappresentativo.

È possibile modificare colore, campitura e nome della ROI (è preferibile che essi siano sensati per la classe considerata) con un doppio click del tasto sinistro del mouse sul campo di interesse.

Il campionamento avviene disegnando sulla finestra di Zoom il poligono (o punto, o polilinea) che circonda le celle da prelevare.

Il tasto sinistro del mouse consente di fissare i vertici della figura. Quello centrale di cancellarli.

Alla fine occorre premere due volte il tasto destro del mouse per confermare l'accettazione. Cliccando con il tasto centrale su un poligono già acquisito si procede alla sua eliminazione. Il numero di celle collezionate è visualizzato nel riquadro bianco della finestra ROI Tool a fianco del nome identificante la ROI.

Per creare una nuova ROI occorre premere il pulsante *New Region*.

In presenza di più ROI, per essere certi di assegnare correttamente le celle che di volta in volta vengono individuate, occorre selezionare sulla finestra ROI Tool il nome della classe di cui si intende prelevare delle celle.

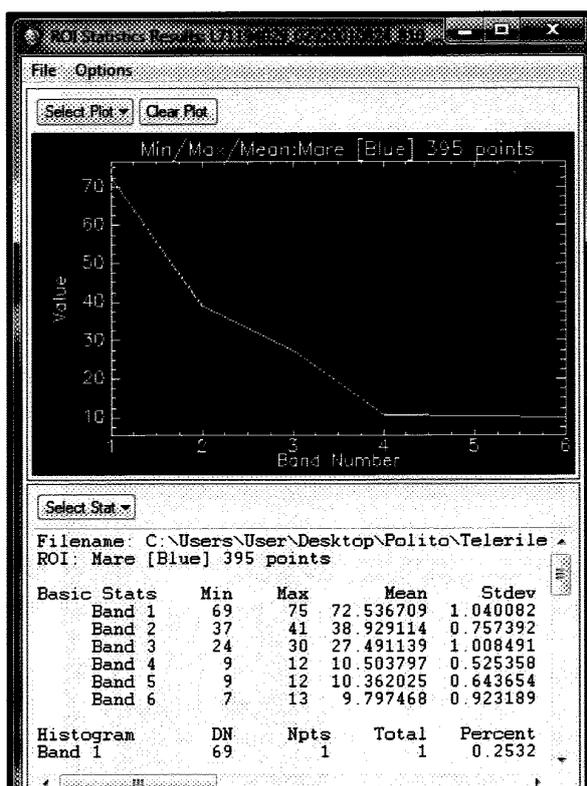
Una volta verificata la rappresentatività del campione si procede alla verifica della sua significatività attraverso le statistiche che lo riguardano. Queste sono calcolabili premendo il pulsante *Stats* della finestra ROI Tool.

Le statistiche della ROI evidenziata in blu nella finestra ROI Tool vengono presentate in forma sia grafica che tabellare. Il grafico è così costruito:

- la linea spezzata bianca è la congiungente di tutti i valori medi per banda della ROI considerata;
- le linee spezzate verdi congiungono i valori $\text{media} \pm \text{deviazione standard}$. La vicinanza di tali spezzate a quella bianca definisce la significatività del campione;
- Le linee spezzate rosse congiungono i valori massimi e minimi per banda della ROI. Se queste si discostano fortemente dall'andamento delle altre due significa che sono presenti celle di altre classi (outliers) che inquinano il campione. Se non si assiste ad un contemporaneo allontanamento delle spezzate verdi dalla bianca significa che tali outliers sono trascurabili (potrebbe trattarsi di uno solo).

A questo punto estraiamo un campione di mare dalla finestra di Zoom della sintesi 4,3,2 in visualizzazione (il campione riguarderà i DN di ogni cella nelle sei bande sovrapposte con il Layer Stacking). Ovviamente la finestra di ROI Tool si aggiorna nei campi della riga della regione che abbiamo chiamato Mare (figura).

Clicchiamo sul pulsante *Stats*. Vengono mostrate le statistiche dei DN (Value) del campione estratto dalla popolazione delle celle nelle sei bande di riflettività (Band Number).



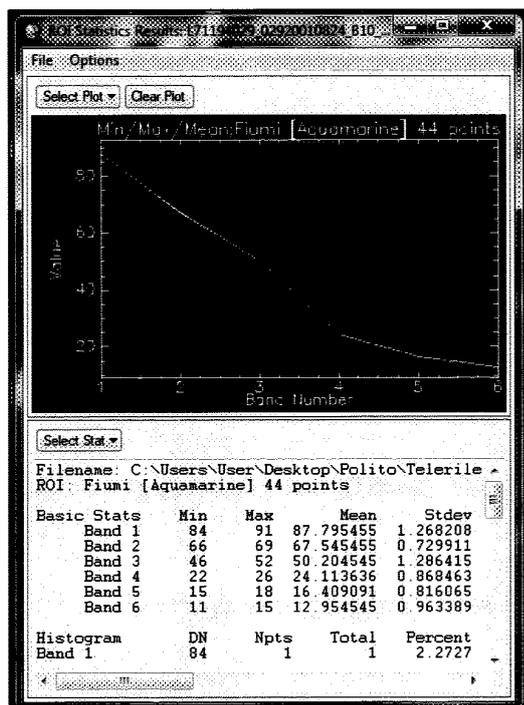
Riguardo la vegetazione la firma spettrale estratta conferma il picco di riflettività di questa nel NIR (banda 4) e un picco di assorbività nel rosso (banda 3).

Se osserviamo una sintesi 3,2,1 si vede la vegetazione verde, ma nella firma spettrale limitatamente alle prime tre bande c'è un picco di riflettività nel blu, quindi mi aspetterei di vedere la vegetazione blu in una sintesi a colori reali. Non è così perché un problema di diffusione selettiva che aumenta di gran lunga la riflettività nel blu. Le firme spettrali che stiamo ricavando ora non sono ricavate su immagini calibrate (che vedremo in seguito).

Dunque le ROI costituiscono un campione statistico della popolazione dalla quale sono estratte. Esse devono pertanto rispettare le seguenti caratteristiche:

- **Rappresentatività:** un campione è tanto più rappresentativo quanto più alto è il numero delle celle che lo costituiscono. Un campione è ritenuto rappresentativo se il numero di celle che lo costituiscono è circa il 5% della popolazione che esso rappresenta. Tale valore è deducibile da una stima basata unicamente su fotointerpretazione mirata a definire, per ogni classe, una percentuale approssimata di sua presenza sulla scena. (Es. guardando l'immagine si stima una presenza della classe bosco pari al 10% del totale. Sapendo che l'immagine è costituita da 1.000.000 celle, si desume indicativamente che il numero di celle bosco sulla scena si attesta intorno al valore 100.000. Il 5% di tale numero, corrispondente ad un campione rappresentativo, è 5000 celle. Questo sarebbe il numero di celle da collezionare. Nella realtà, pur rimanendo vera la proporzionalità diretta tra dimensione della ROI e dimensione stimata della popolazione che essa rappresenta, si procede alla collezione di ROI di dimensioni comprese tra le 200 e le 1500 celle).
- **Significatività:** un campione è significativo se la sua deviazione standard si mantiene sufficientemente bassa, cioè se la dispersione attorno al suo valor medio è contenuta.

Estraiamo i fiumi. Cliccando su *New Region* editiamo le celle della nuova riga nell'elenco delle ROI come fiumi e associamo il colore azzurro. Andiamo in *ROI Type* e selezioniamo *Polyline*. Nella finestra di Zoom tracciamo una polilinea su una zona piuttosto omogenea che sia acqua di fiume ponendoci il più lontano possibile dalle sponde (ENVI considera nel campione tutte le celle che intersecano la polilinea). Apriamo le *Stats* per questa nuova ROI ed ecco la firma spettrale dei fiumi (figura).



Possiamo confrontare questa firma spettrale riaprendo quella fatta per l'acqua di mare (selezioniamo la riga Mare e clicchiamo su Stats). Si osserva che le due firme sono molto simili.

float(b1) or float(b2)*10 or float(b3)*100 or float(b4)*1000 or.....

associando a ciascuna variabile (bi) l'immagine tematica precedentemente ricavata.

Si ottiene in questo modo un'immagine pancromatica. Se si volesse ottenerne una a colori basta eseguire successivamente un Density Slice.



Per quanto riguarda l'acqua conviene adoperare l'NDVI (*Transform in ENVI Classic - NDVI -- L71194029_02920010824_B10_B70 - ok*). Facendo un Interactive Stretching sui valori positivi posso classificare la vegetazione facendolo sulla curva compresa nei valori negativi ottengo l'acqua di mare e i fiumi e laghi (figure).



6/11/2014

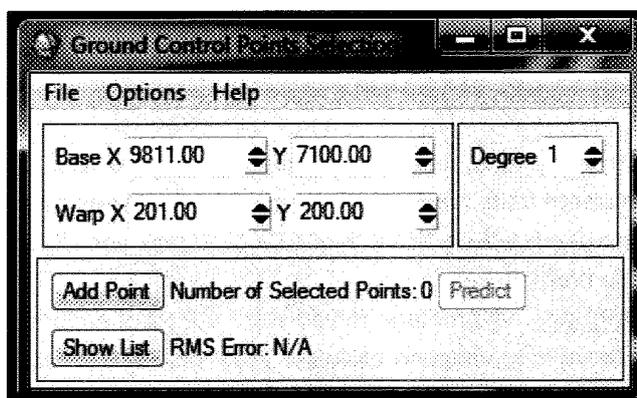
Georeferenziazione Image to Image

Le immagini satellitari sono caratterizzate da un sistema di riferimento immagine avente l'origine in alto a sinistra e l'asse delle ordinate diretto verso il basso, in modo che ogni cella possa essere individuata univocamente. Ciò non consente però l'integrazione e/o sovrapposizione con altri dati territoriali georeferiti, caratteristica indispensabile qualora le immagini costituiscano supporti cartografici o tematismi all'interno di Sistemi Informativi Territoriali (SIT).

Le operazioni che consentono di associare ad ogni cella della matrice immagine una coppia di coordinate nel sistema di riferimento di arrivo scelto vengono indicate con il termine Georeferenziazione. Queste operazioni di warping modificano necessariamente la geometria dell'immagine originale attraverso la combinazione di operazioni di traslazione, rotazione, variazione di scala (isotropa o anisotropa) e

geometricamente in modo da renderla compatibile con la Base Image, che per noi è l'immagine del 2002). Dando Ok, si apre una finestra intitolata *Ground Control Point Selection* (figura).

Come si può vedere dalla figura qui di fianco, ENVI effettua di default una trasformazione polinomiale di primo grado. Il grado può essere modificato. Non è detto che utilizzando una trasformazione con alto grado di polinomio il risultato di collimazione migliori, dipende dal tipo di distorsione che l'immagine da georeferire possiede.



A questo punto è sufficiente procedere alla ricerca di punti riconoscibili in entrambe le scene, denominati *punti Omologhi*, in numero maggiore o uguale a quello minimo richiesto per l'attivazione della procedura ai minimi quadrati.

Per migliorare il contrasto e la luminosità delle due immagini si può effettuare un Interactive Stretching oppure andare su *Enhance* (finestra di Image) ed effettuare una correzione automatica del contrasto sulla finestra che si preferisce (quella di Image ovviamente) ad esempio selezionando [*Image*] *Linear 2%*. Convieni ripetere tale operazione ogni volta che l'immagine nella finestra di Image cambia. In tal modo migliora il contrasto dell'immagine e di conseguenza è più semplice la ricerca e l'individuazione di stessi punti sulle due immagini. Convieni individuare punti sulle immagini che non variano nel tempo come ad esempio spigoli di edifici, di strade ecc. e che siano ben distribuiti su tutta la superficie dell'immagine di Scroll.

Una volta individuato il GCP si procede ad una collimazione del punto mediante il puntatore a croce presente nella finestra di Zoom, impostando un fattore di ingrandimento tale da consentire la precisione della mezza cella (questo a prescindere dalla risoluzione geometrica dell'immagine). Dopo aver posizionato i puntatori di entrambe le viste è sufficiente premere il tasto *Add Point* per l'inserimento delle coordinate del GCP collimato. Premendo il tasto *Show List* compare la tabella (figura) contenente per ogni GCP le coordinate immagine della *Base Image* e della *Warp Image*, le coordinate della *Warp Image* calcolate con i parametri stimati attraverso i punti collimati fino a quel momento, i residui X e Y espressi in celle e l'errore quadratico medio (Round Mean Square - RMS).

	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	3485.86	4243.25	3446.13	4242.6412	3445.9612	-0.6088	-0.1688	0.6318	
#2+	10053.17	8767.83	10132.83	8728.00	10133.087	8728.0009	0.2578	0.0009	0.2578
#3+	4956.00	8852.17	5035.50	8811.50	5035.8847	8811.9641	0.3847	0.4641	0.6028
#4+	10929.67	4694.83	11010.00	4655.00	11009.602	4654.7223	-0.3973	-0.2777	0.4847
#5+	8083.83	1999.17	8164.33	1958.83	8164.5354	1959.0614	0.2054	0.2314	0.3094
#6+	7038.17	5218.50	7118.50	5178.33	7118.6445	5178.4631	0.1445	0.1331	0.1964
#7+	6782.83	12195.00	6862.17	12155.00	6862.1599	12154.900	-0.0101	-0.0999	0.1004
#8+	5296.83	1602.83	5378.00	1563.00	5378.3745	1562.9596	0.3745	-0.0404	0.3766
#9+	3534.83	8936.17	3614.83	8896.17	3614.6812	8895.8506	-0.1488	-0.3194	0.3523
#10+	8368.00	9860.00	8448.00	9820.00	8447.7982	9820.0766	-0.2018	0.0766	0.2159

L'errore globale commesso nella collimazione di tutti i GCPs viene misurato attraverso il *RMSE* (Round Mean Square Error) riportato nella finestra di *Ground Control Point Selection* (se il numero di GCPs non è sufficiente per la stima dei parametri della trasformazione compare il valore N/A. Ad esempio per la polinomiale di primo grado occorrono tre

Nel nostro caso di georeferenziazione di un'immagine ottica (cioè acquisita da un sensore) il ricampionamento bilinear o un cubic convolution migliora il risultato di output.

Il background è importante in base a quello che ne faremo dell'immagine.

I numeri in *Upper Left X e Y* rappresentano le nuove coordinate in origine della matrice immagine che ENVI associa all'immagine in output (georiferita), in base alla trasformazione calcolata, in modo che sia possibile il Link Displays tra le due immagini.

Selezioniamo il salvataggio in memoria. Nell'ABL appare un file che è anteceduto dalla scritta Warp.

Apriamo questo file e lo linkiamo con quello del 2001. Premendo il tasto sinistro sulla finestra di Image di una delle due immagini si può vedere che queste si sovrappongono quasi perfettamente.

Questo significa che la georeferenziazione Image to Image è venuta bene.

13/11/2014

Apriamo ENVI.

Nell'ambito dei preprocessamenti d'immagine geometrici di base abbiamo visto la georeferenziazione Image to Image. Ora vediamo la *georeferenziazione Image to Map*.

Lavoriamo sulla cartella 28/09/2002.

Solitamente carichiamo le varie immagini in ENVI (*Open Image File*) acquisite nella varie bande ed effettuiamo un Layer Stacking per analizzare la multispettralità della stessa immagine del sensore ad esempio per estrarre la firma spettrale delle superfici. Effettuando un Layer Stacking tutte le immagini vengono adattate ad una stessa risoluzione geometrica.

Questa volta carichiamo le immagini in ENVI secondo un'altra procedura:

File (ENVI Classic) – Open External File. Si apre un menu che fa riferimento ad una serie di piattaforme e sensori. Selezioniamo *Landsat – GeoTIFF with Metadata* e selezioniamo il file *L71194029_02920020928_MTL* nella cartella 28/09/2014. Si aprono nell'ABL tutti i files immagini contenuti nella cartella 28/09/2002 suddivisi per risoluzione geometrica e a seconda che registrino riflettività o emissività. Inoltre accanto ad ogni immagine viene riportata tra parentesi la lunghezza d'onda in cui è centrata l'acquisizione nelle varie bande spettrali; mentre alla testa del nome del file riporta il nome di sensore adoperato.

Questa operazione non riproduce un Layer Stacking, ma sarà importante per le calibrazioni radiometriche delle immagini.

Per migliorare il contrasto delle immagini in una delle bande di acquisizione, basta andare in *Enhance* (finestra di Image) – *Interactive Stretching – Defaults – [Image] Linear 2%*. In questo modo si effettua un Interactive Stretching eliminando i DN della frequenza cumulata della distribuzione delle frequenze delle celle dell'immagine fino al 2% e oltre il 98%. Quindi non si tiene conto dei DN del 2% di celle che giacciono sulle code dell'istogramma delle frequenze.

Tale operazione si può effettuare direttamente da *Enhance* (finestra Image) -- *[Image] Linear 2%* oppure in maniera manuale nella finestra di Interactive Stretching inserendo come limiti 2% e 98% (nelle caselle di Stretch).

Passiamo a georeferenziare un'immagine su una cartografia (Image to Map). Dobbiamo georeferire la banda 8 sulla cartografia di Torino. Poiché quest'ultima è a grande scala conviene effettuare uno *Spatial Subset* della banda 8 incentrato su Torino così da facilitare la georeferenziazione per fotointerpretazione.

Le considerazioni relative alle opzioni della finestra di GCPs Selection sono le stesse indicate nel paragrafo relativo alla georeferenziazione Image to Image. Una volta collimato un numero sufficiente di punti omogeneamente distribuito sull'intera scena è possibile procedere alla georeferenziazione dell'immagine selezionando il tasto *Add Point*.

Conviene collimare vertici di strade, edifici, ponti ecc. quindi punti stabili nel tempo, omogenei e individuabili per fotointerpretazione facilmente. Conviene mantenere lo snap nel file vettoriale (cartografia) per facilitare l'operazione di scelta del punto sulla cartografia: fare in modo che sia *Toggle Cursor On*.

Cerchiamo di mantenere l'errore di circa mezza cella, come per l'Image to Image.

Il comando *Show List* apre l'elenco dei punti collimati. Le considerazioni sulla *Show List*, *Predict*, numero di punti da collimare e trasformazione sono le stesse della georeferenziazione Image to Image.

Collimiamo 10 punti facendo in modo che l'errore sia sotto la mezza cella. Così individuiamo 10 GCP e li salviamo andando in *File* nella finestra *Image to Map GPC List* selezionando *Save Table to ASCII*. In questo modo li salviamo come file di testo e li possiamo caricare nella finestra *Image to Map GCP List*. Se volessimo salvarli con estensione *.pts* per caricarli nella finestra *Ground Control Point Selection* bisogna eseguire un altro percorso di salvataggio: *File* (finestra di *Ground Control Point Selection*)– *Save GCPs w/map coords*.

In entrambe le modalità di salvataggio nominiamo il file con i GCP come *L72194029_02920020928_B80_ss_su_Torino_vector*.

Per generare la nuova immagine georeferenziata sulla cartografia vettoriale, basta andare in *Options* nella finestra *Ground Control Point Selection – Warp File -- L72194029_02920020928_B80_ss.img – Ok*.

Selezionando l'immagine da georeferenziare è possibile scegliere se effettuare tale operazione sull'intera immagine o solo su parte di essa, sia dal punto di vista geometrico (*Spatial Subset*) sia da quello spettrale (*Spectral Subset*), opzione peraltro disponibile in tutti gli strumenti di ENVI che generano nuove immagini.

Si apre a questo punto la finestra di *Registration Parameters* (è la stessa vista e riportata in figura per la georeferenziazione Image to Image) che consente di definire il tipo di trasformazione da utilizzare (*Warp Method*), il grado (*Degree*) in caso di trasformazione polinomiale, il metodo di ricampionamento ed il DN da attribuire allo sfondo della nuova immagine (*Background*). Imponiamo *Background=255*.

L'opzione *Change Output Parameters* evidenziata consente invece di settare i parametri geometrici dell'immagine in uscita, ossia il numero di righe e di colonne e le coordinate immagine della cella in alto a sinistra. Tale possibilità risulta estremamente utile per eventuali successive analisi multitemporali che richiedano operazioni di *Band Math* tra bande di immagini differenti. Salviamo il File come *L72194029_02920020928_B80_ss_su_Torino_vector – Ok*. Nell'ABL compare il nuovo file come *Warp*.

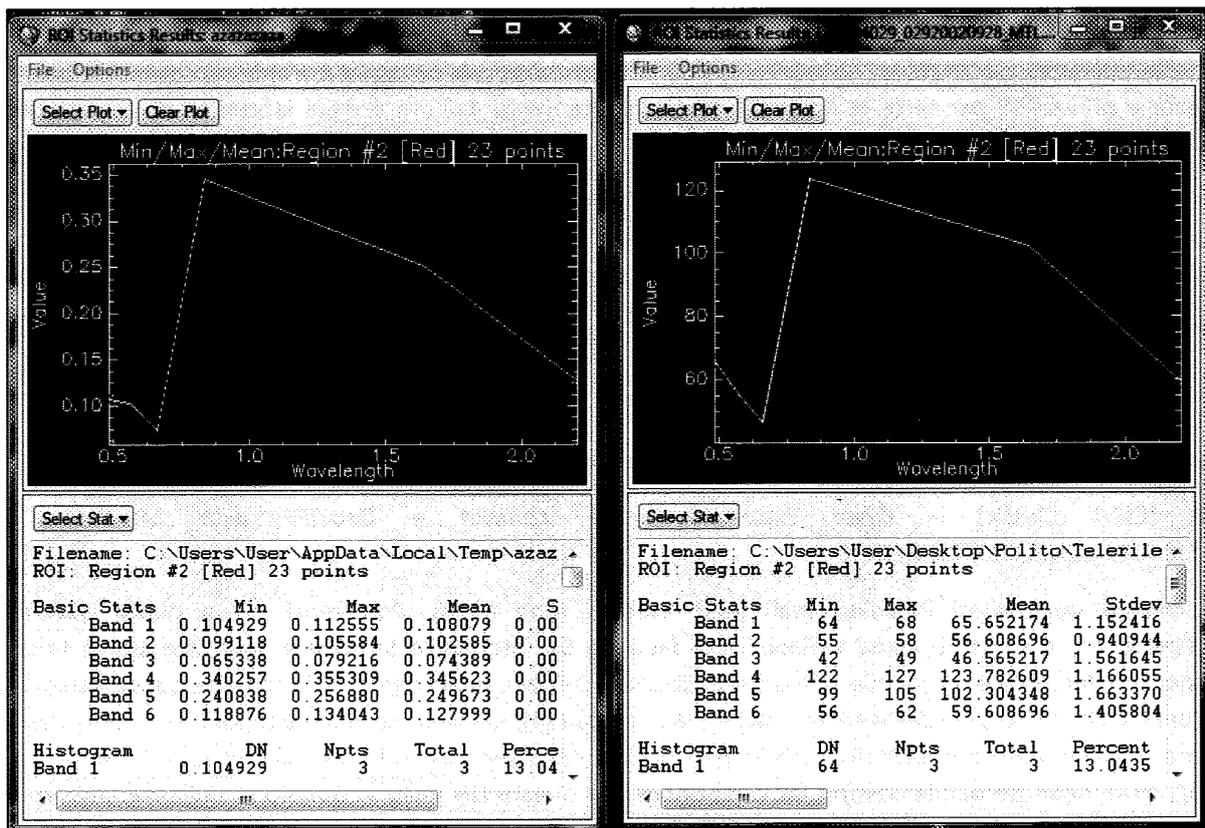
Apriamo il nuovo file immagine dall'ABL e apriamo il file vettoriale sulla nuova immagine georeferenziata (stesso display). Si nota che le due immagini si sovrappongono. Se non ci andasse bene la sovrapposizione (perché magari si sono trovati molti punti di appoggio su Torino e pochi fuori Torino, quindi ENVI estrapola al di fuori di Torino i valori e di conseguenza il risultato di sovrapposizione è molto approssimativa) rifacciamo una georeferenziazione Image to Map, ma questa volta è molto più semplice farla poiché il file vettoriale è caricato sull'immagine da georeferire, quindi si determinano molto più facilmente i punti di appoggio!!!!

Nell'ambito dei preprocessamenti di base effettuiamo una procedura di **prelaborazione radiometrica**. Le prelaborazioni radiometriche sono delle operazioni che permettono di modificare il contenuto delle celle in termini di DN.

Supponiamo che i DN delle celle della matrice immagine siano in qualche modo proporzionali ai valori della radianza registrata dal sensore. Quindi ci aspettiamo che ad un DN basso all'interno della singola cella corrisponda una bassa radianza registrata dal sensore e quindi un basso coefficiente di riflettività. Viceversa se il DN assume valori alti. Questo sistema discreto in termini di DN compreso tra 0 e 255 da un po' fastidio,

Poniamo su un nuovo display una sintesi 4,3,2 dei files non calibrati e linkiamo i displays.

Eseguiamo una ROI sulla vegetazione (*Tools* di finestra Image – *Region of Interest – ROI Tool*) basta tracciare una regione sulla vegetazione su una sintesi che automaticamente la riconosce sull'altra dopo aver aperto il percorso di ROI (in quanto le due sintesi hanno stesso sistema di riferimento). Dall'osservazione della firma spettrale della vegetazione sulla sintesi delle immagini calibrate si nota che la riflettanza nel blu è inferiore rispetto a quella (che è mostrata in DN equivalenti) della firma spettrale della vegetazione della sintesi dei files originali (figura).

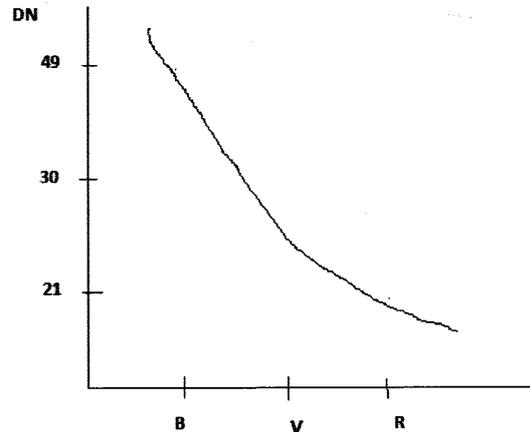
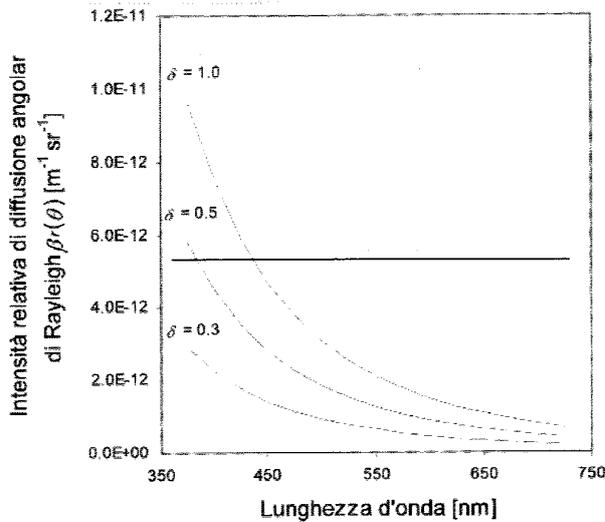


L'operazione di calibrazione oltre a convertire i DN in riflettanza, ha il vantaggio di **abbattere il problema della diffusione selettiva (anche se non completamente)**. La calibrazione delle immagini è dunque indispensabile per analizzare le immagini telerilevate.

19/11/2014

Nell'ambito dei preprocessamenti radiometrici di base si pone necessario correggere le immagini telerilevate dall'effetto della diffusione selettiva che si manifesta negli strati inferiori atmosferici a causa della forte interazione fra l'energia elettromagnetica e le particelle sospese in atmosfera le quali fanno in modo che l'energia emessa dal sole che incide sugli strati troposferici sia riflessa in tutte le direzioni (diffusione di Rayleigh). Questo fenomeno prende il nome di diffusività selettiva poiché è funzione di lunghezze d'onda, cioè si seleziona sulle lunghezze d'onda. La diffusività selettiva è asintotica alle lunghezze

Dark Subtraction: Basic Tools → Reprocessing → General Purpose Utilities → Dark Subtraction



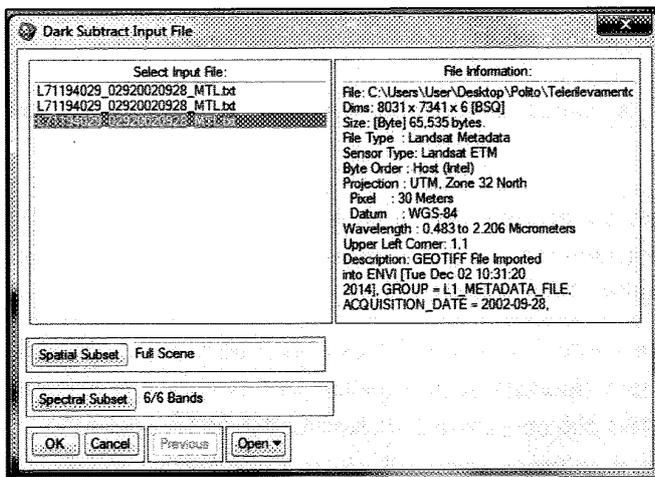
Quindi gli scostamenti dei valori minimi dei DN nelle tre bande dal valore nullo, fanno presagire che le immagini osservate siano affette dal fenomeno della diffusione selettiva. Infatti la diffusione selettiva è maggiore nella banda del blu (λ corte) e asintotica per l'IR.

L'operazione che permette di migliorare le immagini (contrasto) eliminando la componente registrata in radianza dovuta alla diffusività selettiva di chiama *Dark Subtraction*.

Per abbattere la diffusione selettiva si forza l'istogramma delle frequenze dei DN per ogni singola banda ad avere valore minimo pari a $DN=0$ (cioè si forzano le zone in ombra ad avere radianza nulla). Per fare ciò si sottrae il minimo valore della distribuzione dei DN di ogni singola banda ai valori dei DN della banda stessa. Quindi l'istogramma viene traslato verso la posizione $DN=0$. È un'operazione banale di sottrazione di una costante. In un Band Math si potrebbe scrivere: $b1 - \text{Min}(b1)$ e così via per tutte le bande affette da diffusione selettiva.

In ENVI tale operazione è già implementata attraverso il comando *Dark Subtract*. Questa operazione si legge l'insieme multispettrale di immagini che sta sull'ABL, calcola il DN minimo di ogni banda e sottrae il valore di minimo a tutti i DN della stessa banda.

Basic Tools (ENVI Classic) – Reprocessing – General Purpose Utilities – Dark Subtract.



Si apre la finestra, di fianco riportata, dove bisogna selezionare l'insieme di files da processare. Selezioniamo l'insieme delle sei banda che registrano riflettività.

Attenzione: in questo modo processiamo anche il bordo nero della finestra di Scroll con $DN=0$ (Background) e il risultato che otterremmo dalla Dark Subtraction sarebbe uguale a quello dell'immagine originaria in quanto sottrae $DN=0$ a tutti i DN della banda.

- *Region of interest*: viene ricavato il valore da sottrarre a partire da ROI definite dall'utente, in base ad informazioni in suo possesso;

- *User value*: il software sottrae dei valori numerici imposti dall'utente.

Selezioniamo *Band Minimum*, salviamo il file come *L71194029_02920020928_B10_B70_ds.img* e clicchiamo *Ok*.

La correzione della diffusività selettiva è avvenuta e nell'ABL compare l'insieme dei files corretti con in testa *Dark Sub*.

I dati ottenuti dopo le preelaborazioni radiometriche sono adatti ad ottenere le firme spettrali, in quanto contengono informazioni teoricamente indipendenti dal tipo di sensore utilizzato e dall'interposizione dell'atmosfera tra il luogo della riflessione e quello dell'acquisizione.

Eseguiamo una calibrazione sul file processato in *Dark Subtraction* (*L71194029_02920020928_B10_B70_ds.img*).

Basic Tools (ENVI Classic) – *Preprocessing* – *Calibration Utilities* – *Landsat Calibration* -- *L71194029_02920020928_B10_B70_ds.img*.

Compare un messaggio di errore perchè l'operazione di calibrazione si può effettuare sui file di metadati. Ripetiamo l'operazione di calibrazione sul file delle sei bande originali di metadati (*L71194029_02920020928_MTL*).

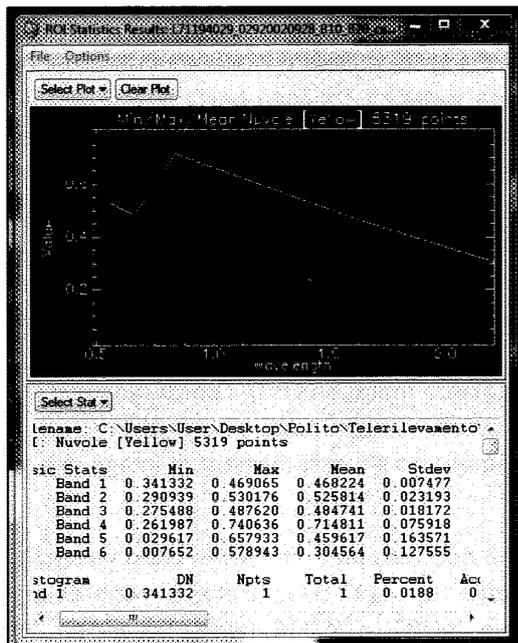
Si apre una finestra in cui sono riportate delle informazioni come ad esempio il sensore montato su Landsat 7, la data di acquisizione dell'immagine, l'angolo di elevazione solare ecc. L'angolo di elevazione solare è importante in quanto la radiazione (energia) solare, nelle varie lunghezze d'onda, che dal sole giunge a terra è proporzionale al coseno dell'angolo di incidenza (sun elevation). In questo modo è possibile stimare la radianza. Nella finestra vi sono due radio-button con scritto radianza e riflettanza. La riflettanza è la radianza normalizzata sulla radianza massima registrata all'interno della scena; quindi la riflettanza è la radianza normalizzata tra 0 e 1. È importante calibrare sulla riflettanza poiché nelle analisi multitemporali questa rende possibile confrontare i dati radiometrici di due immagini che hanno la stessa scena e date diverse di acquisizione poiché rende i sistemi radiometrici delle due immagini indipendenti dall'angolo di incidenza solare. La radianza non permette di confrontare le immagini in quanto immagini acquisite a diverso angolo di incidenza solare hanno valori di riflettività diversi (ρ diversi) e quindi radianze diverse.

Digitando *Ok* si calibra l'immagine in riflettanza. Salviamo questa immagine come *L71194029_02920020928_B10_B70_cal.img*

ENVI ci impiega parecchio tempo ad elaborare l'immagine perché il sistema radiometrico in riflettanza è un sistema a numeri reali compreso tra 0 e 1 (servono 2 Byte per memorizzare il dato della riflettanza per ogni cella; infatti le dimensioni in memoria dei files calibrati diventano il doppio).

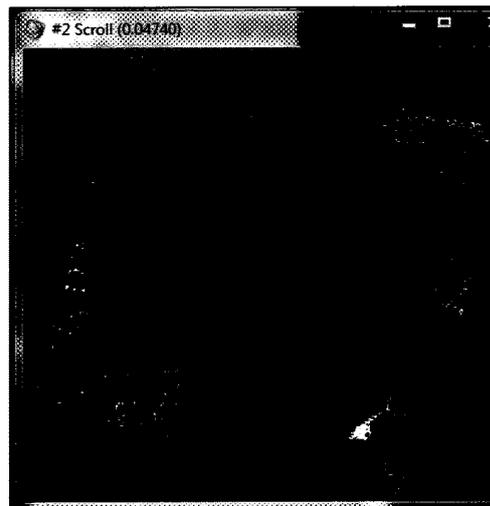
I files calibrati nell'ABL hanno intestazione *TM CAL*.

La calibrazione rende confrontabili immagini acquisite multitemporalmente (calibrazione in riflettanza), abbatte gran parte della diffusione selettiva (si veda ROI del 13/11) e può essere fatta su file di metadati mentre l'operazione di Dark Subtraction può essere condotta su files immagine ed abbatte completamente la diffusione selettiva. Il fatto che la calibrazione abbatta in parte la diffusione selettiva e la Dark Subtraction totalmente è visibile se si estraggono delle firme spettrali da due files processati con



Si osserva che le nuvole rappresentano un insieme ad alto contrasto soprattutto negli IR.

Per ricavare l'immagine maschera delle nuvole eseguimo un Band Math sul visibile (solamente banda 1). Non conviene adoperare la banda 5 perché questa è molto sensibile al contenuto d'acqua e le nuvole hanno un contenuto d'acqua molto sensibile).



Per eseguire l'estrazione della maschera della vegetazione utilizziamo un Band Math lavorando sulle bande 3 e 4.

Operando solo su banda 3 e 4 l'algoritmo è il seguente:

$((float(b3) \text{ gt } \text{mediab3} - \text{dev.stand.b3}) \text{ and } (float(b4) \text{ lt } \text{media b4} + \text{dev.standb4}))$

Con questo metodo il risultato risulta essere sottostimato in quanto ci sono tanti tipi di vegetazione sull'immagine. Per ovviare a questo problema bisognerebbe estrarre più firme spettrali a seconda dei diversi tipi di vegetazione (bosco, coltivazioni, parchi ecc.), ricavare le diverse immagini maschera corrispondenti e sommarle in un Band Math ($float(b1) \text{ or } float(b2)*10 \text{ or } float(b3)*100 \text{ or } float(b4)*1000$ or.....)

25/11/2014

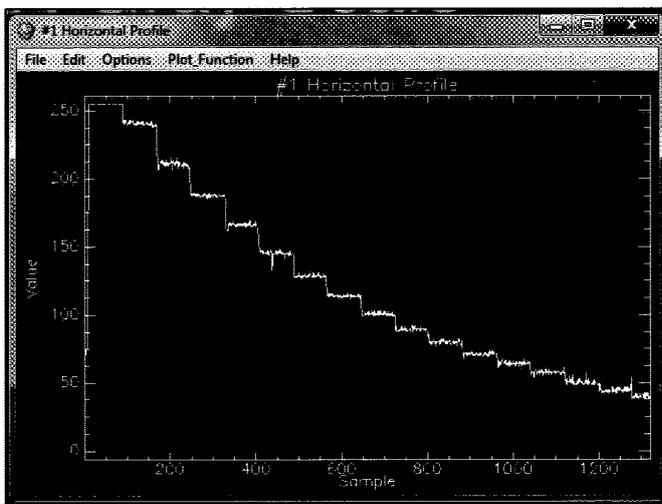
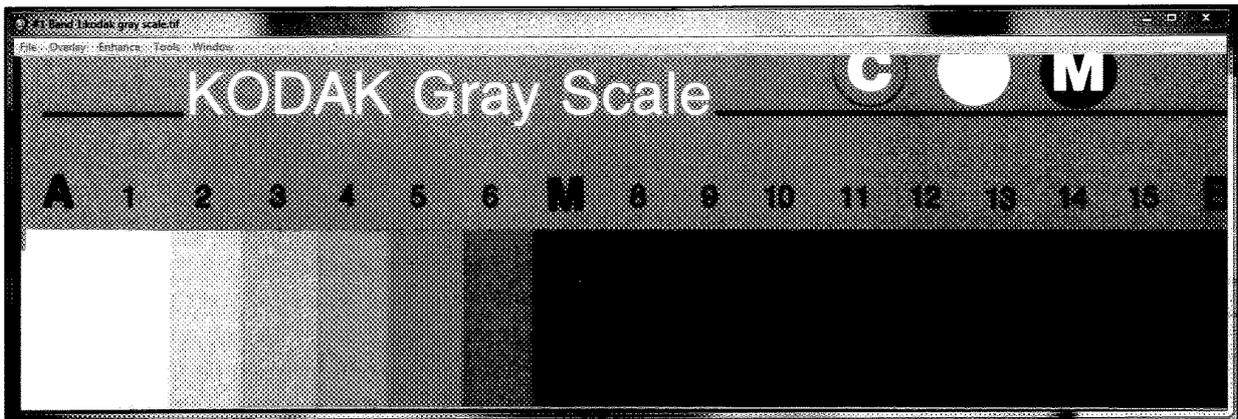
Avviamo ENVI.

Apriamo il file *16_10_94* dalla cartella *Torino* (*File (ENVI Classic) - Open Image File - Torino - 16_10_94*).

In questo file sono memorizzate le 7 bande registrate dal sensore TM del satellite Landsat 5. La banda 6 registra emissività nel TIR, le altre bande sono uguali a quelle finora visionate (ETM+ del Landsat 7). Le bande che registrano riflettività hanno risoluzione di 30m e quella che registra emissività di 120m (4 volte peggio di quelle delle bande 6.1 e 6.2 registrate da Landsat 7). Sono immagini già ritagliate infatti hanno dimensione 1000x1000. Se apriamo una sintesi 3,2,1 si può notare su Torino un forte effetto di diffusione non selettiva (tono grigiastro di fondo) dovuto a forti emissioni in atmosfera. Tale problema non può essere affrontato con una Dark Subtraction in quanto è un fenomeno accidentale che inoltre si manifesta solo sull'area urbana dell'immagine.

Per capire se celle adiacenti siano più o meno correlate in termini di DN, apriamo in una nuova finestra l'immagine pancromatica in banda 4 ed osserviamo il profilo radiometrico dei DN lungo l'asse x, l'asse y o

LPF : Classic → Filter → Convolutions and Morphology → Options → Low Pass



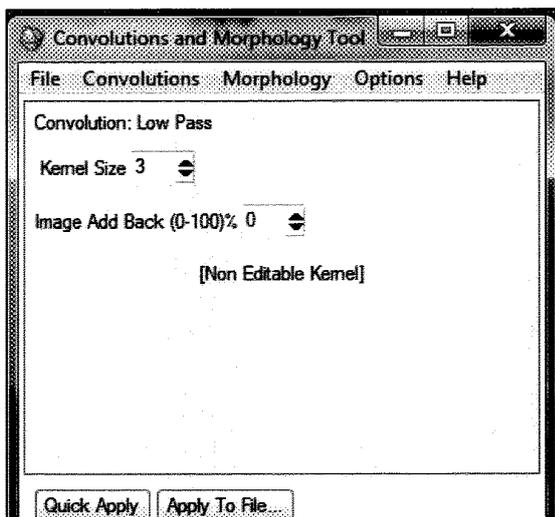
Dal punto di vista radiometrico si dovrebbe ottenere un X Profiles in cui si nota una scala di DN registrati in cui per ciascuna pedata il tono radiometrico dovrebbe essere costante in ognuno dei 20 intervalli di toni di grigio, inoltre anche le alzate di ciascun gradino dovrebbero essere costanti.

In realtà ogni pedata ha una piccola fluttuazione di DN e le alzate non sono costanti, ma vanno diminuendo in valore al diminuire della radianza registrata. Quindi il sensore (scanner) registra stessa radianza con un certo sfasamento e tende a confondere tra loro radianze basse.

Inoltre le alzate dovrebbero essere perpendicolari alle pedate, ma si nota che alcune sono oblique. Questo è dovuto al campionamento del sensore (scanner) in quanto qualche bordo tra due intervalli adiacenti di toni di grigio evidentemente capita all'interno di una cella e il sensore registra in quella cella la media ponderata in area dei DN delle due celle adiacenti.

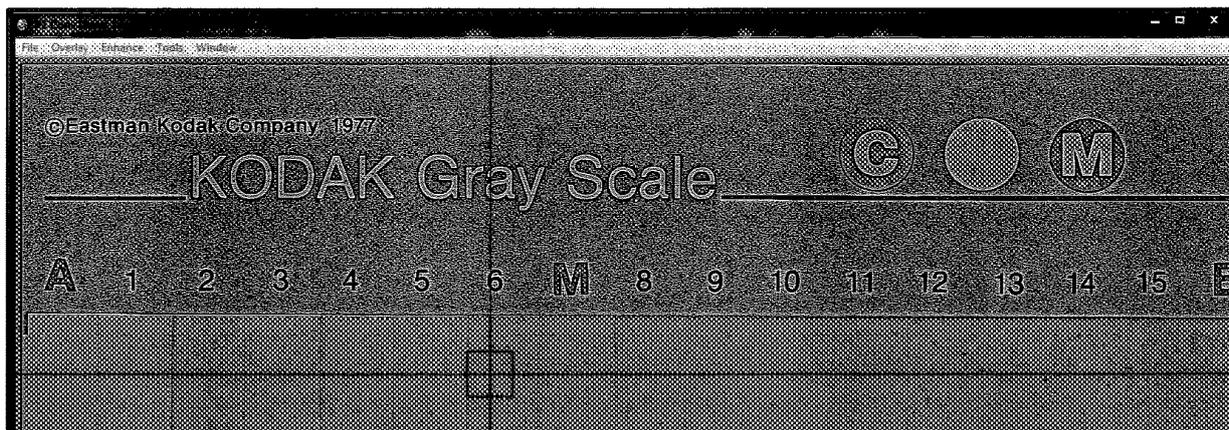
Quindi anche uno scanner ottico di altissima risoluzione mostra i limiti insiti nel campionamento da sensore.

Effettuiamo un filtraggio passa-basso sulla nostra immagine (*Filter (ENVI Classic) – Convolutions and Morphology – Options – Low Pass*). Si apre una finestra come quella di sotto in cui è necessario settare le

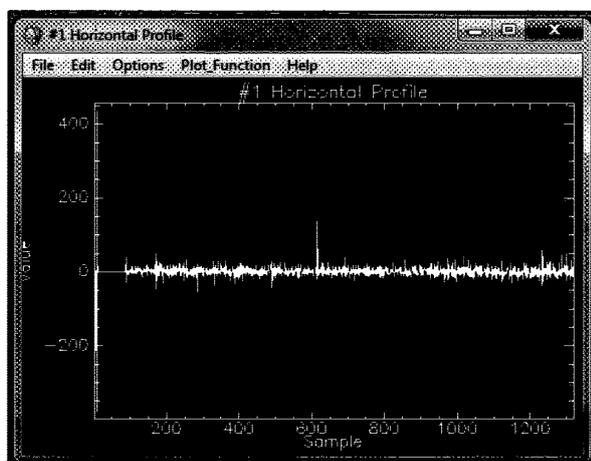


caratteristiche del kernel da adottare per il filtraggio. Successivamente per eseguire il filtraggio basta cliccare su *Apply to File*.

Il primo dei problemi connessi al calcolo di medie di quantità discrete (i DN) sono dovuti al fatto che si possono ottenere quantità decimali, questo significa che poiché il sistema di discretizzazione della radianza è composto da intervalli interi positivi, si commette un errore di arrotondamento per poter scrivere un valore

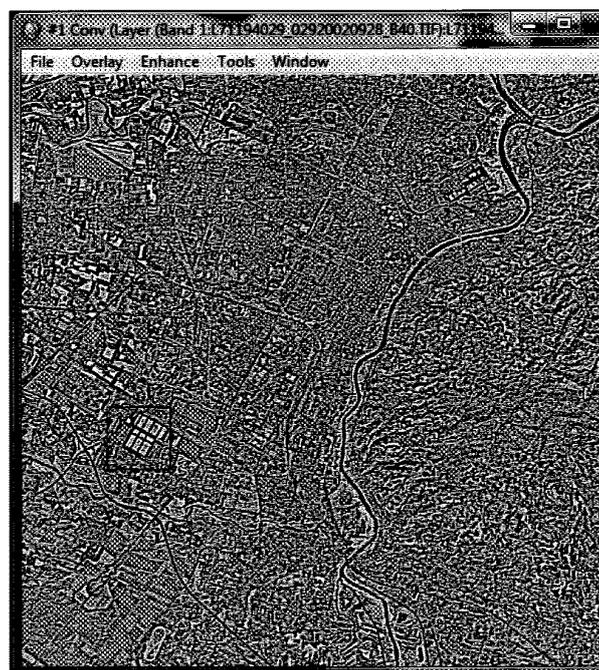


Si osserva che le barrette, che rappresentano zone a basso contrasto, vengono rappresentate tutte dallo stesso DN. Ciò che emerge sono i bordi radiometrici: i bordi delle barrette, i bordi delle lettere e numeri. Ecco il profilo radiometrico sulle barrette (figura).



Se effettuiamo un filtraggio passa alto ad una immagine satellitare otteniamo un'immagine simile ad una cartografia. Ad esempio eseguiamo questa operazione di filtraggio con kernel preimpostato sulla banda 4 del file *L71194029_02920020928_B10_B70* (figura).

Le celle



rappresentate da valori negativi di DN sono i minimi del profilo orizzontale di variazione dei DN (rappresentano i bordi scuri su sfondo chiaro), i valori positivi, rappresentano i massimi (sono i bordi chiari su sfondo scuro).

Osservando l'istogramma delle frequenze (*Enhance – Istogram Stretching*) della finestra di Image, si nota che la media della distribuzione dei DN è vicina al valore DN=0, ciò significa che nell'immagine prevalgono zone poco contrastate. Effettuando uno stretching sui valori positivi vedo nell'immagine i bordi chiari su sfondi scuro; viceversa effettuando uno stretching sui valori negativi vedo i bordi scuri su sfondo chiaro.

Procedendo ad un filtraggio passa-alto infinite volte, si ottiene una distribuzione di frequenza degenerare in quanto ad ogni filtraggio si riduce il numero di zone omogenee. La campana della distribuzione si allarga sempre più ad ogni filtraggio fino a degenerare in due campane molto strette: una puntata sul valore minimo di DN e l'altra sul valore massimo della rappresentazione. Questo avviene perché il modo di avere massimo contrasto in una rappresentazione è quello di avere due insiemi, uno puntato sul valore minimo e l'altro sul valore massimo. Il tutto si riduce ad una cartografia dove il valore 0 è il nero e il valore 1 è il bianco.

di bande diverse acquisite nei due periodi di tempo (es. sintesi 1 2001, 2 2001 e 3 2002); infatti condizione necessaria e sufficiente per effettuare una sintesi additiva è che le immagini delle bande da sintetizzare abbiano stessa dimensione. La sintesi additiva multitemporale avrebbe permesso effettuare un'analisi basata sui colori visualizzati in base alle immagini attribuite ai diversi canali di sintesi (vedi analisi multitemporale 9/10).

Considerando che le due immagini si sovrappongono perfettamente, l'immagine che ha 40 righe in più le avrà nel bordo in nero dell'immagine. Per eliminare questo problema di dimensione delle due matrici immagine, forzando le due immagini ad avere la stessa dimensione, l'unica soluzione da attuare è quella di fare una *georeferenziazione Image to Image*.

Per procedere all'analisi temporale delle immagini per sintesi additiva senza effettuare una georeferenziazione Image to Image (procedimento lungo) si effettua un Layer Stacking multitemporale tra le sei bande registrate il 24/08/2001 e le sei bande registrate il 28/09/2002. Condizione necessaria e sufficiente per effettuare un Layer Stacking è che le immagini da selezionare abbiano stesso sistema di riferimento globale (cioè siano georeferenziate allo stesso modo).

Basic Tools (ENVI Classic) – *Layer Stacking -- Import File: L71194029_02920020928_MTL.txt e L71194029_02920010824_MTL.txt* (questi file hanno le sei bande in riflettività, per selezionarli contemporaneamente premere CTRL) – *Reorder Files* (prima quelli del 2001, poi quelli del 2002) – lo salviamo come *2001-2002.img*.

In questo modo si ottiene nell'ABL il file 2001-2002.img composto da 12 bande.

In questo modo è possibile effettuare sintesi additive multitemporali anche fra immagini di dimensioni diverse.

Effettuiamo una sintesi (3 2001, 2 2001, 1 2002). Le superfici che vengono rappresentate con il blu sono tali perché prevale la banda a cui è stato associato il blu, che nell'ottica dell'analisi multitemporale significa che sta prevalendo l'immagine del 2002 rispetto a quelle del 2001. Se nell'immagine di sintesi prevalgono i colori primari (R,G,B) significa che prevalgono le immagini di un determinato anno associato al corrispondente canale di colore primario.

Effettuiamo una sintesi (3 2002, 2 2002, 1 2001) e linkiamo i due displays delle due sintesi.

Per poter effettuare un'analisi multitemporale su tutto il territorio tra immagini acquisite in due tempi diversi è necessario in primo luogo procedere a calibrazione in riflettanza delle immagini, in tal modo è possibile paragonare le radianze normalizzate delle immagini acquisite in tempi diversi (viene risolto il problema dell'angolo d'incidenza del solare) ed in secondo luogo estrarre le nuvole dalle immagini.

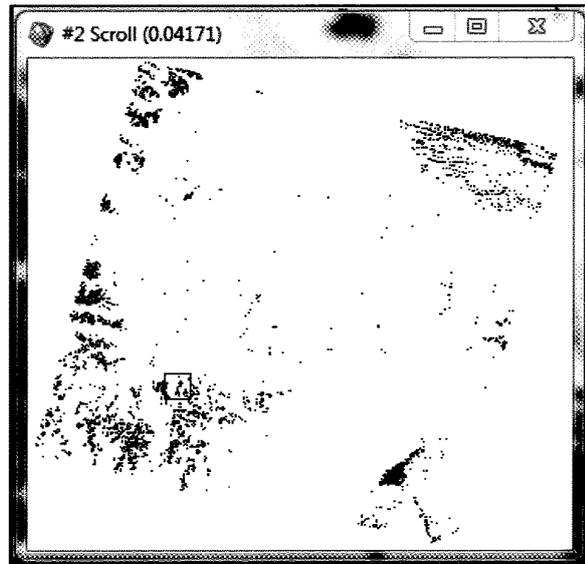
Per quanto riguarda la calibrazione in riflettanza, non si può processare il file creato con il Layer Stacking perché non si possono calibrare più di 6 bande. A questo punto bisogna calibrare separatamente prima il file *L71194029_02920010824_MTL.txt* che contiene le sei bande che registrano riflettività nel 2001, poi calibrare il file *L71194029_02920020928_MTL.txt* che contiene le sei bande che registrano riflettività nel 2002 ed infine eseguire un Layer Stacking che contenga le 12 bande. Salviamo le due calibrazioni in riflettanza come *L72194029_02920020928_B10_B70cal.img* e *L72194029_02920010824_B10_B70cal.img* ed il Layer Stacking delle due come *2001-2002cal.img*.

Il percorso per la calibrazione è il solito (*Basic Tools* (ENVI Classic) – *Preprocessing – Calibration Utilities – Landsat Calibration*).

Effettuando una sintesi 4 2001, 3 2001, 2 2002 si vedono in blu le 40 righe in più dell'immagine del 2002 e dall'altra parte nel complementare (giallo). Le due immagini sembrano shiftate (traslate), ma non è così

!!!
0010

Trucco per estrarre ROI:



Nuvole del 2001

In generale si ricordi che se si prende in considerazione una banda con bassa deviazione standard si tenderà probabilmente a sottostimare il campione da estrarre, viceversa se si considera una banda con elevata deviazione standard.

Per definire gli intervalli di una certa banda da cui poter estrarre le nuvole posso fare l'Interactive Stretching spostando le linee tratteggiate finchè si vedono bene le nuvole. Ovviamente devo visualizzare da sola quella banda in un display e fare l'Interactive Stretching e prendere gli intervalli in cui le nuvole si vedono bene e gli altri elementi molto poco. Ad esempio per la banda 1 del 2002 si possono estrarre le nuvole con un Interactive Stretching per valori di riflettanza superiori a 0.304. Si fa la stessa operazione con banda 1 del 2001. In definitiva per estrarre le nuvole in nero da banda 1 l'espressione dell'algoritmo del Band Math è la stessa vista sopra:

$(\text{float}(b1) \text{ lt } 0.304) \text{ and } (\text{float}(b2) \text{ lt } 0.25)$

Per sottrarre l'immagine maschera da tutte le immagini del file del Layer Sytacking bisogna fare un algoritmo del tipo:

$(\text{float}(b1)*b9) \text{ or } (\text{float}(b2)*b9) \text{ or } (\text{float}(b3)*b9) \text{ or } (\text{float}(b4)*b9) \text{ or } (\text{float}(b5)*b9) \text{ or } (\text{float}(b6)*b9) \dots$?????

Dove con bi (i=1....12) si intendono le bande del file di Layer Stacking e per b9 la variabile associate al file maschera complessivo delle nuvole ricavato.

Per fare analisi multitemporali sulla vegetazione apriamo due sintesi: una 4,3,2 del 2001 e una 4,3,2 del 2002.

Facciamo un Link Dispayas.

Facciamo un NDVI sull'insieme delle 12 bande del Layer Stacking (2001-2002cal.img). (Transform (ENVI Classic) – NDVI). Ripetiamo la procedura due volte mettendo i file in memoria prima con le bande 3 e 4 (cioè quelle del 2001) e le 9 e 10 (le corrispondenti 3 e 4 del 2002 nel file di Layer Stacking). Facendo un Interactive Stretching sui valori positivi dei due file ottenuti dall'NDVI seleziono solo la vegetazione presente. Linckiamo i due display. Si nota che in agosto c'è più vegetazione che a settembre (a settembre avviene la mietitura dei raccolti).

Per verificare la dinamicità temporale della vegetazione facciamo una sintesi NDVI 2002, NDVI 2002, NDVI 2001. Questa è una sintesi additiva multitemporale di bande sintetiche (indici). I colori sull'immagine

Classificazioni: Classic → Classification → Unsupervised
↓
Supervised

fisso (cioè numero Massimo = numero Minimo di classi) la trattazione è quella teorica vista nelle dispense, nel caso in cui si stabilisce un'intervallo di classi, alla trattazione teorica delle dispense vanno aggiunte le operazioni di *merging* e *splitting* delle classi operate dal software, di seguito riportate.

- 2) Viene avviata una procedura di classificazione a MINIMA DISTANZA che coinvolge tutte le celle dell'immagine. In questo modo si formano gruppi di celle di pertinenza di ogni centroide che costituiscono i clusters.
- 3) Viene calcolata, per ogni cluster, una nuova posizione del centroide mediando nello spazio delle bande tutte le firma spettrali relative alle celle assegnate a ciascuna classe. Il centroide cambia dunque la sua posizione nello spazio.
- 4) Nell'ISO-DATA a questo punto vengono verificate alcune condizioni:
 - a. se due centroidi aggiornati si trovano molto vicini tra loro (decide l'operatore la soglia di vicinanza) i cluster che vi competono vengono fusi in uno solo (MERGING) ed un nuovo solo centroide è ricalcolato;
 - b. se un cluster risulta troppo disperso (deviazione standard elevata rispetto ad un valore fissato dall'utente) questo viene spezzato in due nuovi clusters di cui vengono calcolati i nuovi centroidi (SPLITTING).
- 5) Il processo iterativo riprende con una nuova classificazione MINIMA DISTANZA. Il processo si ripete fino a che non viene raggiunta la stabilità, che l'operatore ha modo di indicare:
 - a. come numero massimo di iterazioni (Maximum Iterations);
 - b. in termini di percentuale massima (Change Threshold) di celle la cui assegnazione cambia tra un'iterazione e la successiva (5% generalmente).Secondo queste dinamiche il numero di cluster deve poter variare nel corso delle iterazioni.

Eseguiamo una classificazione ISODATA.

Apriamo in ENVI il file MTL 24/08/2001 (*File (ENVI Classic) – Open External File – Landsat – GeoTIFF with Metadata -- L71194029_02920010824_MTL*).

Processiamo con classificazione ISO DATA il file nelle sei bande che registrano riflettività.

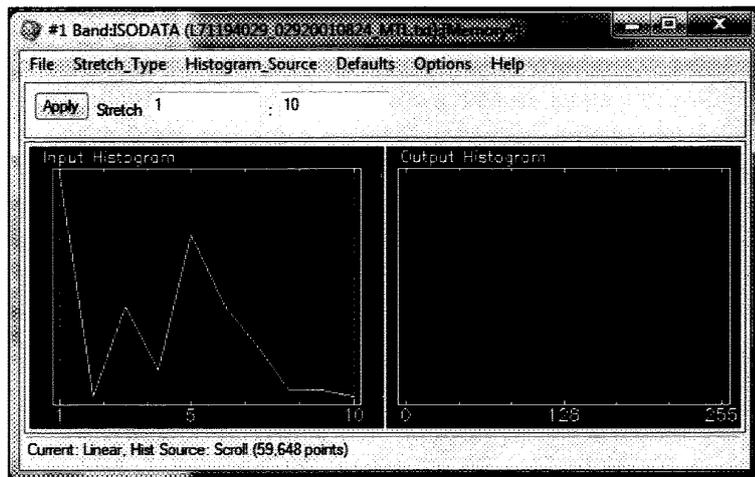
In ENVI la procedura ISO DATA viene avviata nel seguente modo: *Classification (ENVI Classic) – Unsupervised – Iso Data*.

Si apre la finestra di seguito riportata.

Esattamente come nei casi precedenti si seleziona il file immagine da classificare e gli eventuali Spectral e Spatial Subsets. Successivamente viene mostrata la finestra per l'inserimento dei parametri della classificazione (figura 72).

Come si vede viene richiesto il range di variabilità del numero di cluster da generare (*Number of Classes*).

Bisogna definire un minimo valore ed un massimo valore di classi. Non è detto che l'algoritmo ISO DATA classifichi un numero di classi pari al numero massimo poiché se le bande sono molto correlate fra loro, ENVI esegue un merge di classi, in quanto la nuvola di punti nello Scatter Plot a più dimensioni sarà molto piccola e di conseguenza sarà difficile suddividerla in tante classi. Selezioniamo 5 classi in minimo e 10 in massimo.



Non definiamo lo spazio per questi due parametri.

Avviamo la classificazione.

ENVI converge a risultato dopo poche iterazioni e sull'ABL compare l'immagine ISO DATA. Per capire il numero di classi definite andiamo in *Enhance (Image) - Interactive Stretching* (figura). Si vede che ci sono 10 classi con DN che vanno da 1 a 10. Il DN=0 viene adoperato solo per il non classificato e in questo caso non ci sono

celle non classificate in quanto non abbiamo determinato i parametri *Maximum Stdev From Mean* e *Maximum Distance Error*. Cliccando sul grafico, per ogni classe si scorge il numero di celle attribuito.

Non sappiamo però a cosa corrispondono le varie classi. Sicuramente tutto quello classificato con DN=1 rappresenta il bordo dell'immagine, anche perché questo viene definito come rosso (si ricordi che i primi tre colori associati alle classi sono R, G e B). Per capire a cosa corrispondono le varie classi si agisce con il *Cursor Location/Value* sull'immagine oppure si apre una sintesi in cui si possono fotointerpretare le superfici, linkare i displays (di sintesi e di classificazione), disegnare un riquadro con la rotella del mouse su una delle due immagini (Image) e sfruttare il *Dynamic Overlay* fra le due immagini visualizzate.

Per estrarre le immagini maschera delle classi create basta agire sul band Math con un comando del tipo:

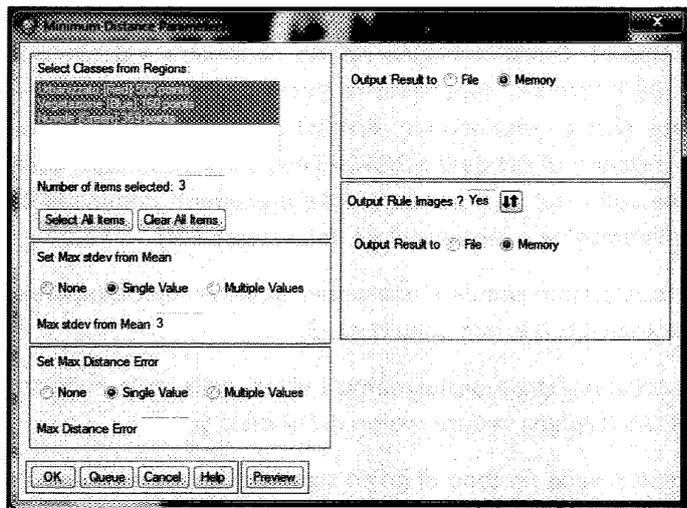
b1 eq classe

dove a b1 si associa l'immagine ISO DATA creata.

Utilizzando la classificazione assistita che sfrutta le firme spettrali, l'etichettatura delle classi viene fatta a priori; nel caso della classificazione automatica l'etichettatura delle classi viene determinata a posteriori (quando l'immagine della classificazione è stata creata).

La classificazione automatica funziona tanto meglio quando le bande dello Scatter Plot sono fra loro scorrelate in quanto questo assicura che la nuvola di punti avrà grande dimensione e di conseguenza aumenta la probabilità di individuare un numero maggiore di classi fra loro disomogenee.

Come si fa a sapere dopo quante interazioni la classificazione va in convergenza? O si osserva quando il software elabora la classificazione a che numero di iterazione si ferma oppure si fanno diverse classificazioni impostando diversi numeri di interazioni (e per il resto lasciando invariati gli altri parametri) e si sottraggono le immagini di classificazioni ottenute con un Band Math (poiché si possono ottenere valori negativi bisogna ricorrere ai floating point: $\text{float}(b1) - \text{float}(b2)$), se si ottiene una schermata nera significa che la classificazione è giunta a convergenza. Conviene fare queste operazioni su porzioni di immagini impostando sempre lo stesso Spatial Subset (che si trova nella prima finestra dopo aver avviato il comando ISO DATA) ad ogni tentativo di classificazione in quanto il software ci mette parecchio tempo per elaborare le immagini intere (originali). Si ottiene che la classificazione converge dopo 7 interazioni e individua 10 classi. È inoltre interessante osservare che le nuvole appartengono a più classi: è un fenomeno di rarefazione delle nuvole ai bordi. Infatti quando abbiamo estratto la maschera delle nuvole in passato, era difficile estrarre tutti i bordi di queste in quanto bastava variare di poco l'intervallo della deviazione standard che nella maschera ottenuta con un Band Math questi venivano meno.



Selezioniamo le tre ROI tenendo premuto CTRL oppure selezionando *Select All Items*.

Il parametro *Set Max Stdev from Mean* indica il limite alla distanza: multiplo del valore della deviazione standard calcolata sulla ROI per cui classificare i pixel/celle vicino ad un centroide dove questo è stato calcolato come la media del campione radiometrico estratto dalla ROI.

Il parametro *Set Max Distance Error* indica il limite alla distanza: numero di DN che indica la distanza assoluta dal centroide entro cui classificare le celle.

Si preferisce stabilire uno dei due parametri o entrambi poiché sull'immagine si sono selezionate solo tre firme spettrali e quindi è inutile classificare celle con distanza radiometrica molto elevata da queste tre ROI. Il software applicherà il parametro più stringente fra i due. Si può stabilire lo stesso valore per tutte le ROI (*Single Value*) oppure un valore per ogni ROI (*Multiple Values*). Impostiamo *Single Value* = 3 (3 volte la deviazione standard). Tutte le celle che saranno ad una distanza maggiore dai centroidi di tre volte la deviazione standard che individua quella particolare ROI non verranno classificate .

Selezioniamo *Yes* in *Output Rule Images*. Inoltre decidiamo se salvare o memorizzare l'output di classificazione e le Rules Images di output.

Nell'ABL si crea un file di classificazione (Min Dist) e le tre Rules Images, ognuna che riporta accanto il nome di una ROI (urbanizzato, vegetazione, nuvole).

Nell'immagine di classificazione viene riportato tutto ciò che è simile alle ROI individuate nei tre colori assegnati alle ROI; tutto il resto, il non classificato è rappresentato in nero.

Le *Rules Images* sono immagini pancromatiche definite per ogni ROI assegnata all'algoritmo di classificazione in cui tutto ciò che è rappresentato scuro si avvicina (in termini di distanza radiometrica) al centroide della ROI di riferimento. Le *Rules Images* riportano le distanze radiometriche calcolate per ogni singola cella dell'immagine. Aprendo l'istogramma delle frequenze si possono fare degli *Stretching* per visualizzare ciò che è molto simile o molto dissimile alla ROI di riferimento della *Rule Image*.

Sintetizzando *Rule Images* non si capisce niente in quanto stiamo sommando misure di algoritmi. Si può solo capire quale delle tre immagini prevale. Come sempre se l'oggetto viene visualizzato con un colore primario significa che prevale un'immagine, se con un complementare prevalgono due immagini, se non prevale nessuna immagine con un colore qualsiasi (escluso primari e complementari). Ad esempio le nuvole compaiono ciano: significa che sono molto diverse dall'urbanizzato e dalla vegetazione. Non significa nulla!

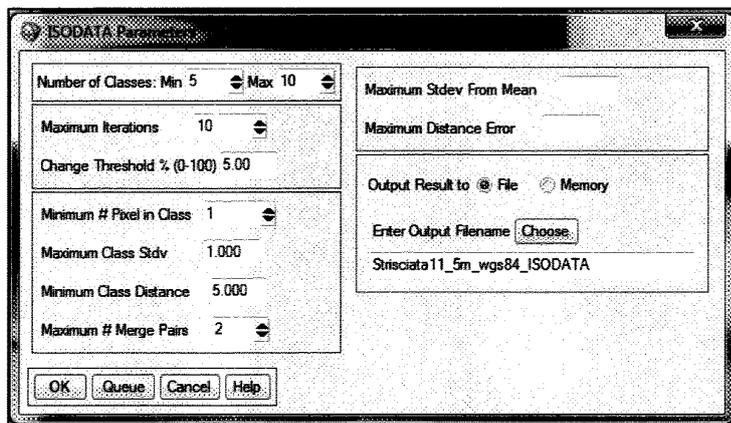
10/12/2014

Per quanto riguarda l'interpretazione dell'analisi multitemporale di più files possiamo simularla creando delle immagini test.

Il percorso per generare immagini test è il seguente: *File* (ENVI Classic) – *Generate Test Data*

quando le bande dello Scatter Plot risultano fra loro scorrelate in quanto questo assicura che la nuvola di punti avrà grande dimensione e di conseguenza aumenta la probabilità di individuare un numero maggiore di classi fra loro disomogenee.

La eseguiamo su tutte le 102 bande ed impostiamo le seguenti impostazioni riportate in figura. Salviamo il file come *Strisciata11_5m_wgs84_ISODATA.img*



La classificazione arriva in convergenza dopo 6 iterazioni e si individuano 10 classi.

Osservando l'istogramma delle frequenze (*Enhance (Image) – Interactive Stretching*) si osservano i dati statistici delle 10 classi definite. Queste si possono esplorare sull'immagine classificata sia attivando il *Cursor Location/Value* che il *Dynamic Overlay*.

L'immagine classificata è a pseudocolori

quindi ha una Look Up Table associata.

Osservando la sintesi 16,11,7 e l'immagine classificata si vede che si sono estratte molte classi di ghiaccio e che la vegetazione risulta per lo più omogenea. I suoli non vegetati sono raccolti in due classi in base ai versanti montuosi. Dalla classificazione ISODATA abbiamo individuato quali sono le classi separabili.

Effettuiamo una classificazione assistita della minima distanza dalla media sull'immagine *Strisciata11_5m_wgs84.img*.

Prima di definire la legenda delle classi su cui eseguire la classificazione tracciamo le ROI (pixel training o addestramento) (*Basic Tools (ENVI Classic) – Region of Interest – ROI Tool attivo finestra di Zoom*): acqua (blu), vegetazione (verde), suolo nudo (marrone), ghiaccio (giallo).

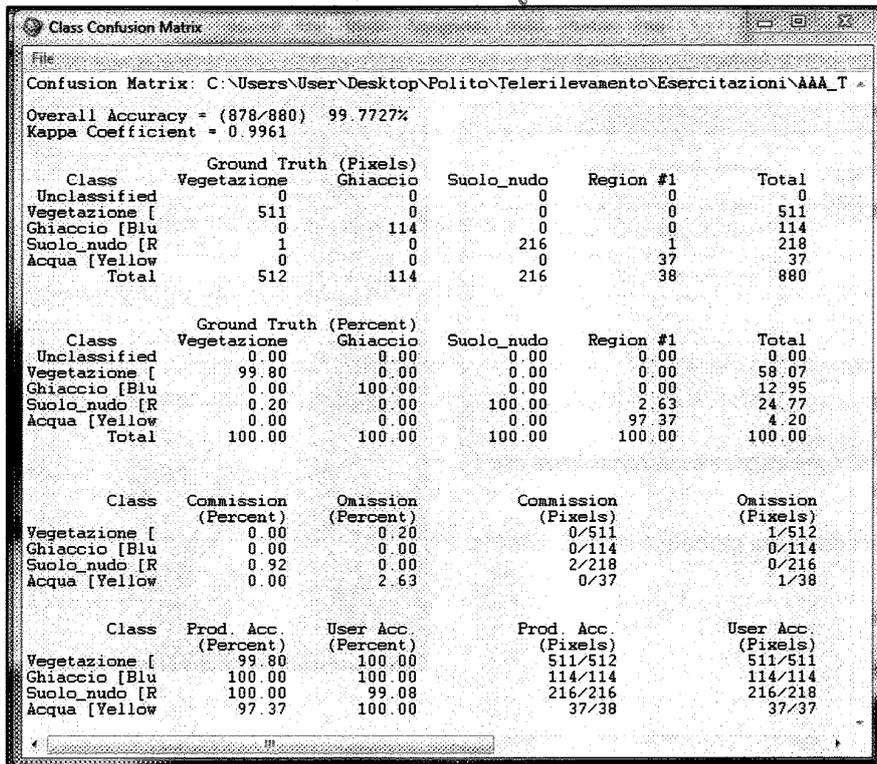
Per lanciare la classificazione eseguiamo il comando *Classification (ENVI Classic) – Supervised – Minimum Distance*. A questo punto è necessario selezionare le caratteristiche di classificazione (selezionare le bande da adoperare nello Spectral Subset) e definire la funzione di decisione (*Max Stdev from Mean* oppure *Max Distance Error*) nell'apposita finestra. Infine applichiamo l'algoritmo (assegnazione) e otteniamo la mappa tematica (immagine a pseudocolori).

Nel momento in cui si estraggono le ROI è necessario badare alla rappresentatività e significatività di queste. La rappresentatività è data dal fatto che le celle che compongono la ROI siano il 5% della classe risultante (non lo si può sapere a priori), mentre la significatività è data dall'aver a disposizione insieme radiometrici (ROI) a basso contrasto, cioè a bassa varianza.

Estraiamo le ROI delle classi che abbiamo visto si possono distinguere con la classificazione ISO DATA: ghiaccio, suolo nudo e vegetazione. Per fare ciò conviene aprire una sintesi a falsi colori del tipo 4,3,2 poiché c'è molta vegetazione. Apriamo una sintesi 21,15,10 ed estraiamo le suddette ROI associando nella leggenda il verde alla vegetazione, il blu al ghiaccio e il rosso al suolo nudo. Inoltre si distingue un fiume. Estraiamo anche la ROI dell'acqua dal fiume e gli associamo il giallo (con una polilinea) (per mio errore questa classe non è stata rinominata correttamente ed appare come Region #1).

Salviamo le ROI con il nome ROI.roi (*File – Save ROIs*).

botone di confusione : Classic → Post Classific → Confusion Matrix →
 → Using Ground + Both ROI



Dalla matrice di confusione si evince che l'algoritmo della minima distanza dalla media è un buon classificatore per quest'immagine e che le ROI individuate sono fortemente significative e rappresentative.

Effettuiamo una classificazione assistita a parallelepipedo sull'immagine *Strisciata11_5m_wgs84.img* sulle ROI già definite per la classificazione della minima distanza dalla media. Quindi la legenda della classificazione è stata già definita.

Per lanciare la classificazione eseguiamo il comando *Classification (ENVI Classic) - Supervised - Parallelepiped*. A questo punto è necessario selezionare le caratteristiche di classificazione (selezionare le bande da adoperare nello Spectral Subset) e definire la funzione di decisione (*Max Stdev from Mean* oppure *Max Distance Error*) nell'apposita finestra (figura). In realtà il parametro Max stdev from Mean risulta essere preimpostato e pari a 3. Quindi i lati dei politopi in 102 dimensioni misureranno nella i-esima dimensione $6\sigma_i$. Infine applichiamo l'algoritmo (assegnazione) e otteniamo la mappa tematica (immagine a pseudocolori).

Salviamo il file di classificazione come *Strisciata11_5m_wgs84_Parallelepiped.img*.

Si nota che l'algoritmo di classificazione classifica molto poco, ciò non toglie che la classificazione può essere buona. Per capirlo generiamo la matrice di confusione (figura). In genere si preferisce venire in possesso di un'immagine poco classificata che di una molto classificata erroneamente (come nel caso precedente quando si è classificato alla minima distanza dalla media tutta l'immagine). Si osserva che solo la vegetazione viene più o meno ben classificata.

Class Confusion Matrix

Confusion Matrix: C:\Users\User\Desktop\Polito\Telerelevamento\Esercitazioni\AAA

Overall Accuracy = (2692/2737) 98.3559%
Kappa Coefficient = 0.8861

Class	Ground Truth (Pixels)			Total
	Acqua	Vegetazione	Urbanizzato	
Unclassified	41	2	2	45
Acqua [Blue]	2508	0	0	2508
Vegetazione [	0	94	0	94
Urbanizzato [	0	0	90	90
Total	2549	96	92	2737

Class	Ground Truth (Percent)			Total
	Acqua	Vegetazione	Urbanizzato	
Unclassified	1.61	2.08	2.17	1.64
Acqua [Blue]	98.39	0.00	0.00	91.63
Vegetazione [	0.00	97.92	0.00	3.43
Urbanizzato [	0.00	0.00	97.83	3.29
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)		Omission (Pixels)	
Acqua [Blue]	0.00	1.61	0/2508		41/2549	
Vegetazione [	0.00	2.08	0/94		2/96	
Urbanizzato [	0.00	2.17	0/90		2/92	

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)		User Acc. (Pixels)	
Acqua [Blue]	98.39	100.00	2508/2549		2508/2508	
Vegetazione [	97.92	100.00	94/96		94/94	
Urbanizzato [	97.83	100.00	90/92		90/90	

- Classificazione della massima verosimiglianza:

Classification (ENVI Classic) – Supervised – Maximum Likelihood.

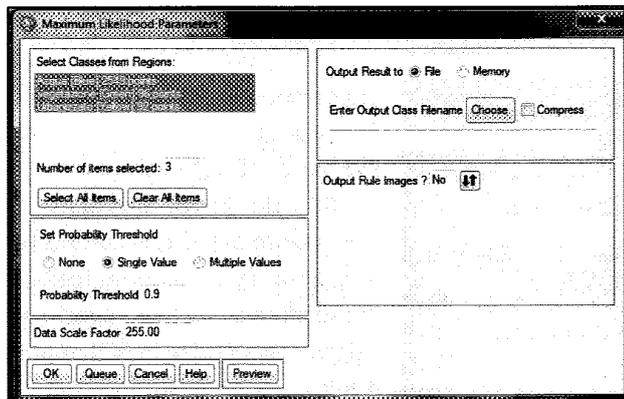
Salviamo il file come: L71194029_02920010824_6bands_MaxLike.img.

Impostiamo il parametro *Probability Threshold* pari a 0.9 (single value). Questo parametro indica la soglia di appartenenza che discrimina l'assegnazione di una cella ad una o ad un'altra classe sulla base della distribuzione di probabilità radiometrica e deve essere compreso tra 0 ed 1.

Si osserva che l'urbanizzato è meglio classificato rispetto alla classificazione eseguita con il criterio del parallelepipedo.

Costruiamoci la matrice di confusione: *Classification (ENVI Classic) – Post Classification – Confusion Matrix – Using Ground Truth ROIs.*

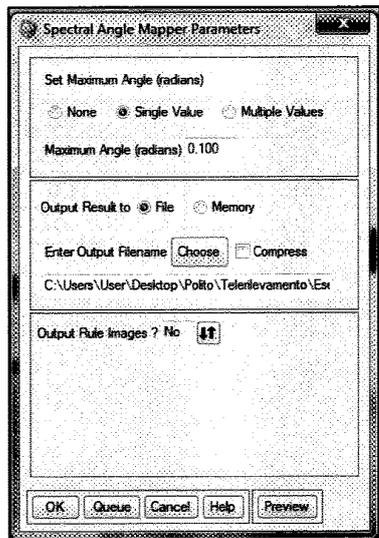
Si osserva che l'accuratezza globale è del 100%. Le percentuali sulle tre classi è del 100% (si veda i valori percentuali riportati sulla diagonale della seconda tabella della matrice di confusione).



Tutte le celle delle ROI sono state assegnate alla classe di pertinenza.

SAM per classificare suolo

Inoltre salviamo il file come: L71194029_02920010824_6bands_SAM.img.



Si osserva che l'urbanizzato e il mare sono classificati molto bene rispetto alle altre due classificazioni precedenti. Inoltre anche la vegetazione è meglio classificata rispetto alle altre classificazioni eseguite. Quindi in termini generali il SAM classifica molto bene le classi di copertura del suolo in quanto l'algoritmo di classificazione si basa direttamente sulle firme spettrali e non sui parametri statistici delle ROI.

Costruiamoci la matrice di confusione: *Classification (ENVI Classic) – Post Classification – Confusion Matrix – Using Ground Truth ROIs.*

Si osserva che l'accuratezza globale è del 99.8173%. Le percentuali sulle tre classi è molto alta (si veda i valori percentuali riportati sulla diagonale della seconda tabella della matrice di confusione).

Questo 99% è molto più credibile rispetto alle percentuali delle altre classificazioni che tendono a sovraclassificare le immagini proprio perché non si basano sulle firme spettrali, ma sui parametri statistici delle ROI.

Confusion Matrix: C:\Users\User\Desktop\Polito\Telerelevamento\Esercitazioni\AAA_Te

Overall Accuracy = (2732/2737): 99.8173%

Kappa Coefficient = 0.9860

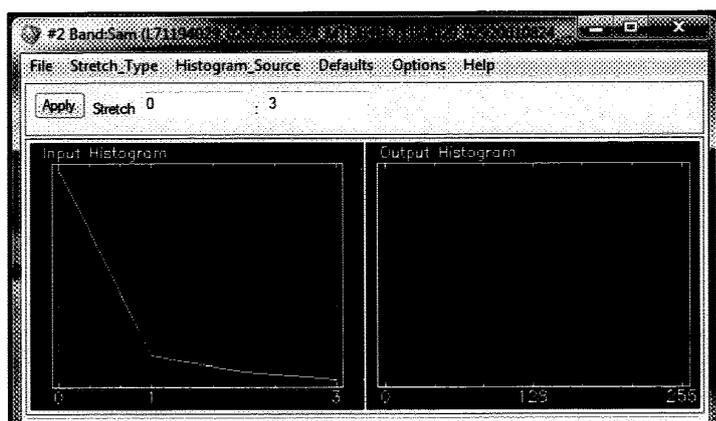
Class	Ground Truth (Pixels)			Total
	Acqua	Vegetazione	Urbanizzato	
Unclassified	0	2	3	5
Acqua [Blue]	2549	0	0	2549
Vegetazione [	0	94	0	94
Urbanizzato [	0	0	89	89
Total	2549	96	92	2737

Class	Ground Truth (Percent)			Total
	Acqua	Vegetazione	Urbanizzato	
Unclassified	0.00	2.08	3.26	0.18
Acqua [Blue]	100.00	0.00	0.00	93.13
Vegetazione [	0.00	97.92	0.00	3.43
Urbanizzato [	0.00	0.00	96.74	3.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)		Omission (Pixels)	
	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Acqua [Blue]	0.00	0.00	0/2549	0/2549
Vegetazione [	0.00	2.08	0/94	2/96
Urbanizzato [	0.00	3.26	0/89	3/92

Class	Prod. Acc. (Percent)		User Acc. (Pixels)	
	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Acqua [Blue]	100.00	100.00	2549/2549	2549/2549
Vegetazione [	97.92	100.00	94/96	94/94
Urbanizzato [	96.74	100.00	89/92	89/89

Cosa compare nell'istogramma delle frequenze?



Apriamo quello relativo alla classificazione SAM (*Enhance (image) – Interactive Stretching*) (figura).

Impostiamo *Band* in *Histogram Source*.

Si leggono i 4 DN dell'immagine di classificazione a pseudocolori: lo 0 è il non classificato, l'1 è il mare (blu), il 2 la vegetazione (verde) ed il 3 l'urbanizzato

1.2.2.2.2

Un picco è centrato a DN=20. Questo DN esprime ciò che è stato classificato vegetazione nel SAM ($2*10$) e non è stato classificato vegetazione nel parallelepipedo ($2*10 - 0$).

Un picco è centrato a DN=10. Questo DN esprime ciò che è stato classificato mare nel SAM ($1*10$) e non è stato classificato mare nel parallelepipedo ($1*10 - 0$).

Un picco è centrato a DN=30. Questo DN esprime ciò che è stato classificato urbanizzato nel SAM ($3*10$) e non è stato classificato urbanizzato nel parallelepipedo ($3*10 - 0$).

Un picco è centrato a DN=-3. Questo DN esprime ciò che è stato classificato urbanizzato nel parallelepipedo (3) e non è stato classificato urbanizzato nel SAM ($0*10 - 3$).

Si possono classificare immagini separatamente e con due metodi diversi e poi sovrapporre le due immagini con un Band Math del tipo:

$$\text{float}(b1) + \text{float}(b2)$$

Se poi si effettua un Density Slice si può riprodurre un'immagine a pseudocolori classificata.

Si può fare una sintesi additiva tra le tre immagini classificate. Un tono di grigio rappresenta gli elementi in comune, un colore primario che le celle sono classificate solo in una delle tre classificazioni, un complementare che le celle vengono classificate in due classificazioni e non in quella rispetto cui si vede a monitor il, un qualsiasi colore che le tre classificazioni classificano quelle celle in tre modi diversi complementare. È tipo il discorso che vale per le sintesi additive multitemporali. Questo è valido solo in teoria perché su ENVI tale sintesi tra immagini classificate non funziona.

COMPITO B1

1.10 Numero di righe e di colonne che compongono l'immagine (file con risoluzione spaziale: 30 m).

8031 x 7341
colore righe

Calibrare la parte del file contenente le 6 bande spettrali a 30 m di risoluzione in toni di riflettività. Verificare che i parametri utilizzati siano i seguenti:

- Sensore: Landsat 7 E TM+
- Data di acquisizione: 28 September 2002
- Elevazione del sole: 40.1827°

Salvare l'immagine ottenuta come *28_sett_2002_calib.img*

1.11 Dopo la calibrazione in toni di riflettività, qual è il parametro che maggiormente influenza i valori calcolati se acquisiti con sensore montato su piattaforma ad orbita eliosincrona? 1) La modalità operativa di acquisizione del sensore (whiskbroom/pushbroom); 2) latitudine media della scena acquisita; 3) Velocità di trasmissione del dato alle memorie di massa

Riportare nel rispettivo punto della tabella in allegato i seguenti valori:

1.12 DN del punto I in banda 5 dell'immagine prima della calibrazione 85

1.13 DN del punto I in banda 5 dell'immagine calibrata (*28_sett_2002_calib.img*). 0,203407

Aprire la procedura di georeferenziazione Image to Map del file *28_sett_2002_calib.img* (il dato è proiettato in UTM, Zone 32 North, Datum: WGS-84) richiamando il file di ground control points *gcp.pts*.

Controllare che tutti i GCP siano attivi (compaia il segno + alla destra del numero di GCP).

Riportare nella tabella in allegato:

1.14 RMSE totale in caso di trasformazione polinomiale di 1 grado 0,092511

d) Disattivare il GCP 2 (tenerlo sempre disattivato per tutte le operazioni richieste nei punti dall'1.15 all' 1.18). Riportare nella tabella in allegato i seguenti valori:

1.15 RMSE totale in caso di trasformazione polinomiale di 1 grado 0,096404

1.16 RMS del GCP 9 in caso di trasformazione polinomiale di 1 grado 0,1789

e) Sia dato il **punto H**, di coordinate (Proj : UTM, Zone 32 North, Datum: WGS-84):

430395 E, 4922175 N

