



Università degli Studi di Napoli "Parthenope"
Dipartimento di Scienze e Tecnologie

Corso di Telerilevamento

Lezione 5

I formati delle immagini telerilevate

Introduzione alla Statistica applicata alle immagini

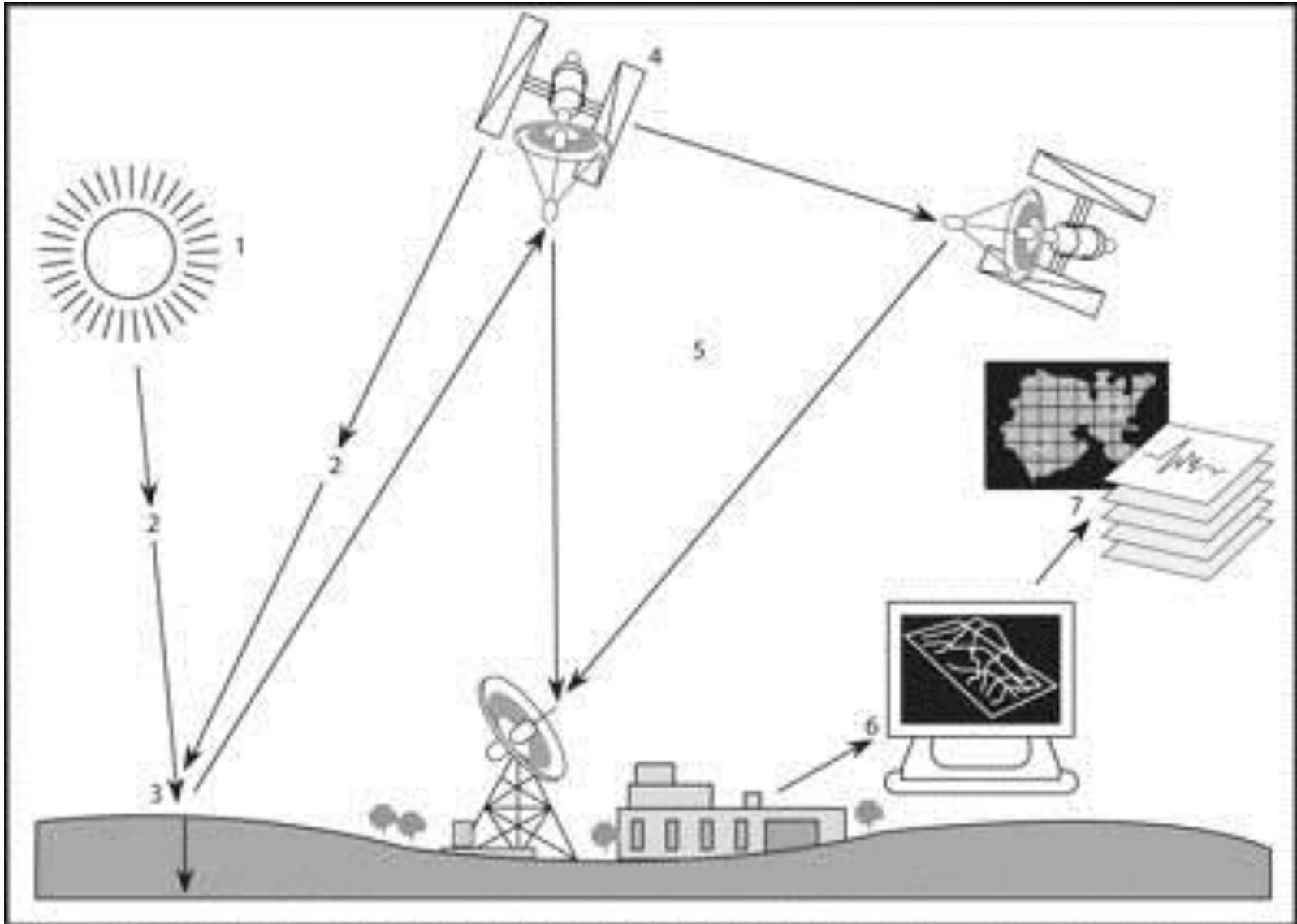
Claudio Parente

Trasmissione dati telerilevati

I dati ottenuti dalle missioni spaziali o aeree devono essere trasmessi a terra. Nel caso di una piattaforma satellitare vi sono tre modi per trasmettere i dati acquisiti:

- 1. possono essere trasmessi direttamente a terra se esiste una stazione ricevente GRS (Ground Receiving Station) nella direzione di vista del satellite;
- 2. possono essere registrati a bordo del satellite e trasmessi alla GRS in un momento successivo;
- 3. possono essere trasmessi alla GRS attraverso adatti satelliti per le telecomunicazioni in orbita geosincrona. I dati sono trasmessi da un satellite ad un altro fino al raggiungimento di una GRS.

Trasmissione dati telerilevati



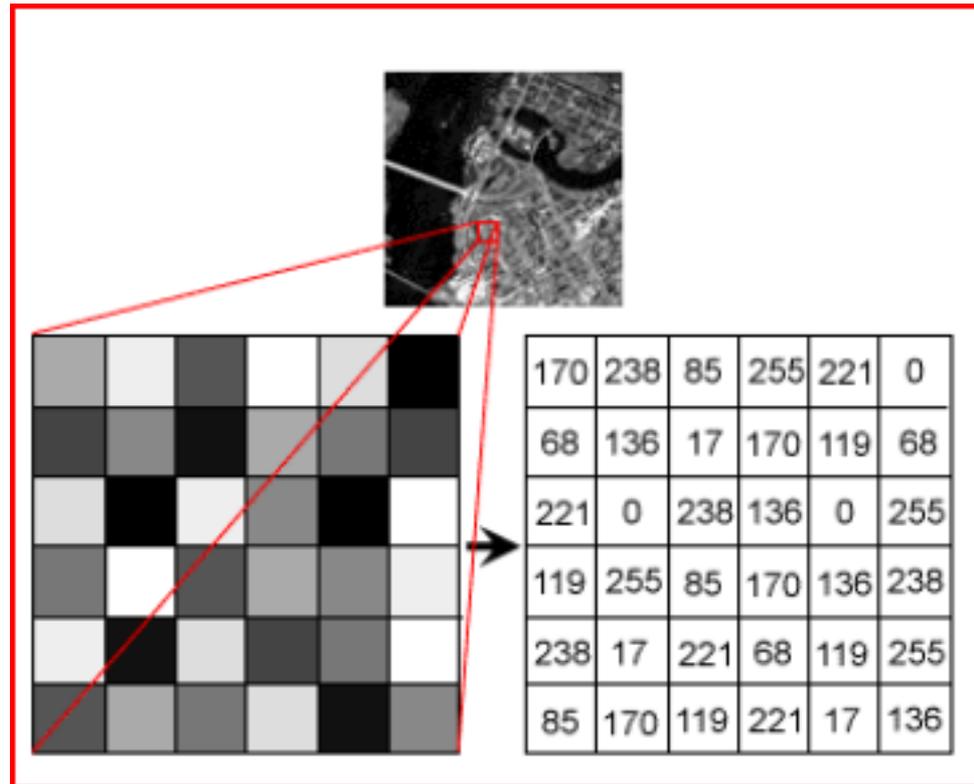
Ricezione e archiviazione dati

I dati sono ricevuti dalla stazione ricevente in formato digitale grezzo, non elaborato (*raw data*).

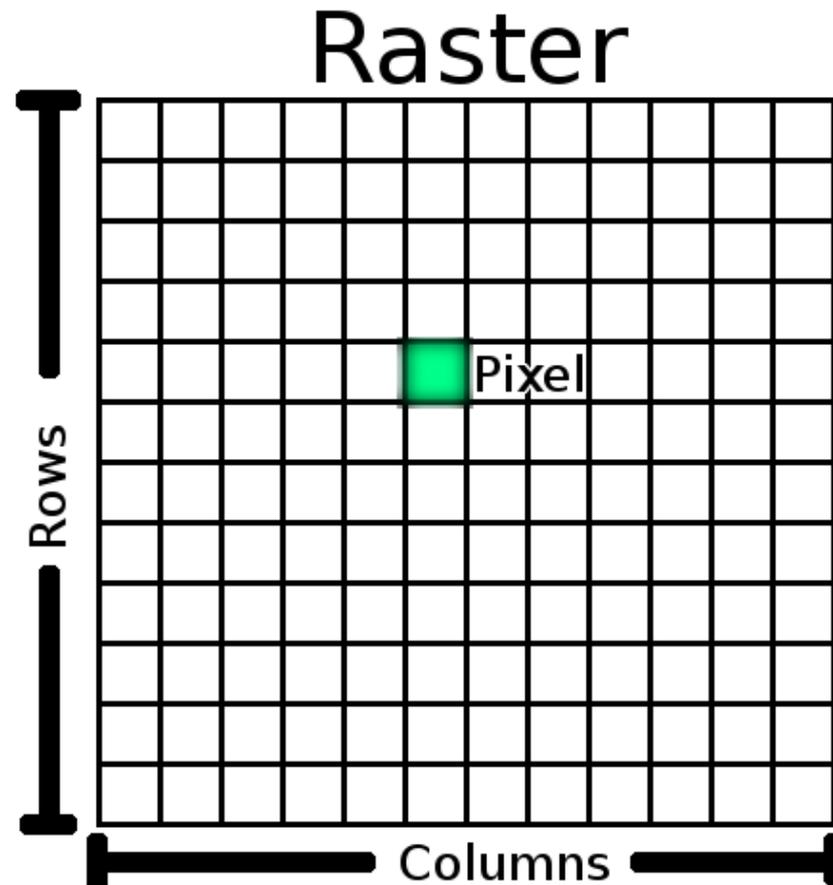
Su richiesta possono, poi, essere processati per correggere, come vedremo, le distorsioni sistematiche, geometriche e radiometriche, e convertiti in un formato standard.

I dati digitali sono poi registrati su diversi supporti: come nastri, dischi o CD Rom. Normalmente essi sono archiviati nelle stazioni riceventi e gli archivi vengono gestiti o dalle agenzie governative o dalle compagnie commerciali.

Immagini raster



Immagini raster: matrice con righe e colonne



Immagini cosiddette “*Quick look*” a bassa risoluzione sono usate per visionare la qualità delle immagini e l'eventuale copertura nuvolosa prima del loro acquisto.

Un'immagine telerilevata è tipicamente composta da pixel localizzati all'intersezione di ciascuna riga i -esima e ciascuna colonna j -esima.

Se si tratta di immagini multispettrali o iperspettrali si dovrà fare riferimento anche alla banda K -esima dell'immagine. Il numero N di pixel di cui è costituita un'immagine formata da n righe ed m colonne è dato, ovviamente, dal prodotto di n per m .

Come già detto, normalmente i dati tele rilevati sono forniti direttamente in formato digitale in quanto, per ogni pixel, il sistema sensore trasforma l'energia elettromagnetica, riflessa o emessa, che esso rileva, in:

*un segnale elettrico analogico che viene convertito in un valore digitale, detto **Brightness Value** (o anche **Digital Number**), che in una rappresentazione ad 8 bit (1 byte) è, quindi, un numero intero nell'intervallo 0- 255.*

A tale numero può essere associata una gradazione di grigio che va, ad esempio, dal nero (Brightness Value = 0) al bianco (Brightness Value=255). In tal caso l'immagine è a 8 bit

Il valore del Brightness Value può essere indicato, tenendo conto delle notazioni precedenti, con uno dei seguenti simboli:

- (a) BV
- (b) BV_i $i = 1, 2, \dots, N$
- (c) BV_{ij} $i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$
- (d) BV_{ijk} $i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$
 $k = 1, 2, \dots, l$

Formati dati-immagine

Tra i formati per l'archiviazione dei dati-immagine multispettrali, i più usati sono:

BSQ (Band Sequential);

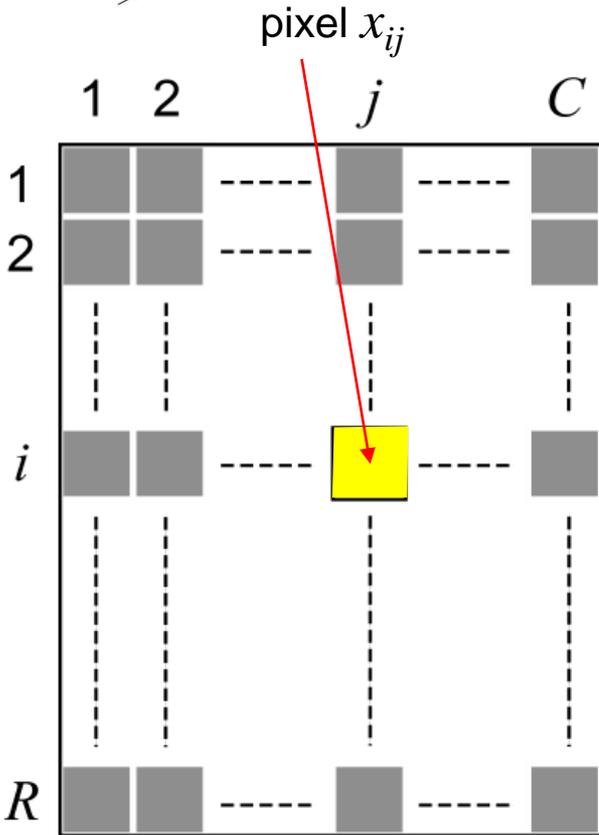
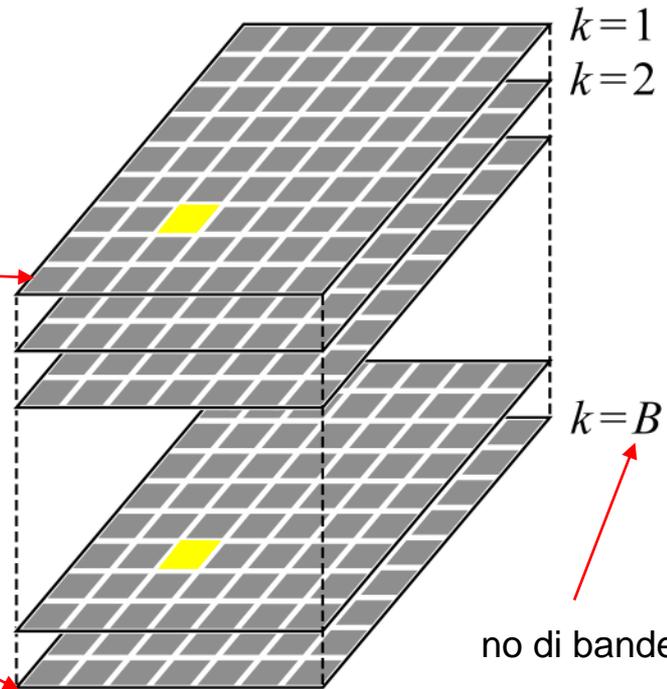
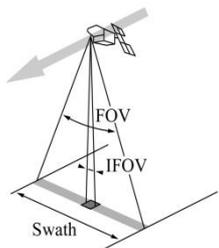
BIP (Band Interleaved by Pixel);

BIL (Band Interleaved by Line).

Il formato **BSQ** prevede che per ogni banda spettrale venga creato un file. Così ad esempio, per il sensore Thematic Mapper, alloggiato a bordo dei satelliti Landsat 4 e 5 e che acquisisce in sette bande, occorre leggere e visualizzare sette files separati per poter estrarre le informazioni riguardanti una medesima scena.

I DATI

Un'immagine multispettrale in format BSQ:
per ogni banda k viene registrata la medesima scena



Per ogni banda,
l'immagine è costituita da una matrice di pixel,
composta da R righe e C colonne

Per ogni pixel,
il valore registrato è l'intensità luminosa (radianza), in binario:
 p bit che assumono valore 0 o 1;
con p bit i valori ammissibili sono 2^p :
0: no data
1: nero (minima luminosità registrabile) ...
255: bianco (massima luminosità registrabile)

Radiometric resolution, Dynamic interval (Risoluzione radiometrica o intervallo dinamico): no di bit per pixel

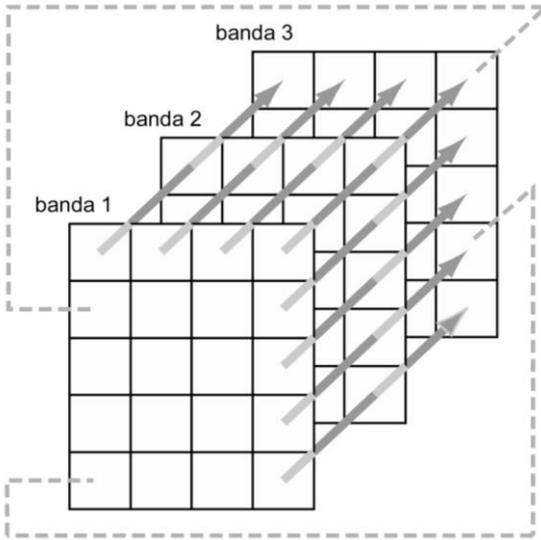
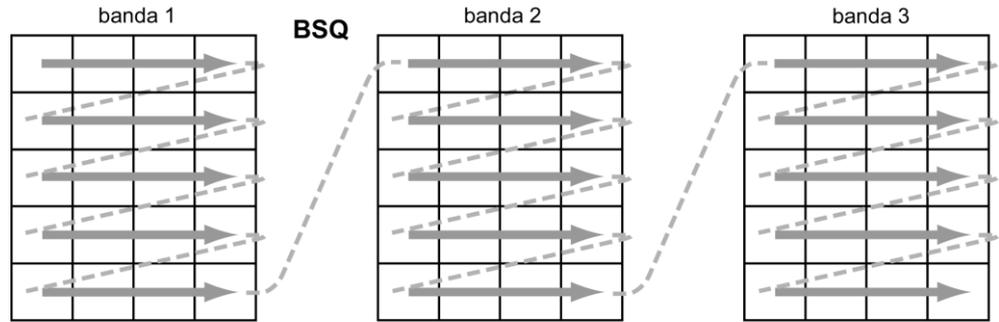
Formati dati-immagine

Nel formato **BIP** (Band Interleaved by Pixel), i dati-immagine sono contenuti in un unico file e per ciascun pixel sono memorizzati sequenzialmente i valori corrispondenti a tutte le bande.

Infine nel formato di tipo **BIL** (Band Interleaved by Line), come per il precedente, l'archiviazione viene effettuata in un file unico, però in questo caso i valori dei BV dei pixel di ogni riga, della matrice raster, vengono memorizzati dalla prima all'ultima banda.

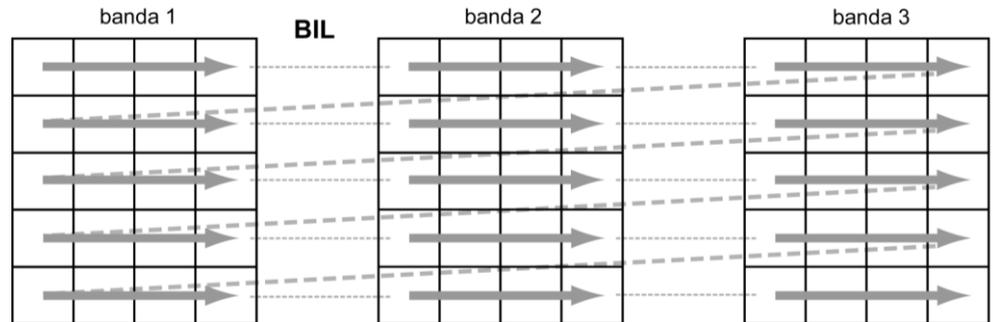
I FORMATI DEI DATI

BSQ:
Band Sequential



BIP:
Band Interleaved
by Pixel

BIL:
Band Interleaved
by Line

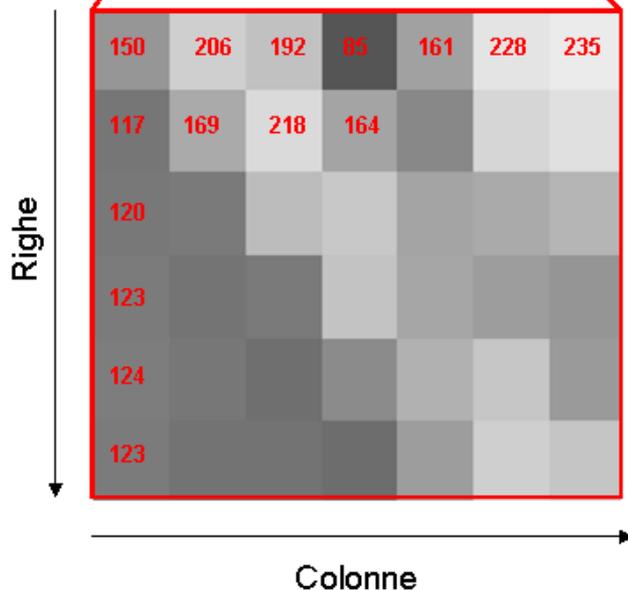


Formati dati-immagine

Un file per la memorizzazione di un'immagine digitale, oltre a tutti i valori dei pixel (che compongono l'immagine), contiene informazioni aggiuntive archiviate in una sezione detta **intestazione** o **header**.

L'intestazione, che può anche essere inclusa in un file separato (un file documento), fornisce dati ancillari come il numero di righe, il numero di colonne, la risoluzione geometrica, il sistema di riferimento, le coordinate minime e massime, il tipo di sensore, l'altezza della piattaforma, l'angolo di illuminazione, ecc.

Immagini satellitari



Valore del pixel			Colore visualizzato
Red	Green	Blue	
255	000	000	<i>Rosso</i>
000	255	000	<i>Verde</i>
000	000	255	<i>Blu</i>
255	255	000	<i>Giallo</i>
255	127	000	<i>Arancione</i>
127	000	127	<i>Viola</i>
255	255	255	<i>Bianco</i>
127	127	127	<i>Grigio medio</i>
000	000	000	<i>Nero</i>

Se le immagini sono tre e si utilizza la composizione RGB, il risultato è visualizzato a colori sul display del monitor.

In particolare i valori di radianza dei pixel nelle tre bande spettrali considerando immagini con risoluzione a 8 bit danno origine ai colori indicati in tabella.

SISTEMA DELL'ELABORAZIONE DI IMMAGINI

Vediamo quali sono le caratteristiche che vengono richieste da un sistema d'elaborazione digitale di immagini telerilevate, in particolare:

Memoria di massa;

Risoluzione del display;

Risoluzione del colore.

Memoria di massa

Per memorizzare ed elaborare un'immagine a banda singola consistente di 1024×1024 pixel occorre una memoria di 1.048.576 byte, ossia di circa 1 Mbyte.

Ovviamente, se l'immagine si riferisce ad un'acquisizione multispettrale viene richiesta una memoria maggiore. Ad esempio per un'immagine del TM (7 bande) occorrono circa 7Mbyte.

Nel caso di un sistema iperspettrale, spesso costituiti anche da centinaia di bande, occorre una memoria dell'ordine di grandezza dei Gbyte. Quindi un sistema di elaborazione di immagini deve tenere conto di questa esigenza.

Risoluzione del display

La risoluzione dello schermo è il numero dei pixel orizzontali e verticali presenti o sviluppabili in uno schermo.

Una risoluzione di 1024×600 ad esempio indica che l'immagine sul monitor è formata da 1024 colonne e 600 righe.

Per la elaborazione delle immagini satellitari, sono da preferirsi monitor ad alta risoluzione.

Risoluzione del colore

Si riferisce al numero di gradazioni di colore che possono essere visualizzate sul numero totale di colori disponibili.

Quest'ultimo è dato dal fatto che un colore può essere considerato come combinazione dei tre colori fondamentali (Blu, Verde e Rosso), ognuno dei quali è rappresentabile, in una configurazione ad 8 bit, su una scala 0 255 (infatti, $2^8=256$ gradazioni). Pertanto, occorrono $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24} = 16.777.216$, ossia più di 16 milioni di combinazioni di colore.

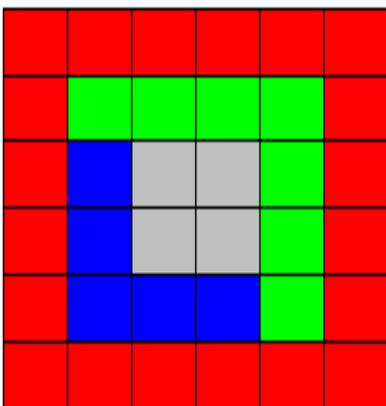
Nel caso di immagini in bianco e nero, per le quali i livelli dei tre colori fondamentali sono eguali tra loro, le combinazioni di grigio si riducono a 256.

La statistica applicata alle immagini

Il trattamento e l'analisi delle immagini digitali telerilevate richiede molto spesso l'utilizzo della Statistica.

È opportuno, pertanto, fare alcuni richiami dei principali concetti statistici applicati alle immagini digitali.

Consideriamo un ipotetico monitor composto da 6x6 pixel. Supponiamo che sul monitor sia visualizzata la seguente immagine:



Per memorizzare/gestire questa immagine è necessario abbinare ad ogni colore una particolare combinazione di bit. I colori necessari sono 4. Mi bastano quindi 2 bit per codificare ogni colore. L'abbinamento colore/codifica in bit prende il nome di palette. Un esempio di palette applicabile al nostro esempio potrebbe essere il seguente.

Combinazioni di 2 bit	Esempio di PALETTE
00	GRIGIO 
01	ROSSO 
10	VERDE 
11	BLU 

Nella memoria video l'immagine del nostro esempio verrebbe rappresentata con questa sequenza di bit

Nella memoria video l'immagine del nostro esempio verrebbe rappresentata con questa sequenza di bit

01	01	01	01	01	01
01	10	10	10	10	01
01	11	00	00	10	01
01	11	00	00	10	01
01	11	11	11	10	01
01	01	01	01	01	01

I bit totali utilizzati sono 72 (6x6x2). Quindi mi bastano 9 byte (72/8) per gestire la figura del nostro esempio. Naturalmente per registrare l'immagine nel computer, oltre alla codifica dei colori dei singoli pixel, dovremo aggiungere anche la palette utilizzata.

Come calcolo la quantità di memoria video necessaria per gestire un'immagine bitmap/monitor

Consideriamo un monitor composto da $N \times M$ pixels con C colori (profondità di colore). Il numero di bit minimo necessario per rappresentare C colori è k dove k è il più piccolo intero per cui vale la seguente relazione.

$$2^k \geq C$$

PS: Si noti che 2^k corrisponde al numero di combinazioni che posso creare con k bit. Ad ogni combinazione di k bit abbinerò uno dei colori appartenenti alla palette utilizzata.

esempio:

Supponiamo che i colori presenti siano 8 (quindi C vale 8). Il numero di bit minimo (k) per codificare questi colori è 3. Infatti $2^3 \geq 8$ (si noti che il numero di combinazioni disponibili con 3 bit è 2^3). Ad ogni combinazione di 3 bit posso associare un colore. Ecco due esempi di palette a 3 bit:

Combinazioni di 3 bit	1° Esempio di PALETTE	2° Esempio di PALETTE
000	NERO	BIANCO
001	GIALLO	AZZURRO
010	VERDE	FUCSIA
011	ROSSO	BLU
100	GRIGIO	NERO
101	MARRONE	GRIGIO
110	VIOLA	GIALLO
111	BIANCO	ROSSO

Supponiamo di avere in memoria video i seguenti bit

001	011	001
011	001	011
011	011	011
011	001	011

Se carico la prima palette a video apparirà la seguente figura:

001	011	001
011	001	011
011	011	011
011	001	011

mentre se carico la seconda palette otterrò questa:

001	011	001
011	001	011
011	011	011
011	001	011

Si noti come, a secondo della palette caricata, i colori cambiano mentre i profili delle figure restano invariate nella figura.

Quanti Kbyte di memoria video sono necessari per gestire un monitor 800x600 con 126 colori ?

Soluzione:

Il primo intero k per cui vale la relazione $2^k \geq 126$ è 7 per cui mi bastano 7 bit per rappresentare i 126 colori richiesti. In altre parole devo riservare 7 bit per

ogni pixel. L'immagine ha 800x600 (480.000) pixel. Poiché ogni pixel richiede 7 bit mi servono $800 \times 600 \times 7$ bit (3.360.000) per gestire il mio monitor.

Sapendo

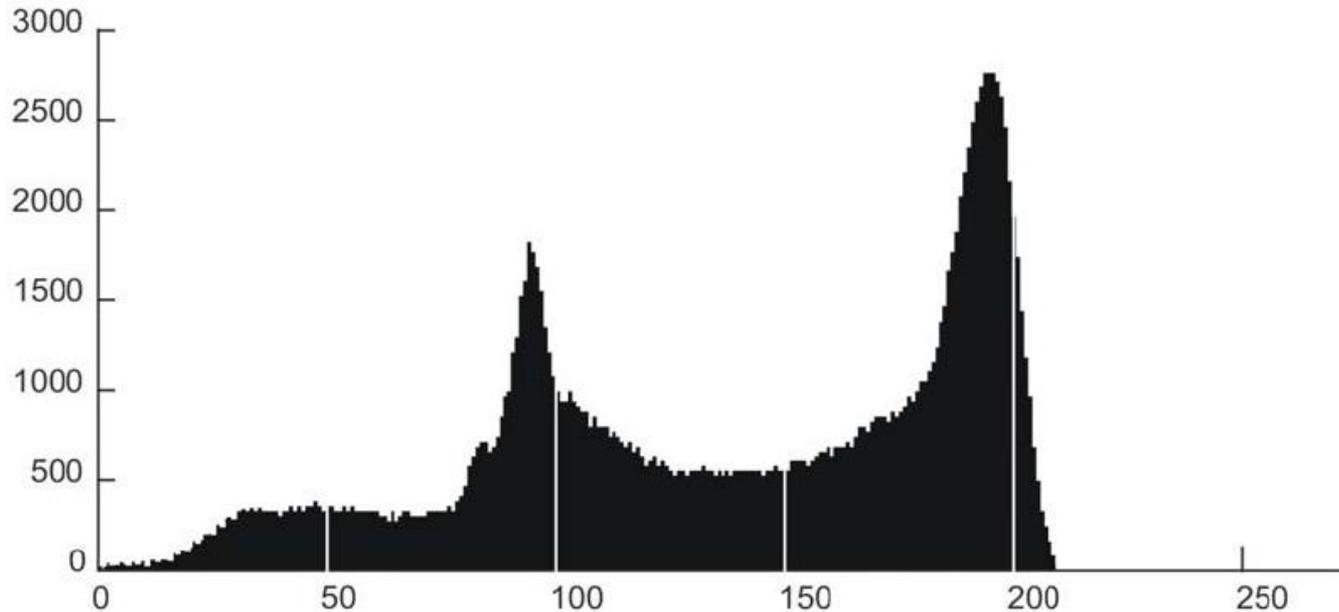
che un Kbyte = 1024x8 bit la soluzione è
 $(800 \times 600 \times 7) / (1024 \times 8) = 410,15625$ kbyte.

Quanti Mbyte di memoria video sono necessari per gestire un monitor **1024x768** che utilizza lo standard **RGB** ?

La scala **RGB** utilizza 24 bit (*vedi Nota 0*) ed esattamente: 8 bit per le tonalità di rosso, 8 bit per quelle di verde e 8 bit per quelle del blu. Ogni pixel **RGB** richiede quindi 24 bit ovvero 3 byte.

Il nostro monitor **RGB** richiede pertanto $1024 \times 768 \times 3$ byte = 2.359.296 byte di memoria video. Poiché un Mbyte = 1024×1024 byte segue che $(1024 \times 768 \times 3) / (1024 \times 1024)$ ovvero 2,25 Mbyte rappresenta la soluzione richiesta.

Istogramma di un'immagine a 8 bit



Un **istogramma** si ottiene organizzando classi di BV_i sull'ascissa di un sistema di assi cartesiani e la frequenza $f(BV_i)$ di ciascuna classe sulle ordinate. La frequenza $f(BV_i)$ può essere valutata in termini assoluti (frequenza assoluta) o percentuali (frequenza relativa).

Istogramma

L'istogramma caratterizza, quindi, un'immagine dal punto di vista statistico e non fornisce alcuna informazione circa la disposizione spaziale dei livelli di grigio nell'immagine.

Ciò implica che mentre ad un'immagine corrisponde un solo istogramma, ad un dato istogramma possono corrispondere più immagini completamente diverse tra loro.

Covarianza

Siccome le misure spettrali dei pixel possono non essere indipendenti, è necessaria una misura della loro mutua interazione. Tale misura, che è espressa dalla **covarianza**, è la variazione congiunta di due variabili intorno alla loro media comune. Essa può essere scritta nella seguente forma:

$$C_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^N (BV_{ik} - \mu_k) \cdot (BV_{il} - \mu_l)}{N}$$

con:

k = una banda dell'immagine

l = un'altra banda dell'immagine

N = numero totale di pixel nell'area di studio

μ_k = media dei BV nella banda k

μ_l = media dei BV nella banda l

Varianza

La varianza è definita per la singola banda, quindi SS_k si ottiene per $l = k$:

$$SS_k = \frac{\sum_{i=1}^N (BV_{ik} - \mu_k)^2}{N}$$

Matrice di varianza-covarianza

La matrice di varianza-covarianza avendo tutti gli elementi non in diagonale simmetricamente uguali ($\sigma_{kl} = \sigma_{lk}$) è una matrice simmetrica. Ad esempio nel caso di quattro bande spettrali si avrà una matrice 4 x 4 formata secondo lo schema seguente:.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Banda 1	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{14}
Banda 2	σ_{21}	σ_{22}	σ_{23}	σ_{24}
Banda 3	σ_{31}	σ_{32}	σ_{33}	σ_{34}
Banda 4	σ_{41}	σ_{42}	σ_{43}	σ_{44}

Coefficiente di correlazione lineare

Per una stima del grado di relazione tra due bande, indipendentemente dalle unità di misura, si utilizza il **coefficiente di correlazione lineare** ρ_{kl} , che è dato dal rapporto tra la covarianza ed il prodotto delle deviazioni standard delle due bande:

$$\rho_{kl} = \frac{C_{kl}}{\sigma_k \sigma_l} = \frac{C_{kl}}{\sqrt{\sigma_k^2 \sigma_l^2}}$$

Matrice di correlazione

Le correlazioni tra le varie coppie di bande possono essere anch'esse scritte sotto forma di matrice, detta di **correlazione**, ovviamente simmetrica, del tipo:

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Banda 1	1			
Banda 2	ρ_{21}	1		
Banda 3	ρ_{31}	ρ_{32}	1	
Banda 4	ρ_{41}	ρ_{42}	ρ_{43}	1

Coefficiente di correlazione

Il coefficiente di correlazione lineare può assumere valori compresi nell'intervallo $-1 \leq \rho_{kl} \leq +1$.

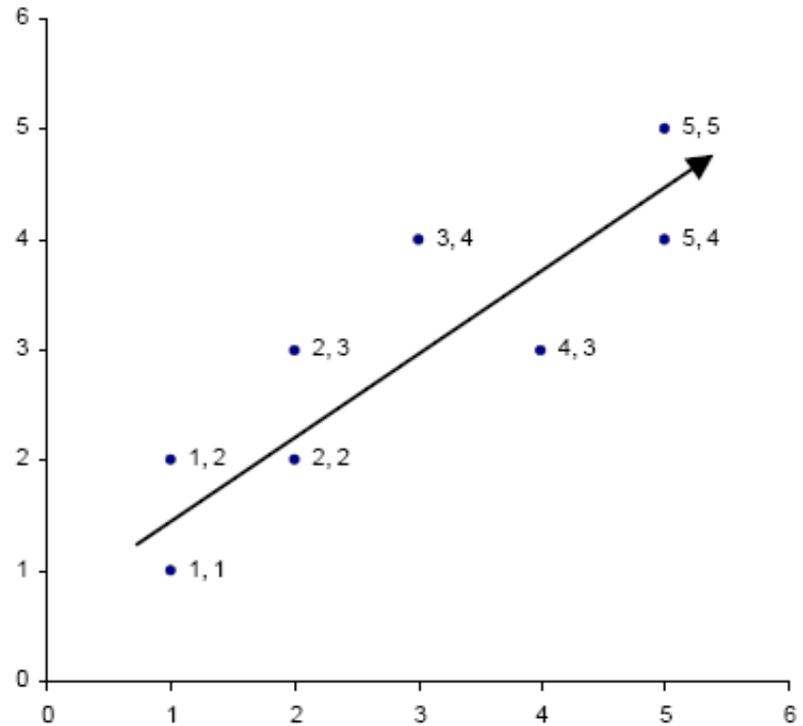
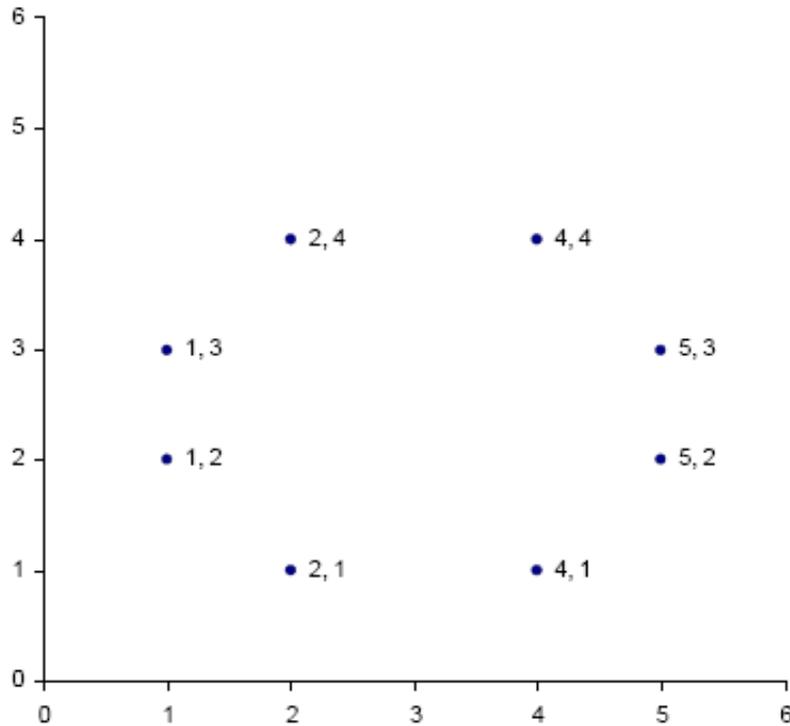
Quando ρ_{kl} vale $+1$ esiste una relazione tra due bande tale che all'aumentare di x_{ik} aumenta anche x_{il} (proporzionalità diretta), viceversa quando assume valore -1 all'aumentare di x_{ik} diminuisce x_{il} (proporzionalità inversa).

Scatterogramma

Se i valori dei pixel nelle due bande sono rappresentati graficamente come punti in un sistema di assi cartesiani si ottiene il cosiddetto **scatterogramma**.

Nello scatterogramma, la nuvola di punti può distribuirsi in maniera omogenea in situazione di valori correlati o può ridursi all'interpolazione di una retta nel caso di forte correlazione tra le bande (retta di regressione lineare).

Scatterogramma - Correlazione



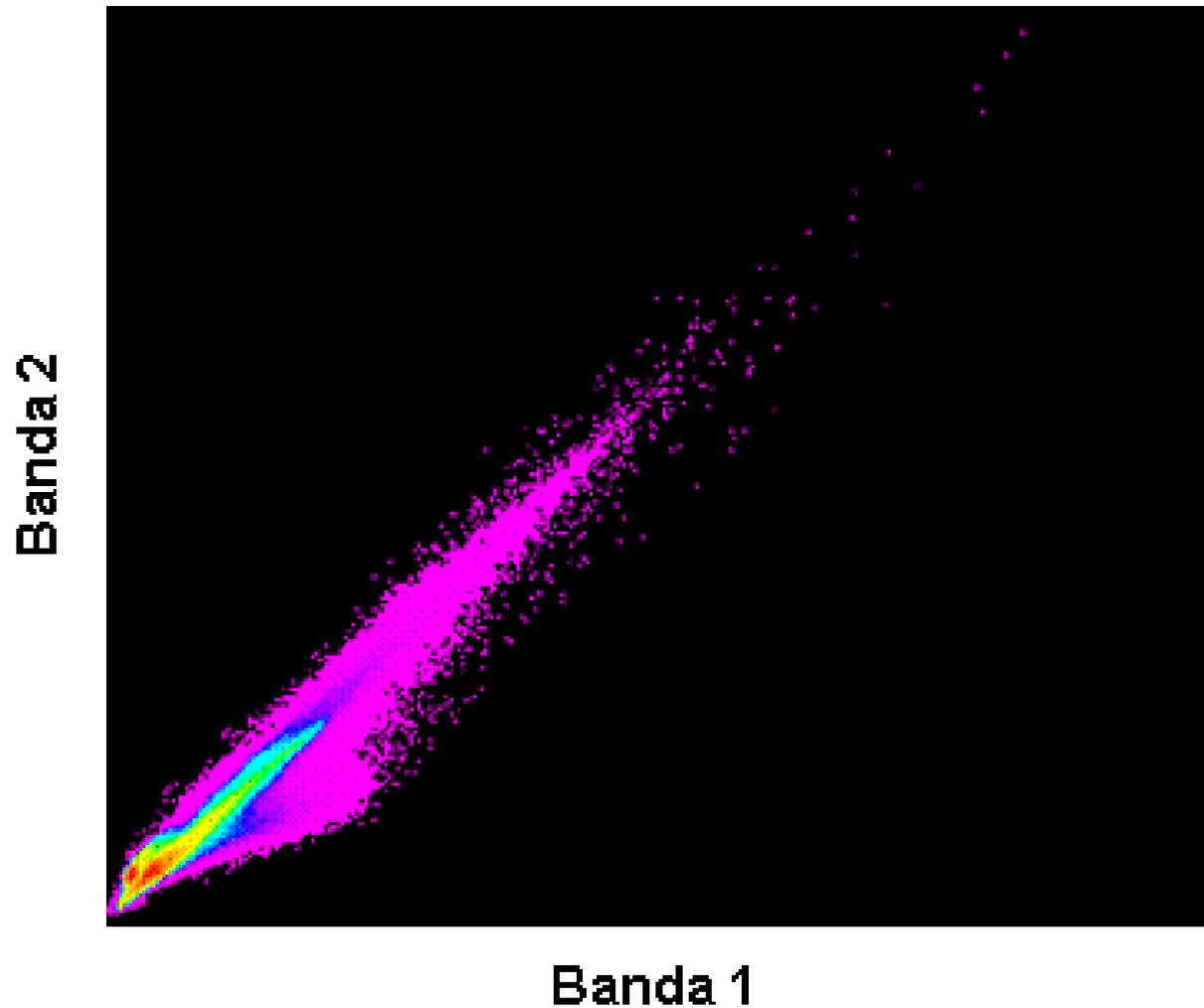
Dati bidimensionali che mostrano correlazione nulla e un'alta correlazione tra le componenti

Bande correlate

In termini di bande corrispondenti a dati multispettrali, le bande altamente correlate produrranno immagini apparentemente molto simili, praticamente con gli stessi contenuti informativi.

Dove un pixel è scuro in una banda, sarà scuro anche nell'altra banda, e viceversa.

Scatterogramma: bande correlate



Scatterogramma: bande non correlate

Banda 4

