



Analisi ed elaborazione di immagini SAR con NEST

Gerardo Di Martino

gerardo.dimartino@unina.it

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione



Software

- NEST è un software per l'analisi di immagini SAR distribuito dall'ESA (European Space Agency) con licenza GNU GPL ed è liberamente scaricabile dal sito <http://nest.array.ca/web/nest>
- Per quanto riguarda il processing interferometrico, il **phase unwrapping** non è supportato nativamente da NEST. Per questo motivo in queste esercitazioni è stato utilizzato SNAPHU (per il quale NEST fornisce un'interfaccia di input/output), che è liberamente scaricabile da http://www-star.stanford.edu/sar_group/snaphu/ (richiede sistema UNIX)



Data set

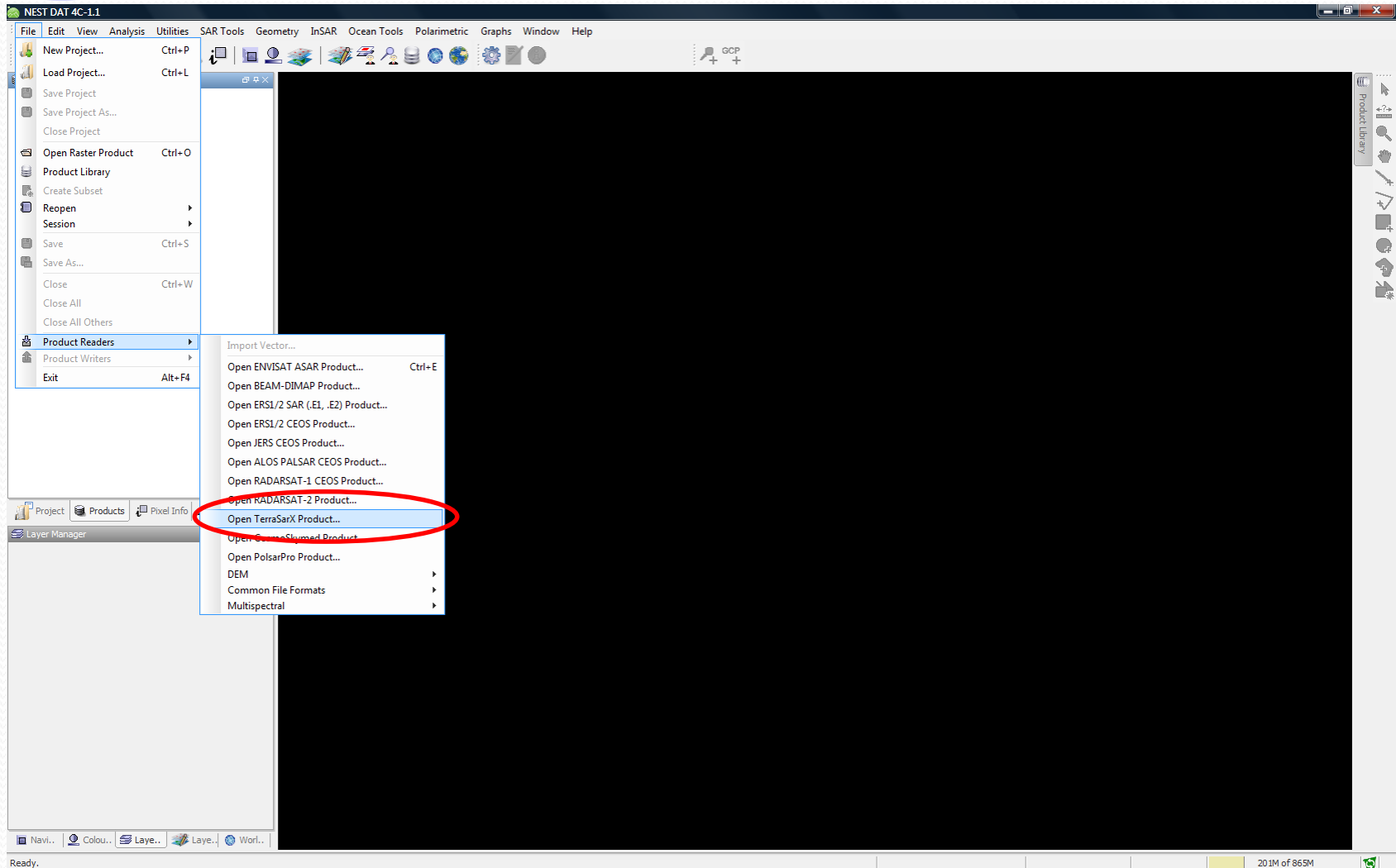
- Esempi gratuiti di dati sono disponibili on-line:
 - TerraSAR-X -> <http://www.astrium-geo.com/en/23-sample-imagery>
 - ERS e Envisat -> <https://earth.esa.int/web/guest/data-access/sample-data>
- In queste esercitazioni si fa riferimento al seguente dataset:
 - Stripmap:
 - Immagini TerraSAR-X del Grand Canyon, USA
 - Immagine ORI di Barcellona, Spagna
 - Immagini Envisat relative al disastro della Prestige



Sommario

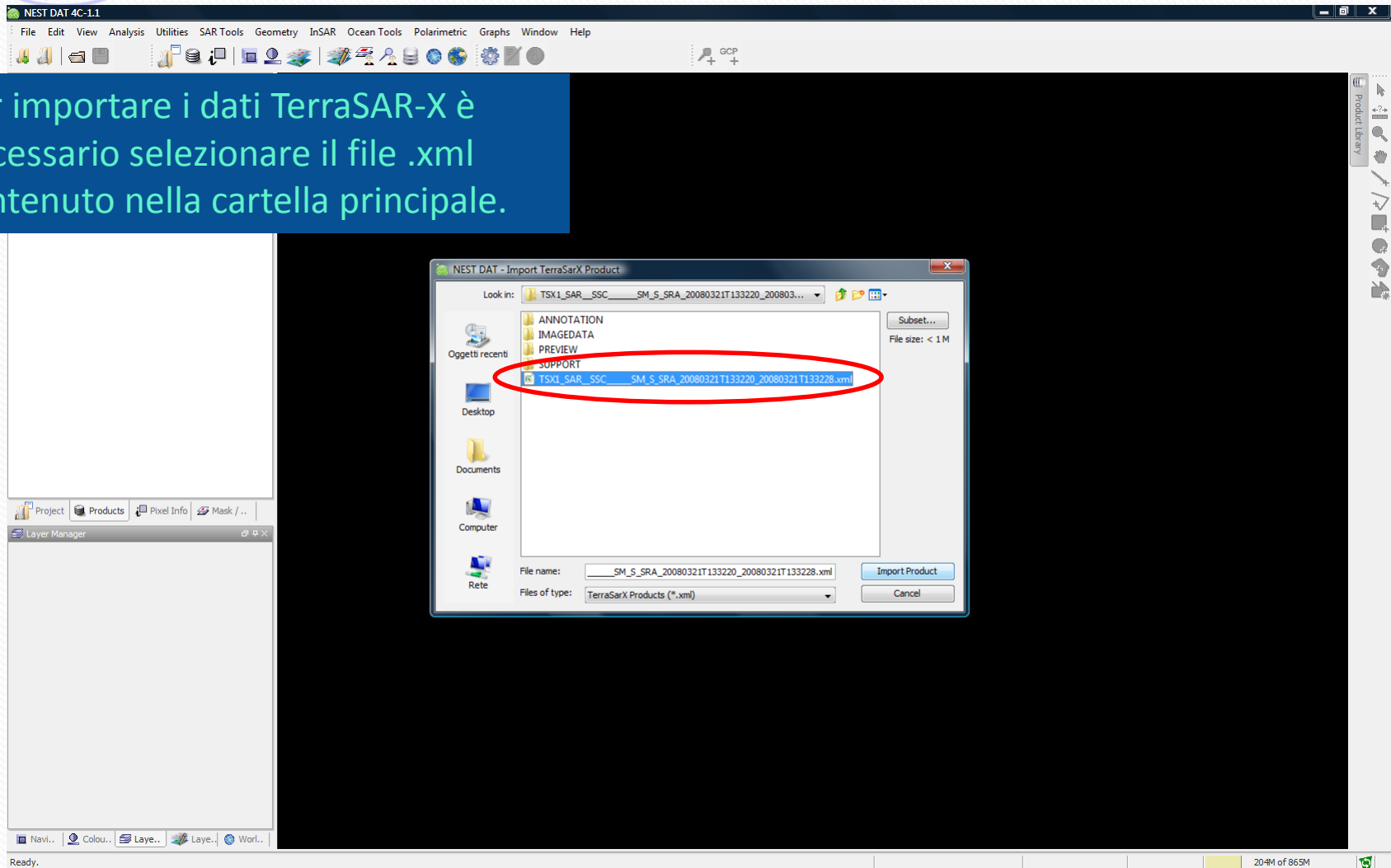
- Lettura e visualizzazione di immagini SAR
- Despeckling e segmentazione
- Analisi statistica di immagini SAR
- Ortorettifica
- Interferometria
- Analisi di immagini SAR del mare

Importare i dati TerraSAR-X



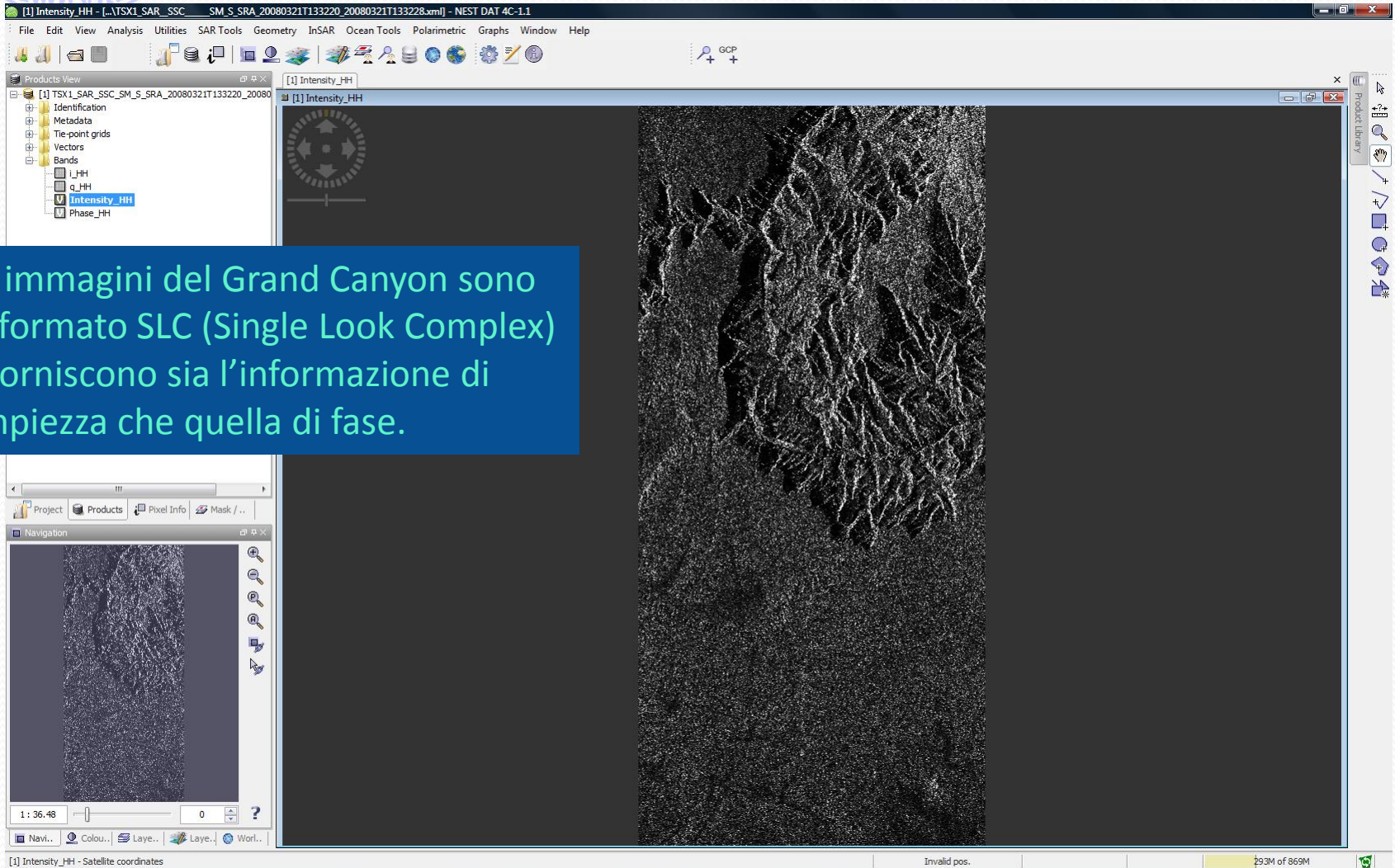
Importare i dati TerraSAR-X

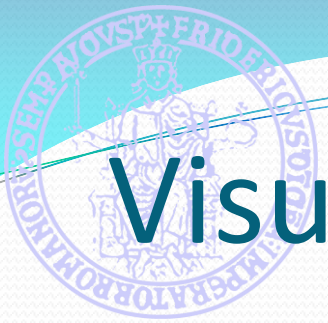
Per importare i dati TerraSAR-X è necessario selezionare il file .xml contenuto nella cartella principale.



Importare i dati: Grand Canyon

Le immagini del Grand Canyon sono in formato SLC (Single Look Complex) e forniscono sia l'informazione di ampiezza che quella di fase.





Visualizzazione: Grand Canyon

- L'immagine nella slide precedente è visualizzata (per default in NEST) sottocampionando l'immagine originale che ha 15328×32686 pixels. In questo modo l'effetto *sale e pepe* dovuto allo speckle non viene mitigato.
- Per visualizzare al meglio un'immagine SAR che necessiti di essere ridimensionata conviene utilizzare il multilook. In questo modo il decremento della risoluzione è accompagnato da una diminuzione della deviazione standard dell'intensità dell'immagine su zone omogenee che ne migliora l'aspetto visivo e l'interpretabilità.

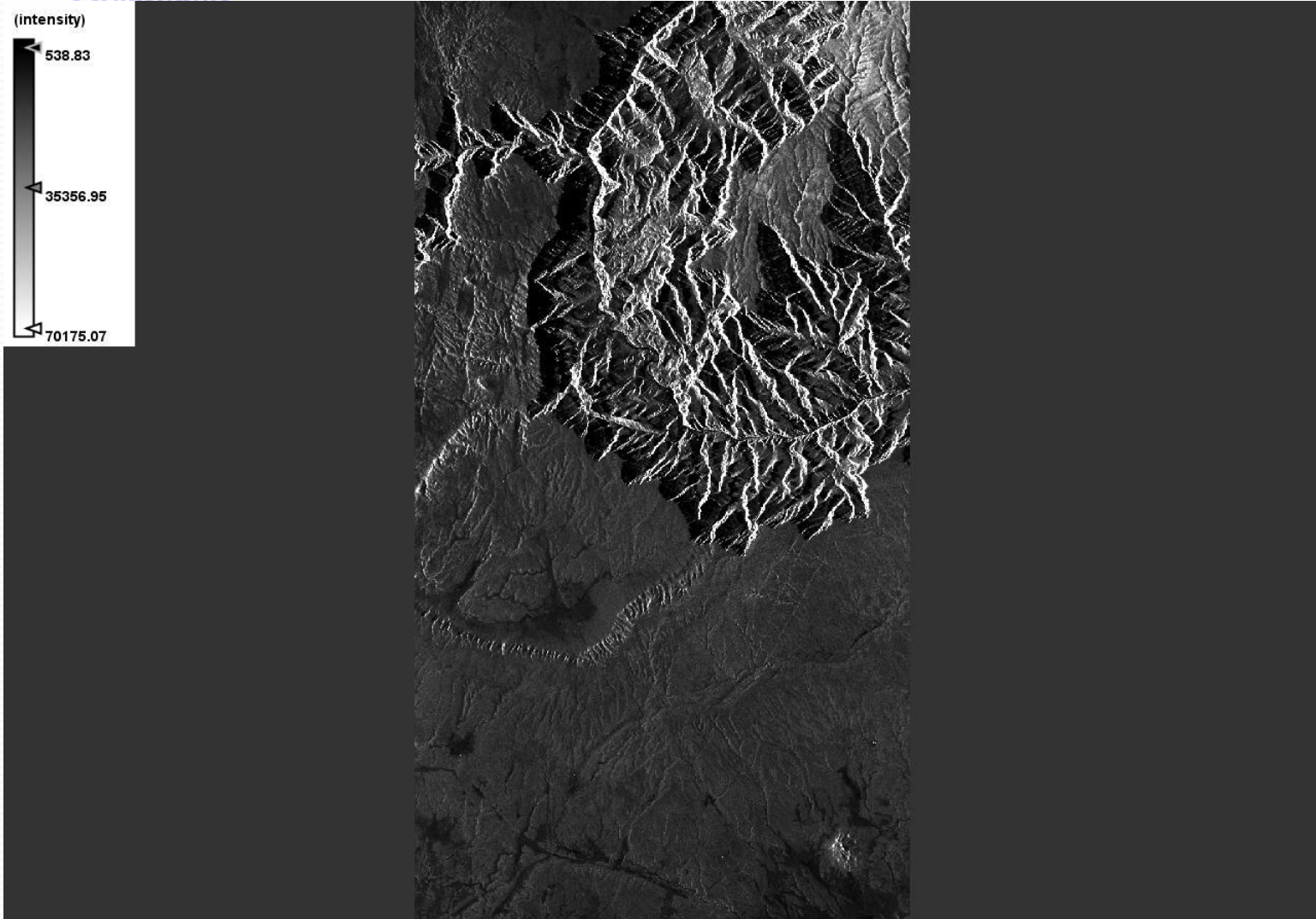
Visualizzazione: Grand Canyon

The screenshot displays the SAR software interface with the 'Multilook' dialog box open. The dialog has two tabs: 'I/O Parameters' and 'Processing Parameters'. Under 'I/O Parameters', the 'Source Bands' list includes 'I_HH', 'Q_HH', 'Intensity_HH', and 'Phase_HH'. Under 'Processing Parameters', the 'GR Square Pixel' radio button is selected and circled in blue. Other parameters include 'Number of Range Looks' (20), 'Number of Azimuth Looks' (23), and 'Mean GR Square Pixel' (42.781494). The 'Output Intensity' checkbox is checked. A note at the bottom of the dialog states: 'Note: Detection for complex data is done without resampling.' Buttons for 'Run', 'Close', and 'Help' are at the bottom right of the dialog. A blue callout box with the text 'Per ottenere in uscita pixel quadrato.' points to the 'GR Square Pixel' option. The background shows a SAR image of the Grand Canyon with a navigation panel on the left and a product tree on the right.

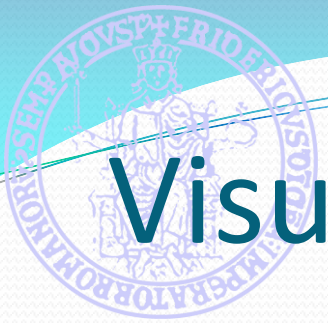
Per ottenere in uscita pixel quadrato.



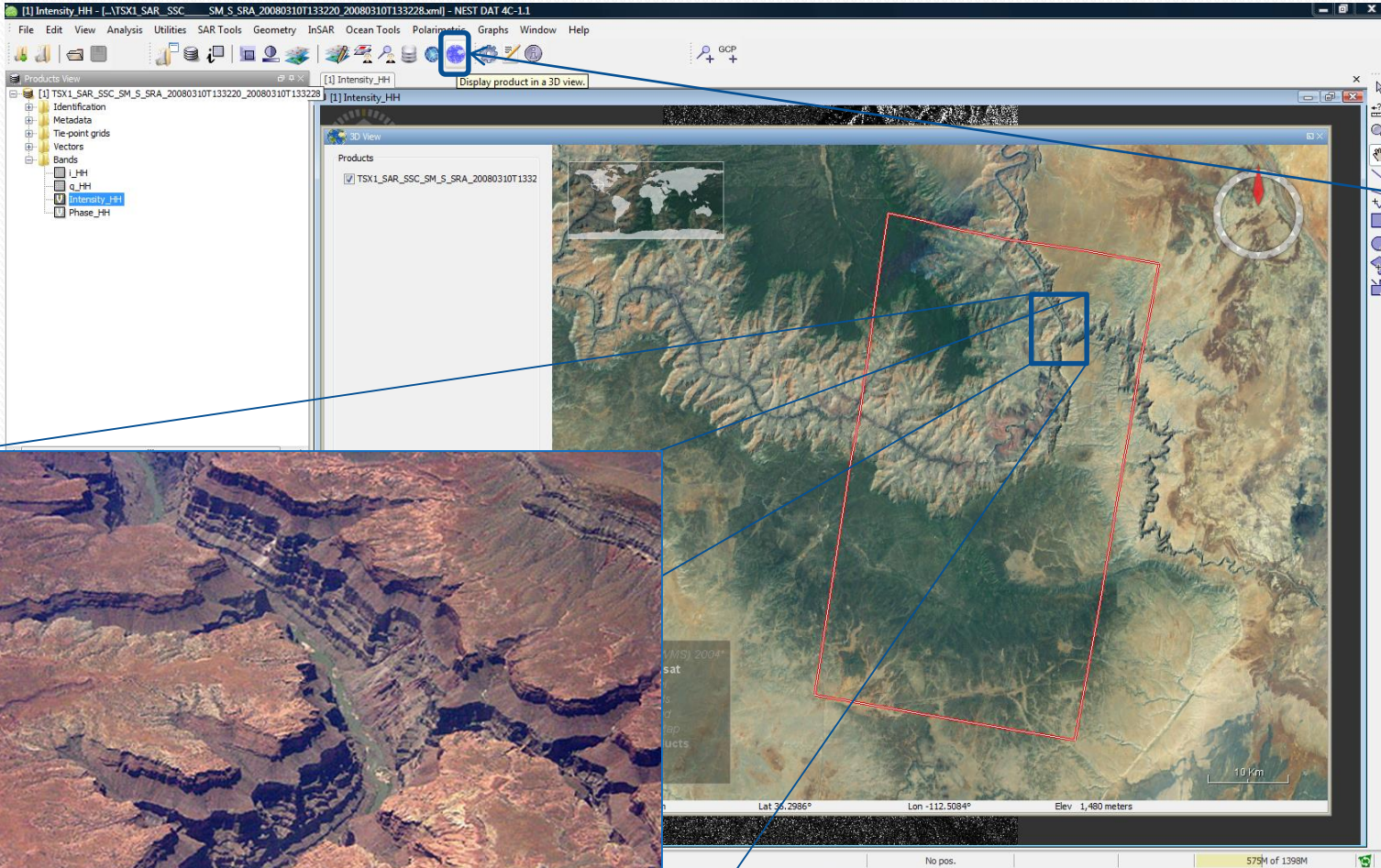
Visualizzazione: Grand Canyon



Questa immagine è stata ottenuta cliccando [File -> Product Writers -> Export View.](#)



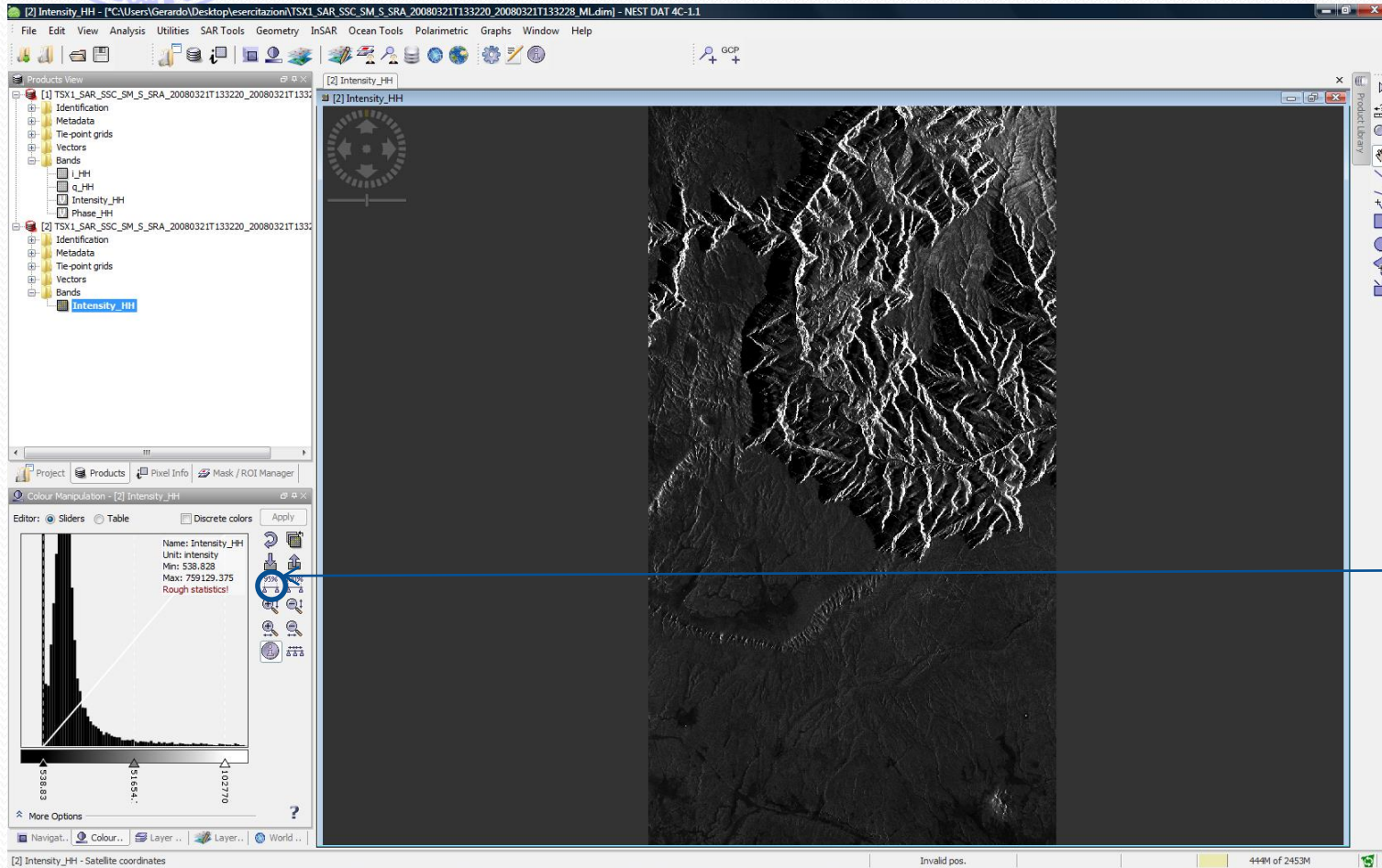
Visualizzazione: Grand Canyon



E' possibile ottenere questa visualizzazione cliccando su **3D View** (necessita di connessione internet).

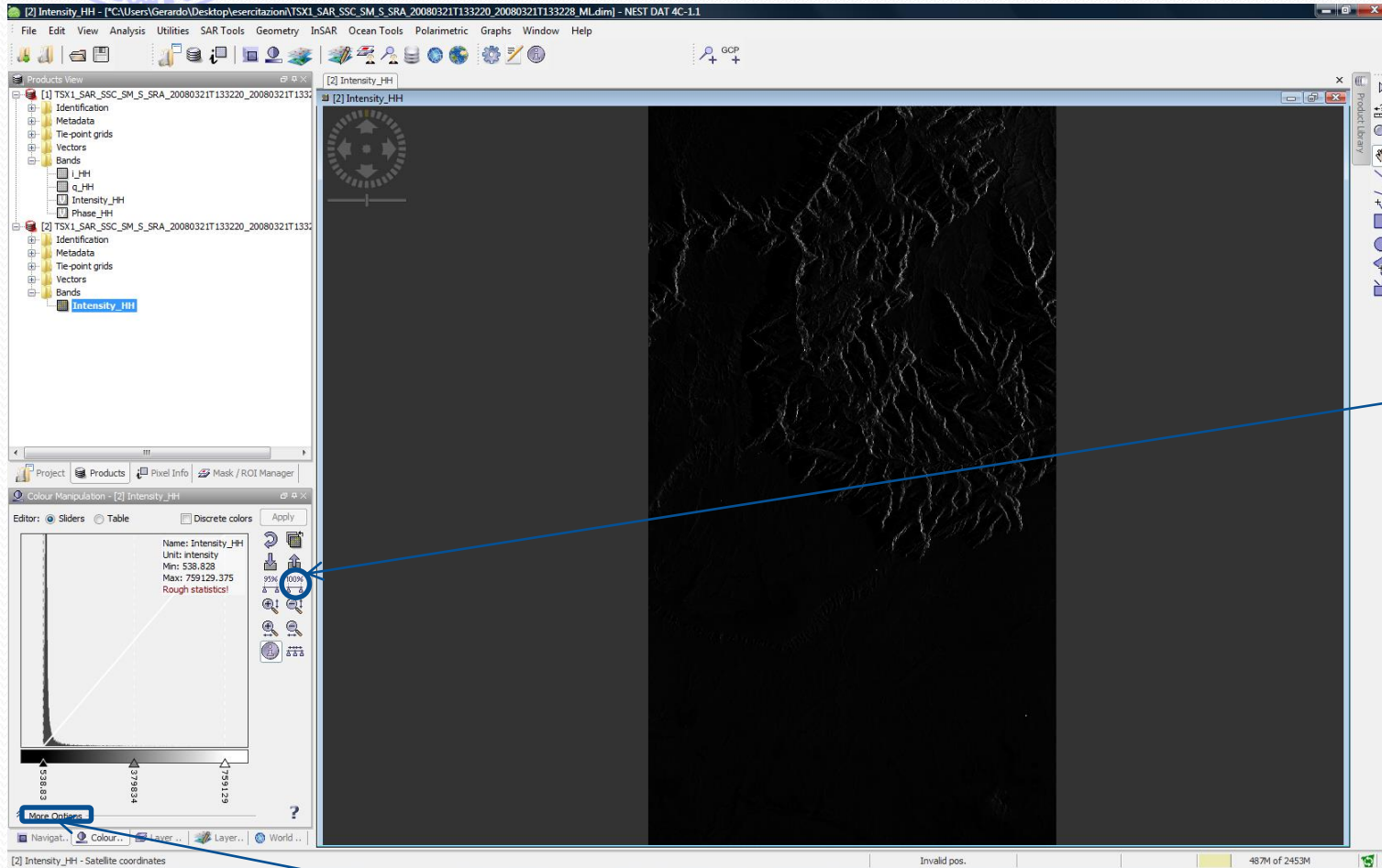
Pareti quasi verticali implicano distorsioni geometriche significative sulle immagini SAR.

Visualizzazione: Grand Canyon



Le immagini in NEST sono visualizzate per default saturando al 95% della dinamica.

Visualizzazione: Grand Canyon



La visualizzazione può essere settata al 100%. In questo caso l'ampia dinamica dell'immagine SAR ne determina l'apparenza scura mostrata affianco.

Ulteriori opzioni di equalizzazione sono disponibili.



Despeckling

- La presenza dello speckle nelle immagini SAR può essere fastidiosa per molte applicazioni.
- Per migliorare l'interpretabilità delle immagini negli ultimi anni è stato proposto in letteratura un numero significativo di tecniche di despeckling.
- Un metodo classico per ridurre la varianza dello speckle è il **multilook**.
- Oltre al classico multilook, NEST mette a disposizione alcuni dei filtri più consolidati in questo ambito: nel seguito consideriamo l'esempio del **Refined Lee**.

Despeckling: Refined Lee

The screenshot displays the SAR Tools interface with the 'Speckle Filtering' menu open. The 'Single Product Speckle Filter' option is highlighted with a red circle. A tooltip indicates: 'Invoke the Speckle Filter operator on a single product'. The 'Speckle filtering' dialog box is open, showing the following settings:

- Source Bands: L_HH, q_HH, Intensity_HH, Phase_HH
- Filter: Refined Lee
- Edge Threshold: 5000.0

Buttons: Run, Close, Help

The background shows a SAR image with speckles. The interface includes a Product View tree on the left, a Project/Products panel at the bottom, and a Navigation window showing a zoomed-in view of the speckled area.



Despeckling

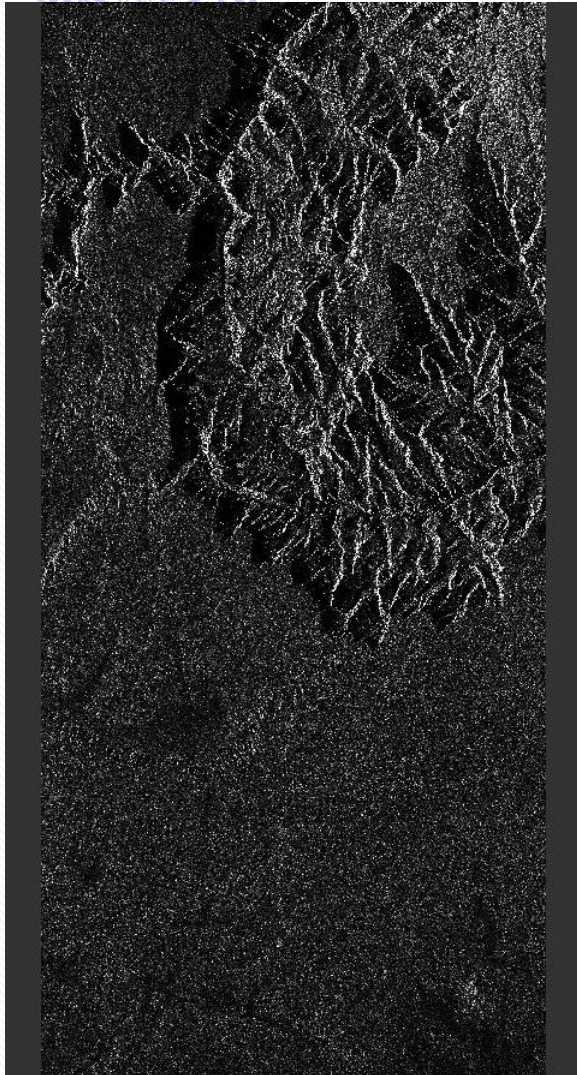
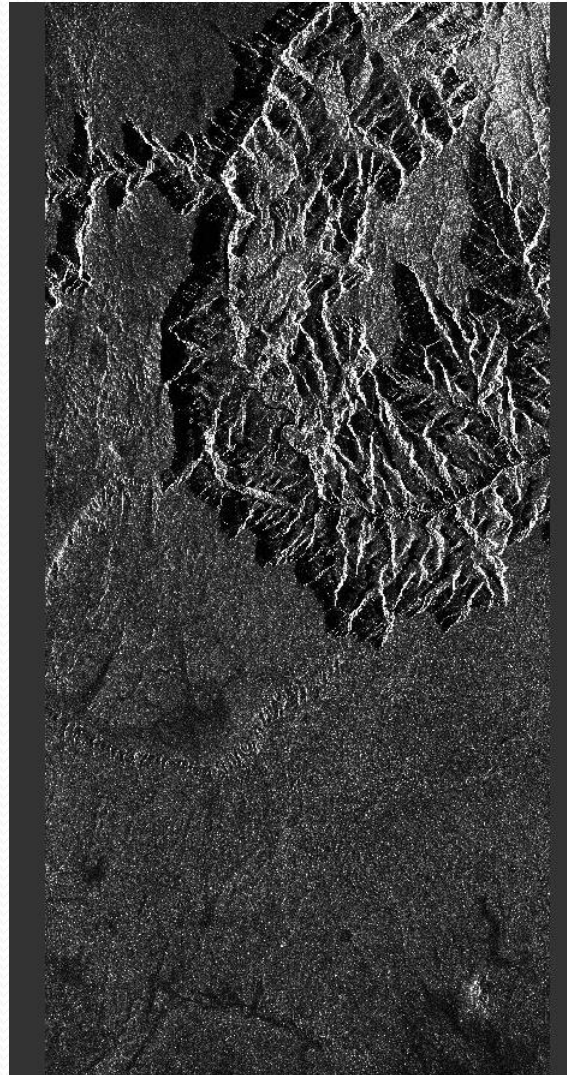
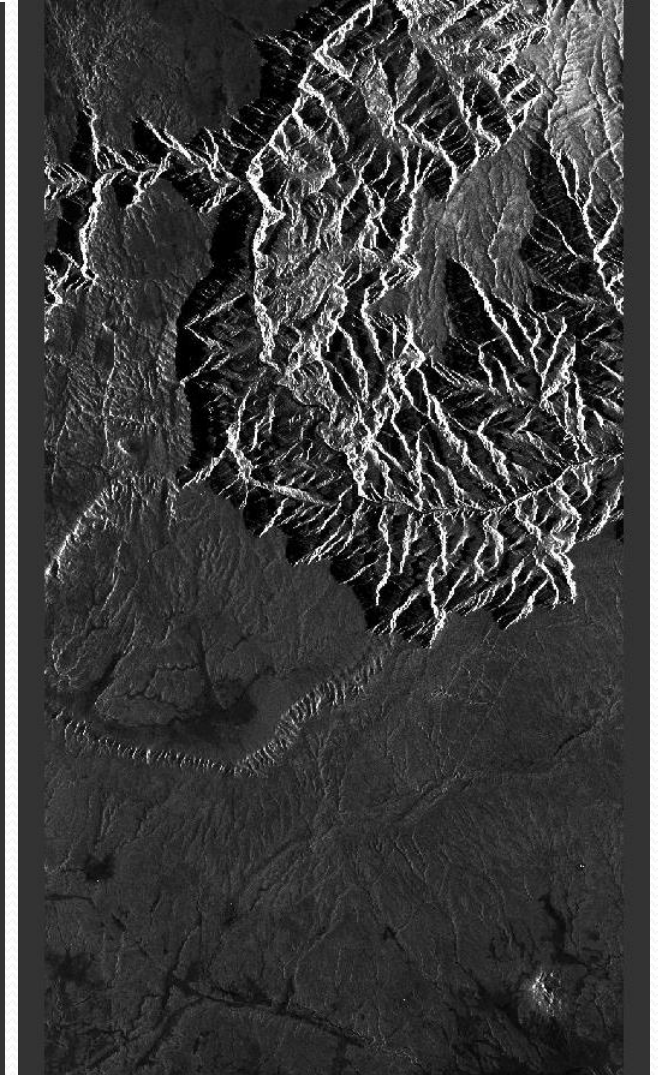


Immagine originale



Refined Lee



Multilok (20x23)



Despeckling: osservazioni

- Nelle prime due immagini il pixel spacing è lo stesso pari a circa 2.1m x 1.8m in ground range-azimuth.
- Nell'immagine multilook il pixel spacing è pari a circa 42.8m x 42.8m con pixel quadrato in ground range-azimuth.
- I risultati non sono quindi immediatamente comparabili: il guadagno di denoising sull'immagine multilook è sicuramente maggiore, ma questo a scapito di una forte perdita in risoluzione.



Segmentazione

- Nell'analisi di immagini SAR (ma più in generale di qualsiasi tipo di immagine) un obiettivo fondamentale è quello di individuare e/o riconoscere gli oggetti che compongono la scena.
- La segmentazione consiste in un partizionamento dell'immagine in regioni omogenee sulla base di un certo criterio di appartenenza a una regione o a un oggetto.
- NEST fornisce degli algoritmi di segmentazione (in particolare, di clustering): nel seguito prenderemo in considerazione **K-Means Clustering** e **EM Clustering** (più accurato, ma con carico computazionale più gravoso).

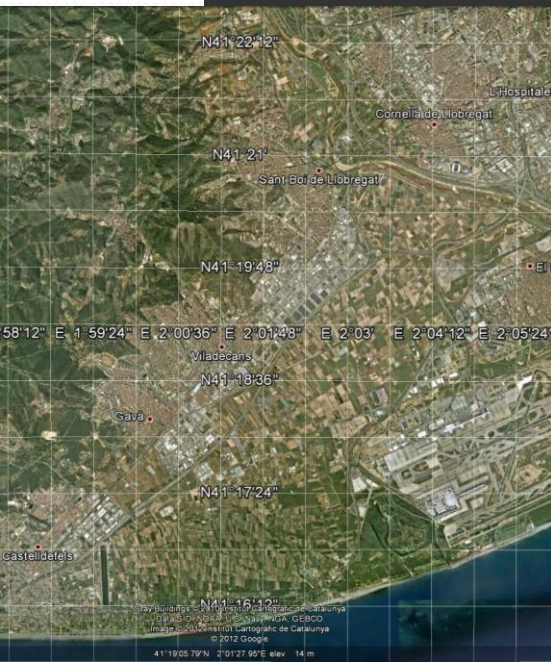
Segmentazione: Barcellona

(amplitude)

30.31

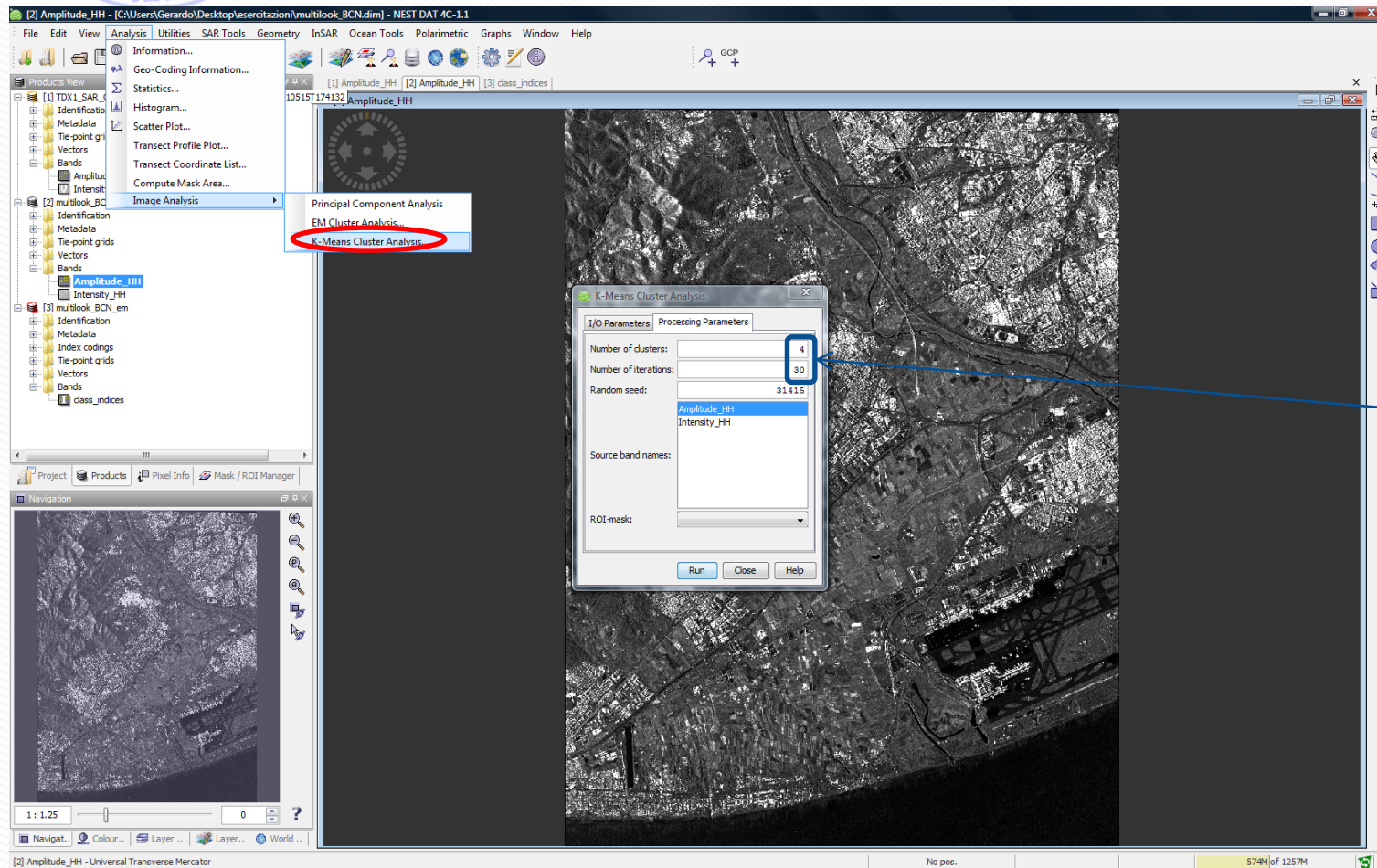
204.59

378.88



A differenza delle precedenti questa è un'immagine di tipo **ORI_SE** cioè **Orthorectified Spatially Enhanced**. Come tale è un prodotto di sola ampiezza.

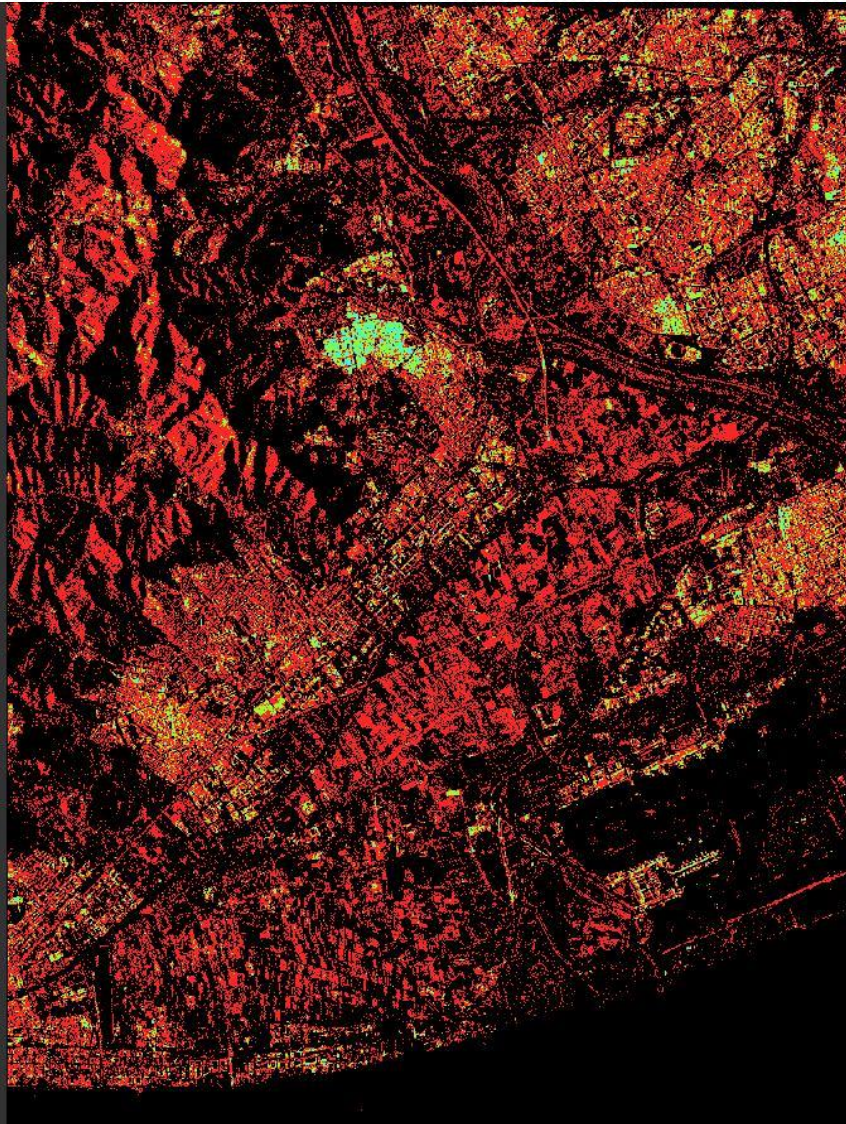
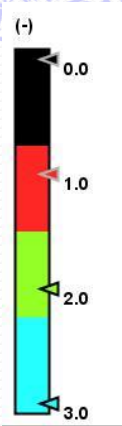
K-Means Cluster Analysis



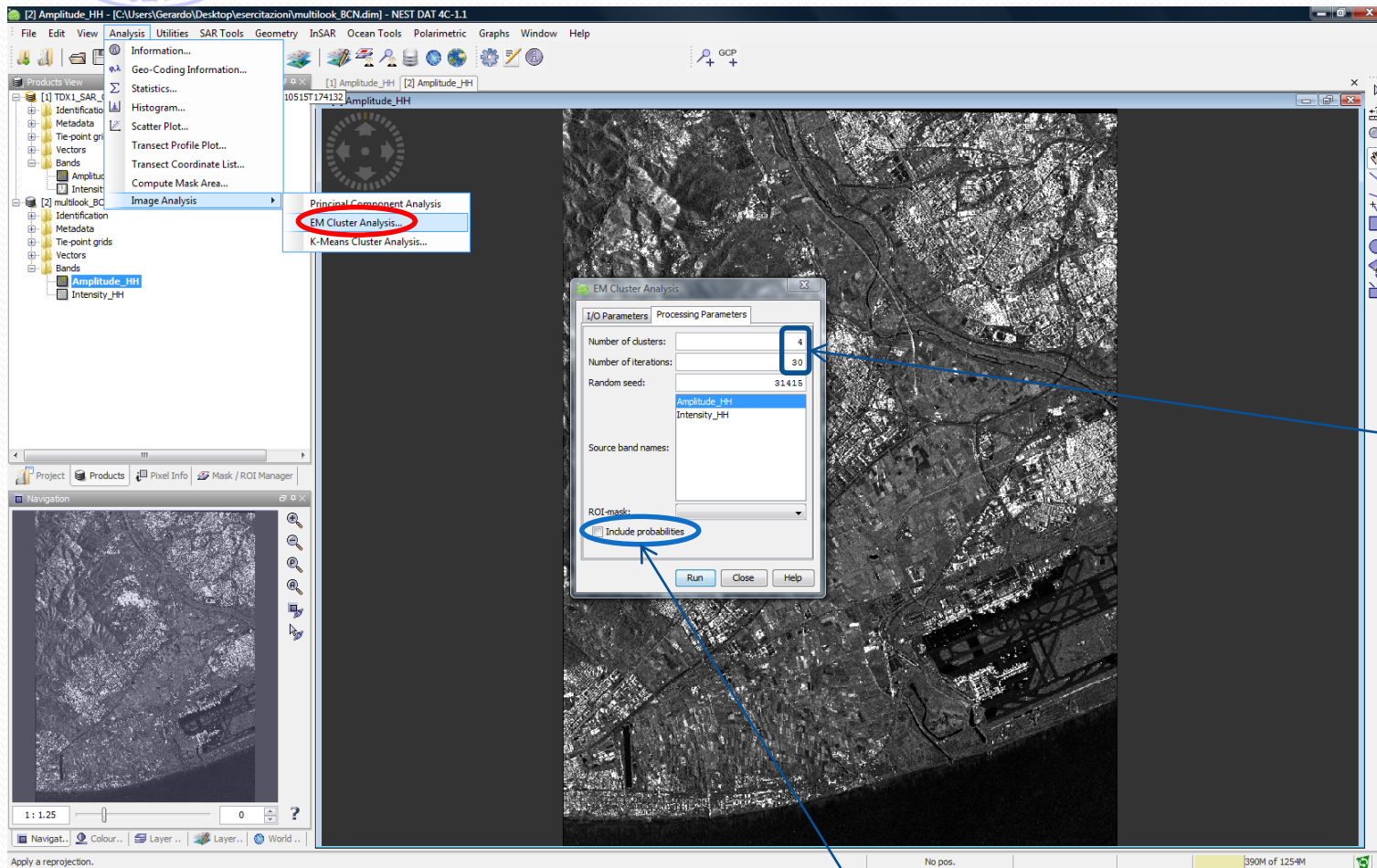
E' necessario impostare il numero di cluster in cui si desidera segmentare l'immagine e il numero di iterazioni (numero massimo di volte in cui si ricalcola il centro dei cluster).

In questo caso come criterio di appartenenza dei pixel al cluster viene utilizzata la distanza euclidea dal centro dei cluster.

K-Means Cluster Analysis



EM Cluster Analysis

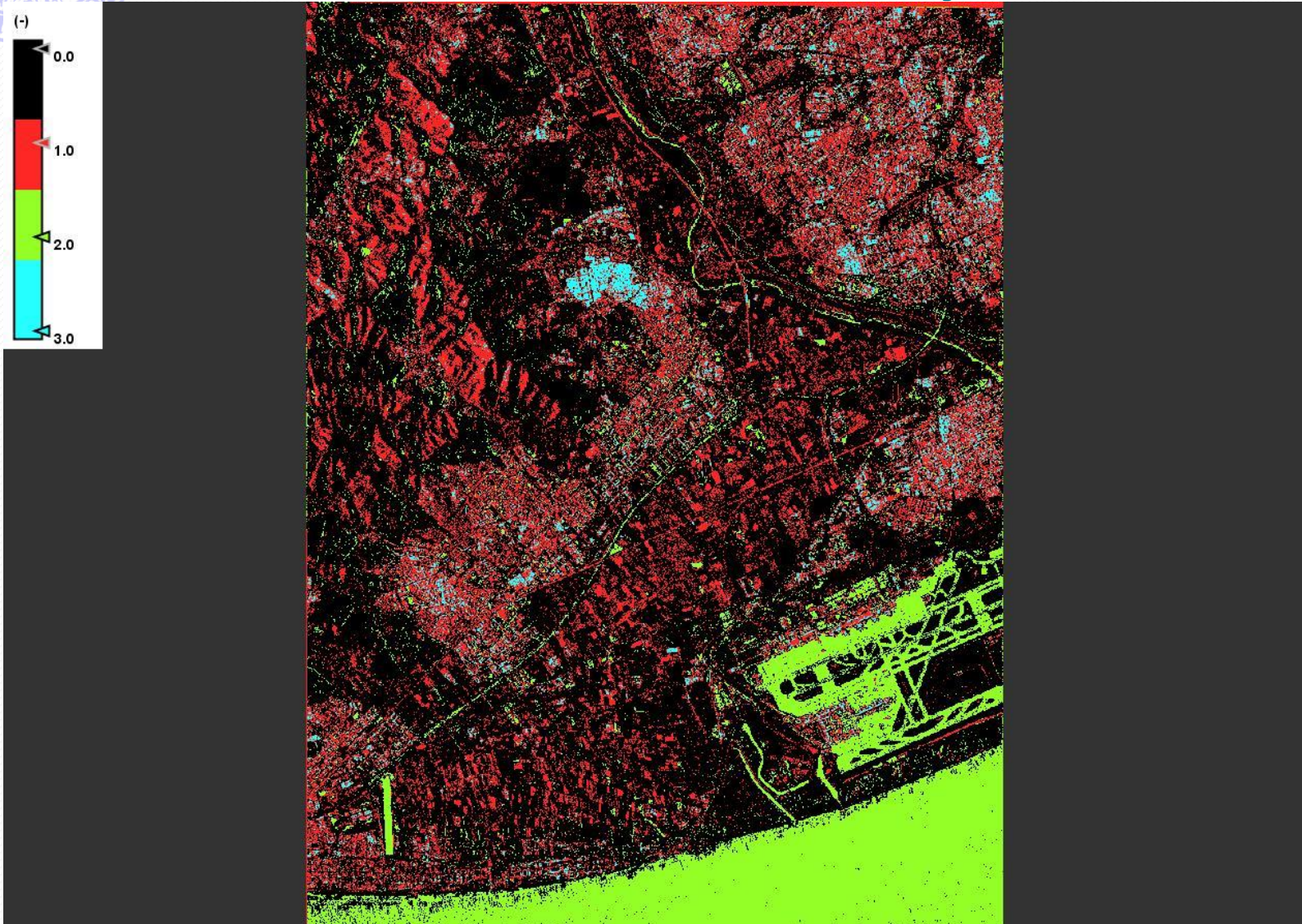


In questo caso per determinare l'appartenenza dei pixel al cluster è utilizzata la distanza di Mahalanobis dal centro dei cluster, che tiene conto anche della matrice di covarianza dei singoli cluster.

In questo caso il cluster di appartenenza è quello che massimizza la probabilità a posteriori (EM=Expectation Maximization). Tale valore può essere riportato nella mappa di classificazione.



EM Cluster Analysis



Segmentazione: confronti

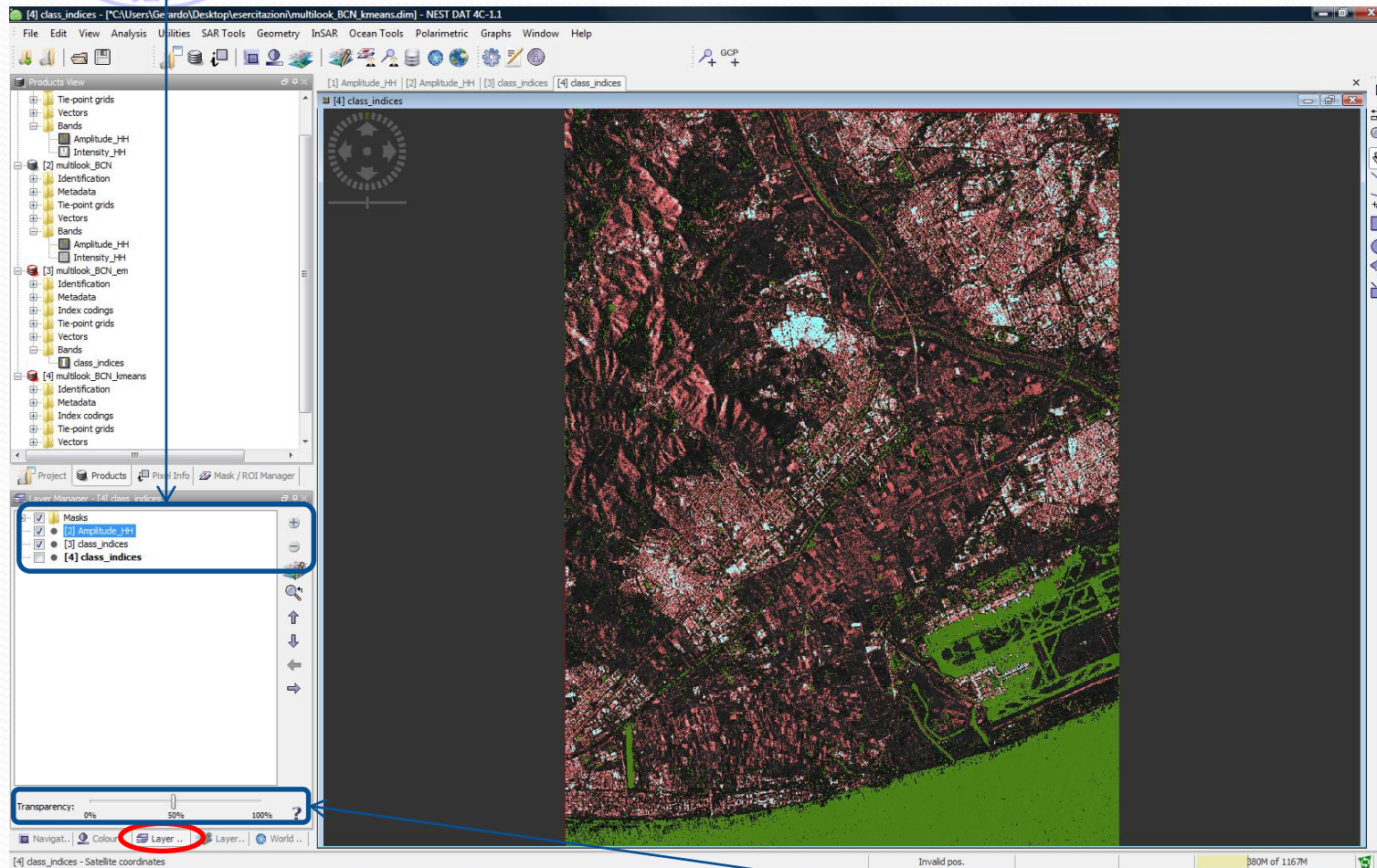
The screenshot shows the ENVI software interface. The main window displays a SAR image with a segmentation result. The 'Colour Manipulation' dialog box is open, showing a table of color assignments for four classes. A blue arrow points from the text on the right to the 'class_1' row in the table. A red circle highlights the 'Colour...' button in the bottom toolbar.

class	Color	Min	Max	Count
class_1	Green	147	255, 38	0
class_2	Red	255, 38, 38		1
class_3	Black	0, 0, 0		2
class_4	Cyan	38, 255, 255		3

Nella scheda **Colour Manipulation** è possibile modificare i nomi e i colori associati ai cluster: in questo caso cerchiamo di usare gli stessi colori usati in **EM Cluster Analysis** per facilitare il confronto.

Ad una semplice ispezione visiva risulta evidente che questo metodo fornisce la segmentazione più grossolana, dove non è facile associare un colore a un'unica feature della scena.

Segmentazione: confronti



Nella scheda **Layer Manager** è possibile gestire la sovrapposizione e di più layer e la loro visualizzazione.

Attraverso la barra **Transparency** possiamo gestire la trasparenza dei layer sovrapposti in modo da visualizzare la corrispondenza dei cluster con le features dell'immagine.

Segmentazione: confronti



Immagine SAR + EM Clusters



Immagine SAR + K-Means

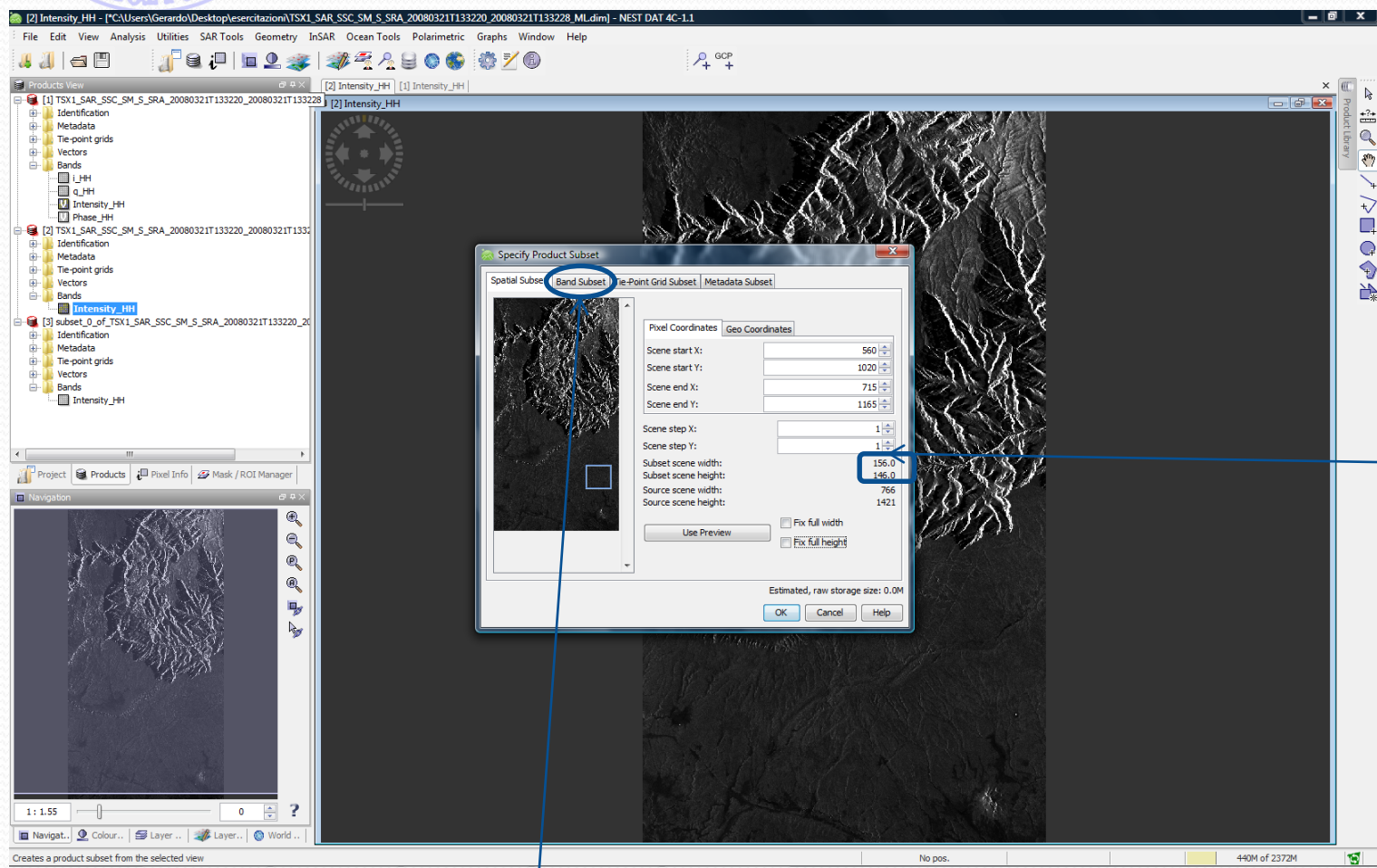
La sovrapposizione dell'immagine con **EM Clusters** evidenzia un buon accordo delle classi verde e blu con elementi a riflettività rispettivamente molto bassa e molto alta della scena. In **K-Means** l'accordo tra la segmentazione e l'immagine è invece molto basso.



Analisi statistica

- NEST fornisce alcuni strumenti di base per l'analisi statistica delle immagini SAR, quali calcolo dei parametri statistici del primo ordine e valutazione dell'istogramma.
- Per studiare le statistiche dell'immagine SAR conviene considerare una zona omogenea dell'immagine: in questo caso sappiamo che la distribuzione dell'intensità segue una pdf di tipo **Esponenziale** (**Rayleigh** per l'ampiezza).
- Valuteremo poi come il multilooking e il despeckling applicati sull'immagine ne modifichino le statistiche.

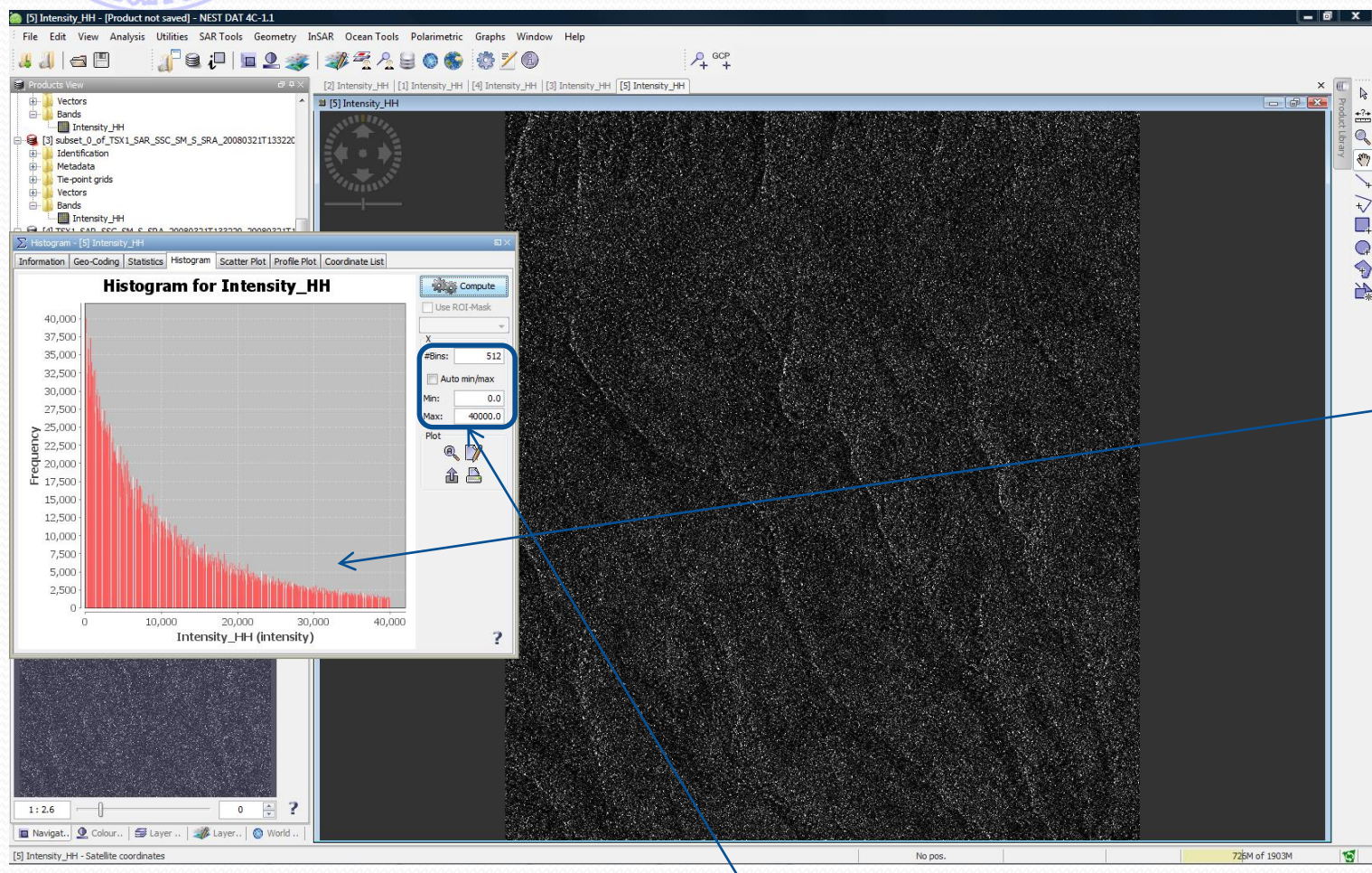
Estrazione di un subset



Se vogliamo analizzare la stessa area a terra sulle immagini originale, su quella filtrata con Refined Lee e su quella multilook dobbiamo tenere presente che il numero di pixel e il pixel spacing variano.

E' possibile selezionare le bande su cui applicare il subset.

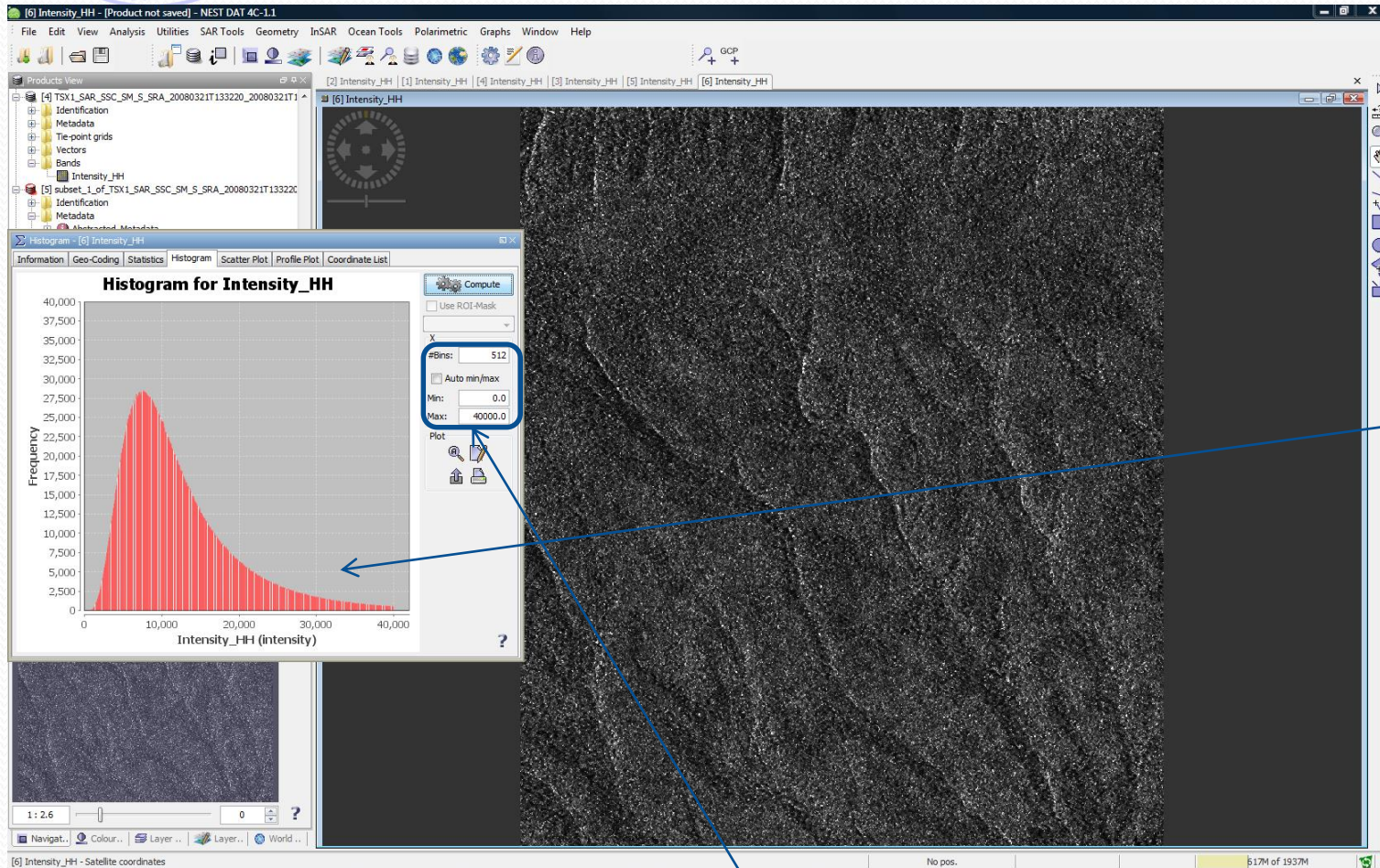
Istogramma: immagine single look



Sull'immagine single look otteniamo una distribuzione **Esponenziale** per l'intensità. Notiamo inoltre che la zona selezionata non è perfettamente omogenea.

Fissiamo questi valori in modo da ottenere lo stesso range sull'asse x nei vari casi.

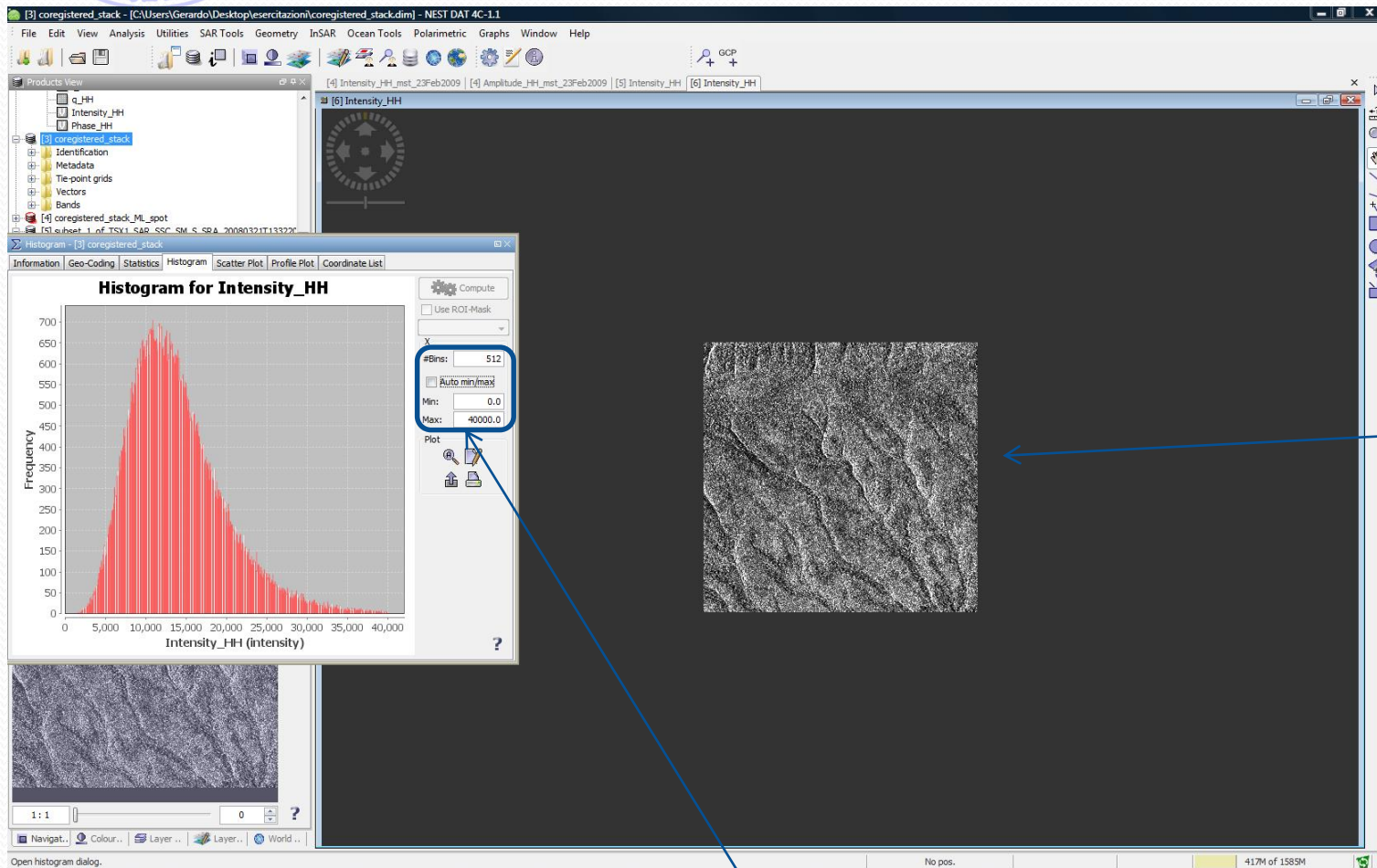
Istogramma: immagine filtrata (Refined Lee)



Sull'immagine filtrata con Refined Lee la varianza dell'intensità comincia a diminuire.

Fissiamo questi valori in modo da ottenere lo stesso range sull'asse x nei vari casi.

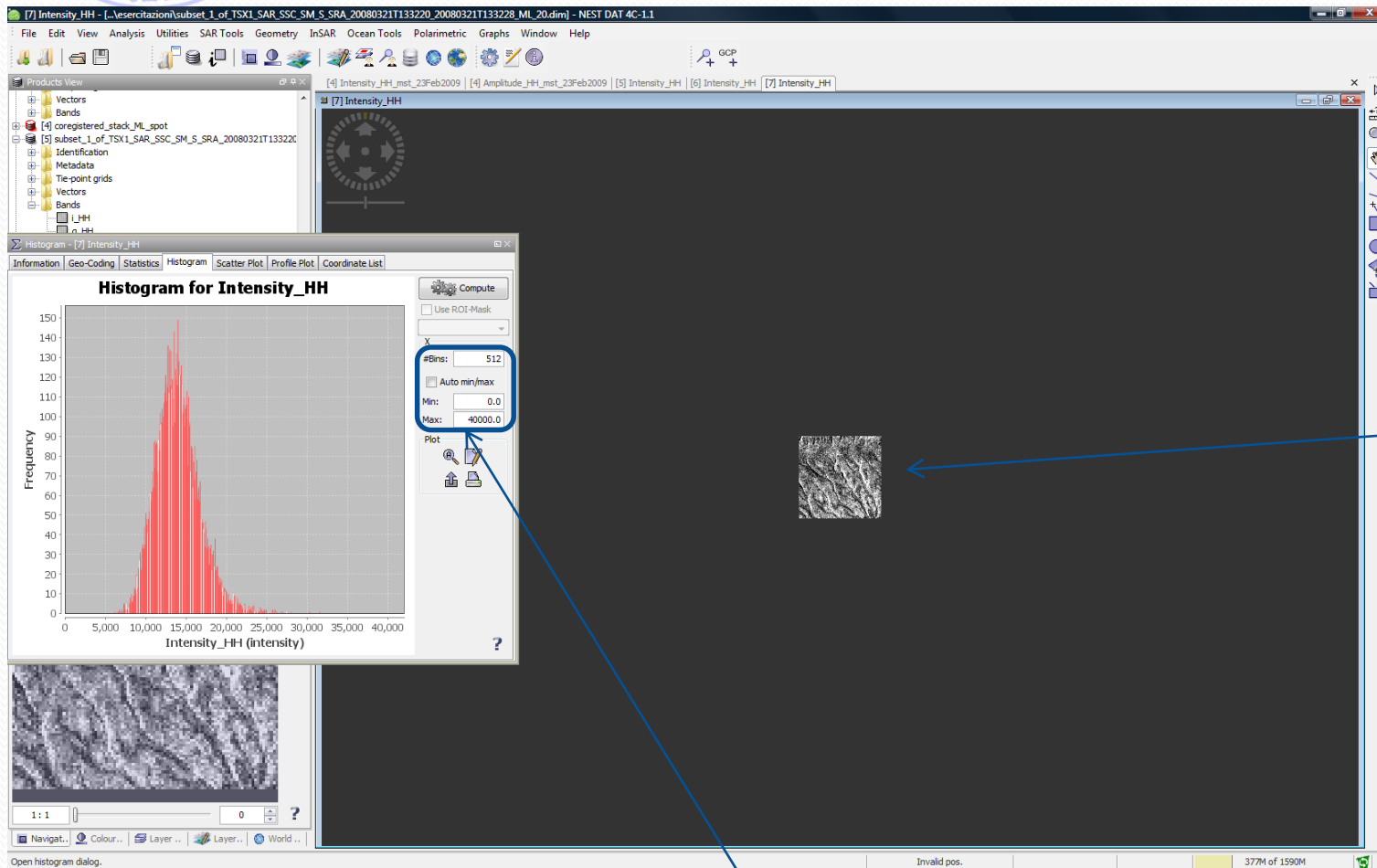
Istogramma: immagine filtrata 6x7 look



In questo caso consideriamo un **multilook** con un guadagno di denoising simile a quello del caso **Refined Lee**. Però in questo caso otteniamo anche una perdita significativa di risoluzione.

Fissiamo questi valori in modo da ottenere lo stesso range sull'asse x nei vari casi.

Istogramma: immagine 20x23 look



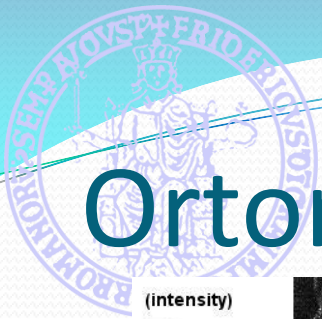
In questo caso, dato l'elevato numero di look (460), cominciamo ad approssimare una gaussiana (distribuzione χ^2 con numero molto elevato di gradi di libertà). A scapito però di una perdita molto alta di risoluzione.

Fissiamo questi valori in modo da ottenere lo stesso range sull'asse x nei vari casi.

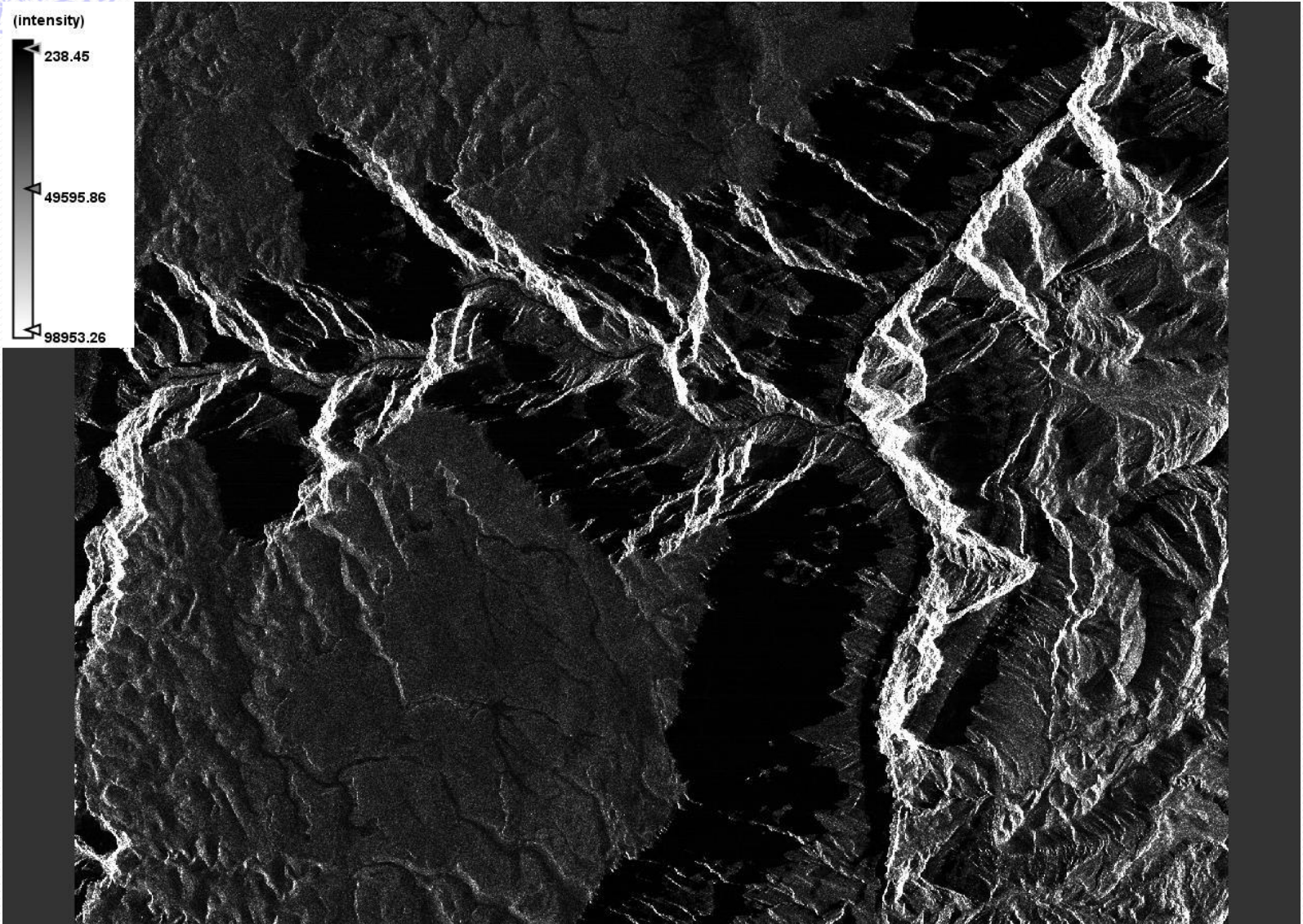


Ortorettifica

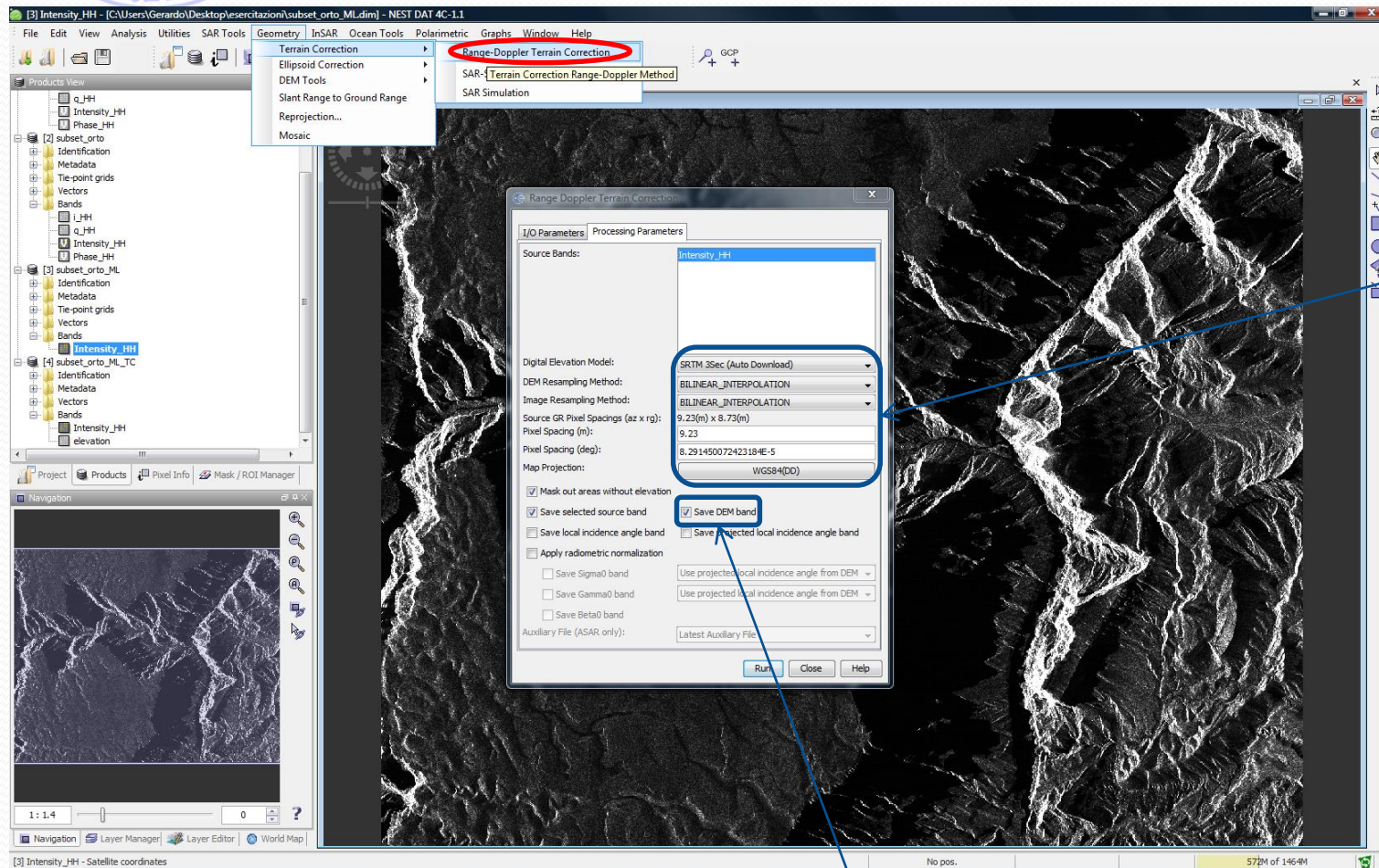
- La procedura di ortorettifica consiste nella correzione delle distorsioni geometriche tipiche delle immagini SAR (foreshortening, layover).
- Viene effettuata sfruttando l'informazione di quota della superficie fornita attraverso un DEM e proiettando l'immagine su di un sistema di riferimento terrestre.
- NEST mette a disposizione l'algoritmo **Range Doppler Terrain Correction** per l'ortorettifica ed è in grado di scaricare automaticamente un DEM (SRTM, ASTER, ecc.) della zona. In assenza di connessione internet il DEM può essere fornito offline.



Ortorettifica: Grand Canyon subset



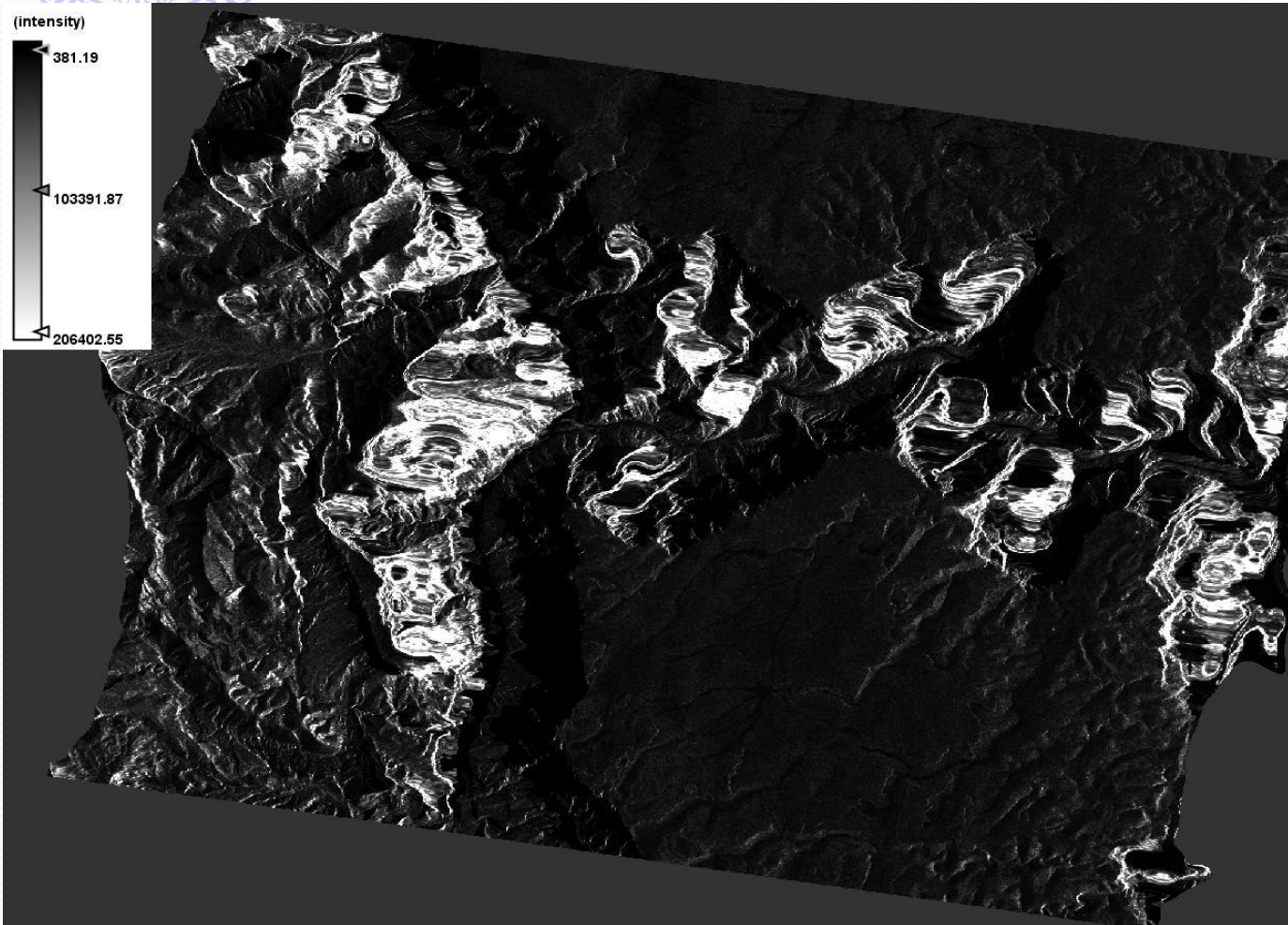
Range Doppler Terrain Correction



E' necessario impostare il DEM da utilizzare, il pixel spacing, il tipo di interpolazione e la proiezione del dato in uscita.

Spuntando il flag è possibile ottenere in uscita una banda contenente il DEM utilizzato nella procedura.

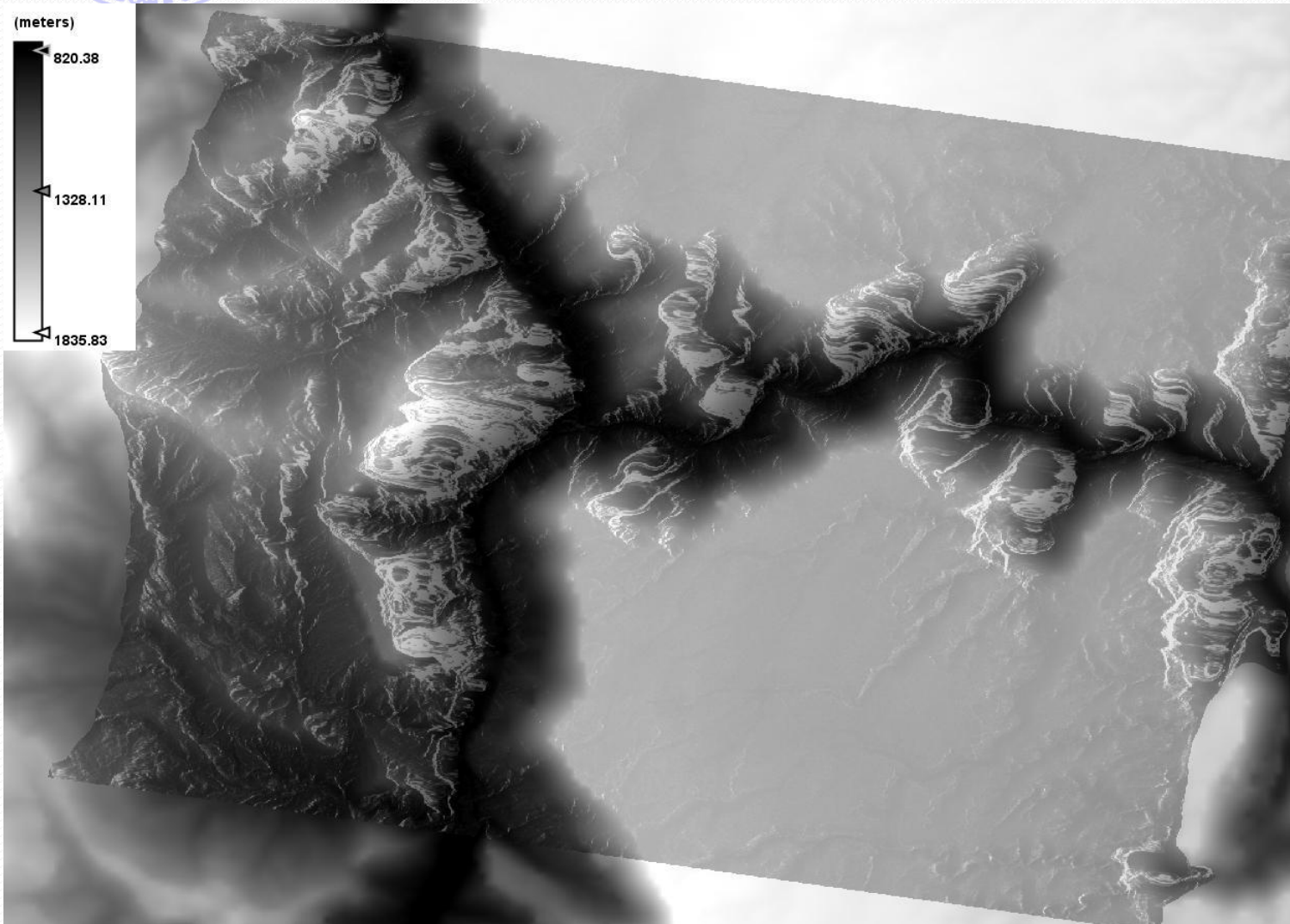
Range Doppler Terrain Correction



Il risultato dell'ortorettifica è ruotato rispetto all'immagine originale, perché proiettato in un sistema di riferimento terrestre. Le zone di layover e di shadow sono ora ridistribuite in una zona più ampia dell'immagine.

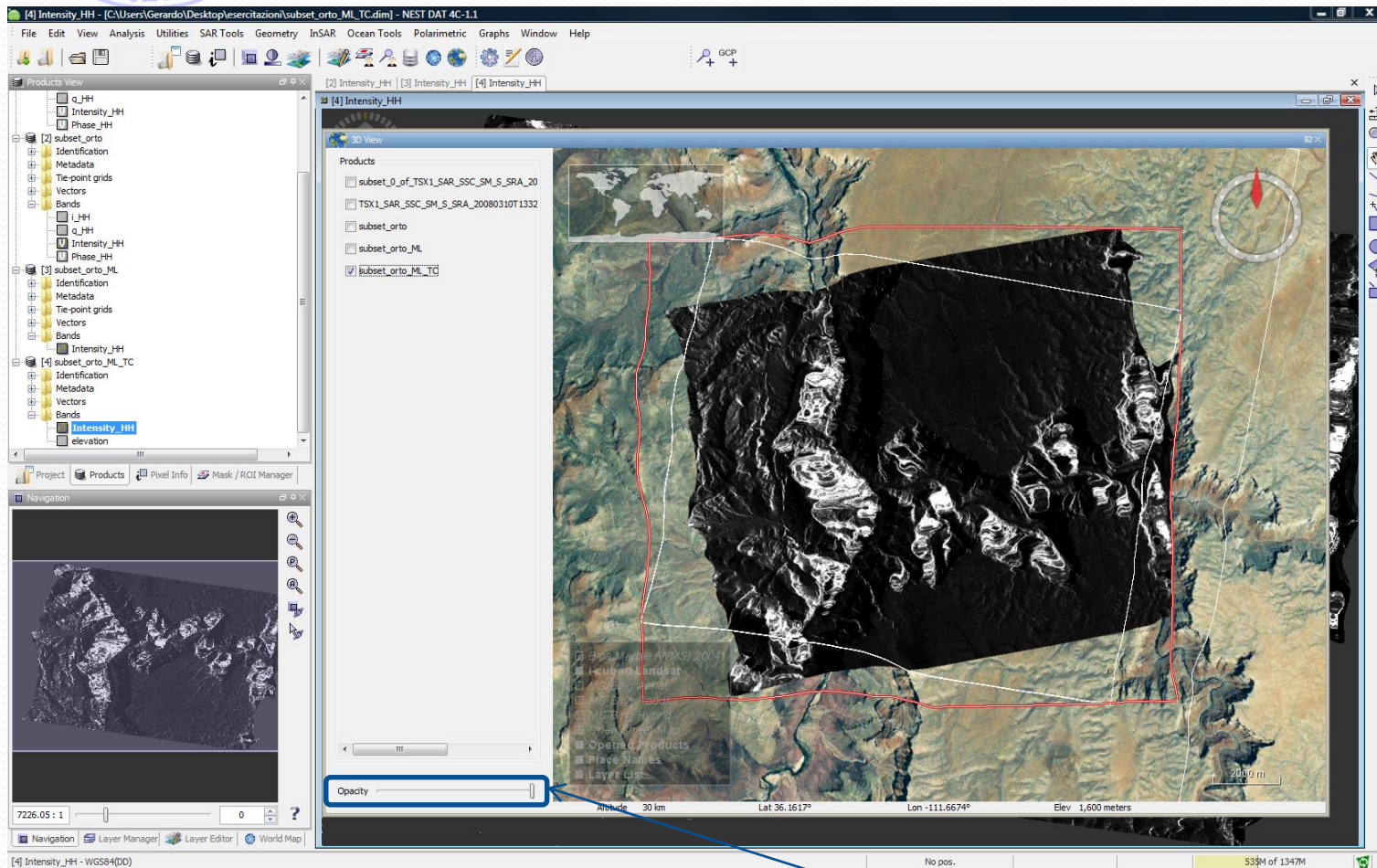
Il risultato ottenuto è rappresentato in un sistema di riferimento terrestre (geocodificato) ed è dunque sovrapponibile a dati eterogenei relativi alla stessa zona.

Range Doppler Terrain Correction



Usando il **Layer Manager** è ora possibile sovrapporre in trasparenza l'immagine ortorettificata al DEM contenuto nella banda **elevation**. Si può osservare in maniera qualitativa l'aderenza geometrica tra le due bande.

Range Doppler Terrain Correction



Utilizzando **3D View** è inoltre possibile visualizzare il dato ortorettificato sovrapposto ad un'immagine ottica Landsat della zona di interesse.

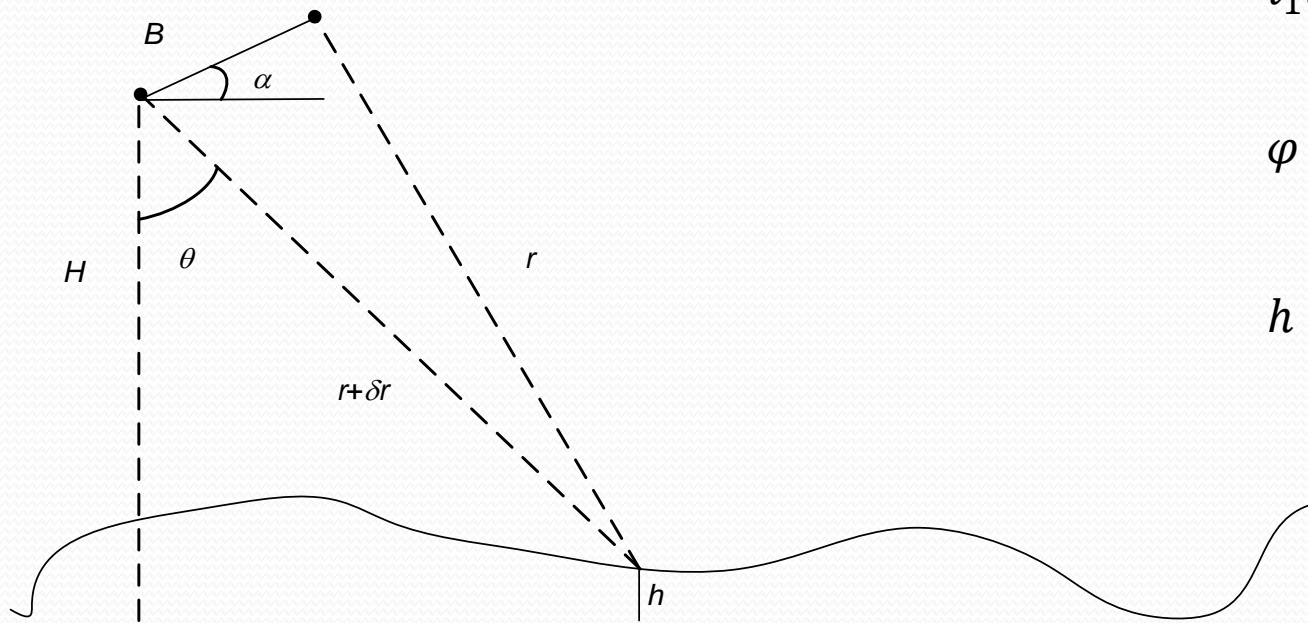
Anche in questo caso è possibile regolare la trasparenza per effettuare un confronto visivo tra i vari layer sovrapposti.



Interferometria

- L'elaborazione interferometrica permette di estrarre l'informazione di quota a partire da coppie (adeguate) di immagini SAR.
- NEST permette di implementare buona parte della catena interferometrica.
- L'unico blocco della catena interferometrica non presente in NEST è il **Phase Unwrapping** (l'algoritmo che permette di ottenere la fase "srotolata" a partire da quella stimata in modulo 2π).
- NEST fornisce un'interfaccia di input/output che semplifica l'integrazione con il software **SNAPHU** che esegue il **Phase Unwrapping**.
- Una presentazione riguardante gli aspetti teorici dell'interferometria SAR è scaricabile liberamente dal sito dell'ESA:
https://earth.esa.int/c/document_library/get_file?folderId=226412&name=DLFE-2120.pdf

Principi di interferometria



$$i_1 i_2^* = |\hat{\gamma}|^2 e^{j \frac{4\pi}{\lambda} \delta r}$$

$$\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \delta r$$

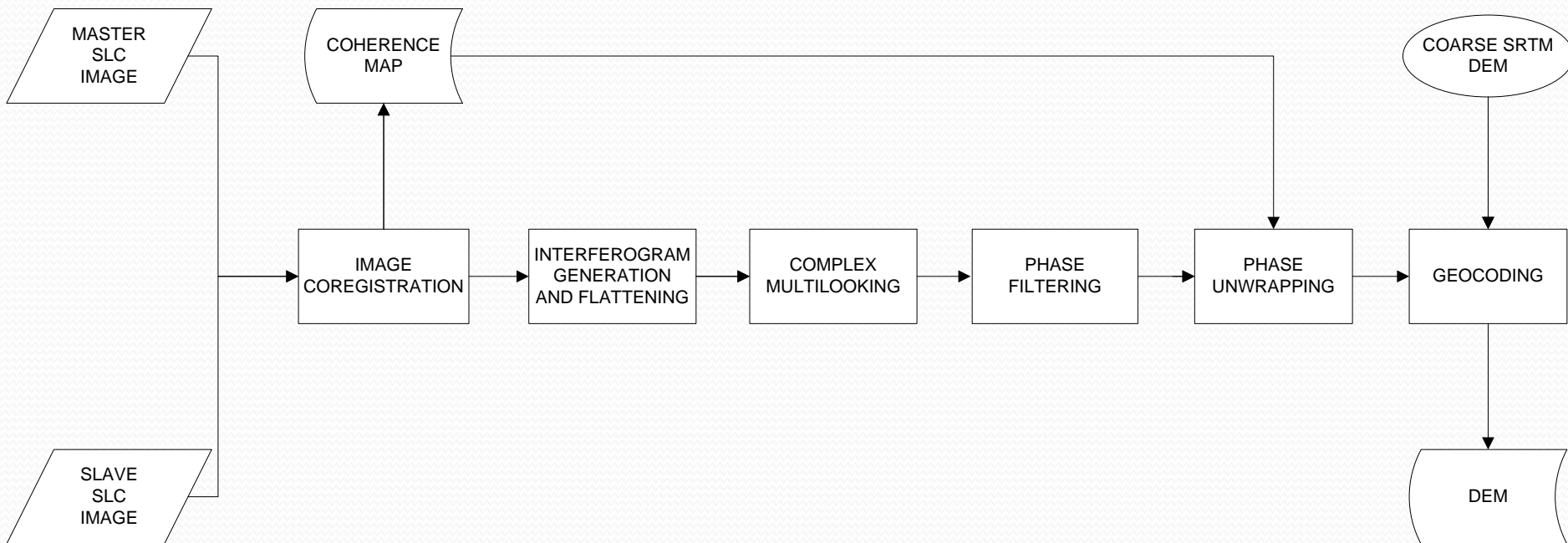
$$h = H - r \cos \theta$$

$$(r + \delta r)^2 = r^2 + \delta r^2 + 2r\delta r = r^2 + B^2 + 2rB \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta + \alpha \right)$$

$$\sin(\vartheta - \alpha) = \frac{B^2 - \delta r^2 - 2r\delta r}{2rB} \simeq -\frac{\delta r}{B} = -\frac{\lambda}{4\pi} \frac{\varphi}{B}$$

Conoscendo la fase posso recuperare ϑ e quindi h

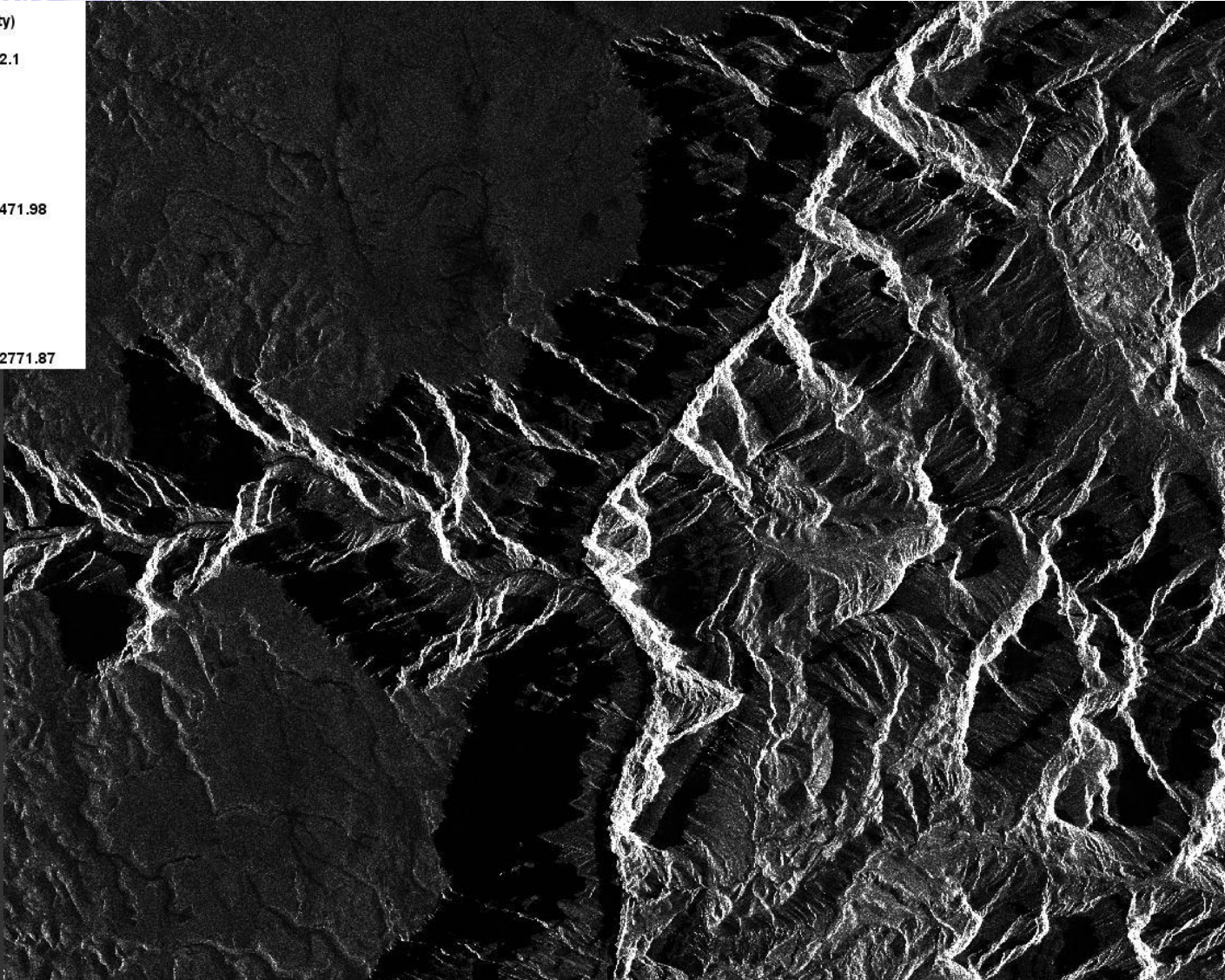
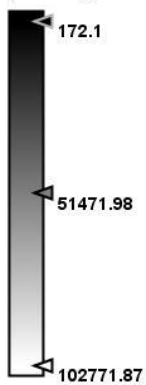
Elaborazione interferometrica



Si riportano i blocchi fondamentali della catena interferometrica, che saranno descritti nelle slide che seguono.

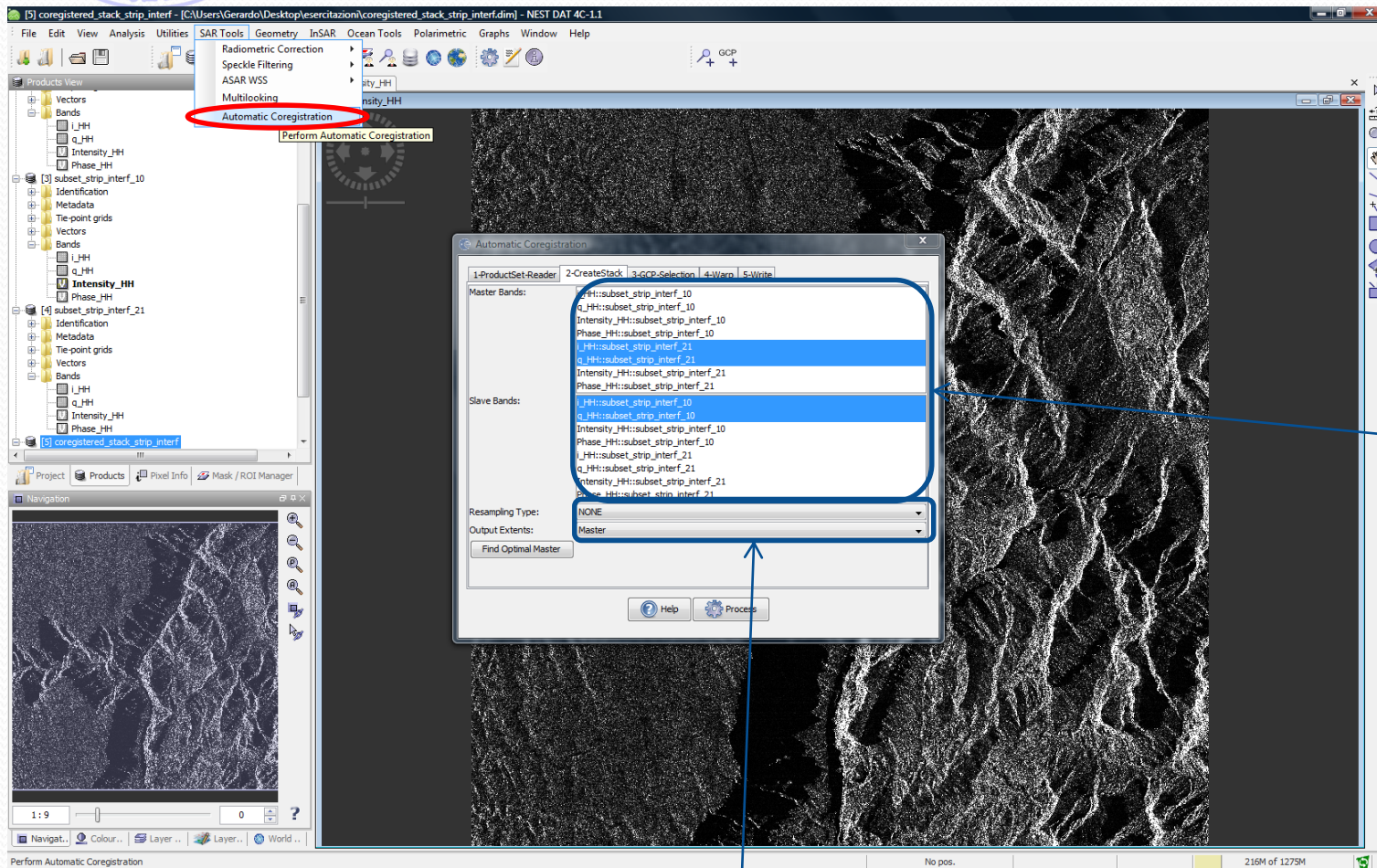
Ritaglio immagine Grand Canyon

(intensity)



Si mostra una delle immagini della coppia interferometrica su cui è stato applicato un multilook di 5x4 e che presenta dunque un pixel spacing di circa 9 m (con pixel quadrato in ground range).

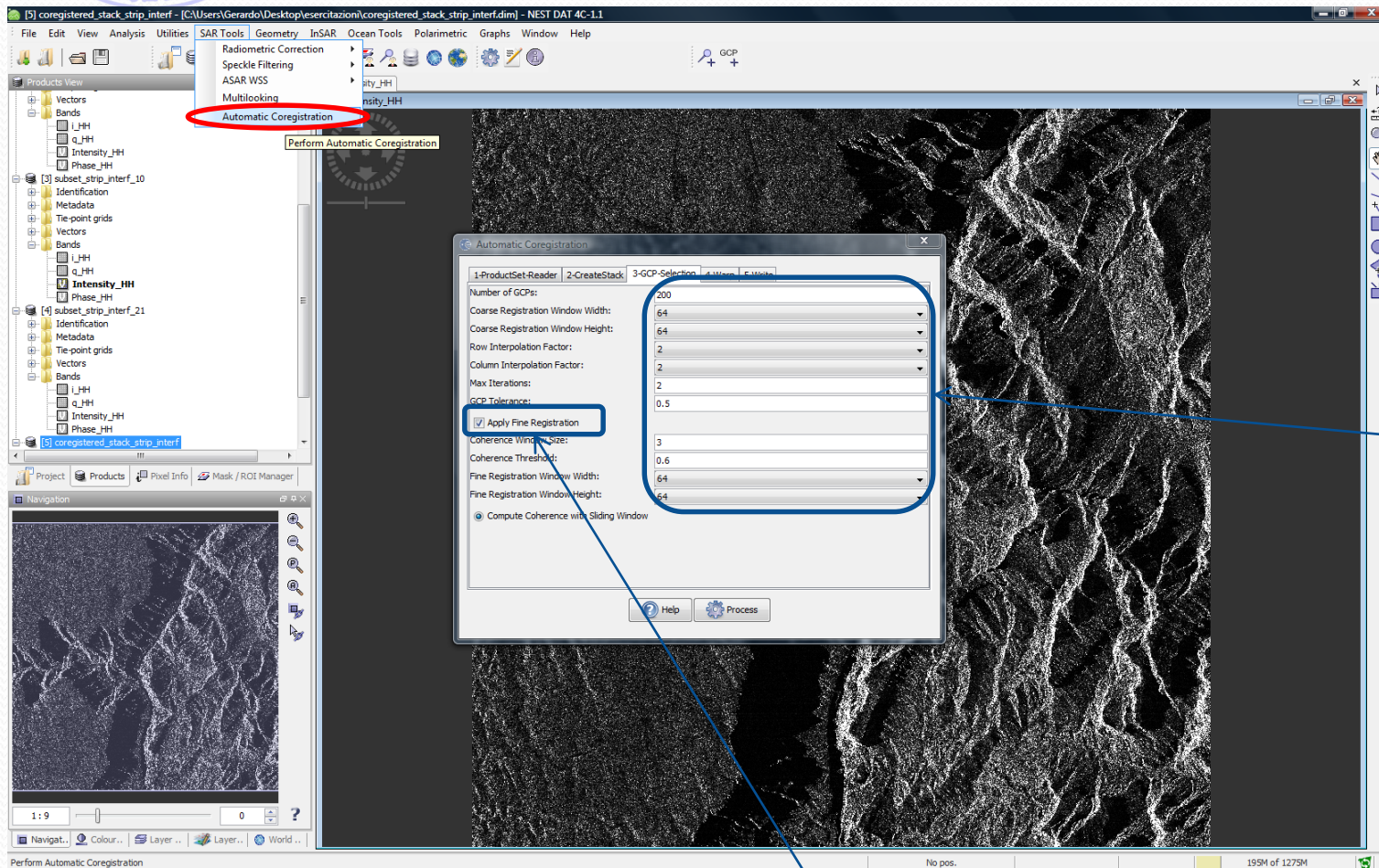
Coregistrazione



In **CreateStack** vanno selezionate le bande **i** e **q** della master e della slave. Precedentemente in **ProductSet-Reader** si erano selezionate i due ritagli già aperti relativi al Grand Canyon.

Nel caso in cui la coregistrazione viene effettuata come primo step di un processing interferometrico questi valori vanno lasciati impostati a quelli di default.

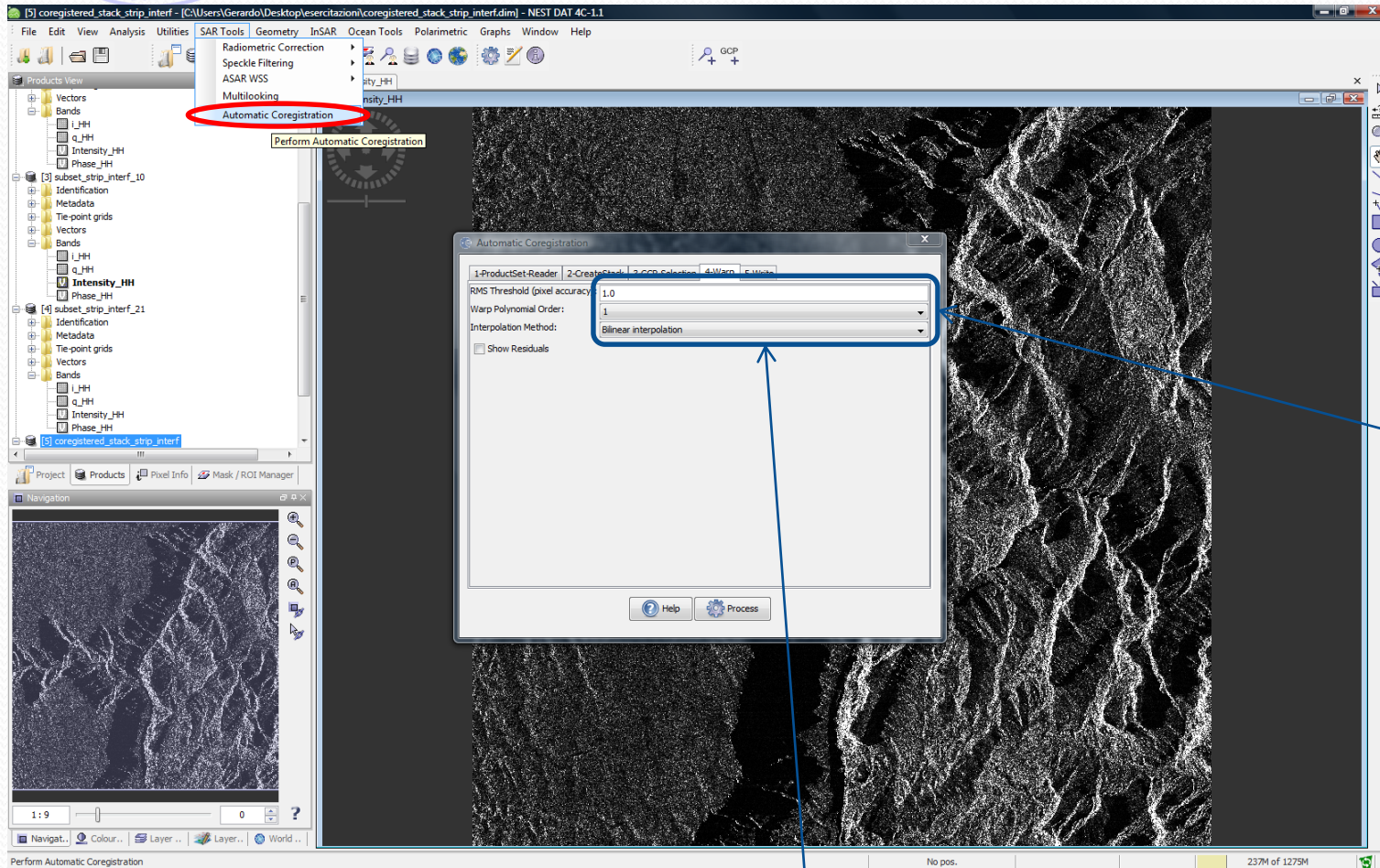
Coregistrazione



In GCP-Selection va impostato il numero di Ground Control Points da usare nella coregistrazione grezza (basata sulla **cross-correlazione**). Nella maggior parte dei casi è sufficiente usare i valori di default.

Nel processing interferometrico conviene sempre effettuare la coregistrazione fine (basata sulla **coerenza**). Anche in questo caso è quasi sempre sufficiente usare i valori di default.

Coregistrazione

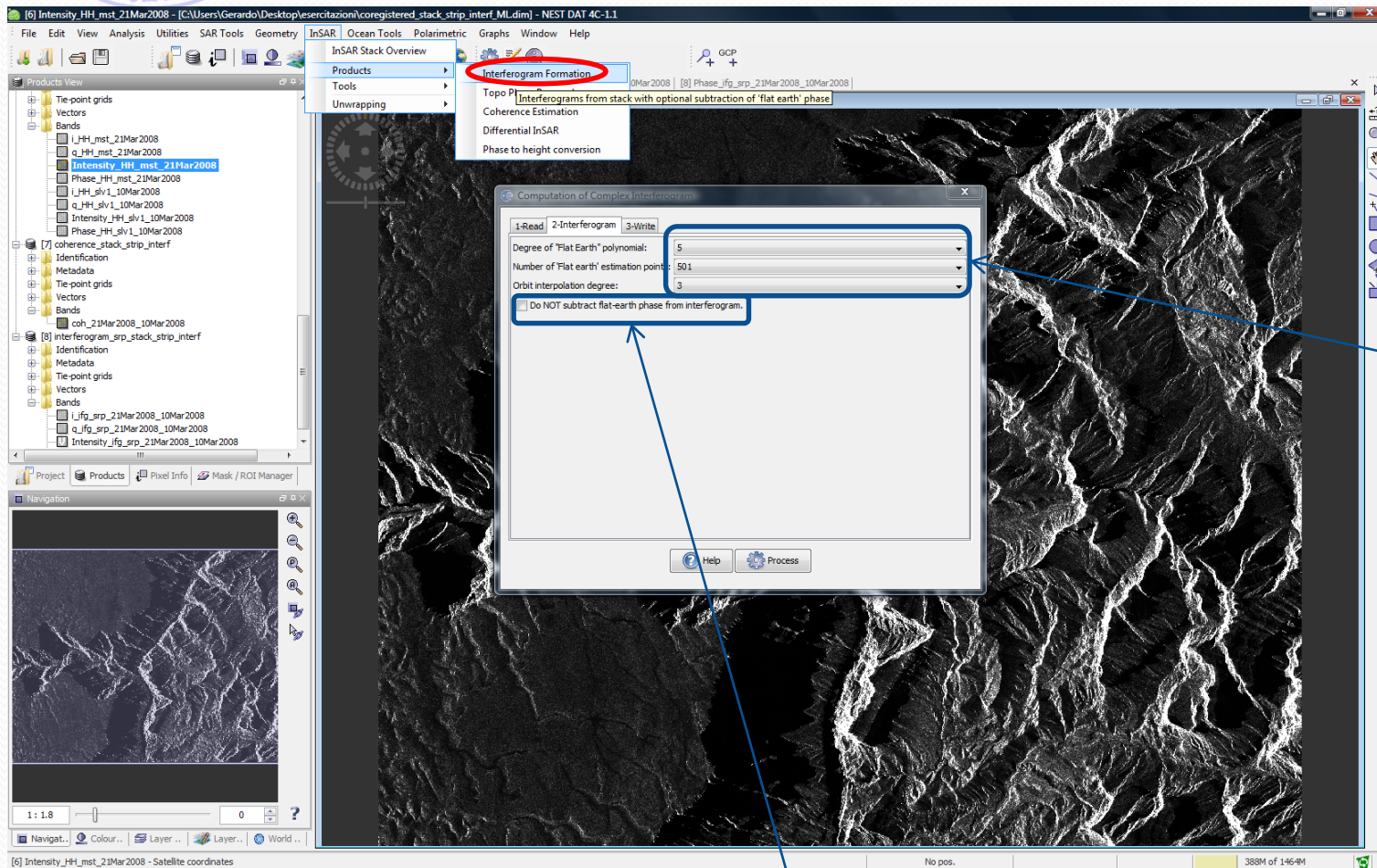


In **Warp** vanno impostati i parametri del **polinomio di warping**. Nella maggior parte dei casi è sufficiente usare i valori di default.

N.B.: per un ordine del polinomio superiore a 1 sono necessari molti GCP!

Abbassare la soglia sull'**RMS accuracy** dei pixel comporta l'utilizzo di GCP più accurati, ma per contro ne diminuisce il numero finale. Si consiglia di non modificare i valori di default.

Interferogramma

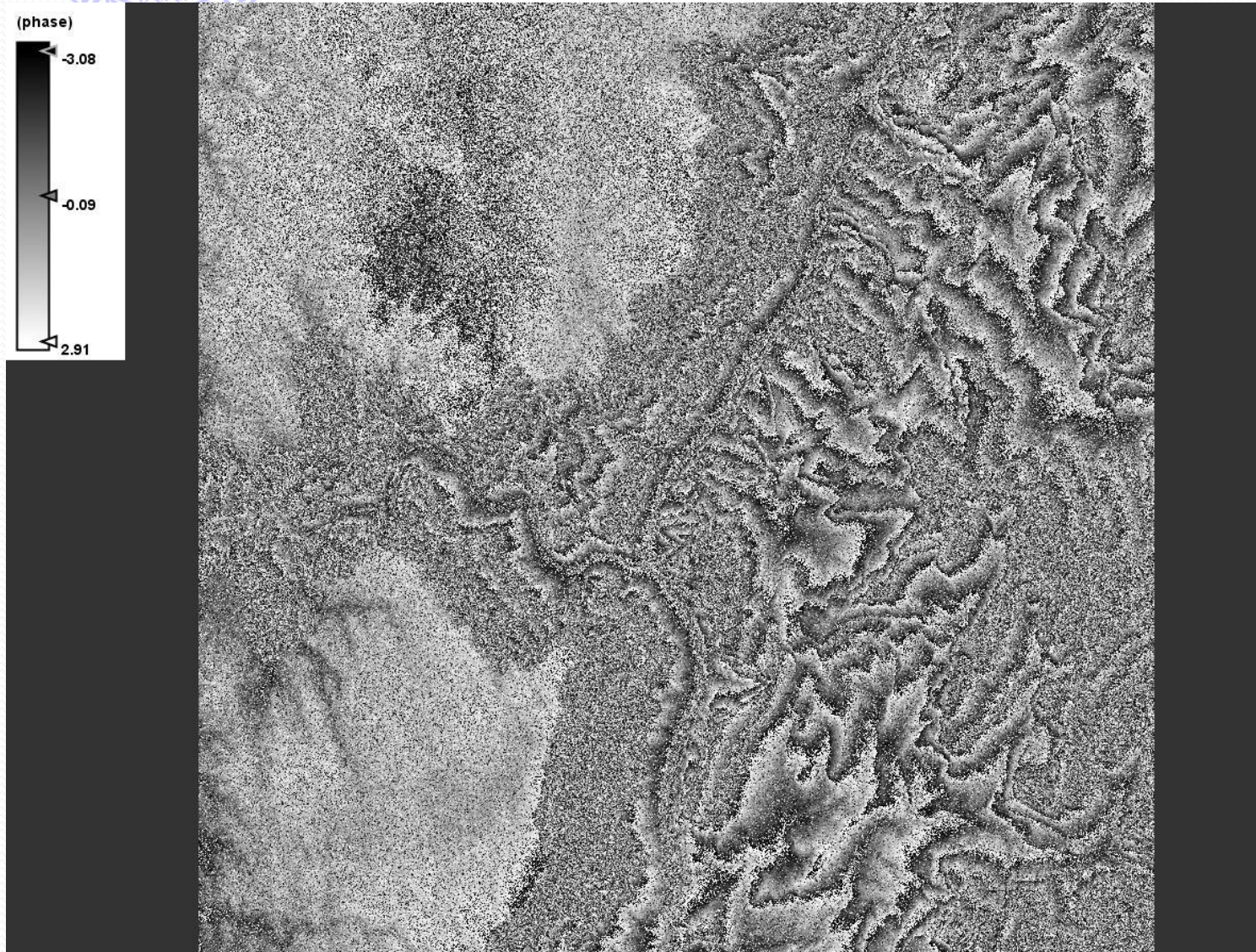


A partire dal **coregistered stack** possiamo procedere con la valutazione dell'interferogramma. Questo blocco effettua anche il **flattening** (cioè la rimozione della fase di terra piatta).

Spuntando il relativo flag, è anche possibile valutare l'interferogramma senza eseguire il **flattening**. Tale opzione non garantisce però un risultato ottimale del **phase unwrapping**.



Interferogramma



Mostriamo l'interferogramma ottenuto. E' possibile notare ancora la presenza di rumore di fase. Tale rumore rende particolarmente delicato il **phase unwrapping**. Procederemo a filtrarlo in due passi.

Rappresentazione a colori

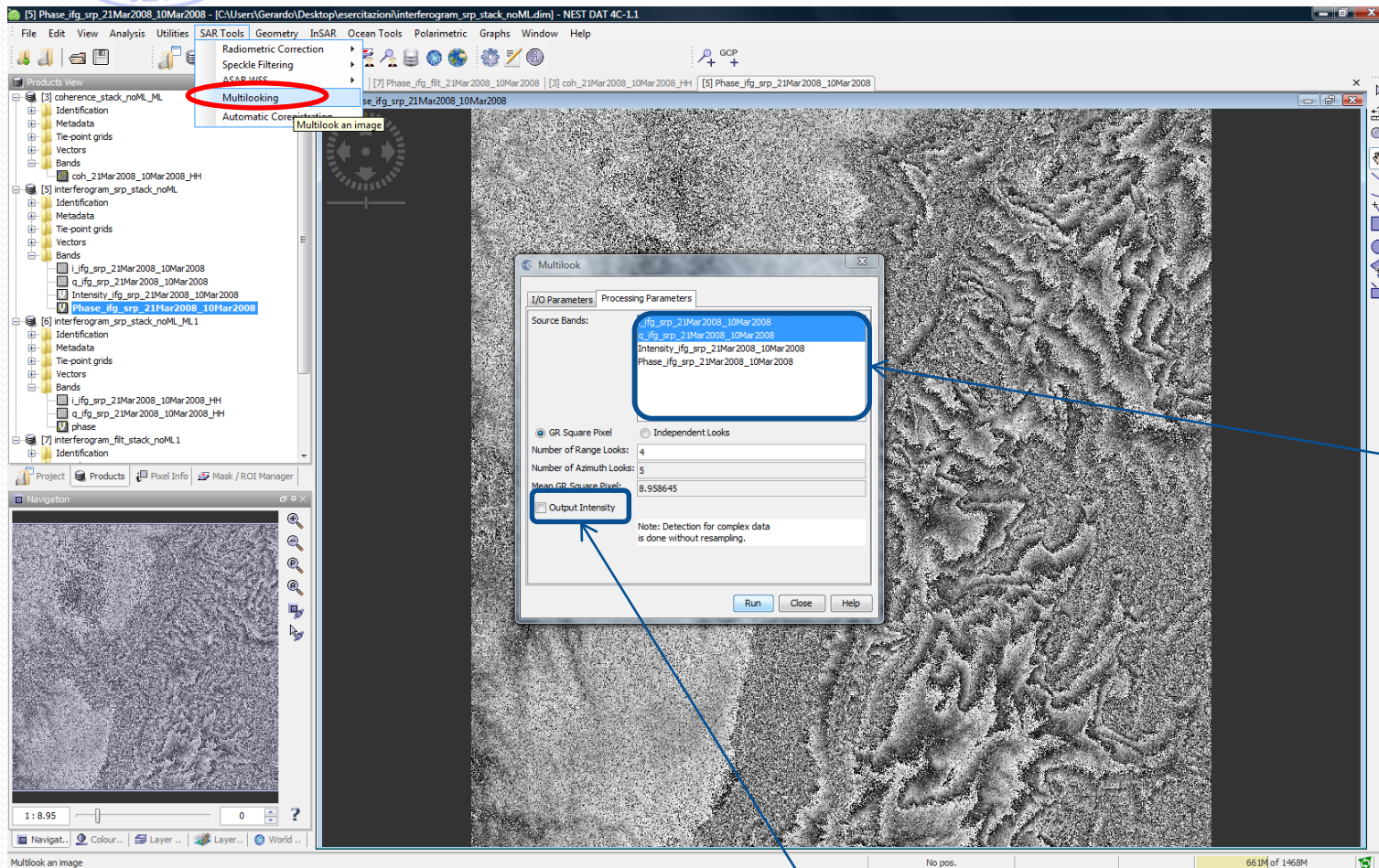
The screenshot displays a software application window titled "[2] Phase_ifg_srp_21Mar2008_10Mar2008 - [C:\Users\Gerardo\Desktop\esercitazioni\interferogram_srp_stack_noMLdim] - NEST DAT 4C-1.1". The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Analysis, Utilities, SAR Tools, Geometry, InSAR, Ocean Tools, Polarimetric, Graphs, Window, Help) and a toolbar. A "Products View" pane shows several open files, including "Phase_ifg_srp_21Mar2008_10Mar2008", "Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008", and "coh_21Mar2008_10Mar2008_10Mar2008".

A "Look in: color-palettes" dialog box is open, showing a list of color palette files. The file "spectrum.cpd" is selected and highlighted. The dialog also shows the file name "spectrum.cpd" and the file type "Colour palette files (*.cpd)".

The main window displays a large, colorful interferogram. The color scale ranges from dark blue (low values) to red (high values). A "Colour Manipulation" tool is visible in the bottom-left corner, showing a histogram of the phase values and a color bar with corresponding values. The histogram shows a distribution of phase values from -3.141 to 3.142. The color bar shows a gradient from dark blue to red, with values ranging from -3.14 to 3.14.

E' possibile rappresentare l'interferogramma utilizzando una scala di colori. Da **Colour Management** selezionare **Import Colour Palette** e scegliere una palette opportuna (ad esempio **spectrum.cpd**).

Multilook Complesso



In uscita dal blocco di formazione dell'interferogramma otteniamo l'interferogramma complesso. Per ridurre il rumore effettuiamo un multilook complesso: selezionare soltanto le bande *i* e *q*.

Per effettuare un **multilook complesso** (cioè che lavori indipendentemente su *i* e *q*), è necessario non spuntare la voce **Output Intensity**.

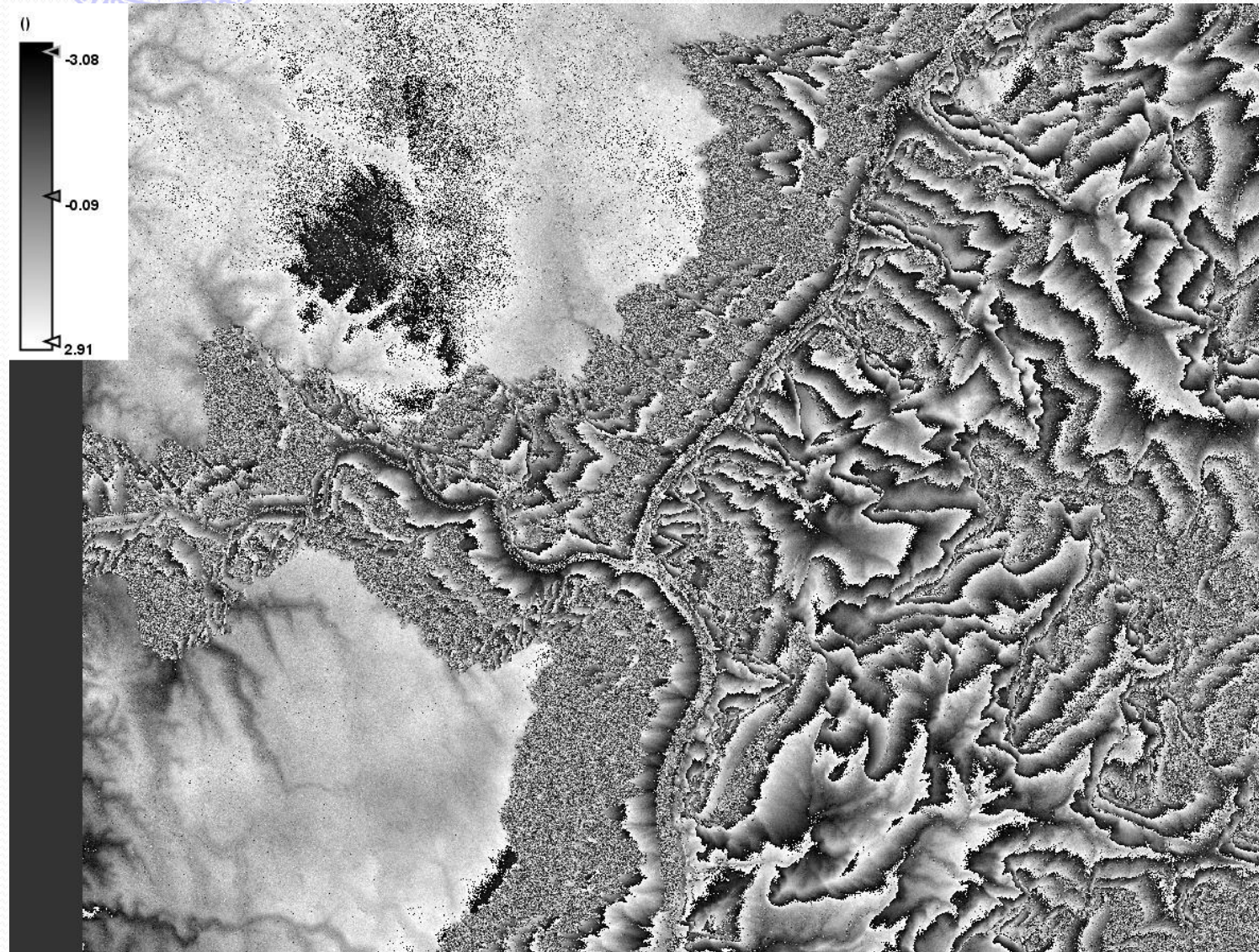
Multilook Complesso

In uscita dal multilook precedente otteniamo unicamente le bande *i* e *q* dell'interferogramma. Per recuperare la fase utilizziamo la procedura **Utilities -> Band Maths** e creiamo una banda chiamata **phase**.

The screenshot shows the ENVI software interface. The main window displays a grayscale interferogram. A dialog box titled "Band Maths Expression Editor" is open, showing the "Data sources" list with "i_fg_srp_21Mar2008_10Mar2008_HH" and "q_fg_srp_21Mar2008_10Mar2008_HH". The "Expression" field contains the formula "phase(i_fg_srp_21Mar2008_10Mar2008_HH, q_fg_srp_21Mar2008_10Mar2008_HH)". The "Functions" list is open, showing the "phase" function selected. The background shows a grayscale interferogram with a central bright region and surrounding darker, textured areas.

Cliccando poi su **Edit Expression** si apre la finestra mostrata sopra. Qui utilizziamo la **Function phase** applicandola sulle bande *i* e *q* relative al risultato precedente.

Multilook Complesso



Visualizzando la banda **phase** a questo punto valutiamo il risultato del **multilook complesso**. Esso è molto più pulito, ma si può ancora notare la presenza significativa di rumore di fase.

Filtro di fase

The screenshot shows the InSAR software interface. The main window displays a SAR interferogram with a phase filter stack applied. A dialog box titled "Phase Filtering of stack of Interferograms" is open, showing the following settings:

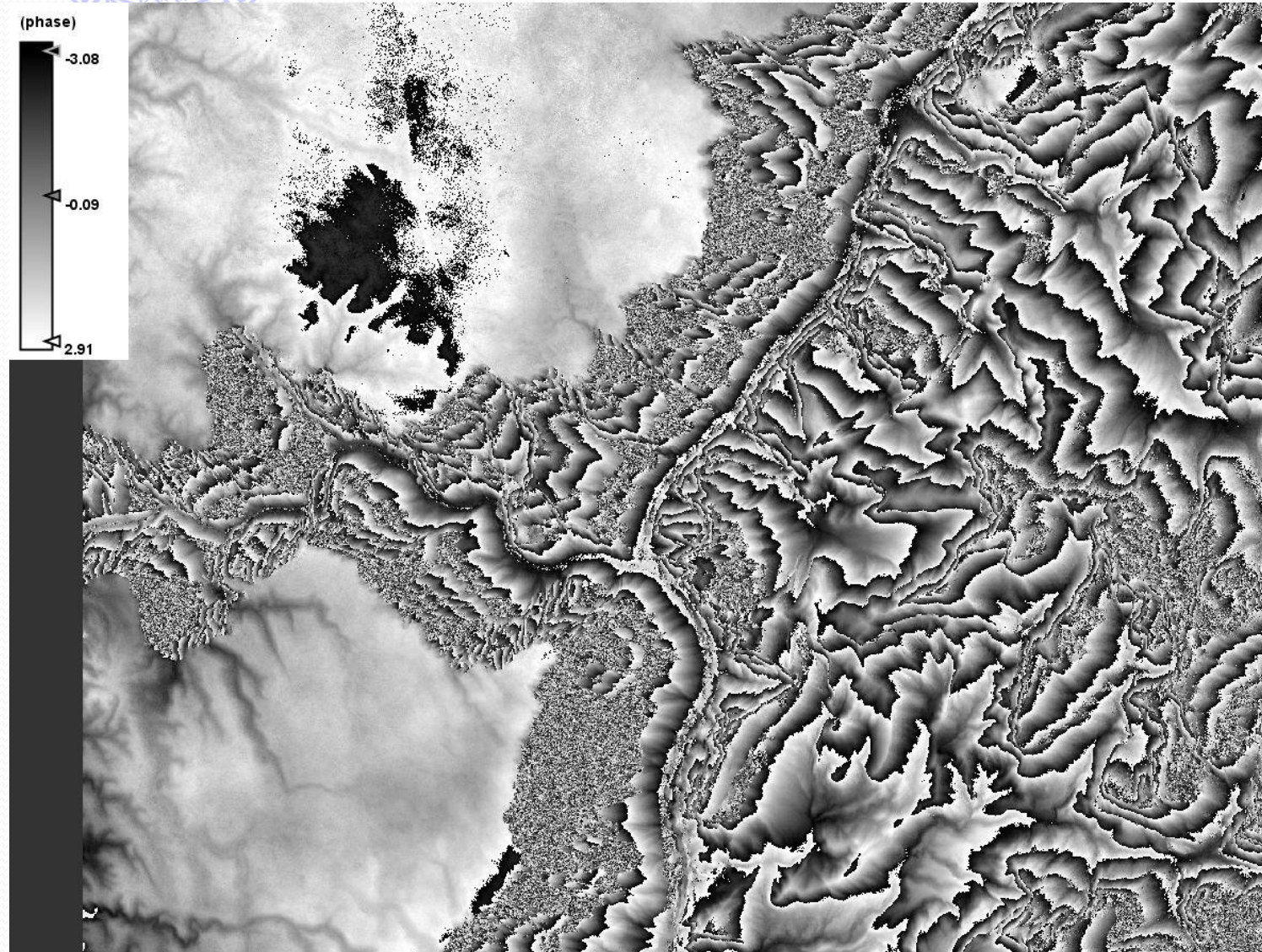
- 1-Read
- 2-PhaseFilter
- 3-Write
- Method: goldstein
- Alpha: 0.5
- Blocksize: 32
- Overlap: 8
- Kernel: 1 2 3 2 1

The "Phase Filtering" option in the Tools menu is circled in red. The background image shows a SAR interferogram with a phase filter stack applied, showing a complex, textured pattern of phase values.

Per ridurre ulteriormente il rumore e migliorare i risultati del **phase unwrapping** eseguiamo un filtraggio ad hoc della fase.

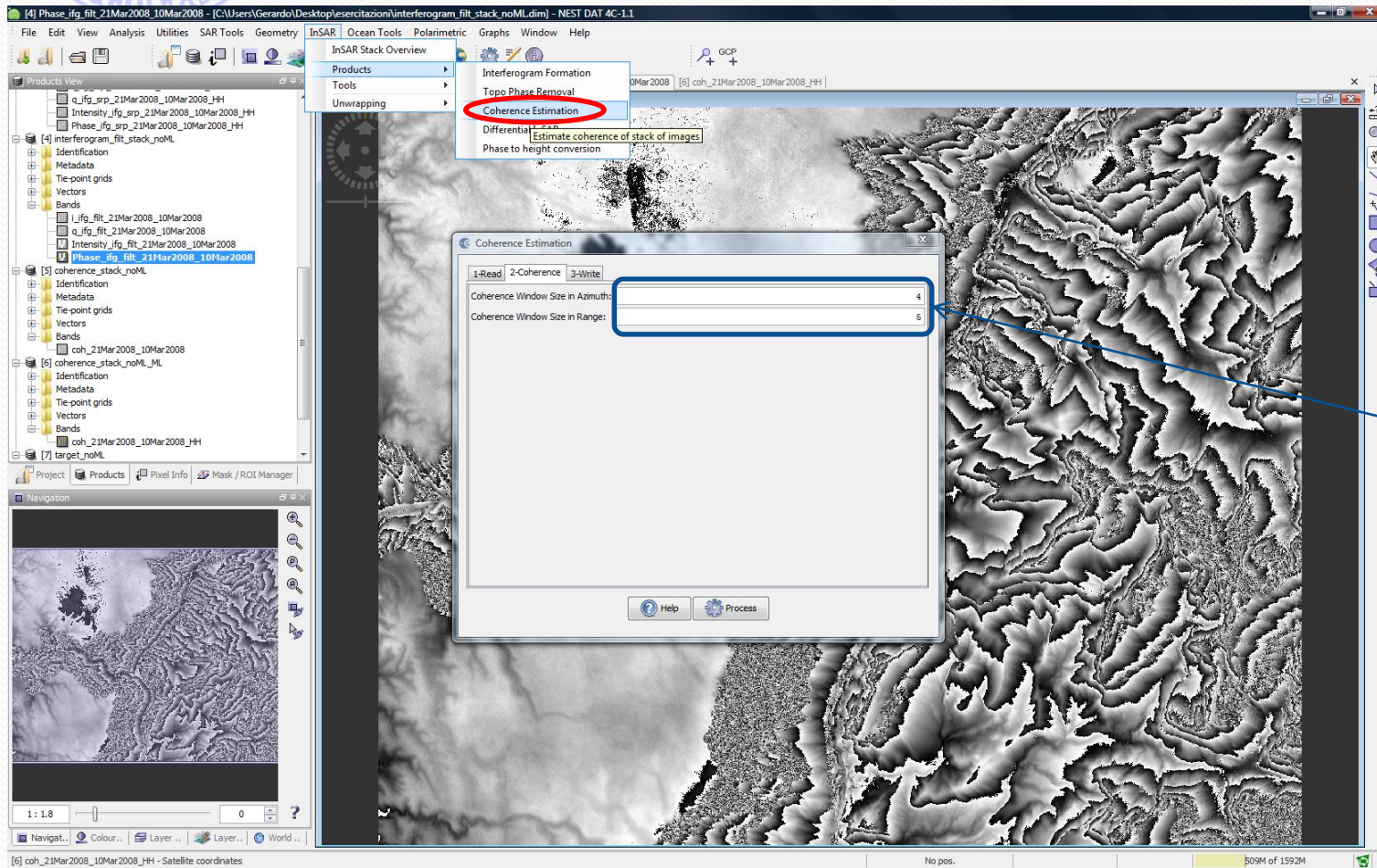


Filtro di fase



La riduzione del rumore di fase è apprezzabile sull'immagine riportata affianco. Questo faciliterà il **phase unwrapping**.

Mappa di Coerenza



Calcoliamo la mappa di coerenza a partire dal **coregistered stack** generato nel passo precedente. Impostiamo le dimensioni della finestra ai valori assegnati nel **multilook complesso**.

Se il pixel delle immagini non fosse stato quadrato sarebbe stato opportuno settare dimensioni della finestra asimmetriche, il cui rapporto fosse pari a quello tra le dimensioni dei pixel.



Mappa di Coerenza



Per ottenere questa mappa di coerenza abbiamo effettuato un multilook sul risultato del passo precedente (pari alle dimensioni della finestra usata nel calcolo della coerenza). Le zone scure corrispondono per lo più a zone d'ombra, cioè zone a basso **SNR**.

Phase Unwrapping: Snaphu data export

The screenshot displays the InSAR software interface. The main window shows a colorful interferogram stack. A dialog box titled 'Export data for SNAPHU unwrapping' is open, with the '1-Read' tab selected. The 'Source Bands' list contains the following items:

- l_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008
- q_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008
- Intensity_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008
- Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008

The 'Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008' band is highlighted. The '1-Read' tab is also highlighted in the dialog's tab bar.

In 1-Read deve essere selezionato l'interferogram stack ottenuto a valle del filtraggio, mentre in 2-Read il coherence stack. In BandSelect selezioniamo la banda contenente la fase da srotolare.

Phase Unwrapping: Snaphu data export

The screenshot displays the InSAR software interface. The main window shows a phase unwrapping map with a color scale from blue (low phase) to red (high phase). A dialog box titled 'Export data for SNAPHU unwrapping' is open, showing the '4-SnaphuExport' tab. The 'Source Bands' list contains several files, with 'Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008:interferogram_fit_stack_noML' selected. The 'Statistical-cost mode' is set to 'DEFO' and the 'Initial method' is 'NST'. The '5-Write' and '6-Write' tabs are also visible, indicating the next steps in the process.

In SnaphuExport selezioniamo la banda contenente la fase da srotolare e quella contenente la mappa di coerenza. In 5-Write stabiliamo il file NEST in cui importeremo la fase srotolata, mentre in 6-Write il file di configurazione di SNAPHU.

Phase Unwrapping con SNAPHU

The screenshot displays a Windows desktop environment. In the background, a file explorer window shows a folder named 'target_snaphu_strip_inter' with a file 'snaphu.conf' highlighted. In the foreground, a text editor window shows the contents of 'snaphu.conf'. The text in the editor includes configuration parameters for SNAPHU, such as 'Created by NEST software on: 13:53:57 14/12/2012', 'Command to call snaphu:', and 'snaphu -f snaphu.conf Phase_ifq_filt_21Mar2008_10Mar2008.img 2006'. The SAR image in the background shows a topographic map with a color scale on the right.

Nella cartella selezionata in 6-Write trovate il file `snaphu.conf`, che potete aprire con un editor di testo. Esso contiene l'istruzione da impartire a SNAPHU per effettuare lo srotolamento.

Letture della fase srotolata

The screenshot shows a Windows file explorer window titled 'target_snaphu_strip_interf'. The address bar shows the path 'C:\Users\Gerardo\Desktop\esercitazioni\target_strip_interf.dim - NEST DAT 4C-1.1'. The file list is as follows:

Nome	Ultima modifica	Tipo	Dimensione
Unw_Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008.data	14/12/2012 14.32	Cartella di file	
coh_21Mar2008_10Mar2008.hdr	14/12/2012 13.53	File HDR	1 KB
Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008.hdr	14/12/2012 13.53	File HDR	1 KB
coh_21Mar2008_10Mar2008.img	14/12/2012 13.54	File IMG	12.546 KB
Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008.img	14/12/2012 13.54	File IMG	12.546 KB
snaphu_spc	14/12/2012 14.21	File COMF	2 KB
Unw_Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008.img	14/12/2012 14.25	File IMG	12.546 KB
Unw_Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008...	14/12/2012 14.25	File IMG	14 KB

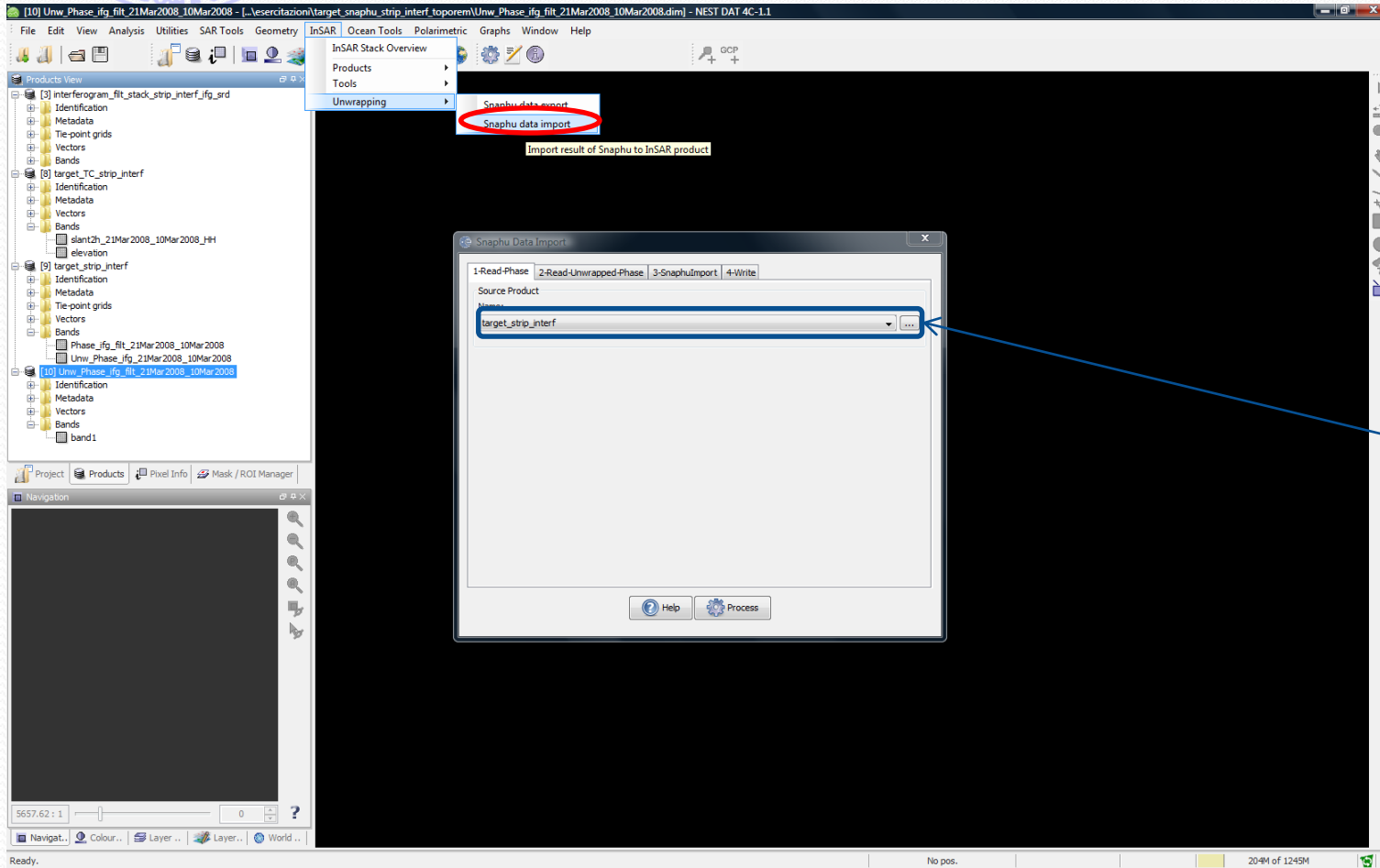
The 'Generic Binary' dialog box is open, showing the following settings:

- Width: 2,006
- Height: 1,601
- Number Of Bands: 1
- Data Type: float32
- Header Bytes: 0
- Byte Order: LITTLE ENDIAN
- Interleave: BSQ

Al termine del processing di SNAPHU nella stessa cartella selezionata in **6-Write** troverete il file contenente la **fase srotolata**. Per importare questo file andate su **File -> Product Readers -> Common File Formats -> Open Generic Binary**.

Vanno quindi impostate le dimensioni (uguali a quelle della fase arrotolata) e altri parametri come da figura. Prima di procedere è necessario salvare il risultato su disco.

Phase Unwrapping: Snaphu data import

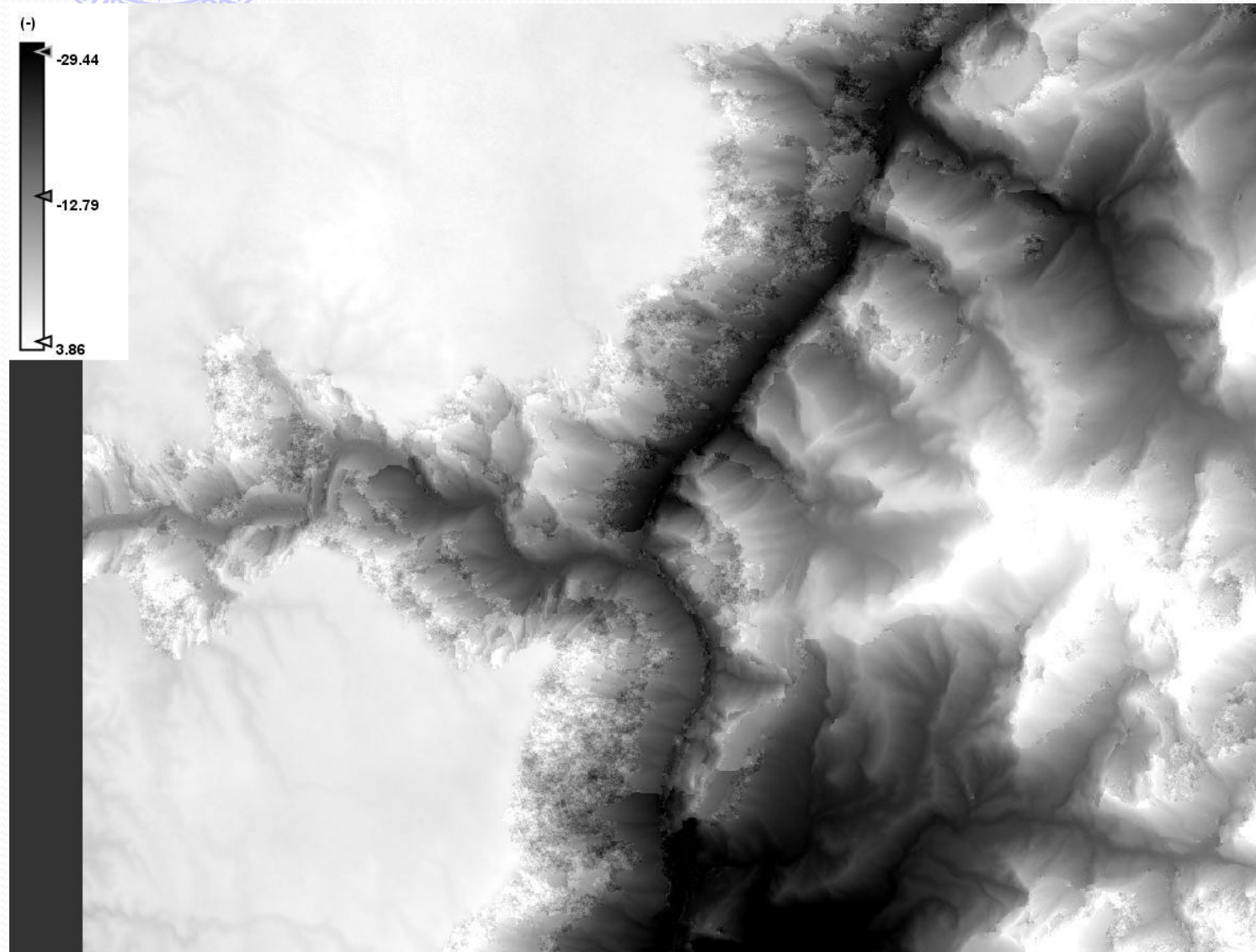


In 1-Read si deve indicare il file indicato in 5-Write di Snaphu data export, mentre in 2-Read il file binario contenente la fase srotolata. In SnaphuImport è possibile scegliere di non salvare la fase srotolata nel file di uscita.

Questo passaggio è necessario per ri-associare i metadata al file della fase srotolata, che aperto come file binario generico aveva perso queste informazioni.

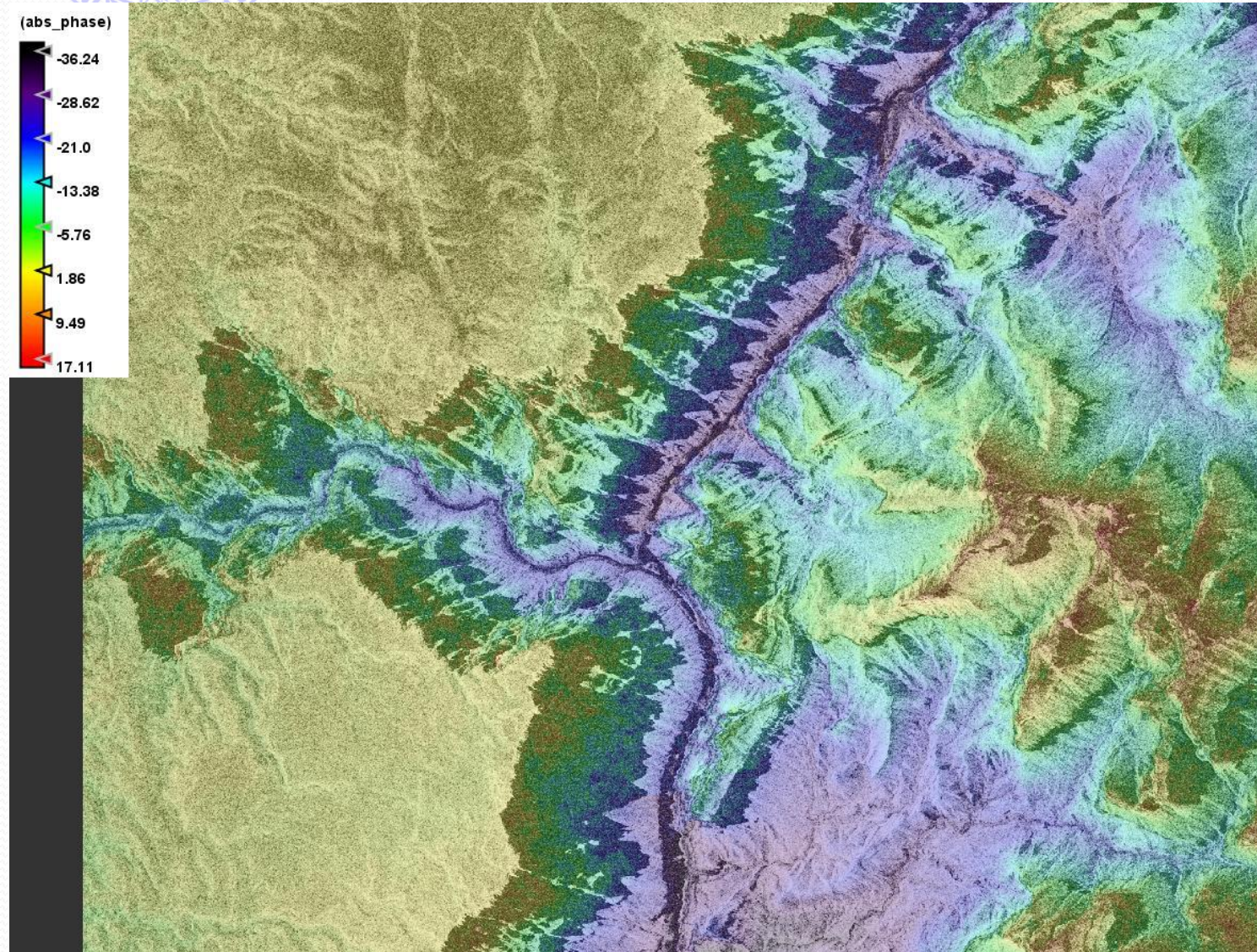


Fase srotolata



La fase srotolata contiene un'informazione proporzionale a quella di quota. Nella figura affianco è possibile notare la presenza di rumore nelle zone a bassa coerenza (lo vedremo meglio nella prossima slide).

Confronto con la mappa di coerenza



Utilizzando il **Layer Manager** è possibile sovrapporre la banda contenente l'interferogramma a rappresentato con una palette di colori alla mappa di coerenza. Osserviamo che in tutte le zone "scure" della mappa di coerenza il risultato non sarà affidabile.

Conversione da fase a quota

The screenshot shows the InSAR software interface. The 'Products View' pane on the left lists several products, including 'interferogram_fit_stack_strip_interf_fg_srd', 'target_TC_strip_interf', and 'Unw_Phase_ifg_fit_21Mar2008_10Mar2008'. The 'Tools' menu is open, and 'Phase to height conversion' is highlighted. The 'Phase to height conversion' dialog box is open, showing the following parameters:

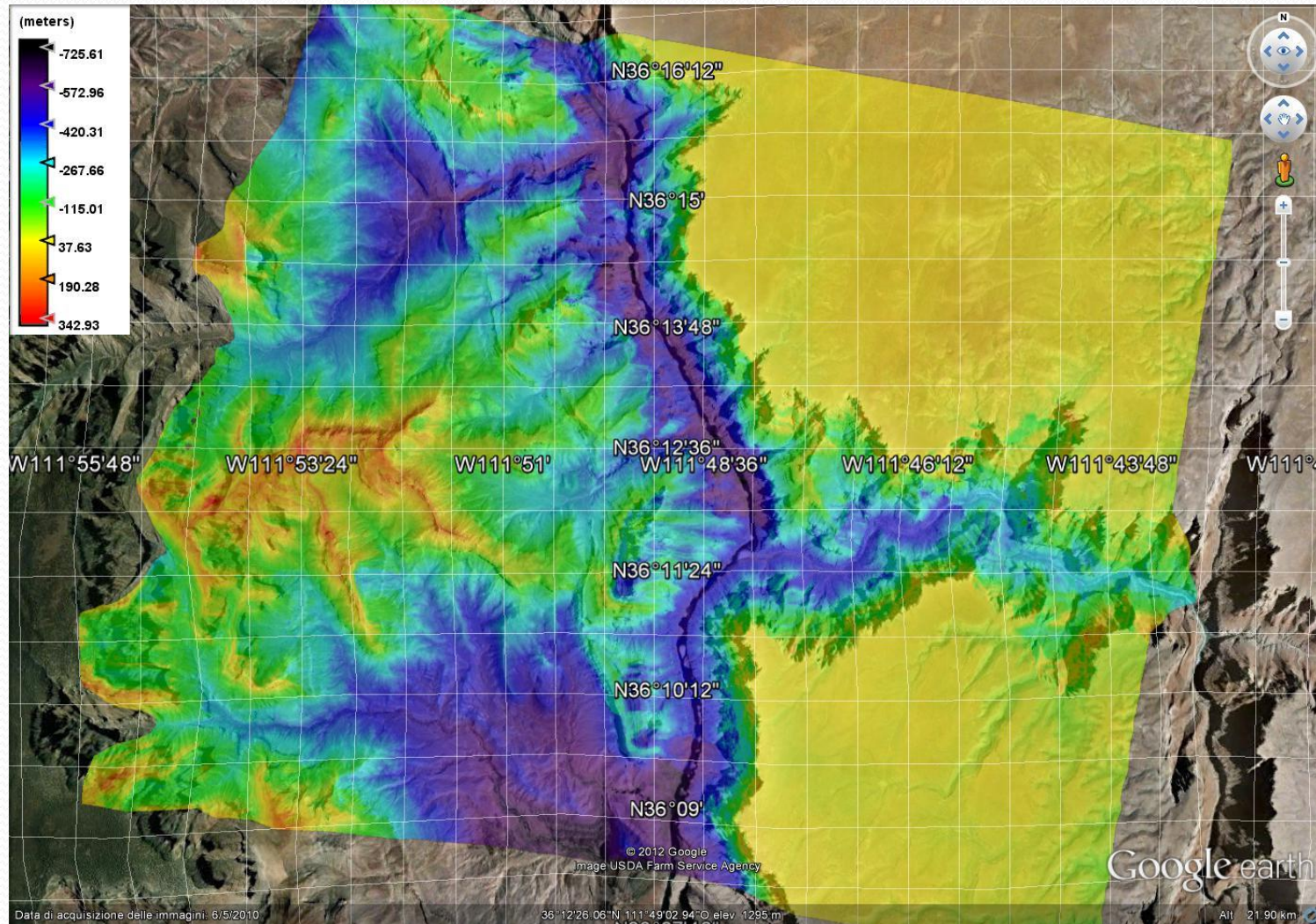
1-Read	2-Phase2Height	3-Write
	Number of estimation points: 200	
	Number of height samples: 3	
	Degree of 1D polynomial: 2	
	Degree of 2D polynomial: 5	
	Orbit interpolation degree: 3	

The '3-Write' tab is highlighted with a blue arrow pointing from the text on the right.

E' necessario passare dall'informazione e di fase a quella di altezza. In **1-Read** si deve indicare il file ottenuto con il passo precedente. Vanno settati i parametri, concordemente con quelli impostati nella **Interferogram Formation**.



Geocodifica del DEM



Effettuiamo la geocodifica attraverso la Range Doppler Terrain Correction vista in precedenza. Usando File -> Product Writers -> Export View as Google Earth Kmz è possibile anche visualizzare il risultato sovrapposto a un'immagine ottica di Google Earth.



Interferometria: osservazioni

- L'accuratezza del DEM ottenuto è da valutare non in assoluto, ma in relativo (cioè sui gradienti di quota), per mancanza di un accurato riferimento di fase.
- I moduli di interferometria di NEST sono ancora in fase di sviluppo. **Prestare particolare attenzione al multilook complesso che non viene eseguito correttamente se non si segue la procedura indicata su queste slide, in quanto non esiste una funzione ad hoc.**
- Ulteriori risultati possono essere ottenuti processando dati di sensori a bassa risoluzione (ERS o Envisat), per i quali sono disponibile on-line file accurati delle orbite (importabili tramite **Utilities -> Apply Orbit File**).
- Un tutorial che spiega passo per passo come effettuare il processing interferometrico su dati a bassa risoluzione è disponibile on-line su <http://nest.array.ca/web/nest/documentation>, insieme ad altri documenti utili (tra cui anche richiami teorici sull'interferometria).

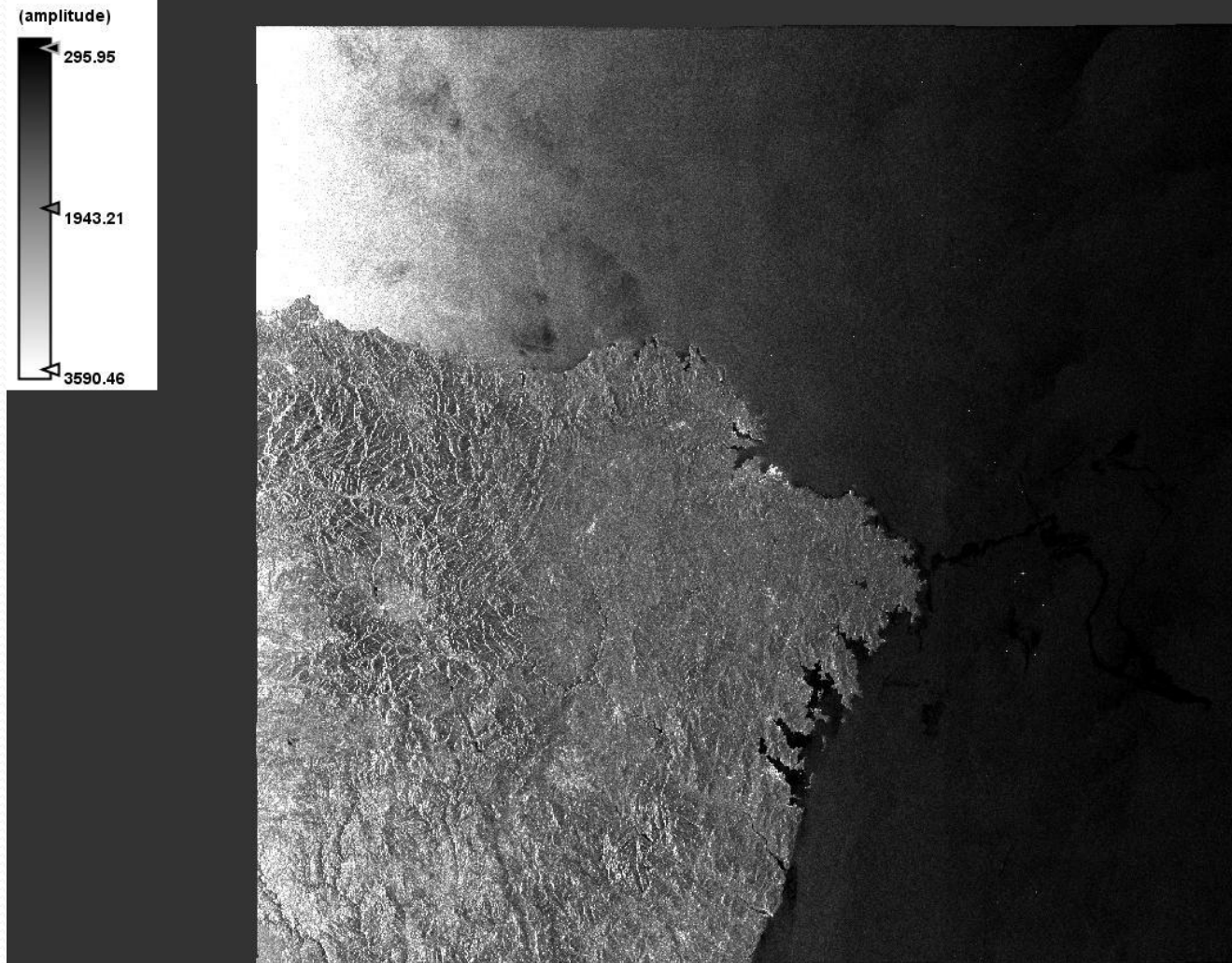


Analisi di immagini SAR del mare

- NEST permette di analizzare immagini SAR marine per identificare oggetti (ad esempio navi) e sostanze inquinanti.
- L'identificazione di oggetti (target) è un problema classico della rivelazione radar ed in NEST è basato su un algoritmo **CFAR** (Constant False Alarm Rate) adattativo.
- L'identificazione di inquinanti in mare è basato su un semplice **thresholding** adattativo e su un **clustering** di pixel vicini.

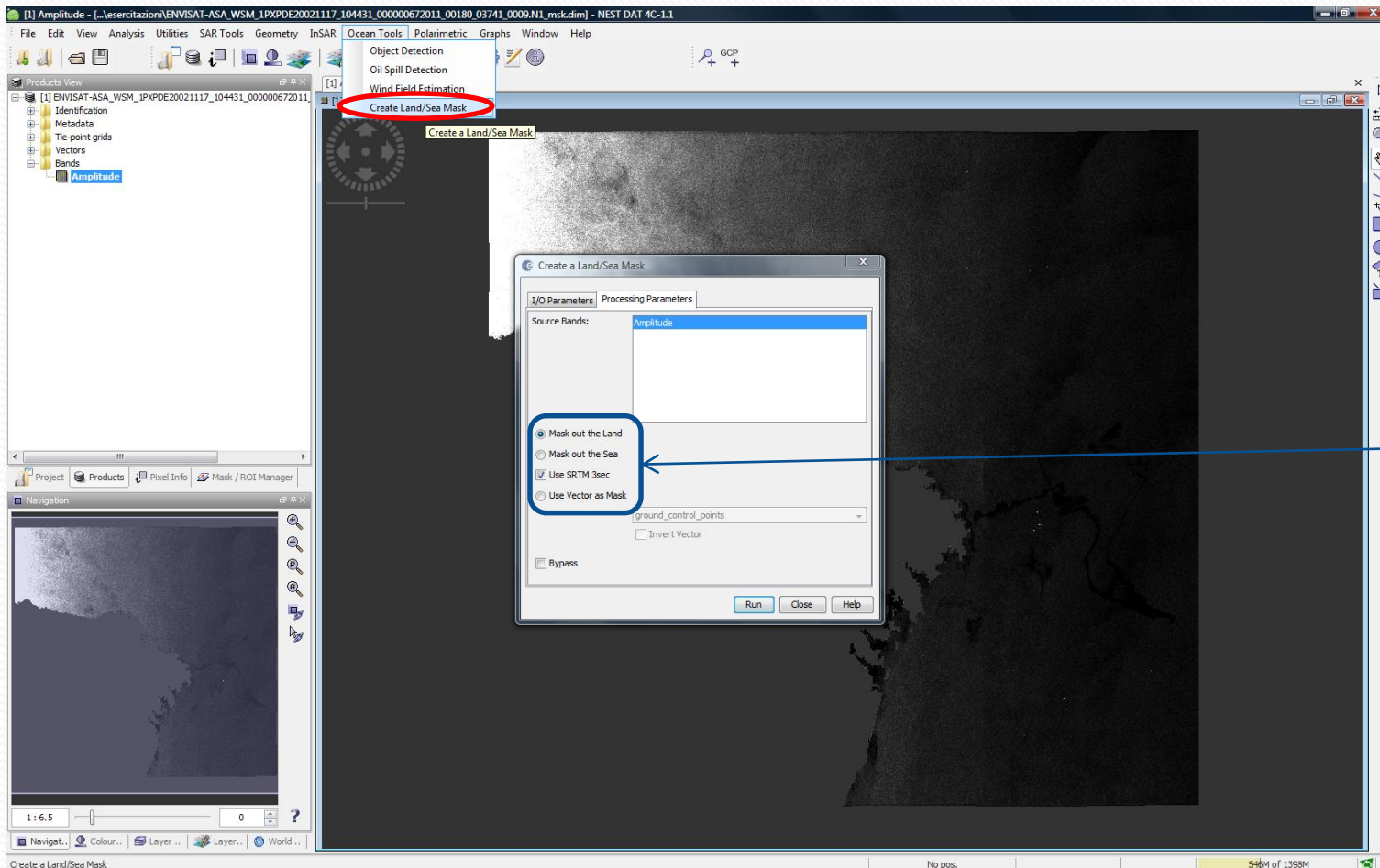


Immagine ENVISAT



Utilizziamo un'immagine ENVISAT di 3 x 7 look (az.-g.r.) con risoluzione di 75 m (pixel quadrato) relativa al disastro della petroliera Prestige, affondata il 19 Novembre 2002 a largo della costa spagnola. La macchia di petrolio è visibile nella parte destra dell'immagine affianco. Per aprirla [File -> Product Readers -> Open ENVISAT ASAR product.](#)

Mascheramento della terra



Nell'analisi di immagini marine conviene mascherare la terra, che costituirebbe solo un carico computazionale non necessario. Per questo passo è necessario disporre di una connessione ad internet (o di un DEM scaricato in precedenza).

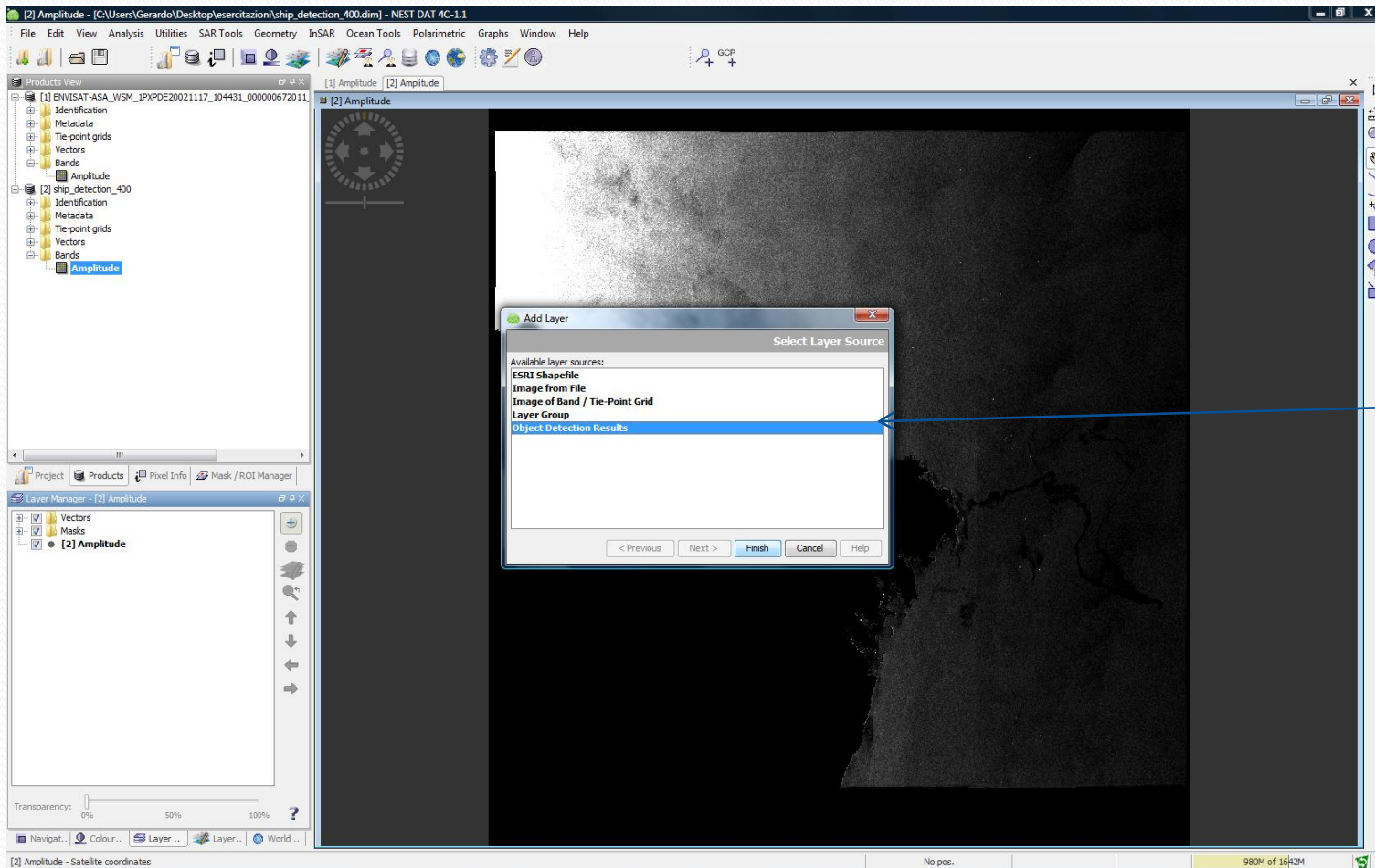
Identificazione di oggetti

Parameter	Value
Target Window Size (m):	80
Guard Window Size (m):	400.0
Background Window Size (m):	1000.0
PFA (10 ^{-x}):	6.5

Se si è effettuato il passo precedente in **Create-LandMask** si può spuntare **Bypass**. Il valore assegnato alla **Target Window Size** è legato alla minima dimensione degli oggetti da identificare; quello della **Guard Window** alla loro dimensione massima.

La **Background Window Size** deve essere settata sufficientemente grande rispetto a quella della **Guard Window**. Provare con diversi valori di **PFA**. In **Object Discrimination** settare dimensione minima e massima degli oggetti.

Identificazione di oggetti



Per visualizzare i risultati andare in **Layer Manager** e aggiungere **Object Detection Results**.

Identificazione di macchie d'olio

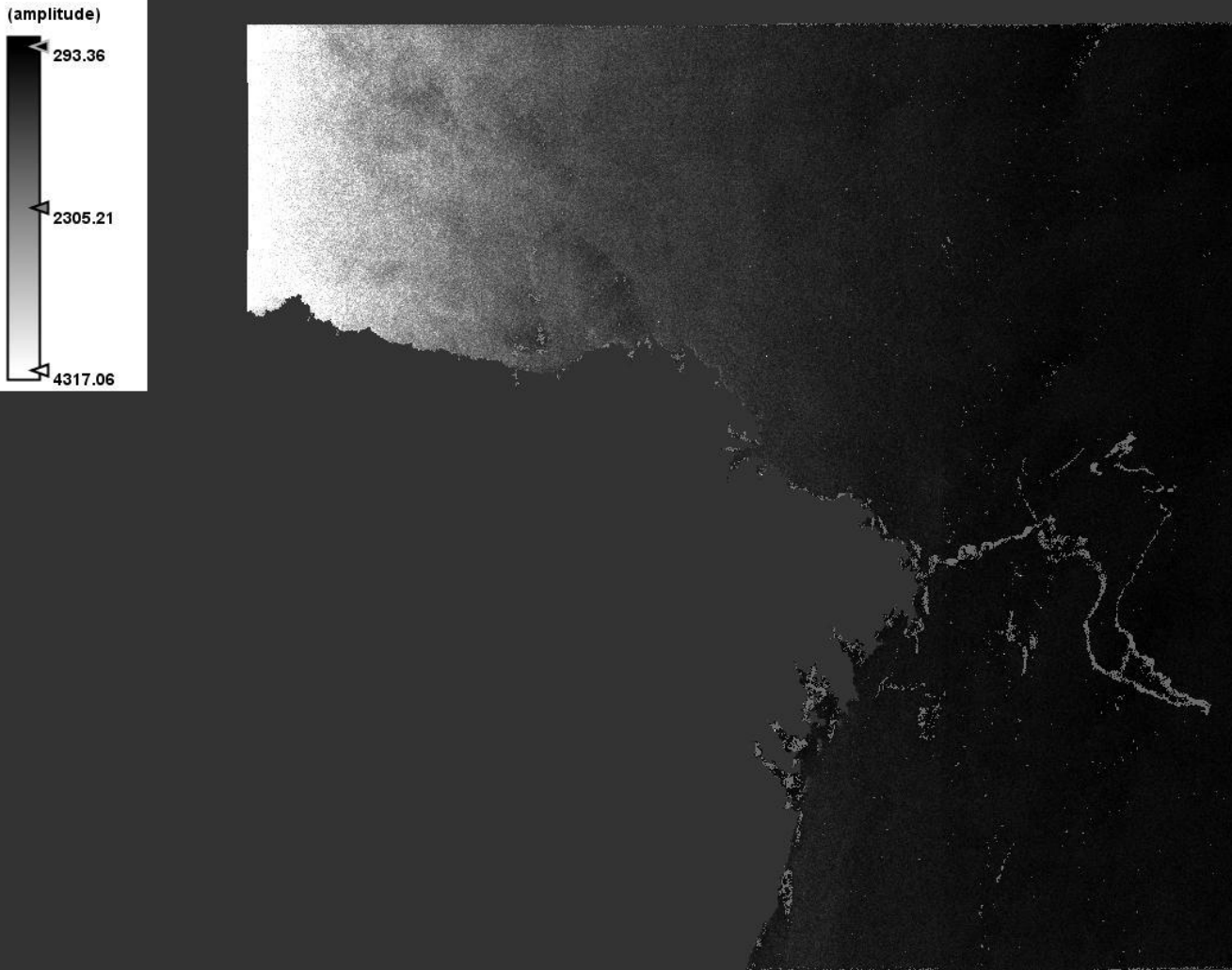
The screenshot displays the software interface for SAR image analysis. The 'Oil Spill Detection' menu item is highlighted with a red circle. A dialog box titled 'Oil Spill Detection' is open, showing a workflow with five steps: 1-Read, 2-Create-LandMask, 3-Oil-Spill-Detection, 4-Oil-Spill-Clustering, and 5-Write. The 'Source Bands' field in the dialog is highlighted with a blue box, and an arrow points to the text 'Amplitude'. The background shows a SAR image of the sea with white oil slicks.

Anche in questo caso è possibile bypassare il mascheramento della terra in **Create-LandMask**. La **Background Window Size** deve essere adeguatamente ampia da permettere il calcolo delle statistiche del mare pulito senza “interferenza” del petrolio.

E' possibile osservare i diversi risultati ottenuti al variare del valore della **Threshold**. In **Oil-Spill Clustering** è necessario settare la dimensione minima delle macchie.

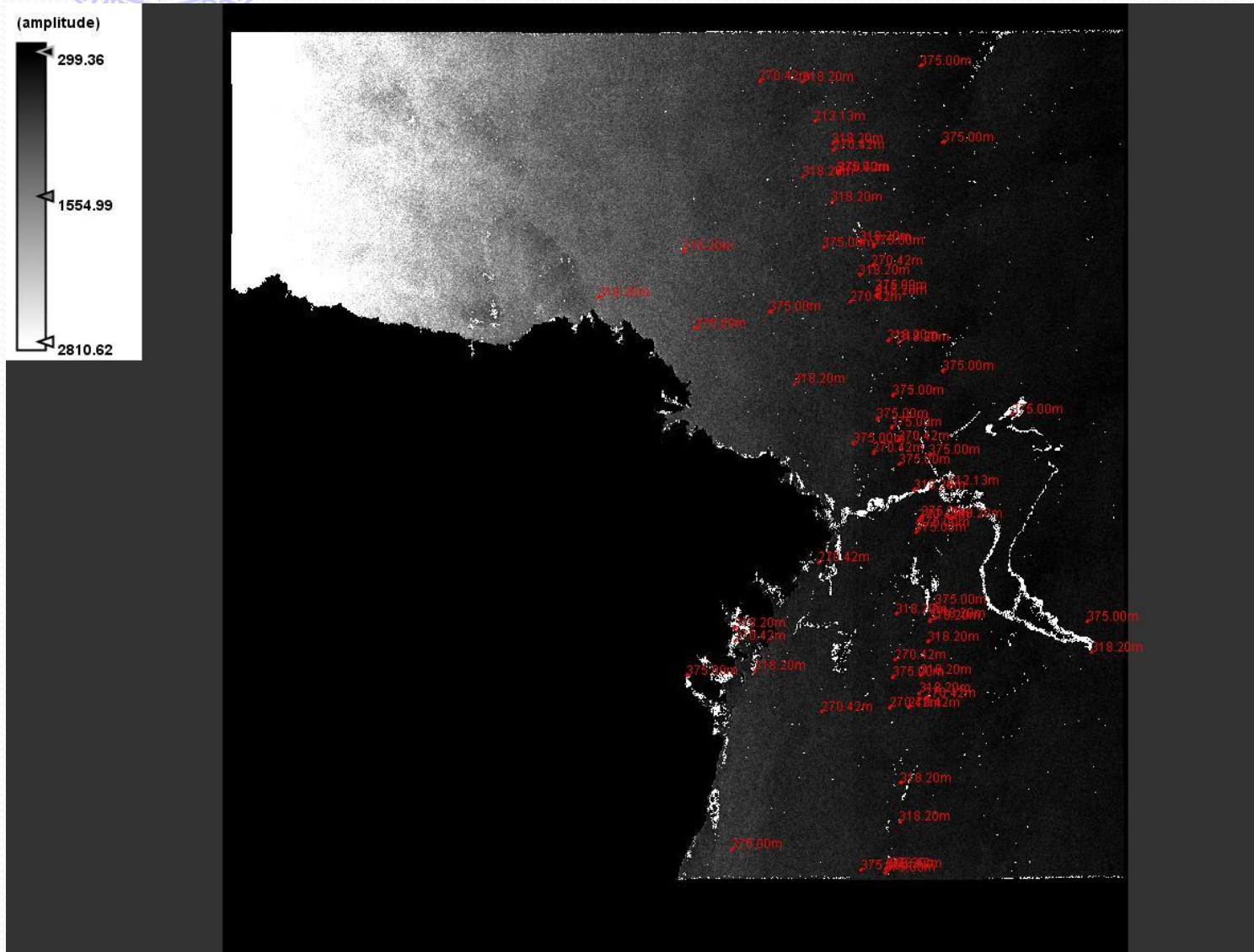


Identificazione di macchie d'olio



Il risultato è fornito in una banda contenente una maschera binaria dove il valore 1 (bianco) indica la presenza di petrolio (o di qualcosa che è stato classificato dall'algoritmo come tale). E' possibile tramite il [Layer Manager](#) sovrapporre tale maschera all'immagine.

Sovrapposizione dei risultati



Tramite il **Layer Manager** è anche possibile sovrapporre l'immagine precedente con il risultato della **Object Detection** per ottenere una visione complessiva dei processing effettuati sulla scena.