

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx



Titolo Documento	Manuale Utente Piattaforma 3DTeeth
-------------------------	---

	Redatto	Approvato
10/11/2015	Ing. M.F. de Ruvo	Prof. Ing. F. Marino



APIS APulia Intelligent Systems Srl, Spin off del Politecnico di Bari – REA BA-553475 – C.F./P.IVA 07385180729
Sede Legale: via P. Fiore 26, 70125 BARI – Sede Operativa: APIS c/o DEI, Politecnico di Bari, via Orabona 4, 70125 Bari
www.spinoffapis.com – info@spinoffapis.com – PEC: spinoffapis@pec.it – Tel 080.596.3586 – Fax 080.596.3710

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Storia delle revisioni

Revisione	Data	Autore	Motivo della revisione
1.0	14/10/15	M.F. de Ruvo	Stesura prima versione.
2.0	10/11/2015	M.F. de Ruvo	Completamento e aggiornamento funzionalità contrasto

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Sommario

1	Il Menù “Home”	5
1.1	Descrizione generale	5
1.2	Azioni	6
2	Il Workflow di Calibrazione della Telecamera	7
2.1	Azioni	8
2.2	Tab di impostazione parametri	8
2.2.1	Tab Set up camera	8
2.2.2	Tab Calibrazione camera	9
2.3	Visualizzazioni	13
2.3.1	Tab Monitor telecamera	13
2.3.2	Tab Piano di calibrazione z=0	13
2.3.3	Tab Piani di calibrazione generici	13
3	Il Pannello di “Calibrazione della Fase”	15
3.1	Descrizione Generale	15
3.2	Azioni	16
3.3	Tab di impostazione parametri	17
3.3.1	Tab Condizioni al Contorno	17
3.3.2	Tab FFT e ricerca del massimo	17
3.3.3	Tab Progettazione filtro	19
3.3.3.1	Filtro costruito secondo le frequenze	20
3.3.3.2	Filtro costruito secondo la FFT	21
3.4	Visualizzazioni	24
3.4.1	Tab Immagine	24
3.4.2	Tab FFT	24
3.4.3	Tab Progetto Filtro	24
3.4.4	Tab Filtro	24
3.4.5	Tab Filtrata	25
3.4.6	Tab Fase	26
3.4.7	Tab Fase srotolata	27
4	Il Pannello di “Calibrazione del Contrasto”	29
4.1	Descrizione Generale	29
4.2	Azioni	29
4.3	Tab di impostazione parametri	30
4.3.1	Tab Condizioni al Contorno	30
4.3.2	Tab FFT e ricerca del massimo	32
4.3.3	Tab Validation test	33
4.4	Visualizzazioni	34
4.4.1	Tab Immagine	34
4.4.2	Tab FFT	35
4.4.3	Tab Mappa errore	35
5	Il Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore”	36
5.1	Descrizione Generale	36

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

5.2 Azioni	36
5.3 Tab di impostazione parametri	39
5.3.1 Tab Crop	39
5.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo	42
5.3.3 Tab Progettazione filtro	43
5.3.4 Tab Unwrapping	44
5.3.5 Tab Navigazione 3D	46
5.4 Visualizzazioni	47
5.4.1 Tab Immagine	47
5.4.2 Tab Crop	47
5.4.3 Tab FFT	48
5.4.4 Tab Progetto Filtro	49
5.4.5 Tab Filtro	49
5.4.6 Tab Filtrata	50
5.4.7 Tab Fase	51
5.4.8 Tab Fase srotolata	51
5.4.9 Tab Rendering 3D	52
6 Il Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore”	53
6.1 Descrizione generale	53
6.2 Azioni	53
6.3 Tab di impostazione parametri	56
6.3.1 Tab Crop	56
6.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo	56
6.3.3 Tab Progettazione filtro fase	57
6.3.4 Tab Progettazione filtro taglia fase	58
6.3.5 Tab unwrapping	59
6.3.6 Tab Navigazione 3D	61
6.4 Visualizzazioni	61
6.4.1 Tab Immagine	61
6.4.2 Tab Crop	61
6.4.3 Tab FFT	62
6.4.4 Tab Filtro fase	63
6.4.5 Tab Filtro taglia fase	64
6.4.6 Tab Filtrata Ff	65
6.4.7 Tab Filtrata Ftf (Contrasto)	66
6.4.8 Tab Fase	67
6.4.9 Tab Fase srotolata	68
6.4.10 Tab Rendering 3D	69
7 Esportazione dei dati verso altri ambienti	70
7.1 Descrizione generale	70
7.2 Esportazione in visualizzatori di immagini	70
7.3 Esportazione in ambienti di calcolo	71
7.4 Esportazione in tool CAD	71

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

1 Il Menù “Home”

1.1 Descrizione generale

Il menù Home è il punto d’ingresso alla piattaforma 3D Teeth.



Figura 1.1: Il Menù Home.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Esso si presenta come mostrato in figura 1.1, e serve ad introdurre l'utente nei pannelli di utilizzo della piattaforma.

1.2 Azioni

Le azioni consentite nel menù Home sono essenzialmente quelle di attivare uno dei cinque pulsanti, ciascuno dei quali associato, nell'ordine, ad uno dei seguenti workflow:

1. Calibrazione della telecamera
2. Creazione della mappa 3D di calibrazione della fase
3. Creazione del classificatore neurale per la risoluzione del contrasto
4. Lancio della console di elaborazione per immagini acquisite solamente con il proiettore "fasi"
5. Lancio della console di elaborazione per immagini acquisite sia con il proiettore "fasi" che con quello "contrasto".

Passiamo a descrivere le azioni e le funzionalità di ciascuno dei predetti workflow.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

2 Il Workflow di Calibrazione della Telecamera

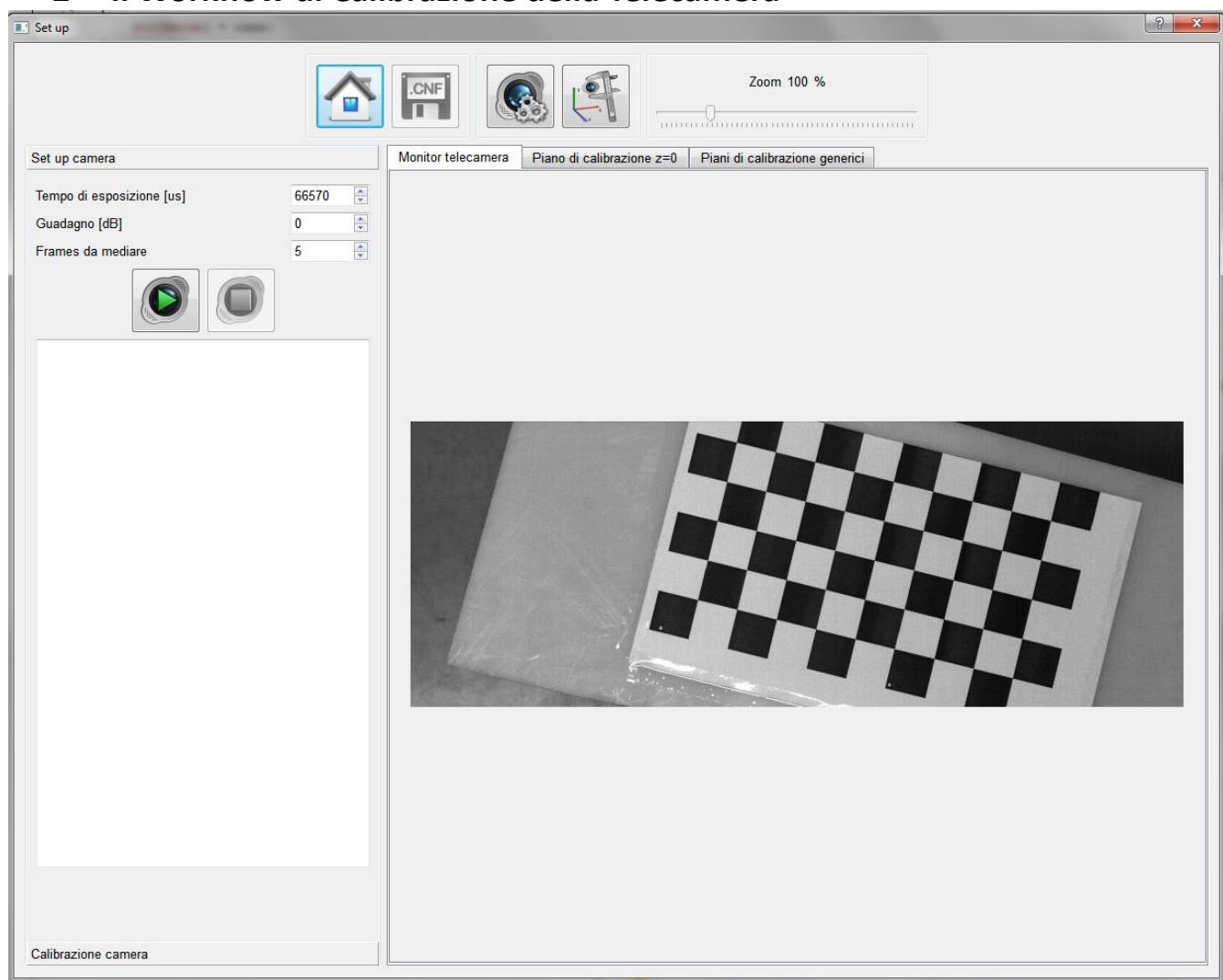


Figura 2.1: Pannello di Calibrazione Camera con la tab di “Set up camera” e il frame “Monitore telecamera” attivi.

Esso si presenta come mostrato nella figura 2.1, e, come gli altri pannelli che descriveremo nel seguito, presenta tre aree ben definite.

- L’area superiore del pannello, che racchiude i pulsanti relativi alle azioni possibili;
- L’area inferiore sinistra, che comprende una serie di tab, per consentire l’impostazione dei vari parametri relativi ad ogni step previsto nello specifico pannello;
- L’area inferiore destra, che comprende una serie di frame, ciascuno preposto ad ospitare una particolare visualizzazione.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

2.1 Azioni

Le azioni consentite all'utente in questo pannello sono attuabili dai pulsanti nella parte superiore del pannello, e sono descritte nella Tabella 2.1 (N.B.: Questi pulsanti, come tutti quelli di ciascuno degli altri pannelli, quando visualizzati in scala di grigio, non sono attivabili.)

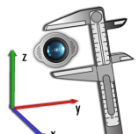
Pulsante	Azione
	Chiude il pannello e ritorna al Menù Home (vedi sezione 1).
	Salva in un file xml (di cui l'utente definisce il nome) tutte le informazioni di configurazione risultanti da questo step. N.B. Il salvataggio di tali informazioni è necessario, in quanto esse sono richieste nei pannelli di ricostruzione 3D, che altrimenti vengono eseguite, ma realizzando una ricostruzione tridimensionale non calibrata.
	Attiva il tab di impostazione parametri "Set up camera" nella area di sinistra del pannello.
	Attiva il tab di impostazione parametri "Calibrazione camera" nella area di sinistra del pannello.

Tabella 2.1: Funzionalità dei pulsanti.

Oltre a queste azioni, l'utente può impostare il fattore di zoom delle immagini visibili nel tab di Visualizzazione, tramite un apposito cursore.

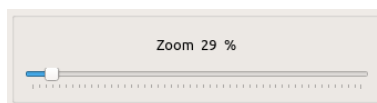


Figura 2.2: Cursore di zoom.

2.2 Tab di impostazione parametri

Nell'area di impostazione dei parametri di questo pannello sono presenti due tab.

2.2.1 Tab Set up camera

Questo tab è quello in primo piano, e viene altrimenti attivato tramite il tasto



Come visualizzato nella figura 2.1, in questo tab c'è la possibilità di inserire, tramite i relativi spin box:

- Tempo di esposizione (espresso in microsecondi);

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

- Il guadagno (in dB);
- Un numero che specifica quanti frame la telecamera deve acquisire e mediare per “confezionare” le immagini da processare; questo parametro è stato introdotto allo scopo di attenuare eventuale rumore in fase di acquisizione di un singolo frame.

Tali parametri, sono direttamente operativi sull'impostazione del firmware della telecamera per cui il sistema è stato configurato.

Il tab contiene inoltre un pulsante di acquisizione ed uno di stop.



Figura 2.3: pulsante di acquisizione e stop



Una volta avviata l'acquisizione tramite , il tab di visualizzazione monitor telecamera viene attivato e la camera, attraverso il suo firmware, restituisce una serie di informazioni fruibili in una apposita finestra di output, collocata nella parte inferiore del tab (figura 2.1).

2.2.2 Tab Calibrazione camera



La figura 2.4 mostra le funzionalità di calibrazione della camera, che viene attivato tramite il tasto . Obiettivo di questo step, è produrre una mappa che corregga le distorsioni dell'ottica, traducendo in coordinate x-y reali (riferite al piano di riferimento 0) le coordinate degli indici discreti di ogni pixel. Tale operazione è effettuata tramite l'acquisizione di diversi fotogrammi relativi ad un target di calibrazione (una scacchiera) le cui caratteristiche geometriche sono descritte in un file calibrazione.

Un esempio (file TargetPlate.png) per stampare un pannello target di calibrazione è presente nella cartella “3DTeeth/TargetDiConfigurazione”. Nella stessa cartella, è presente un file simile di file xml (“PlateDescriptor.cal”), descrittore del target, che va adattato allo specifico target, modificando il nodo <Features> del file stesso, inserendo il numero di “incroci interni” nelle righe e nelle colonne (in una scacchiera di 8x8 caselle, come quella del gioco degli scacchi, gli incroci interni sarebbero 7 per riga e 7 per colonna, nell'esempio rispettivamente 9 e 5), nonché la dimensione del lato delle caselle della scacchiera (da riportare in micron; nell'esempio di figura 2.5, 26000).

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

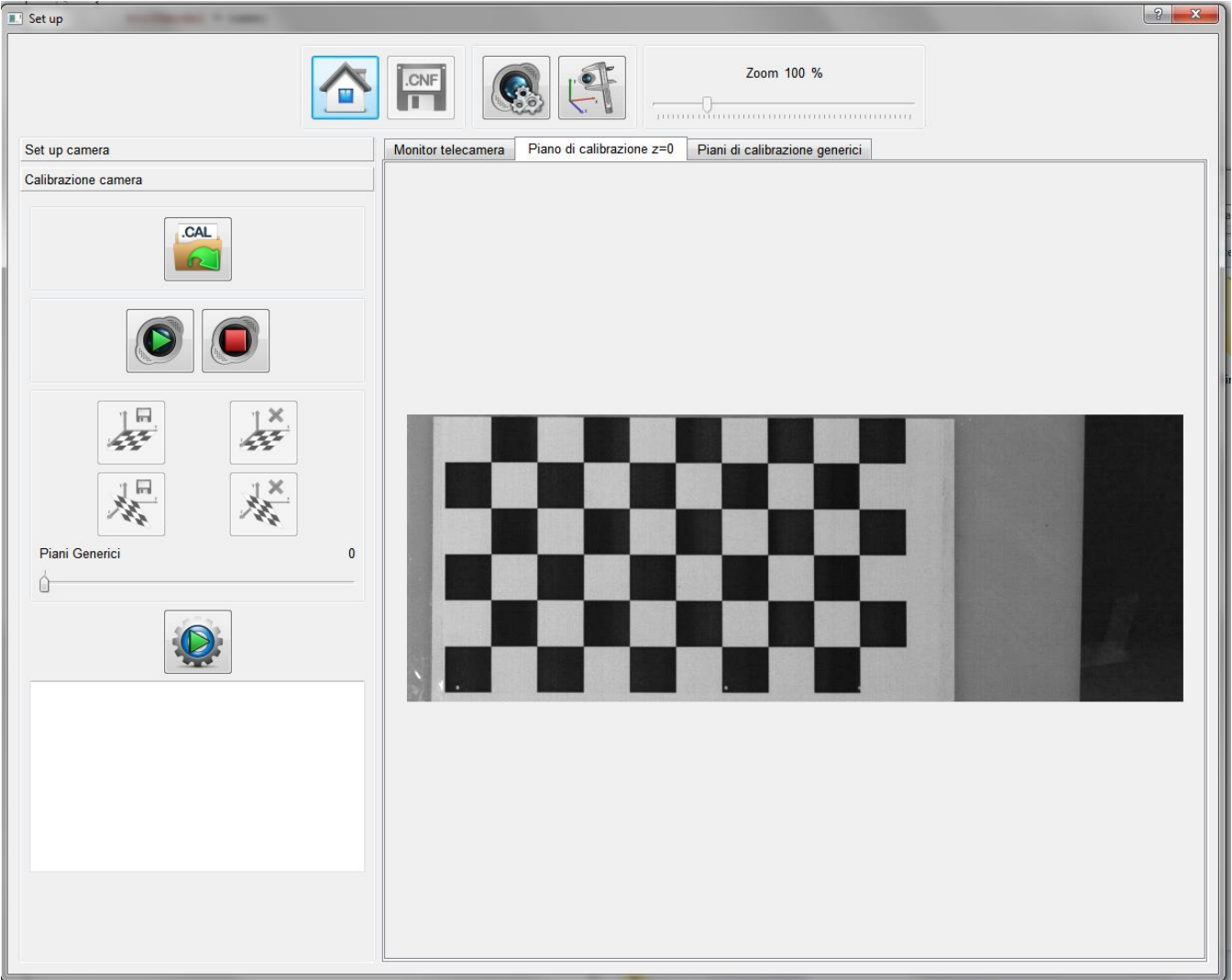


Figura 2.4: Pannello di Set Up con la tab di “Calibrazione camera” attiva.

```
<?xml version="1.0"?>
<opencv_storage>

<Features>
<!-- Number of inner corners per row. -->
<BoardSize_Width>9</BoardSize_Width>
<!-- Number of inner corners per column. -->
<BoardSize_Height>5</BoardSize_Height>
<!-- The size of a square (micron) -->
<Square_Size>26000</Square_Size>
</Features>

<Settings>
<!-- Half of window search size -->
```

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

```

<WindowSize_Width>5</WindowSize_Width>
<WindowSize_Height>5</WindowSize_Height>
<!-- corner sub pixel finding -->
<MinAccuracy>0.1</MinAccuracy>
<MaxIterations>30</MaxIterations>
</Settings>

</opencv_storage>

```

Figura 2.5: Esempio di file descrittore del target di calibrazione per la geometria del pannello usato in figura 2.6; i valori evidenziati sono quelli da modificare all'occorrenza.

La scelta delle acquisizioni di tali target deve essere tale che l'intero campo visivo della telecamera sia coperto da una sorta di mosaicatura dei target come essi appaiono nelle varie inquadrature: per maggiore chiarezza, un esempio di set di immagini è riportato in figura 2.6; si consiglia di usare almeno una decina di acquisizioni di questo genere, cosiddetti "piani di calibrazione generici". Inoltre è necessario che un'acquisizione ("piano di calibrazione $z=0$ ") sia ottenuta posizionando il target sul piano 0, cioè quello usato come riferimento per il background.

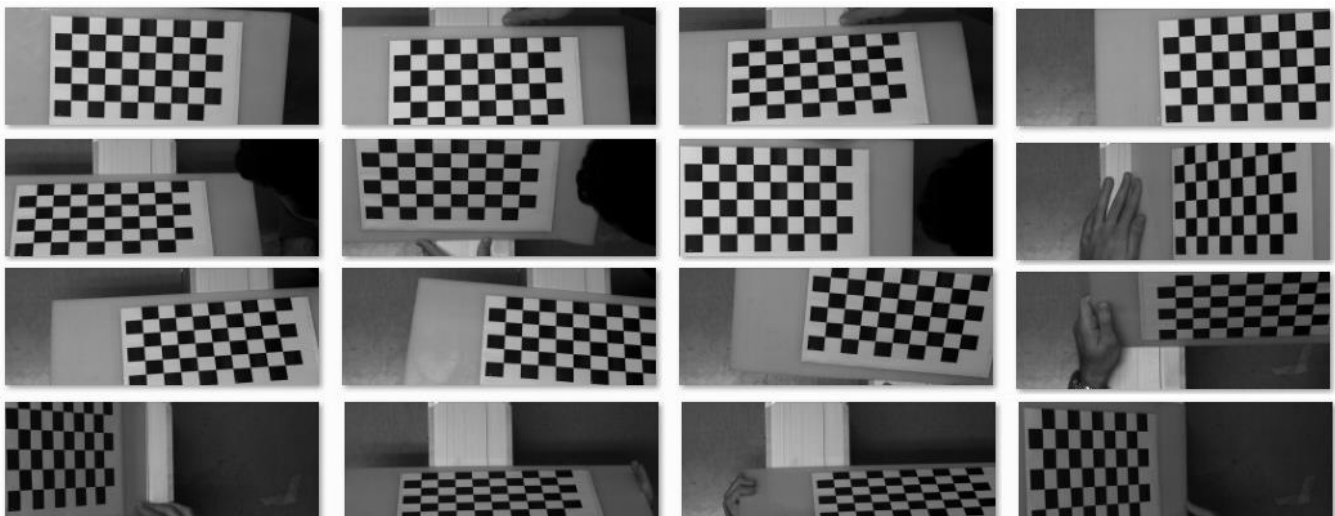
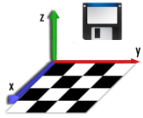
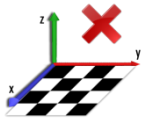
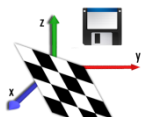


Figura 2.6: Esempio di un set di inquadrature utili alla calibrazione della camera. In alto a sinistra immagine del piano $z=0$.

Pulsante	Azione
	Apre il file descrittore del target di calibrazione. Tale apertura è necessaria per definire quale target di calibrazione si intende usare, e pertanto solo dopo questa azione, vengono resi attivi i pulsanti per la memorizzazione/eliminazione dei piani di calibrazione.
	Inizia l'acquisizione da parte della telecamera e rende attivo il pulsante  .

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

	Arresta l'acquisizione da parte della telecamera e rende attivo il pulsante  .
	Memorizza l'inquadratura come piano di calibrazione z=0..
	Cancella il piano di calibrazione z=0 memorizzato.
	Memorizza l'inquadratura come piano di calibrazione generico.
	Cancella il piano di calibrazione generico indicizzato dal cursore.
	Diventa attivo se almeno sei piani di calibrazione generici sono stati memorizzati, oltre al piano 0. Avvia il calcolo per determinare i parametri di calibrazione.

(segue)

Tabella 2.2: Funzionalità dei pulsanti della Calibrazione camera.

La procedura prevede i seguenti step:

1. caricare il file .cal, descrittore del pannello di calibrazione usato tramite  ;
2. effettuare il posizionamento e l'acquisizione del piano di calibrazione z=0, tramite  ;
3. effettuare il posizionamento e l'acquisizione di piani di calibrazione generici in un numero sufficiente a coprire l'intera ROI, tramite  (il sistema ne richiede almeno sei, prima di poter attivare lo step 6);
4. visualizzare il piano di calibrazione z=0 acquisito, nell'apposito tab di visualizzazione, verificando che l'acquisizione sia soddisfacente in termini di inquadratura e di contrasto degli angoli interni della scacchiera. Nel caso, è possibile effettuare la sua cancellazione tramite  , e ripeterne l'acquisizione;
5. visualizzare i vari piani di calibrazione generici acquisiti, nell'apposito tab di visualizzazione, verificando che l'acquisizione sia soddisfacente in termini di inquadratura e di contrasto degli angoli interni della

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

scacchiera (vedi sezione 2.4.3). Nel caso, è possibile effettuare la sua cancellazione tramite  , e ripeterne l'acquisizione;

6. lanciare il processing di calibrazione tramite  . Durante la procedura, viene visualizzata una barra a scorrimento arancione nella parte inferiore dell'interfaccia, e, nell'apposita finestra di output sottostante, indicato l'andamento del processing e le immagini che nel caso sono scartate (vedi figura 2.4). Al termine della procedura, che richiede diversi minuti, viene fornita la precisione e l'errore con cui l'operazione di calibrazione è stata compiuta. È possibile acquisire ulteriori piani di calibrazione, che si aggiungono a quelli già acquisiti, ripartendo dallo step 3, per ottenere una calibrazione più precisa.
7. specificare la risoluzione lungo z (dipende dal tipo di set up di illuminazione usato) in micron per frangia; la coordinata z viene calcolata da essa, moltiplicandola per $\psi/2\pi$ (ψ =fase srotolata).

8. salvare i parametri ottenuti in un file ".cnf" tramite  .

2.3 Visualizzazioni

Nell'area di visualizzazione di questo pannello sono presenti tre frame, ciascuno con uno scopo specifico.

2.3.1 Tab Monitor telecamera

Questo è il tab in primo piano, e mostra in tempo reale ciò che è inquadrato dalla telecamera, quando essa è stata messa in fase di ripresa tramite il pulsante  , la telecamera. È pertanto utile per decidere quando premere i pulsanti di acquisizione piani di calibrazione generici  o $z=0$  . Esempi di questo tab sono stati proposti nelle figure 2.1.

2.3.2 Tab Piano di calibrazione z=0

Questo tab rende visibile il frame relativo ai piani di calibrazione $z=0$, che viene acquisito attraverso il pulsante



Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 2.4.

2.3.3 Tab Piani di calibrazione generici

Questo tab colleziona e rende fruibili per successive visualizzazioni, i frame relativi ai piani di calibrazione

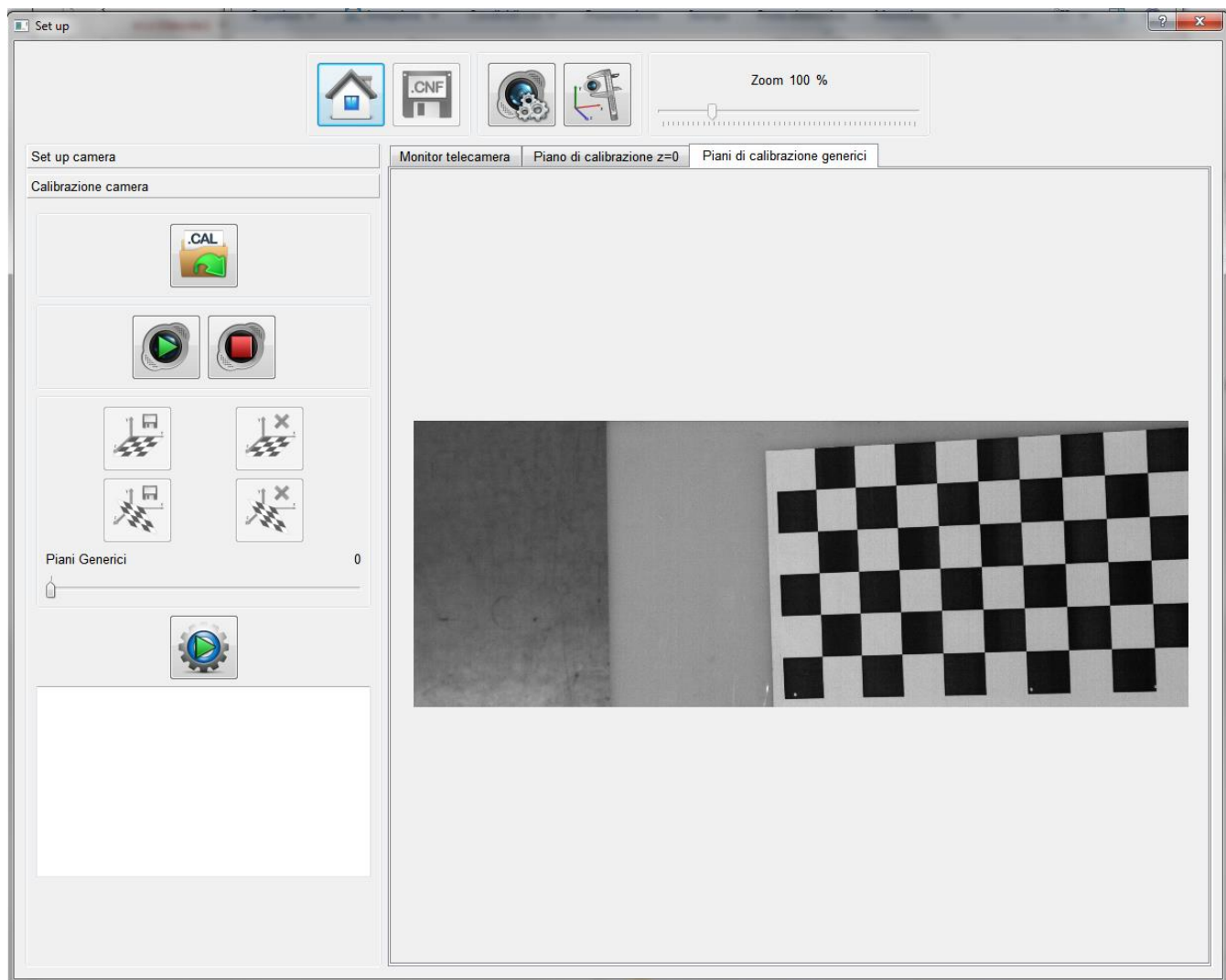


generici, che vengono acquisiti attraverso il pulsante  . Questo tab risulta in tutto simile a quello di visualizzazione del piano di calibrazione $z=0$, senonché in questo, è possibile passare da una immagine all'altra, attraverso una apposita scroll bar nel tab "Calibrazione camera".

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Nell'esempio di figura 2.7, il piano generico visualizzato è quello specificato come "11"; lo stesso piano è quello

soggetto alla cancellazione nel caso l'utente azionasse il tasto .



*Figura 2.7: Pannello di Set Up con il frame di visualizzazione Piani generici attiva.
La scroll bar "Piani Generici", all'interno del Pannello di Calibrazione camera, è usata per commutare la visualizzazione dei vari piani.*

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

3 Il Pannello di “Calibrazione della Fase”

3.1 Descrizione Generale

Il pannello di “Calibrazione della Fase” serve a creare una mappa 3D di associazione fase – quota z da usare per depurare le fasi che si otterranno durante la ricostruzione 3D.

Esso si presenta come descritto nella figura 3.1, con le consuete tre aree di operatività.

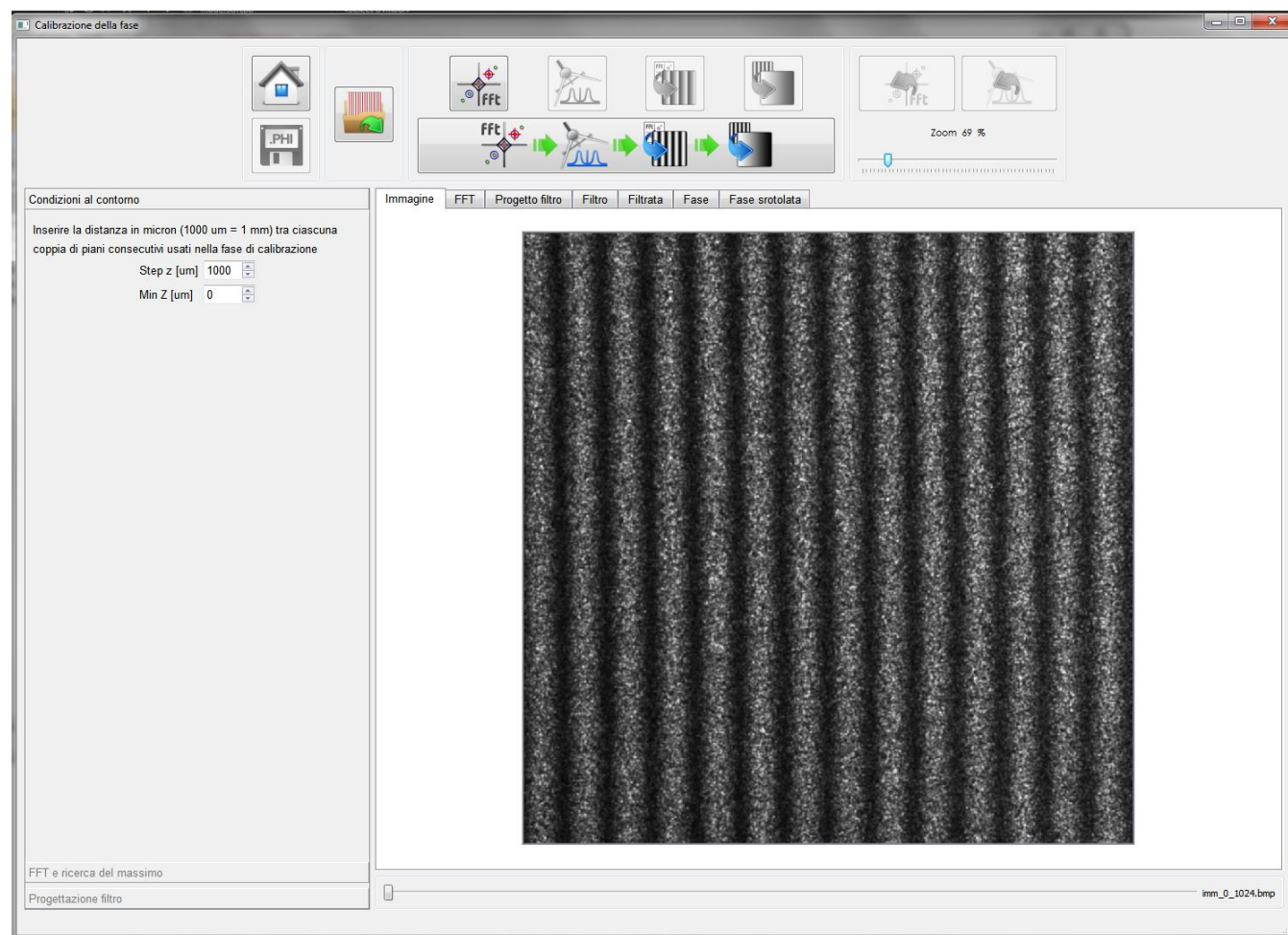
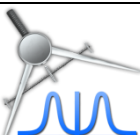


Figura 3.1: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab Condizioni al contorno attiva.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

3.2 Azioni

Le azioni consentite all'utente in questo pannello sono attuabili dai pulsanti nella parte superiore del pannello, e sono descritte nella Tabella 3.1 (N.B.: questi pulsanti, come tutti quelli di ciascuno degli altri pannelli, quando visualizzati in scala di grigio e non a colori, non sono attivabili.)

Pulsante	Azione
	Chiude il pannello e ritorna al Menù Home (vedi sezione 1).
	Quando pressato, attiva un pop up in cui l'utente sceglie il nome del file ".PHI" in cui vengono salvate le informazioni prodotte in questo workflow.
	Una volta pressato apre un pop up in cui è possibile selezionare il file da aprire contenenti le immagini acquisite per ciascuno dei piani usati nella procedura.
	Avvia la FFT e la ricerca automatica del massimo modale (il primo dopo la continua). La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".
	Avvia la progettazione del filtro di quadratura. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Progettazione filtro", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Filtro".
	Avvia il processo di quadratura, effettuando l'antitrasformata e la trasformata di Hilbert fino a generare la mappa delle fasi (non srotolate). Questo processo non richiede l'inserimento di alcun parametro, e pertanto non attiva nessuno dei tab di impostazione parametri, e soltanto pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Fase" per consentire una visualizzazione dei risultati.
	Avvia il processo di phase unwrapping e pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "fase srotolata".
	Riporta la catena di processing alla fase di "FFT e Ricerca del massimo", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".

(segue)

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

	Riporta la catena di processing alla fase di “Progettazione del filtro”, perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri “Progettazione filtro” (sezione 3.3.3), nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di “Filtro” (sezione 3.4.4).
---	--

Tabella 3.1: Funzionalità dei pulsanti del pannello di Definizione Background.

Oltre alle azioni sopra descritte, l’utente può scegliere di adoperare la “macro ALL IN ONE” attivabile dal pulsante in figura 3.2. Premendo tale pulsante, le operazioni vengono effettuate, dal punto della catena di processing in cui si è al momento, usando i parametri di configurazione di default o come sono stati settati nell’ultimo uso (a meno delle coordinate del massimo che sono quelle che vengono rilevate automaticamente sulle FFT delle immagini oggetto dell’elaborazione).

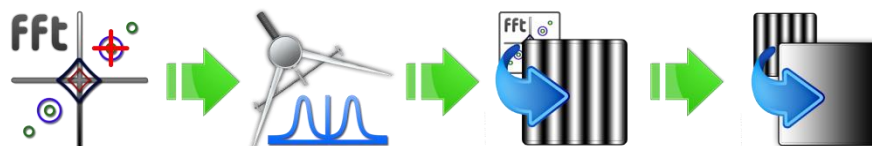


Figura 3.2: Macropulsante “ALL IN ONE” per effettuare con un’unica azione la sequenza di step previsti dalla catena di processing.

L’utente può comunque, una volta lanciata la macro ALL IN ONE, verificare i risultati, e nel caso usare i pulsanti di

ritorno indietro ad una specifica fase ( , ) per re-impostare alcuni parametri e ripartire da quello step.

Infine, l’utente può impostare il fattore di zoom delle immagini visibili nel tab di Visualizzazione, tramite l’apposito cursore. Una sua impostazione ha effetto indipendente su ogni tab di visualizzazione.

3.3 Tab di impostazione parametri

Nell’area di impostazione dei parametri di questo pannello sono presenti quattro tab ciascuno preposto all’inserimento di parametri utili in un terminato step di processing e definizione del background.

3.3.1 Tab Condizioni al Contorno

In questo tab (vedi Fig.3.1) occorre inserire negli appositi spin box lo step con cui è stata variata la quota z dei vari piani, e la quota da assegnare al piano più prossimo.

Le misure vanno inserite in micron (1000 micron=1 millimetro).

3.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo

Il tab FFT e ricerca del massimo viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o  . In questo step, viene ricercato il massimo sul quale effettuare il filtro di quadratura, ed una volta attivato, abilita la visualizzazione dell’ampiezza della FFT, ponendo in primo piano, fra i tab di visualizzazione quello relativo a FFT.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Allo scopo di effettuare una efficace ricerca automatica del massimo del primo modo, successivo alla continua, il sistema effettua un filtraggio passabasso di tipo gaussiano, e pertanto, l'interfaccia richiede la dimensione, in pixel, del kernel di tale filtro. **È importante sottolineare che questo filtraggio ha effetto solo nella ricerca del massimo, ma non muta la FFT originale su cui poi viene effettuato il filtraggio in quadratura.**

Effettuato il filtraggio, il sistema determina il massimo che sarà usato come punto di partenza per il disegno del profilo del prossimo step.

Il sistema evidenzia il massimo con un pallino nero, e sovrappone una semiretta marcata periodicamente in funzione della distanza del massimo dal centro dello spettro per consentire una verifica intuitiva della accuratezza della selezione: infatti, in condizioni ottimali, le repliche equidistanti marcate sulla semiretta dovrebbero essere posizionate su massimi locali dello spettro.

È comunque possibile spostare le coordinate rilevate automaticamente flaggando il check box “Modifica la detection automatica” e procedere, selezionando in maniera opportuna il radio button, o “numericamente” (inserendo i valori nelle apposite spin box coordinata X e coordinata Y), o “attraverso il mouse” (trascinando il massimo con il mouse tenendo cliccato il tasto sinistro).

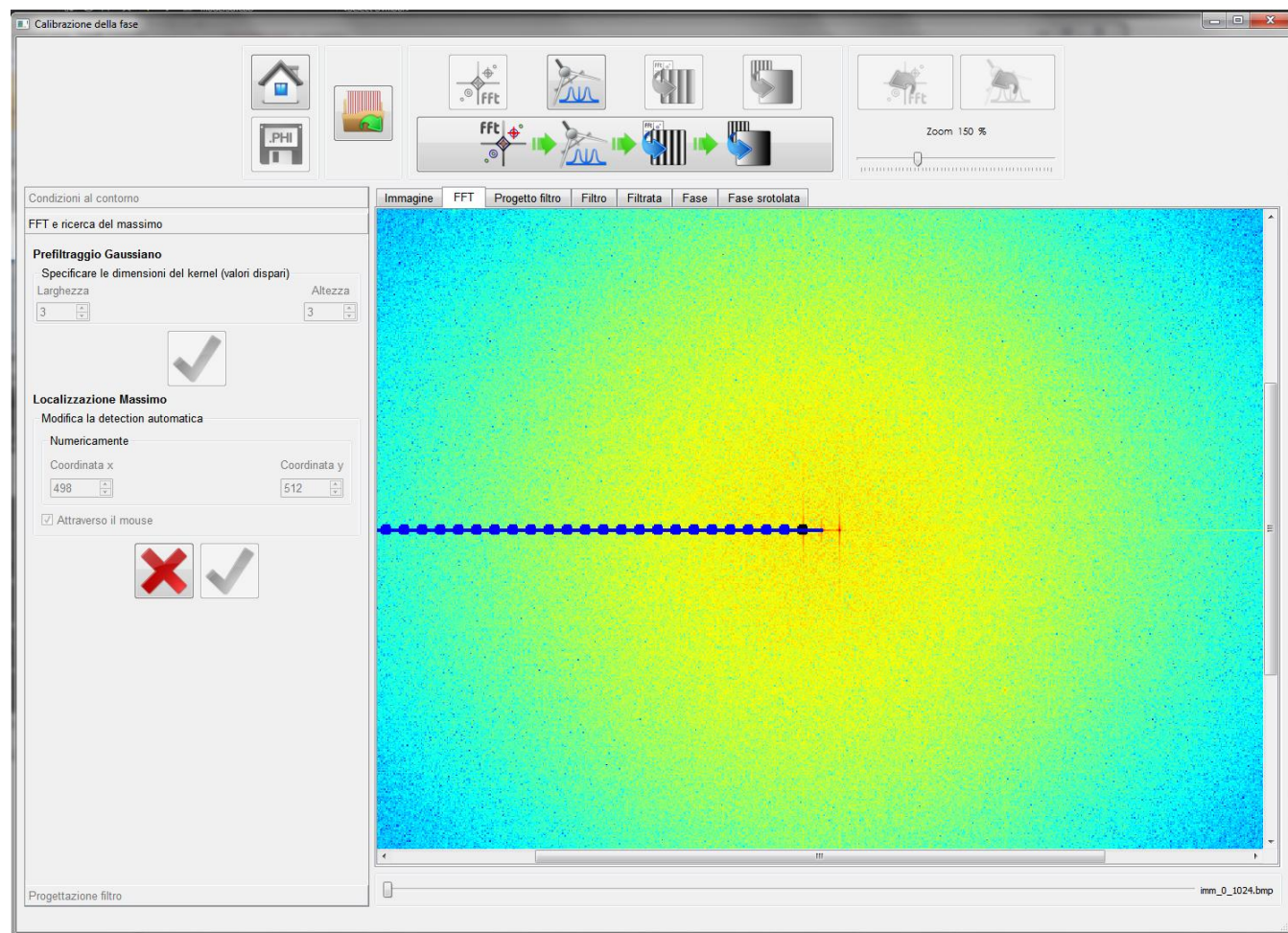
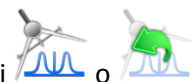


Figura 3.3: Pannello di “Definizione Background” con la tab FFT e ricerca del massimo attiva.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

3.3.3 Tab Progettazione filtro



Il tab Progettazione filtro viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o .

In generale i filtri ottenibili sono descritti da due perimetri, uno interno ed uno esterno, che racchiudono il massimo selezionato nello step precedente.

Tutti i punti racchiusi dal perimetro interno verranno filtrati con un fattore di amplificazione unitario; tutti quelli esterni al perimetro esterno verranno annullati, mentre quelli compresi fra i due perimetri subiranno una attenuazione lineare che da 1 arriva a 0, a mano a mano che si allontanano dal perimetro interno avvicinandosi a quello esterno. In tal modo, il perimetro esterno realizza un cosiddetto “1° Taglio”, e quello esterno il “2° Taglio”.

La corona di attenuazione lineare fra i due tagli può essere omessa (realizzando cioè un profilo a gradino) selezionando un perimetro interno sovrapposto al perimetro esterno (due tagli coincidenti), in tal modo resettando tutti i punti esterni al perimetro, e mantenendo inalterati quelli interni.

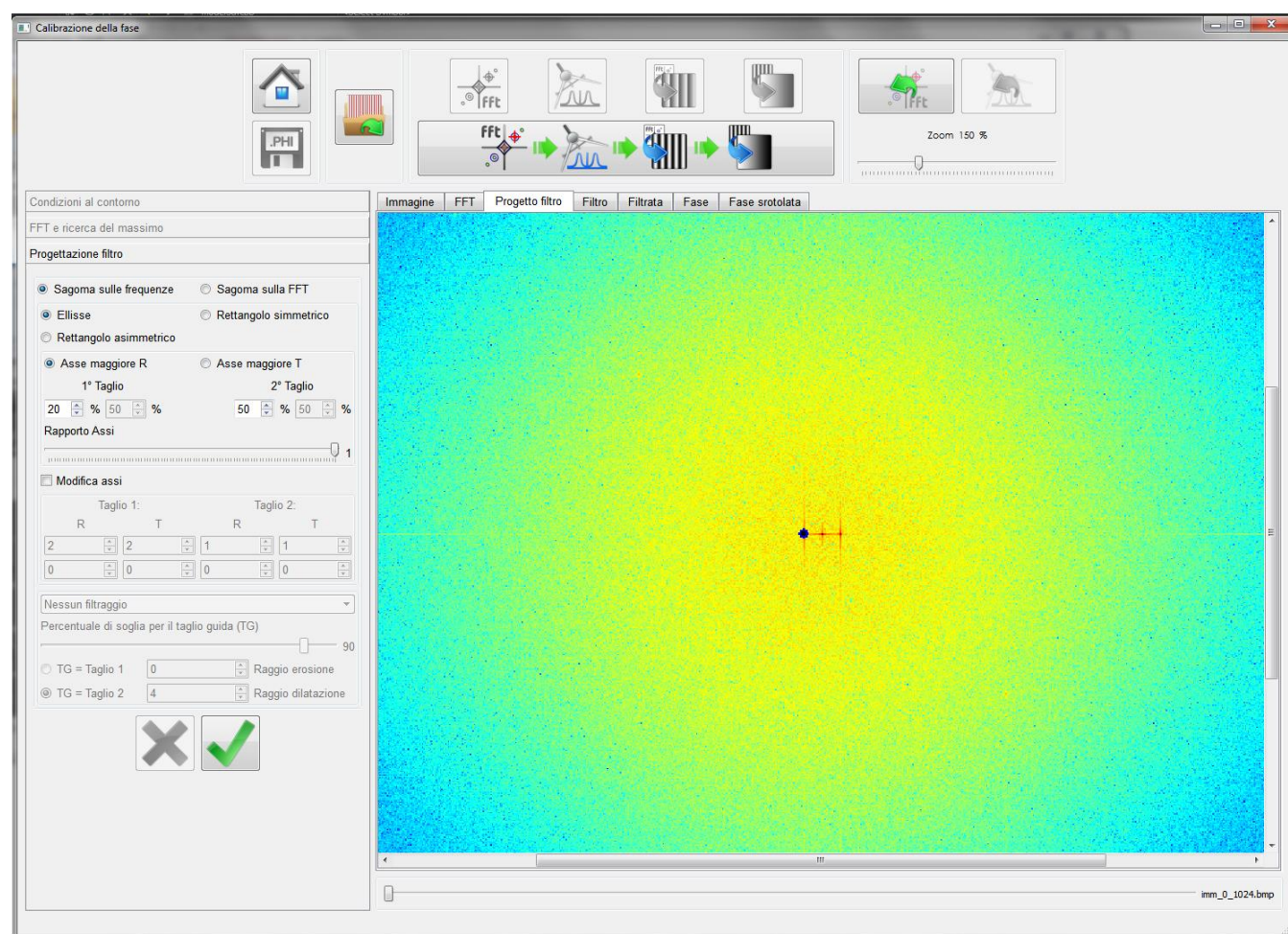


Figura 3.4: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab Progettazione filtro attiva.

Il tool consente il disegno dei perimetri secondo due modalità:

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

1. Sagoma sulle frequenze;
2. Sagoma sulla FFT;

che vengono descritte nel seguito.

3.3.3.1 Filtro costruito secondo le frequenze

Selezionando la scelta Sagoma sulle frequenze, i perimetri assumono una forma geometrica fra ellisse, rettangolo simmetrico (rispetto al massimo) o asimmetrico, i cui assi sono definiti nel piano delle frequenze.

Una volta selezionata la forma geometrica, i parametri da inserire sono:

- Radio button “Asse Maggiore R” / “Asse Maggiore T”: poiché la sagoma (ellisse o rettangolo) del profilo che si sta disegnando viene orientata lungo la direzione che congiunge il massimo modale con l’origine dello spettro (direzione radiale), questo pulsante serve a specificare se l’asse maggiore della sagoma è quello giacente sulla direzione radiale (“Asse Maggiore R”), o viceversa, su quella tangenziale, ad essa ortogonale (selezionare quindi “Asse Maggiore T”).
- Spin box “1° Taglio”: è la percentuale che viene applicata alla distanza d tra l’origine ed il massimo su cui è calato il filtro. Essa quindi determina la lunghezza del semiasse dell’ellisse o del rettangolo che fungono da profilo esterno. Nel caso di rettangolo asimmetrico, il primo spin box è usato per definire il semiasse destro (nel caso si sia selezionato asse maggiore R) o quello inferiore (nel caso si sia selezionato asse maggiore T), e viene reso attivo anche il secondo spin box per inserire la percentuale utile a definire il semiasse sinistro (asse R) e quello superiore (asse T) che non necessariamente coincidono con quello del primo spin box, per via dell’asimmetria.

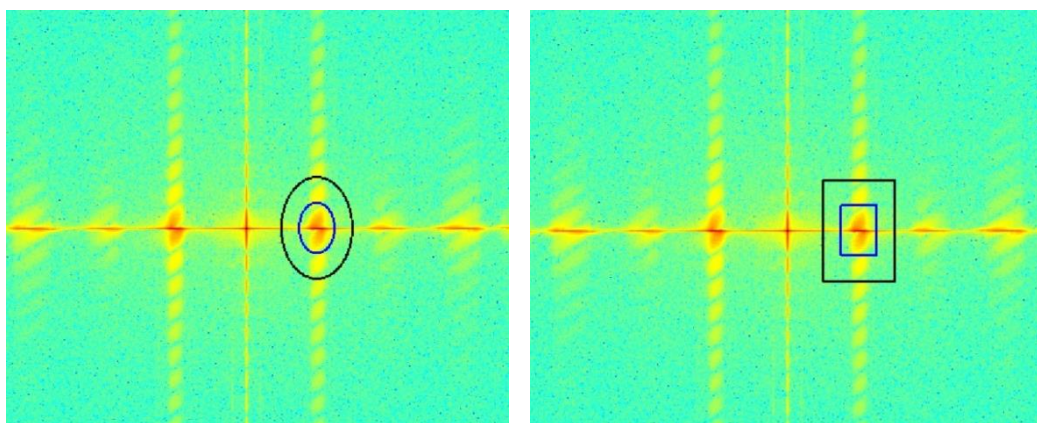


Figura 3.5: Esempio di filtro ellisse e rettangolo.

- Spin box “2° Taglio”: è la percentuale che viene applicata alla distanza tra il punto del 1° Taglio, determinato precedentemente, e il massimo, per individuare la distanza a cui collocare il 2° Taglio rispetto al 1° Taglio, e quindi, indirettamente, la misura del semiasse del rettangolo o dell’ellisse interno. Anche in questo caso, se la geometria scelta è quella del rettangolo asimmetrico, risulta attivo un secondo spin box per l’inserimento del valore relativo al semiasse sinistro (nel caso si sia selezionato asse maggiore R) o quello superiore (nel caso si sia selezionato asse maggiore T).

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Specificando una percentuale pari a 0, i due tagli coincideranno e si realizzerà un filtro a gradino.

*Esempio: supponiamo un picco di massimo distante dall'origine dello spettro 1200, una scelta per il 1° Taglio e per il 2° Taglio rispettivamente del 40% e del 10%. Allora il perimetro esterno avrà un semiasse pari a $1200 * 40\% = 480$ ed il perimetro interno disterà dal perimetro esterno $480 * 10\% = 48$, avendo quindi un semiasse di 432.*

- Cursore “Rapporto assi”: una volta definiti i semiasse lungo la direzione radiale del perimetro esterno (1° Taglio) ed interno (2° Taglio), tramite questo cursore è possibile fissare il rapporto fra asse minore e asse maggiore, determinando così indirettamente, la misura degli assi lungo la direzione tangenziale, e quindi completare la definizione del perimetri del filtro.

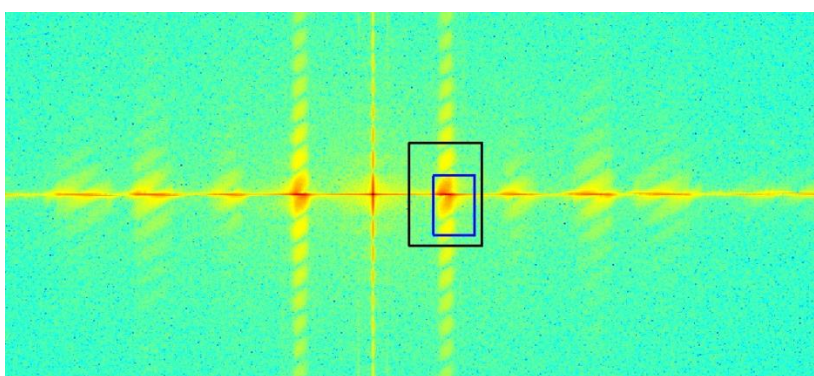


Figura 3.6: Esempio di filtro rettangolo asimmetrico.

- Check box “Modifica Assi”: questa opzione è prevista per garantire la massima flessibilità nella definizione dei perimetri. Infatti, se spuntata, si rende possibile l’inserimento manuale delle dimensioni (in termini assoluti) degli assi geometrici per entrambi i tagli. Come sopra, gli spin box della prima riga sono utilizzati per tutti i tipi di forma, ed in particolare, nel caso del rettangolo asimmetrico gestiscono il semilato destro (nel caso si sia selezionato asse maggiore R) o il semilato inferiore (nel caso si sia selezionato asse maggiore T) del rettangolo stesso. Gli spin box nella seconda riga (attivi solo per il rettangolo asimmetrico) servono a definire il semilato sinistra (asse maggiore R) o il semilato superiore (asse maggiore T) del rettangolo.

3.3.3.2 Filtro costruito secondo la FFT

Come detto, questa opzione può essere scelta in alternativa alla Sagoma sulle frequenze. La differenza sostanziale è che in questo caso la geometria dei perimetri viene determinata basandosi sul valore della FFT (piuttosto che sui valori delle frequenze e la loro distanza dal massimo modale), con due approcci selezionabili alternativamente e chiamati “ellittici” e “curve isolivello”. Descriviamo nel seguito l’uso e il significato dei vari parametri.

- Spin box di prefiltraggio: Poiché i perimetri del filtro, come detto, in questo approccio dipendono dal valore della FFT, l’utente può decidere se applicare un prefiltraggio di smoothing. Di default non viene applicato nessun filtraggio, in alternativa è possibile scegliere tra due diversi tipi di filtro (Gaussiano e

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Bilaterale); a seconda dell'opzione compiuta, si aprirà una finestra che permetterà di settare i parametri del filtro corrispondente (figura 3.7).

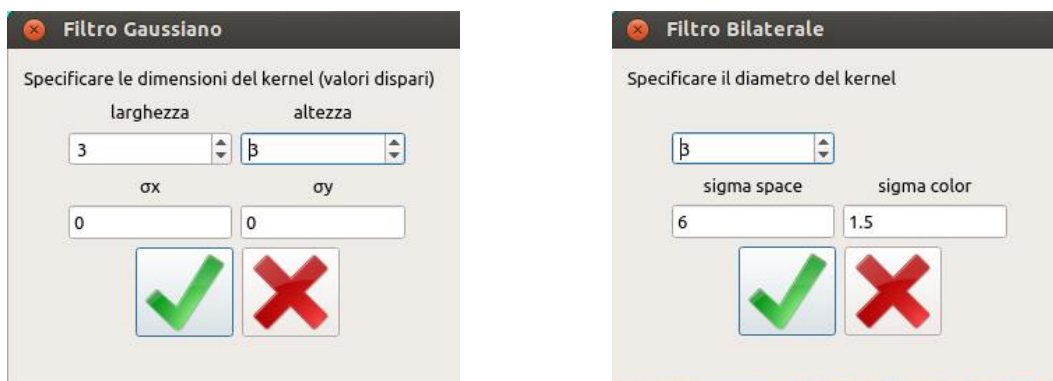


Figura 3.7: finestre pop up per la specifica dei parametri di prefiltraggio, nel caso del filtro gaussiano e del filtro bilaterale.

- Per il filtro gaussiano: dimensione della finestra (larghezza e altezza, che devono essere dispari), la varianza lungo x e la varianza lungo y. In caso di dimensioni nulle, esse vengono automaticamente impostate dai valori delle varianze.
- Per il bilaterale: diametro della finestra; sigma color (sigma nello spazio dei colori: un valore più largo indica che pixel con colori simili si influenzeranno a vicenda); sigma space (sigma nello spazio delle coordinate, un valore più largo implica l'influenza di un maggior numero di pixel. Il valore di questo parametro inoltre, specifica implicitamente il diametro, se esso è stato impostato = 0).

È importante sottolineare che questo prefiltraggio ha effetto solo nella determinazione dei profili di taglio, ma non muta la FFT originale su cui poi viene effettuato il filtraggio in quadratura.

- Corsore “Soglia di taglio guida”: è la percentuale che viene applicata al valore del picco di massimo della FFT. Essa quindi determina la curva di livello su cui fare passare il taglio che diventa esterno (e quindi “1° Taglio”) o interno (e quindi “2° Taglio”) a seconda della spin box “TG = Taglio 1” o “TG = Taglio 2” scelta come di seguito descritto. In figura 3.9 è mostrato a scopo esemplificativo un filtro con valore di soglia troppo bassa (a sinistra) e quindi inefficace, in quanto includente la componente continua; il valore di soglia impostato correttamente genera invece il filtro mostrato a destra.

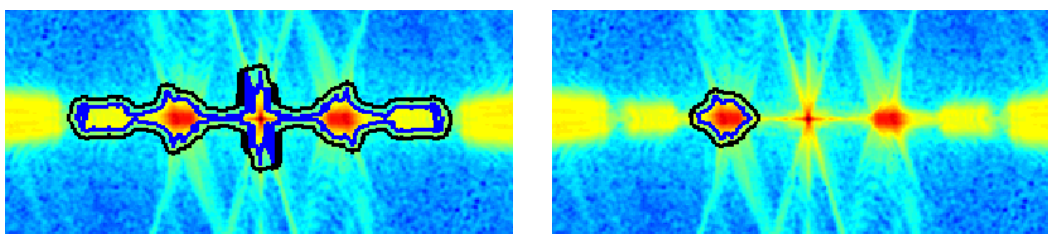


Figura 3.8: Profilo di un filtro costruito secondo la FFT nel caso di soglia troppo bassa (sinistra) e nel caso di valore correttamente impostato (a destra).

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

- Spin box “TG = Taglio 1”: è alternativa alla spin box “TG = Taglio 2”; se selezionata, attribuisce il ruolo di “1° Taglio” al taglio guida, e colloca il “2° Taglio” in maniera concentrica al taglio guida tramite un processo di erosione condotto tramite un supporto circolare di raggio pari al valore specificato nella spin box. Specificando un raggio di erosione pari a 0, i due tagli coincideranno e si realizzerà un filtro a gradino.
- Spin box “TG = Taglio 2”: è alternativa alla spin box “TG = Taglio 1”; se selezionata, attribuisce il ruolo di “2° Taglio” al taglio guida, e colloca il “1° Taglio” in maniera concentrica al taglio guida tramite un processo di dilatazione condotto tramite un supporto circolare di raggio pari al valore specificato nella spin box. Specificando un raggio di dilatazione pari a 0, i due tagli coincideranno e si realizzerà un filtro a gradino.

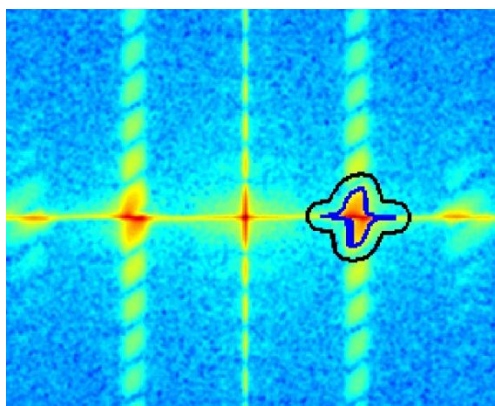


Figura 3.9: Esempio di filtro secondo la FFT, dopo aver applicato un prefiltraggio Gaussiano.

Infine, a prescindere dalla tipologia di filtro costruito (secondo la sagoma in coordinate, o secondo la sagoma sui valori), i pulsanti  e  sono usati rispettivamente per confermare (avviando la fase di calcolo dello step) o annullare, riattivando la possibilità di reinserire nuovi parametri.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

3.4 Visualizzazioni

Nell'area di visualizzazione di questo pannello sono presenti sette tab, ciascuno con uno scopo specifico.

3.4.1 Tab Immagine

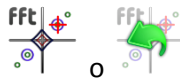
Questo tab (visibile in figura 3.1) mostra le immagini aricate da disco a seguito dell'azione attivata dal pulsante



Lo switch fra una immagine e la successiva avviene tramite uno slider posizionato nella parte inferiore del frame. **Il sistema assume che i file relativi alle immagini siano ordinati in ordine alfabetico in ragione della loro distanza dall'obiettivo, ciascuna equidistanziata della misura specificata nel pannello di Condizioni al contorno, come ad esempio "immagine0.png", "immagine1.png", "immagine2.png", ecc.**

Si raccomanda pertanto di nominare propriamente i file relativi a ciascuna delle immagini per una corretta creazione della mappa 3D.

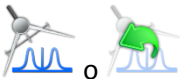
3.4.2 Tab FFT



Viene attivata attraverso  o  e mostra l'ampiezza della FFT. Sempre nello stesso tab è visualizzata la ricerca del massimo alla base del filtraggio di quadratura.

Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 3.4.

3.4.3 Tab Progetto Filtro



Viene attivata attraverso  o .

Nella figura 3.5 viene mostrato il tab di visualizzazione; in fase operativa, variando i parametri del filtro, esso mostra in tempo reale come il profilo del filtro cambia. Alcuni esempi di profili, sono quelli mostrati nelle figure 3.5, 3.6, 3.8 e 3.9.

3.4.4 Tab Filtro

Viene attivata una volta che le opzioni di progetto del filtro sono state confermate tramite la pressione del tasto



nel tab "progettazione filtro", mostra il filtro implementato.

Nella figura 3.5 viene mostrato il tab di visualizzazione, una volta che la creazione del filtro è avvenuta.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

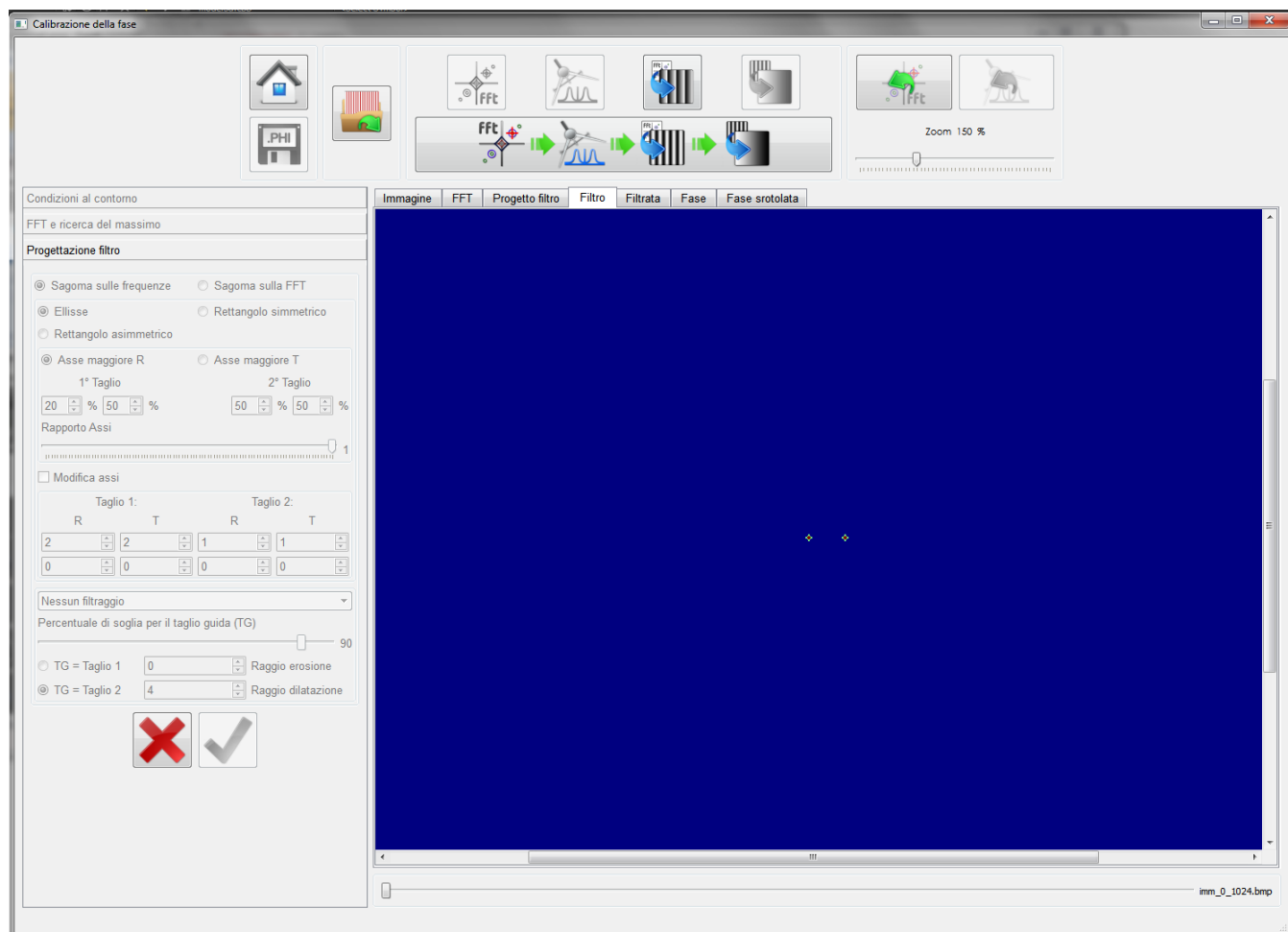


Figura 3.10: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab di visualizzazione Filtro attiva, dopo aver confermato le opzioni relative alla progettazione del filtro in figura 3.5.

3.4.5 Tab Filtrata



Viene attivata attraverso  e mostra la Fase dell’immagine prima dello srotolamento. Un esempio di questo tab è proposto nella figura 3.11.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

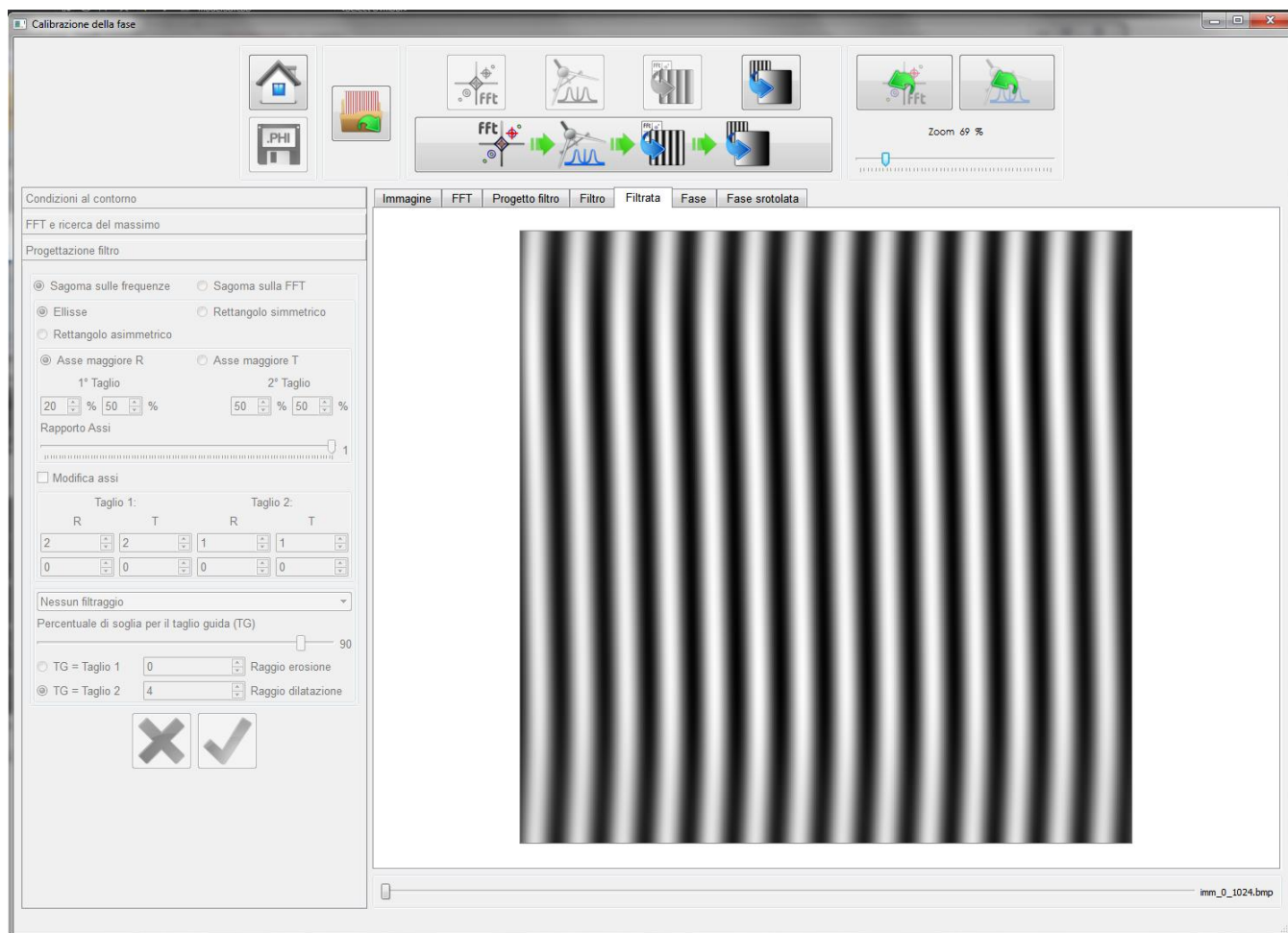


Figura 3.11: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab di visualizzazione Filtro attiva, dopo aver confermato le opzioni relative alla progettazione del filtro in figura 3.5.

3.4.6 Tab Fase



Viene attivata attraverso  e mostra la Fase dell'immagine prima dello srotolamento. Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 3.12.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

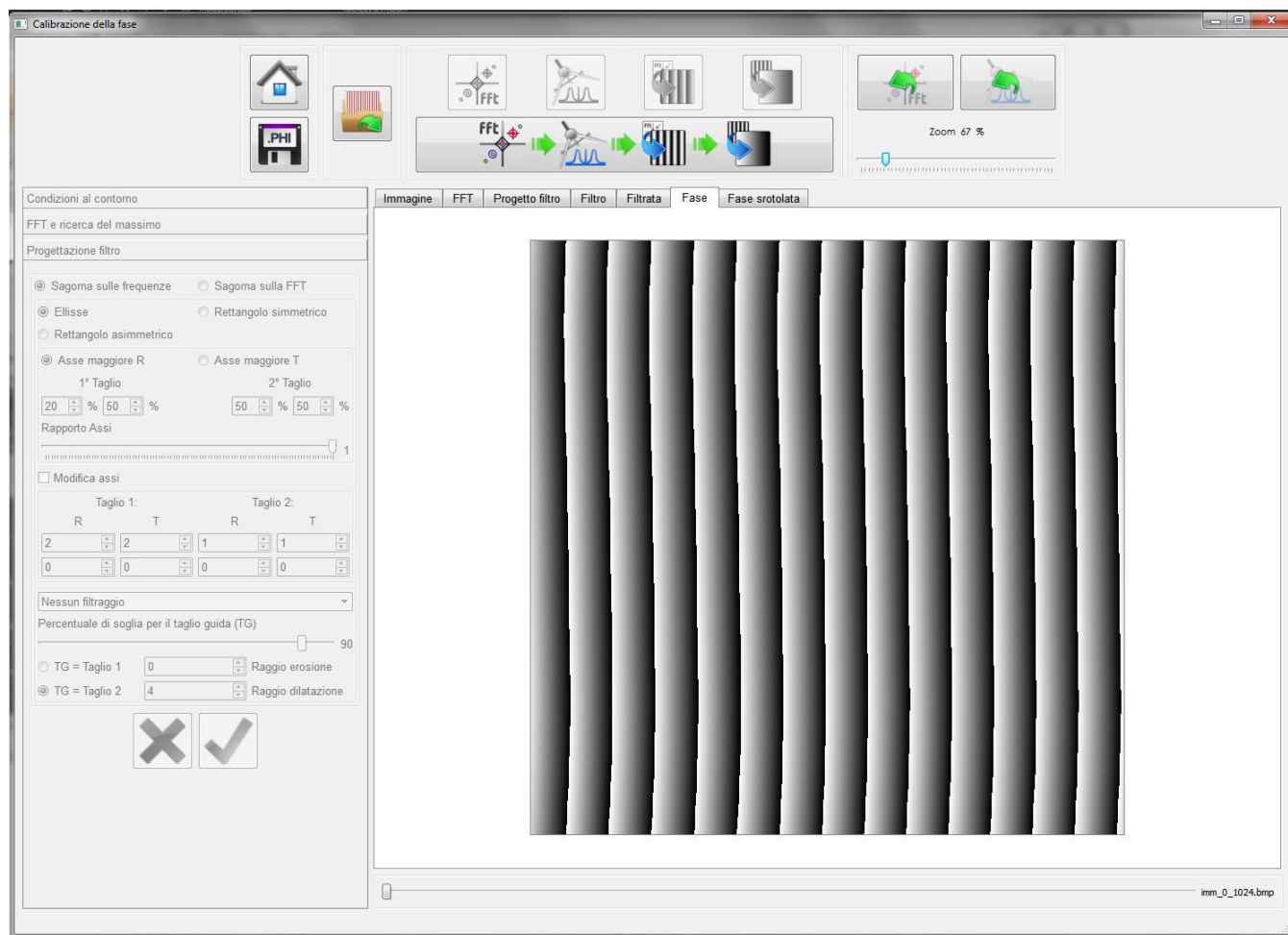


Figura 3.12: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab di visualizzazione Fase attiva.

3.4.7 Tab Fase srotolata



Viene attivata attraverso  o  e mostra la Fase dopo lo srotolamento. Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 3.13.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

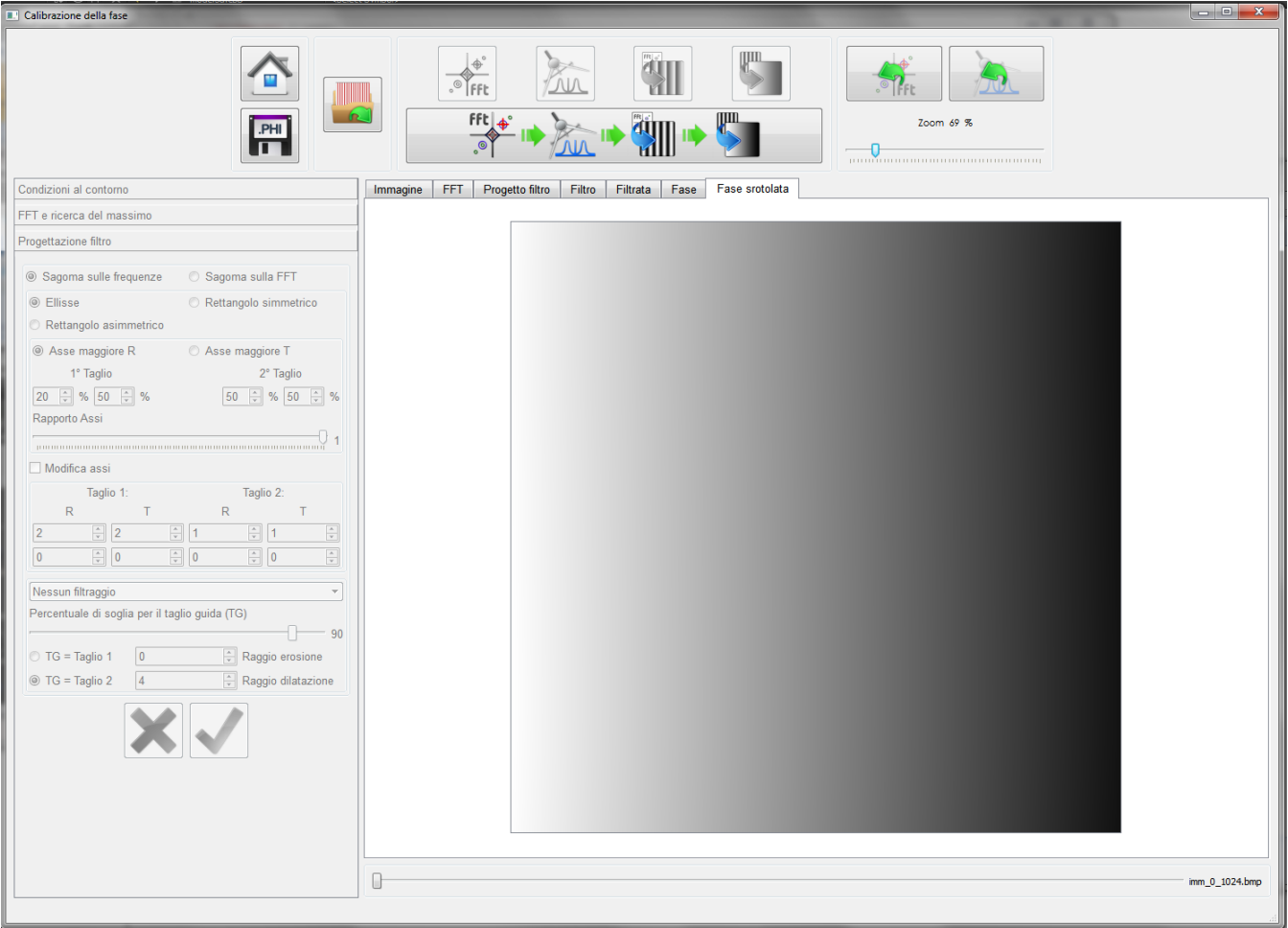


Figura 3.13: Pannello di “Calibrazione della Fase” con la tab di visualizzazione Fase srotolata attiva.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

4 Il Pannello di “Calibrazione del Contrasto”

4.1 Descrizione Generale

Il pannello di “Calibrazione del Contrasto” serve ad addestrare il classificatore che determinerà gli offset multipli di 2π (salti di fase) durante la procedura di unwrapping per le immagini acquisite con entrambi i proiettori attivi. Esso si presenta come descritto nella figura 4.1, con le consuete tre aree di operatività.

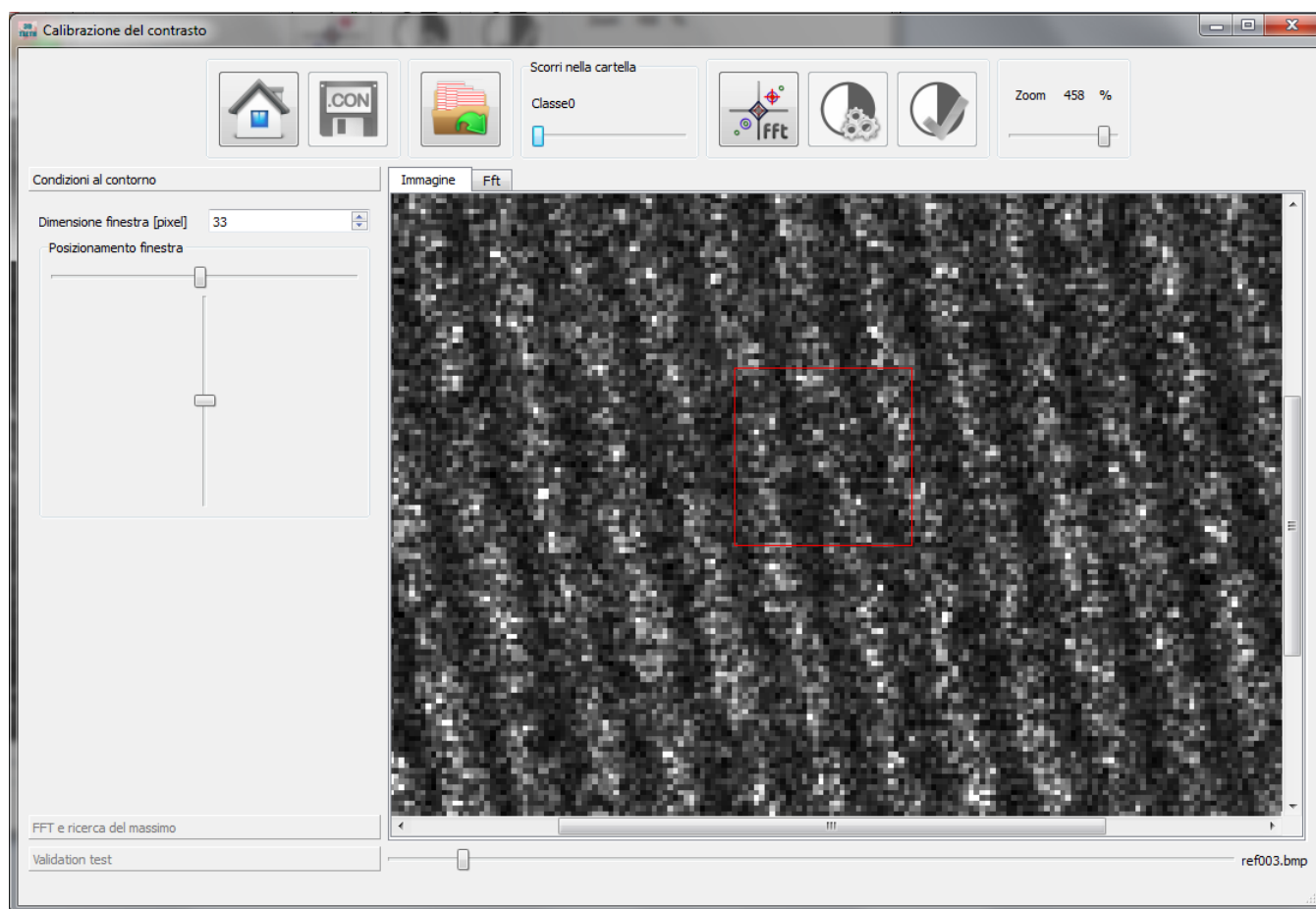


Figura 4.1: Pannello di “Calibrazione del contrasto”, con il tab condizioni al contorno attivo ed una immagine della classe 0 visualizzata.

4.2 Azioni

Le azioni consentite all’utente in questo pannello sono attuabili dai pulsanti nella parte superiore del pannello, e sono descritte nella Tabella 4.1 (N.B.: questi pulsanti, come tutti quelli di ciascuno degli altri pannelli, quando visualizzati in scala di grigio e non a colori, non sono attivabili.)

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Pulsante	Azione
	Chiude il pannello e ritorna al Menù Home (vedi sezione 1).
	Quando pressato, attiva un pop up in cui l'utente sceglie il nome del file ".CON" in cui vengono salvate le informazioni prodotte in questo workflow.
	Una volta pressato apre un pop up in cui è possibile selezionare la cartella contenente una serie di sottocartelle, ciascuna delle quali contengono una serie di immagini di contrasto acquisite per ciascuno dei piani usati nella procedura (una cartella per ogni piano) da usare nell'addestramento. Operata questa scelta, è possibile selezionare la cartella contenente una serie di sottocartelle analoghe, da usarsi per la fase di validazione.
	Effettua la FFT su tutte le immagini delle cartelle usate per la fase di training e determina il picco legato alla frequenza del contrasto.
	Avvia la procedura di addestramento e la creazione delle reti neurali. Questa fase può richiedere diversi minuti.
	Se l'utente ha selezionato una cartella con il set di validazione, è possibile, tramite questo pulsante avviare la fase di validazione in cui verranno evidenziati e computati gli errori di classificazione sul set di training.

Tabella 4.1: Funzionalità dei pulsanti del pannello di Calibrazione del Contrasto.

Sulla stessa barra delle funzionalità, uno slider consente di switchare le singole cartelle ("scorri nella cartella"), una volta selezionate per visualizzare nei pannelli di visualizzazione le immagini di una classe piuttosto che di un'altra.

Infine, l'utente può impostare il fattore di zoom delle immagini visibili nel tab di Visualizzazione, tramite l'apposito cursore.

4.3 Tab di impostazione parametri

In questo workflow, esistono 3 frame di impostazione parametri, ciascuna legata ad uno scopo specifico.

4.3.1 Tab Condizioni al Contorno

Questo tab diventa attivo una volta che l'operatore, tramite il pulsante  ha selezionato la cartella contenente le sottocartelle di training.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Il sistema assume che i nomi delle sottocartelle relative alle classi siano ordinate in ordine alfabetico in ragione della loro distanza dall'obiettivo, ciascuna equidistanziata da un salto di fase di 2π . Ad esempio "CartellaImmaginiContrasto0", "CartellaImmaginiContrasto1", "CartellaImmaginiContrasto2", ecc. I nomi dei file delle singole immagini all'interno delle cartelle non sono soggetti a nessun vincolo. Si raccomanda pertanto di nominare propriamente le cartelle relative a ciascuna delle immagini per una corretta creazione della struttura di classificazione.

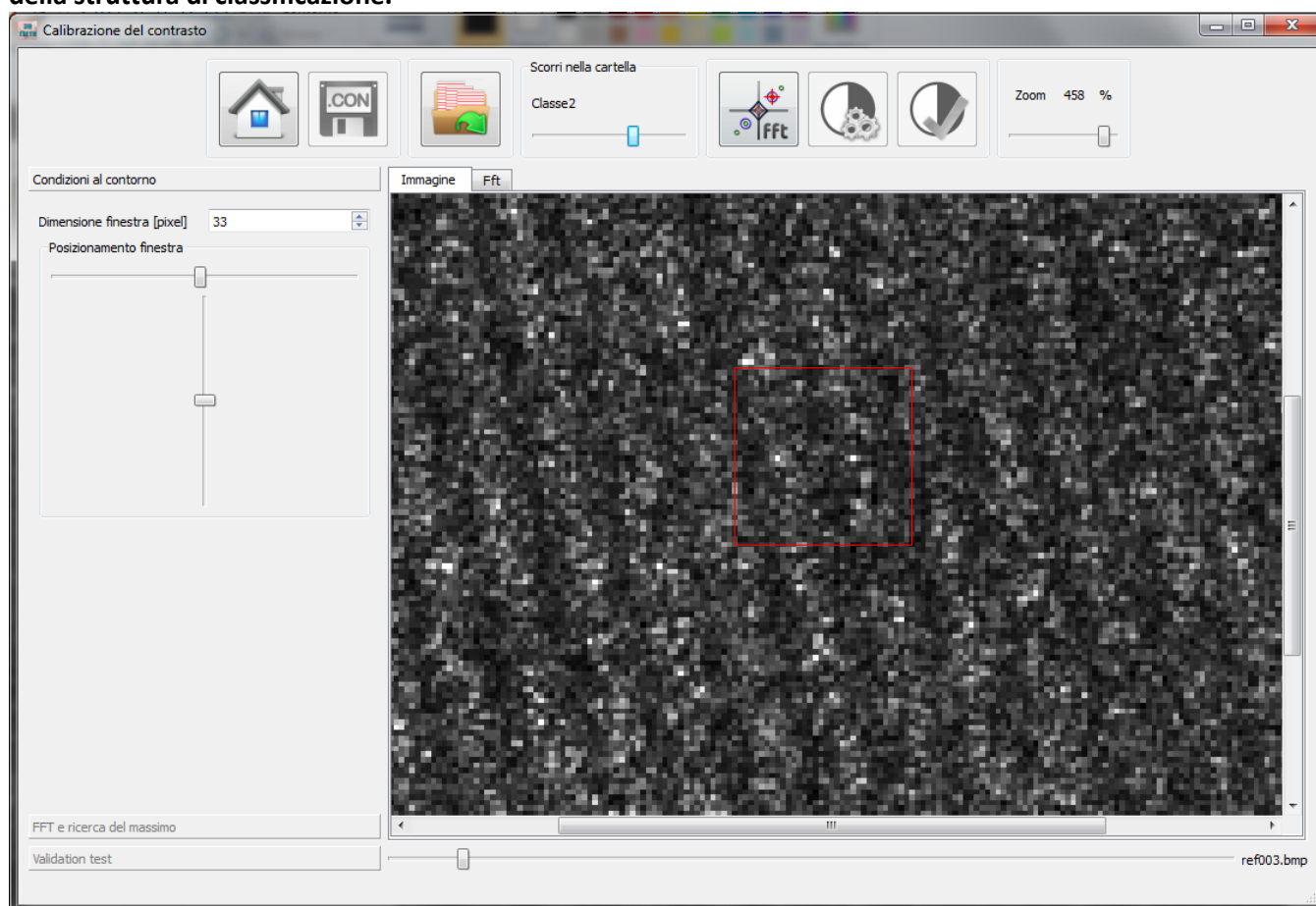


Figura 4.2: Pannello di "Calibrazione del contrasto", con il tab condizioni al contorno attivo ed una immagine della classe 2 visualizzata.

Essenzialmente in questo tab occorre inserire la dimensione della finestra quadrata che viene data in input su cui si basa tutta l'operazione di classificazione del pixel al suo centro. È opportuno che essa sia grande a sufficienza per contenere almeno un paio di periodi (che vanno da un massimo a un minimo di intensità): allo scopo un riquadro rosso nell'area di visualizzazione mostra in real time una finestra della dimensione selezionata. Tale finestra può essere posizionata ovunque nell'immagine, tramite due opportuni cursori di "Posizionamento Finestra". Si noti che il posizionamento non ha effetto sulla computazione, serve solo a visualizzare meglio se la dimensione che si è scelta è opportuna o meno.

L'operazione descritta va fatta una sola volta per tutte le classi.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

4.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo



Il tab FFT e ricerca del massimo viene attivato dalla pressione del pulsante .
In questo step, viene ricercato il massimo sul quale basare l'analisi del contrasto, ed una volta attivato, abilita la visualizzazione dell'ampiezza della FFT, ponendo in primo piano, il tab di visualizzazione relativo alla FFT.

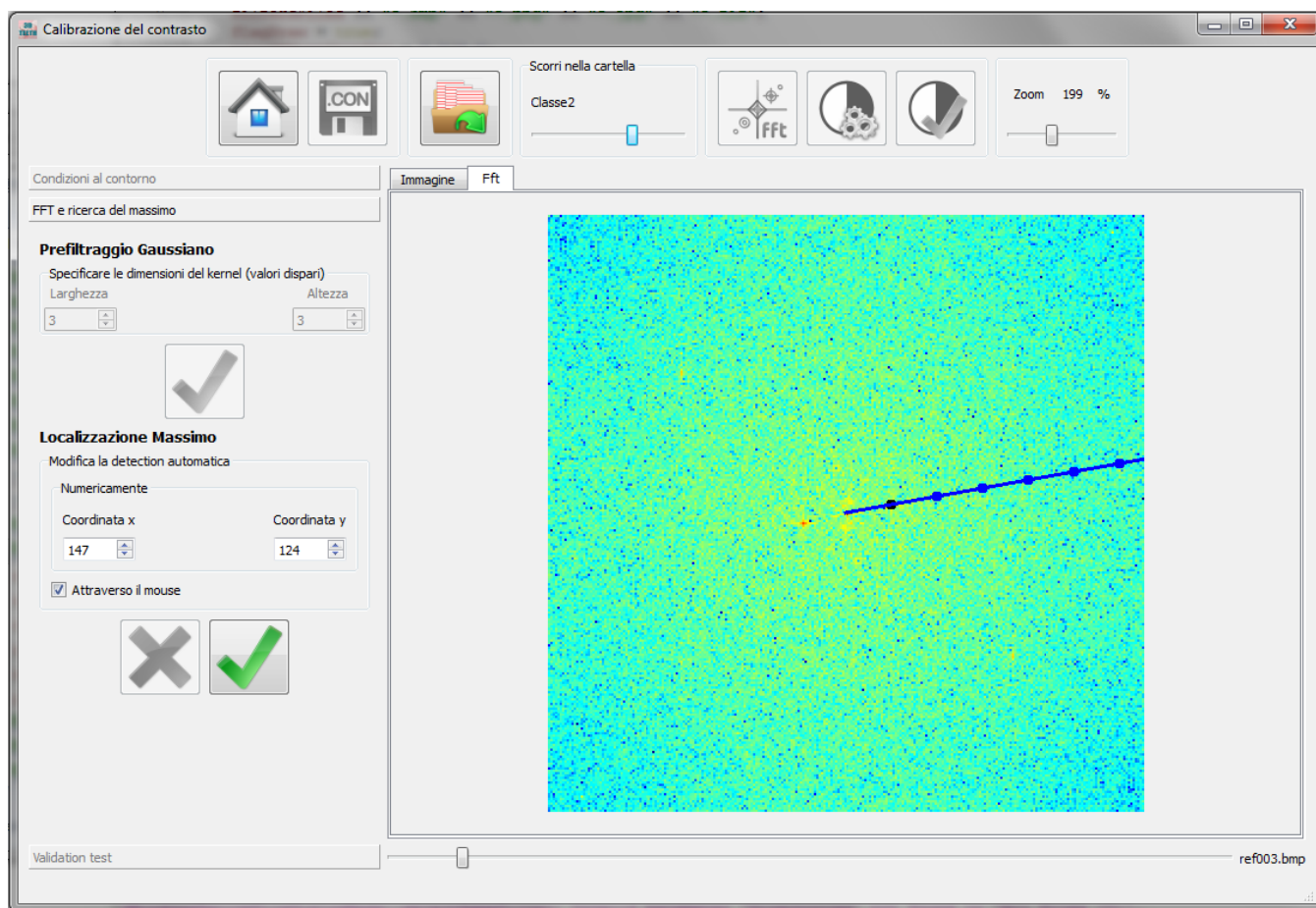


Figura 4.3: Pannello di "Calibrazione del contrasto", con il tab FFT e localizzazione del massimo attivo ed una immagine della classe 2 visualizzata.

Allo scopo di effettuare una efficace ricerca automatica del massimo del primo modo, successivo alla continua, il sistema effettua un filtraggio passabasso di tipo gaussiano, e pertanto, l'interfaccia richiede la dimensione, in pixel, del kernel di tale filtro. **È importante sottolineare che questo filtraggio ha effetto solo nella ricerca del massimo, ma non muta la FFT originale su cui poi viene effettuata l'analisi del contrasto.**

Effettuato il filtraggio, il sistema determina il massimo che sarà usato come punto di partenza per il disegno del profilo del prossimo step.

Il sistema evidenzia il massimo con un pallino nero, e sovrappone una semiretta marcata periodicamente in funzione della distanza del massimo dal centro dello spettro per consentire una verifica intuitiva della accuratezza della selezione: infatti, in condizioni ottimali, le repliche equidistanti marcate sulla semiretta dovrebbero essere posizionate su massimi locali dello spettro.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

È comunque possibile spostare le coordinate rilevate automaticamente flaggando il check box “Modifica la detection automatica” e procedere, selezionando in maniera opportuna il radio button, o “numericamente” (inserendo i valori nelle apposite spin box coordinata X e coordinata Y), o “attraverso il mouse” (trascinando il massimo con il mouse tenendo cliccato il tasto sinistro).

Una volta impostati i valori voluti essi vanno confermati con il tasto  e quindi è possibile lanciare la

procedura di addestramento tramite il tasto . La procedura può richiedere del tempo in funzione della dimensione in pixel delle immagini.

4.3.3 Tab Validation test

Se l'utente ha selezionato una cartella con il set di validazione, è possibile, il tab risulta attivo. Esso è mostrato in Figura 4.4, e presenta tre finestre di output. I valori riportati in tali finestre, dopo che tramite la pressione del

tasto  è stata avviata la procedura di validazione, riportano rispettivamente relative all'errore medio calcolato su tutte le immagini del set di validazione, all'errore medio calcolato sulle immagini della classe selezionata tramite lo scroll e all'errore calcolato sulla immagine attiva nel pannello di visualizzazione.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

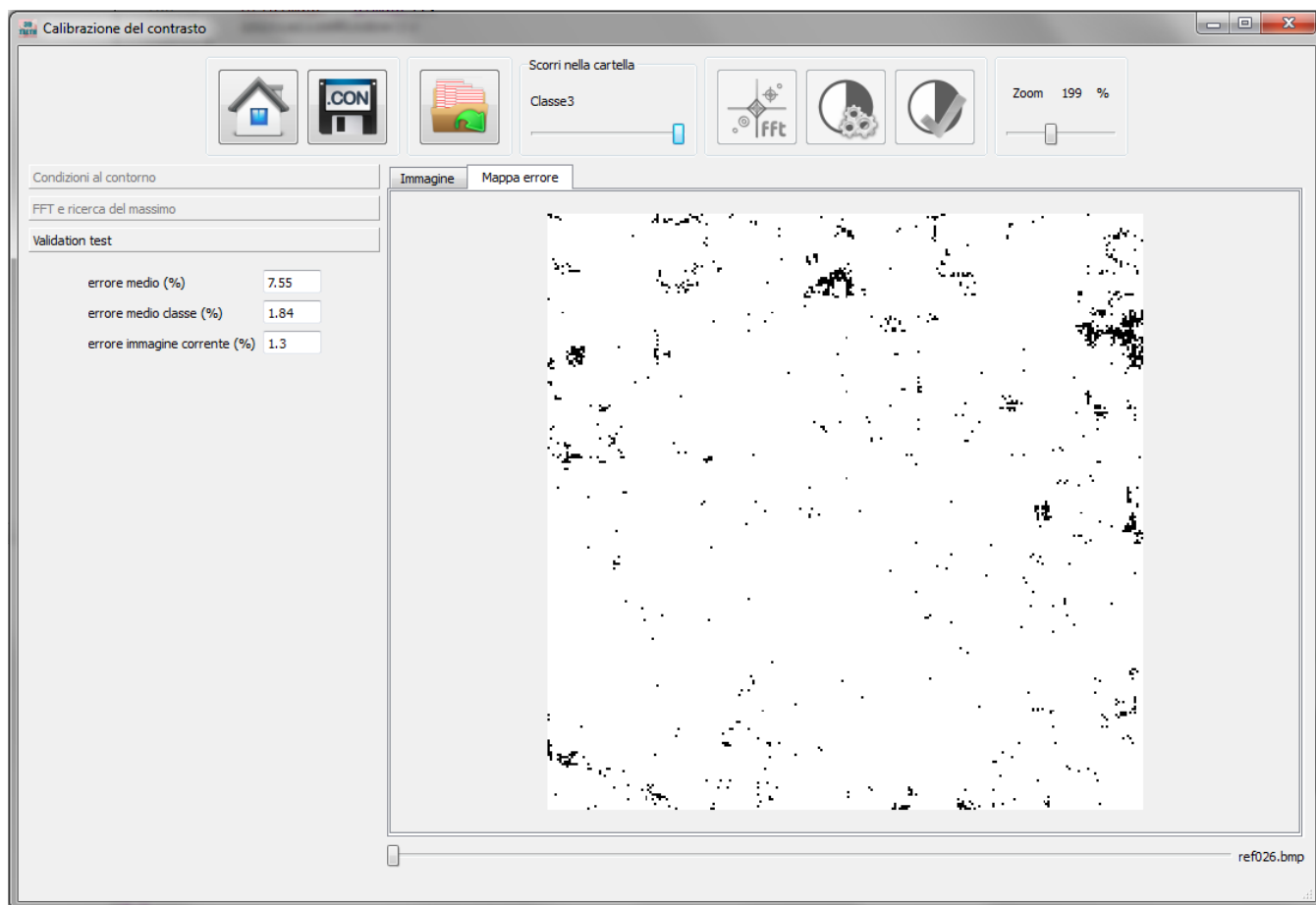


Figura 4.4: Pannello di “Calibrazione del contrasto”, con il tab Validation test attivo. Il tab di visualizzazione mostra la localizzazione degli errori in una immagine della classe 3 visualizzata.

4.4 Visualizzazioni

Nell’area di visualizzazione di questo pannello sono presenti 2 frame. Essi però cambiano il loro significato durante la procedura di training e quella di validazione.

4.4.1 Tab Immagine

Questo tab (visibile in figura 4.1 e 4.2) mostra le immagini caricate da disco a seguito dell’azione attivata dal

pulsante , esso presenta uno slider nella parte inferiore per scorrere le diverse immagini della sottocartella relativa alla Classe identificata dallo slider nella barra superiore dell’interfaccia. In fase di training, le immagini mostrate sono relative alle sottocartelle di training, in fase di validazione invece vengono mostrate le immagini delle sottocartelle di validazione.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

4.4.2 Tab FFT



Nella fase di training, questo tab (vedi figura 4.3) viene attivata attraverso il tasto  e mostra l'ampiezza della FFT. Sempre nello stesso tab è visualizzata la ricerca del massimo che sarà alla base dell'analisi. Anche in questo caso, l'uso degli slider di classe e di immagine consentono di visualizzare le informazioni relative a ciascuna immagine del training set.

4.4.3 Tab Mappa errore



Nella fase di validazione, una volta che questa è stata completata, dopo la pressione del pulsante  questo tab (vedi figura 4.4) mostra, con pixel neri, dove è stato commesso un errore di classificazione per ciascuna delle immagini del set di validazione attraverso l'uso degli slider di classe e di immagine.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

5 Il Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore”

5.1 Descrizione Generale

Il pannello di “Ricostruzione 3D sigolo proiettore” serve a d effettuare la ricostruzione 3D partendo da immagini, illuminata dal solo proiettore di fase.

Esso si presenta come illustrato nella figura 5.1.

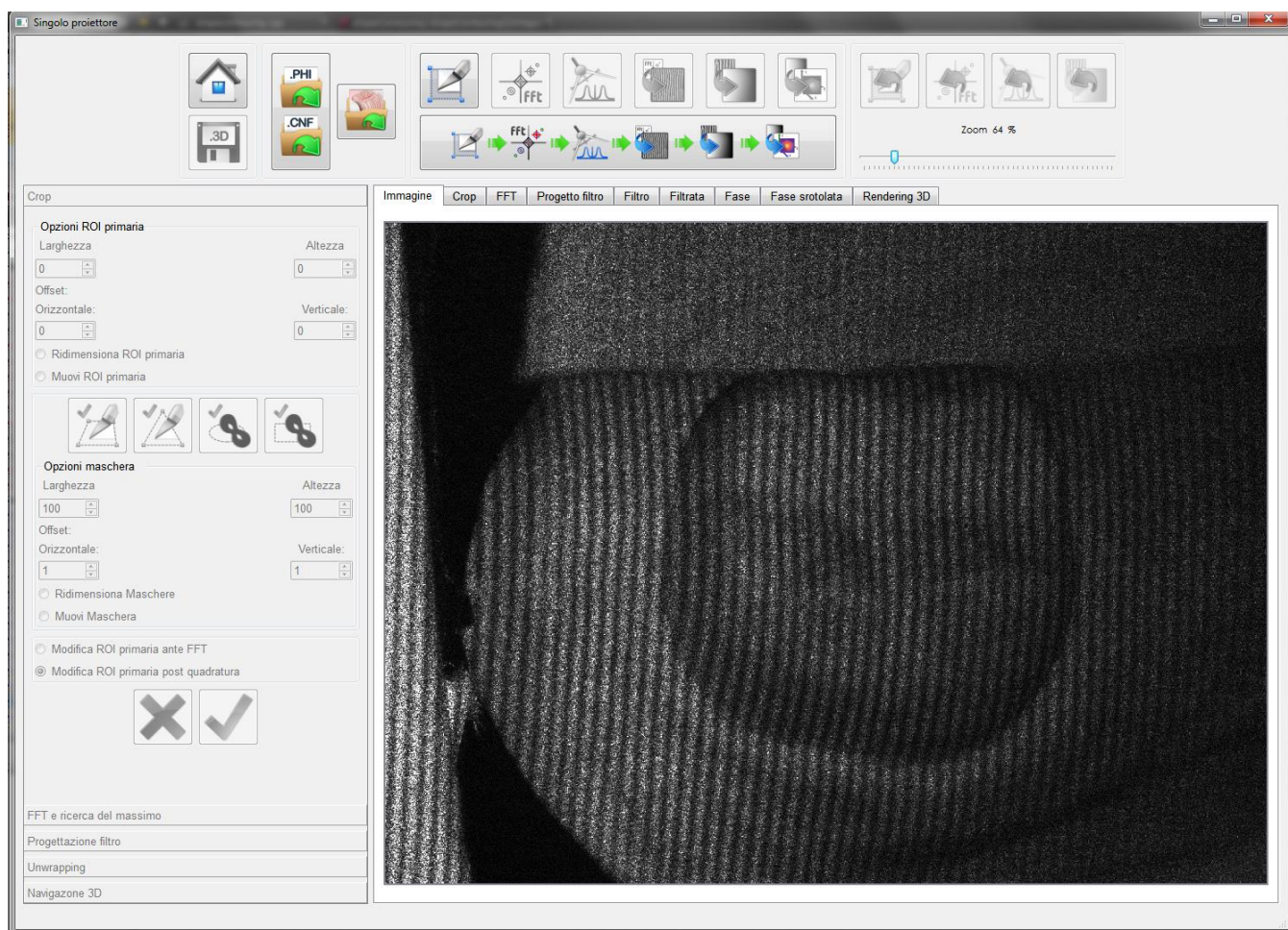


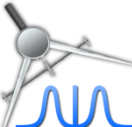
Figura 5.1: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab di visualizzazione Immagine attiva.

5.2 Azioni

Le azioni consentite all’utente in questo pannello sono attuabili dai pulsanti nella parte superiore del pannello, e sono descritte nella Tabella 5.1 (N.B.: questi pulsanti, come tutti quelli di ciascuno degli altri pannelli, quando visualizzati in scala di grigio e non a colori, non sono attivabili.)

Pulsante	Azione
----------	--------

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

	Chiude il pannello e ritorna al Menù Home (vedi sezione 1).
	Salva tutte le informazioni di relative alla ricostruzione 3D che sono state prodotte in questo step. Quando pressato, attiva un pop up in cui l'utente seleziona i dati di proprio interesse che desidera salvare (un file log con tutti i dati relativi ai parametri adottati, le immagini acquisite da telecamera per successive elaborazioni, i vari risultati intermedi come i filtri, le FFT, le fasi e le fasi srotolate, nonché la mesh 3D dei punti), sia numerici che in forma di immagini.
	Apre il file di calibrazione della fase e della telecamera salvati attraverso i pulsanti  e . N.B. è possibile attivare un'intera catena di processing senza aver preventivamente inizializzato il sistema aprendo i file di configurazione e fase, ma in tal caso il workflow si arresterà allo step di ricostruzione 3D.
	Una volta pressato apre un pop up in cui è possibile selezionare il file da aprire.
	Avvia il ritaglio dell'immagine per selezionare una ROI di interesse del processing, ridotta rispetto all'intera immagine. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Crop", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Crop".
	Avvia la FFT e la ricerca automatica del massimo modale (il primo dopo la continua). La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".
	Avvia la progettazione del filtro di quadratura. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Progettazione filtro", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Progetto Filtro".
	Avvia il processo di quadratura, effettuando l'antitrasformata e la trasformata di Hilbert fino a generare la mappa delle fasi (non srotolate). Questo processo non richiede l'inserimento di alcun parametro, e pertanto non attiva nessuno dei tab di impostazione parametri, e soltanto pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Fase" per consentire una visualizzazione dei risultati.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

	Avvia il processo di phase unwrapping. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Unwrapping", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "fase srotolata".
	Avvia il processo di rendering 3D. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Navigazione 3D", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Rendering 3D".
	Riporta la catena di processing alla fase di "Crop", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Crop", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Crop".
	Riporta la catena di processing alla fase di "FFT e Ricerca del massimo", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".
	Riporta la catena di processing alla fase di "Progettazione del filtro", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Progettazione filtro", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Filtro".
	Riporta la catena di processing alla fase di "Unwrapping", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Unwrapping", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "fase srotolata".

Tabella 5.1: Funzionalità dei pulsanti del pannello di Ricostruzione 3D singolo proiettore.

Oltre alle azioni sopra descritte, l'utente può scegliere di adoperare la "macro ALL IN ONE" attivabile dal pulsante in figura 5.2. Premendo tale pulsante, le operazioni vengono effettuate, dal punto della catena di processing in cui si è al momento, usando i parametri di configurazione di default o come sono stati settati nell'ultimo uso (a meno delle coordinate del massimo che sono quelle che vengono rilevate automaticamente sulle FFT delle immagini oggetto dell'elaborazione).

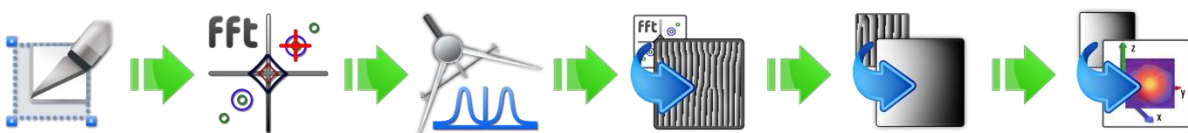


Figura 5.2: Macropulsante "ALL IN ONE" per effettuare con un'unica azione la sequenza di step previsti dalla catena di processing.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

L'utente può comunque, una volta lanciata la macro ALL IN ONE, verificare i risultati, e nel caso usare i pulsanti di

ritorno indietro ad una specifica fase ( ,  ,  , ) per re-impostare alcuni parametri e ripartire da quello step.

Infine, l'utente può impostare il fattore di zoom delle immagini visibili nel tab di Visualizzazione, tramite l'apposito cursore.

5.3 Tab di impostazione parametri

Nell'area di impostazione dei parametri di questo pannello sono presenti cinque tab.

5.3.1 Tab Crop

Il tab Crop viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o  , ed è già stato mostrato in figura 5.1.

In questo tab è possibile definire, nel riquadro "Opzioni ROI primaria", le dimensioni (base e altezza in termini di pixel) di una ROI "primaria" di forma rettangolare (che eventualmente può essere "raffinata" da azioni successive, vedi Tabella 5.2) su cui si applicano le successive fasi di processing. Non esistono limitazioni a particolari valori (potenze di 2 o altri) per le dimensioni della ROI primaria, poiché l'algoritmo usato per la fft effettua comunque un padding ottimizzante.

Oltre a ciò è possibile specificare anche un offset di posizionamento della ROI stessa, in termini delle coordinate in pixel dell'angolo in alto a sinistra (che se coincide con quello dell'immagini originale ha coordinate (0, 0).

Gli input di questi valori avvengono numericamente nelle appositi spin box, o agendo sui pulsanti freccia, o scrivendo da tastiera direttamente il valore desiderato.

Alternativamente, le stesse operazioni possono essere effettuate attraverso il mouse abilitando i radio button "ridimensiona rettangolo" o "muovi rettangolo".

Nel primo caso, l'angolo in basso della ROI viene evidenziato con un quadratino rosso, ed è possibile muoverlo con il mouse, mutando la dimensione, (andandoci sopra e cliccando il tasto sinistro); nel secondo caso, è il centro della ROI ad evidenziarsi con il consueto quadratino, che è possibile muovere con il mouse (andandoci sopra e cliccando il tasto sinistro) trascinando quindi contestualmente l'intera ROI.

Una volta definita e posizionata la ROI primaria in maniera soddisfacente, l'utente può o passare raffinarla (tramite la rifilatura in forma triangolare o trapezoidale, o l'inserimento di maschere quadrate o ellittiche, vedi tabella 5.2), o, se queste operazioni non sono necessarie, terminare la fase di crop limitandola alla definizione

della sola ROI primaria, tramite il pulsante  , non dopo aver specificato tramite:

- Il radio button **"Modifica ROI primaria ante FFT"/"Modifica ROI primaria post quadratura"**, il punto della catena di elaborazione in cui applicare le modifiche alla ROI primaria definite (rifilatura e mascheratura/e). La FFT e il conseguente filtraggio in quadratura infatti è comunque applicato su una ROI rettangolare. L'utente sia consapevole che modificare la ROI primaria prima della FFT fa sì di generare un input alla FFT in cui l'area mascherata o rifilata viene sostituita con una regione uniforme, che comunque introduce una discontinuità lungo il suo contorno, pertanto in alcune applicazione

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

potrebbe essere più efficace modificare la ROI primaria dopo la quadratura, sapendo comunque, che in tal caso, la zona mascherata o rifilata ha comunque contribuito alla definizione della FFT.

- Lo **spin box “Fattore di interpolazione”**, il valore di scala con cui si intende interpolare linearmente l’immagine allo scopo di generare come input per lo step successivo (FFT) una immagine con risoluzione diversa di quella così ritagliata (esso deve essere lo stesso usato nella corrispondente fase della definizione del background). Un valore pari a 1.00 implica nessuna interpolazione.

Più in dettaglio le azioni successive alla definizione della ROI primaria sono descritte nella tabella

Pulsante	Azione
	Il suo uso viene disabilitato se già attivato il pulsante . Convalida la ROI primaria selezionata e attiva la rifilatura e la ROI in forma triangolare. Una volta azionato, l’utente può selezionare con il mouse un punto “A” appartenente ad un qualsiasi lato “a” della ROI primaria. La ROI triangolare è quindi univocamente definita dal vertice “A” e dal lato della ROI primaria opposto ad “a”. È possibile modificare la scelta del triangolo selezionando un altro vertice “A” che sostituisce quello precedente, fintanto che non venga premuto uno dei pulsanti , , .
	Il suo uso viene disabilitato se già attivato il pulsante . Convalida la ROI primaria selezionata e attiva la rifilatura e la ROI in forma trapezoidale. Una volta azionato, l’utente può selezionare con il mouse una coppia di punti “A” e “B” appartenenti ad uno stesso lato qualsiasi lato “a” della ROI primaria. La ROI trapezoidale è quindi univocamente definita dai vertici “A” e “B” e dal lato della ROI primaria opposto ad “a”. È possibile modificare la scelta del trapezio selezionando un altro vertice che sostituisce quello precedente, fintanto che non venga premuto uno dei pulsanti , , .
	Oltre a convalidare le azioni precedentemente effettuate (quindi non solo la ROI primaria selezionata, ma anche una rifilatura o mascheratura, nel caso sia stato attivato dopo i pulsanti , , , , , , attiva la definizione di una maschera rettangolare. Una volta azionato, viene abilitata la porzione di interfaccia “Opzioni Maschera” per l’inserimento dei parametri relativi alla definizione e posizionamento di un rettangolo con una operatività identica a quella usata nella porzione di interfaccia “Opzioni ROI primaria”. Questo rettangolo ha la funzione di mascherare l’area in esso inclusa e di escluderla quindi dalla successive elaborazioni. È possibile modificare la configurazione fintanto che non venga premuto uno dei pulsanti , , . (segue)

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

	Oltre a convalidare le azioni precedentemente effettuate (quindi non solo la ROI primaria selezionata, ma anche una rifilatura o mascheratura nel caso sia stato attivato dopo i pulsanti , , , ) , attiva la definizione di una maschera ellissoidale. Una volta azionato, viene abilitata la porzione di interfaccia “Opzioni Maschera” per l’inserimento dei parametri relativi alla definizione e posizionamento di un rettangolo con una operatività identica a quella usata nella porzione di interfaccia “Opzioni ROI primaria”. L’ellisse inscritta in tale rettangolo ha la funzione di mascherare l’area in essa inclusa e di escluderla quindi dalle successive elaborazioni. È possibile modificare la configurazione fintanto che non venga premuto uno dei pulsanti , , .
	Convalida l’ultima azione impostata e termina la fase di crop. Se attivato senza aver azionato alcuno fra i pulsanti , , , , conferma come esito dell’operazione di crop la semplice ROI primaria. L’utente può quindi passare o al successivo step della catena di processing tramite il pulsante , nell’area superiore del pannello, o nel caso di ripensamenti annullare tutte le azioni effettuate tramite il pulsante . N.B.: È possibile, prima di terminare la fase di Crop specificare in un apposito spin box un fattore di interpolazione, qualora si voglia generare come input per lo step successivo (FFT) una immagine con risoluzione diversa di quella così ritagliata.
	Viene attivato dall’azione di , e consente di ritornare all’inizio della procedura di Crop, ripartendo dalla definizione della ROI primaria.

Tabella 5.2: Funzionalità dei pulsanti del tab di Crop.

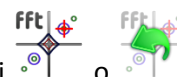
È importante sottolineare che solo una delle azioni, fra , , , , può essere effettuata, se si vuole eseguire la catena di processing comprensiva dello srotolamento della fase e della ricostruzione 3D. Lo step di srotolamento infatti verrà eseguito solo su ROI triangolari o trapezoidali senza alcun mascheramento, o su ROI primarie rettangolari (cioè non rifilate tramite i pulsanti  o ) con al più una regione di mascheramento applicata. L’utente pertanto verrà avvisato di questo limite con una finestra pop up, ogni qualvolta azionerà uno dei pulsanti MASCHERA dopo aver rifilato la ROI tramite  o , o aver già creato almeno un’altra maschera.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx



Figura 5.3: Warning: l'utente ha applicato una maschera ellittica su una ROI derivata trapezoidale, pertanto lo srotolamento non verrà effettuato.

5.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo



Il tab FFT e ricerca del massimo viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o . In questo step, viene ricercato il massimo sul quale effettuare il filtro di quadratura, ed una volta attivato, abilita la visualizzazione dell'ampiezza della FFT, ponendo in primo piano, fra i tab di visualizzazione quello relativo a FFT.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

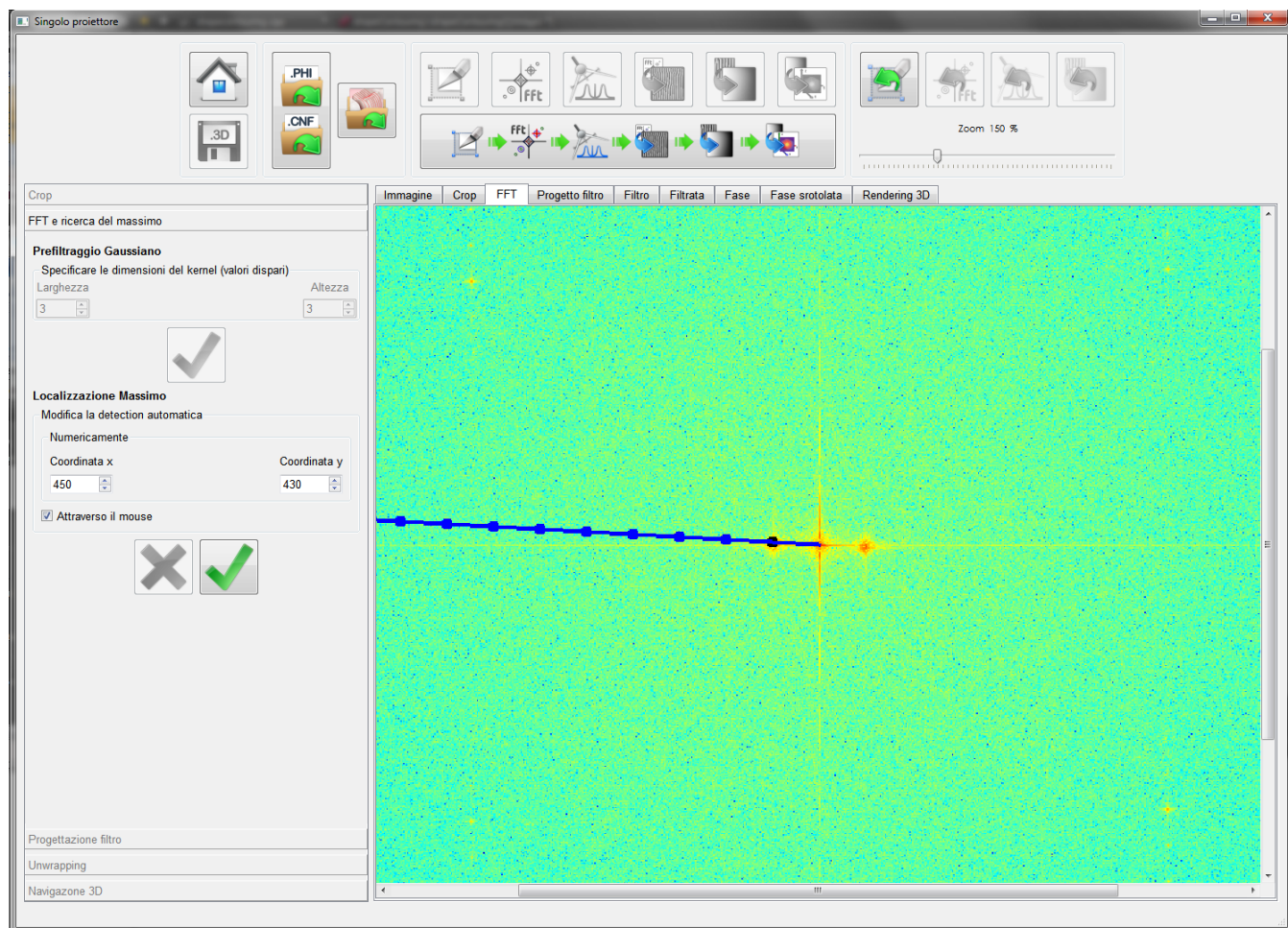


Figura 5.4: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab FFT e ricerca del massimo attiva.

5.3.3 Tab Progettazione filtro

Il tab Progettazione filtro viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o . Il suo funzionamento è descritto nella sezione 3.3.3.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

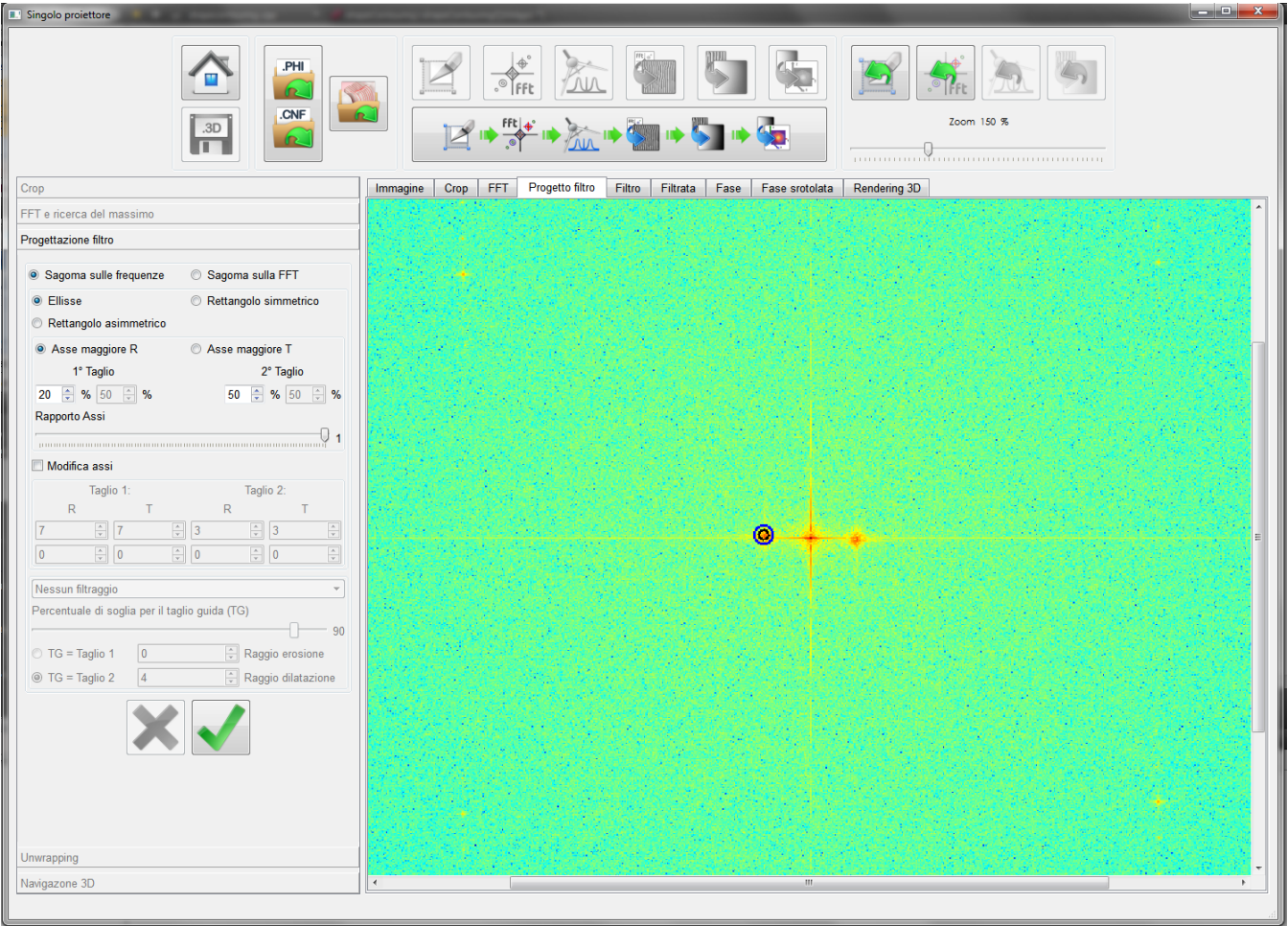


Figura 5.5: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab Progettazione filtro attiva. Esempio di filtro ellittico.

5.3.4 **Tab Unwrapping**

Il tab Unwrapping viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o  . In questo tab (Figura 5.6) occorre selezionare la modalità con cui effettuare lo srotolamento, scegliendo fra le tre opzioni proposte:

- Scansione tramite mappa di qualità: questo algoritmo di scansione è quello più robusto ed è da utilizzare in caso di forti gradienti o immagini rumorose. Esso calcola la mappa di qualità in base alla omogeneità della fase di un pixel rispetto ai pixel ad esso adiacenti, dopo di chè scansiona l’immagine nel processo di srotolamento secondo un percorso che considera per primi i pixel ad alta qualità, e poi quelli a qualità inferiore. In tal modo, lo srotolamento di eventuali pixel rumorosi, con qualità bassa, in quanto la loro fase differisce significativamente da tutti i pixel ad esso adiacenti, viene demandato agli

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

ultimi cicli, ed eventuali errori non si propagano nella catendo di srotolamento. **Tale algoritmo è però notevolmente più lento dei due successivi.**

- Scansione per righe: in questo, e nel caso successivo, la scansione, avvenendo secondo un path regolare, è estremamente efficiente computazionalmente, anche se presenta il limite che un pixel rumoroso può introdurre un errore in un punto qualsiasi della catena di srotolamento, e da lì propagarsi a tutti i successivi. Nel caso specifico, l'algoritmo calcola prima l'offset della prima colonna, e successivamente sulla base di questi offset procede a srotolare la fase per righe.

Una volta selezionata la modalità con cui effettuare lo srotolamento esso va avviato tramite il pulsante  .

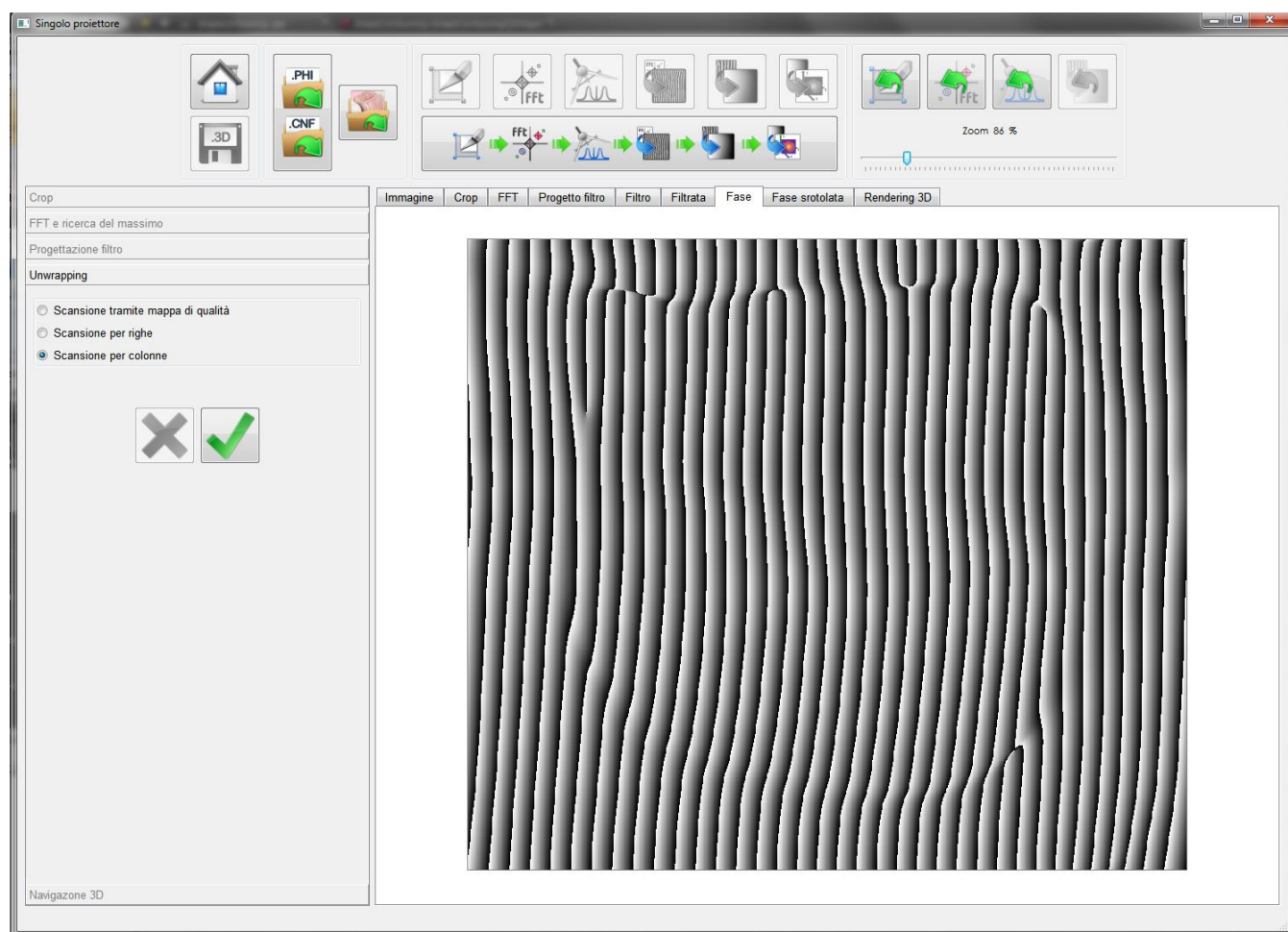


Figura 5.6: Pannello di "Ricostruzione 3D singolo proiettore" con la tab Unwrapping attiva, prima dello srotolamento.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

In caso di srotolamento insoddisfacente, l'utente può azionare il pulsante  (che si attiva dall'azione di  per annullare l'operazione di unwrapping, ed eventualmente ripeterla cambiando l'opzione di scansione (tramite mappa di qualità, per righe e per colonne).

5.3.5 Tab Navigazione 3D

Il tab Navigazione 3D viene attivato dalla pressione del pulsante , e viene attivato contestualmente all'apertura del tab di visualizzazione "Rendering 3D".

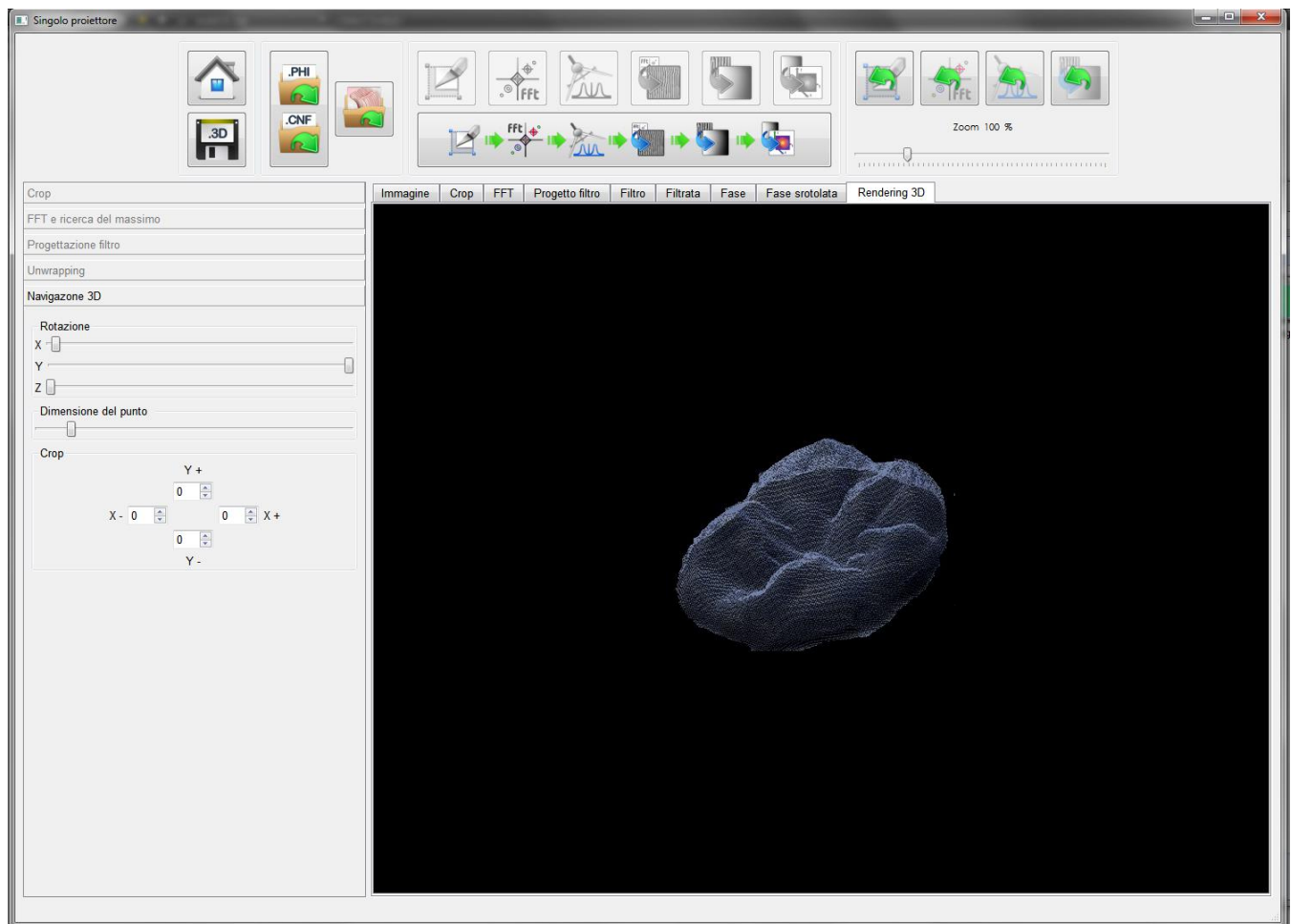


Figura 5.7: Pannello di "Ricostruzione 3D singolo proiettore" con la tab Navigazione 3D attiva.

Esso consente di effettuare (attraverso dei cursori dedicati) le rotazioni attorno ai tre assi x, y e z della mesh 3D, visibile nel tab di visualizzazione "Rendering 3D" che è attivato contestualmente.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

La navigazione è anche possibile usando direttamente il mouse nella finestra di visualizzazione “Rendering 3D”, come descritto nella sezione 4.4.7

Oltre a ciò, il tab prevede:

- Un cursore per impostare la dimensione del punto 3D nel visualizzatore.
- Un riquadro di crop comprensivo di quattro spin box per eliminare righe o colonne esterne della mesh che per effetti di bordo non siano state ricostruite in maniera attendibile. Specificatamente:
 - Spin box “X-”: usato per inserire il numero di colonne della matrice da tagliare, a partire dalla prima;
 - Spin box “X+”: usato per inserire il numero di colonne della matrice da tagliare, a partire dall’ultima;
 - Spin box “Y+”: usato per inserire il numero di righe della matrice da tagliare, a partire dalla prima;
 - Spin box “Y-”: usato per inserire il numero di righe della matrice da tagliare, a partire dall’ultima.
- Una legenda colorimetrica che associa alla scala cromatica usata nel tab di visualizzazione “Rendering 3D” il valore di quota associato, espresso in micron e relativo all’asse Z*, un asse sovrapposto all’asse Z, shiftato in modo da avere il suo 0 coincidente con la quota del pixel della ROI primaria in alto a sinistra.
- Il pulsante di refresh della scala colorimetrica . Il suo uso è consigliato nel caso, a seguito di un crop venga persa una gamma cromatica della scala colorimetrica in tal caso, la sua azione riottimizza la visualizzazione riespandendo la dinamica all’intero range.

5.4 Visualizzazioni

Nell’area di visualizzazione di questo pannello sono presenti nove tab, ciascuno con uno scopo specifico.

5.4.1 Tab Immagine

Questo tab (visibile in figura 5.1) mostra le immagini caricate da disco a seguito dell’azione attivata dal pulsante



5.4.2 Tab Crop



Viene attivato attraverso  o  e mostra l’immagine, nella fase del ritaglio e al termine dell’operazione. Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 5.8.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

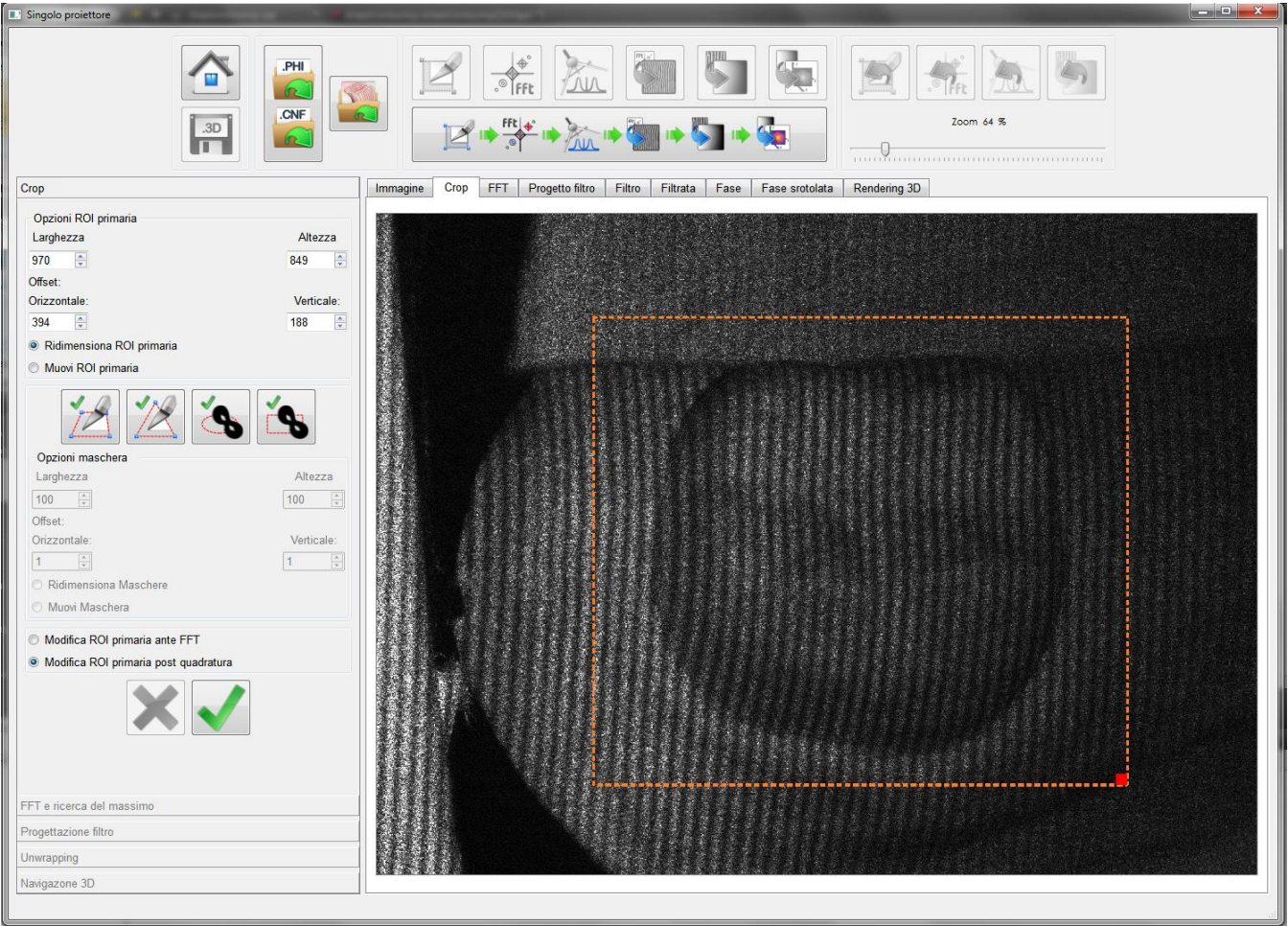


Figura 5.8: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con frame di visualizzazione Crop attivo.

5.4.3 **Tab FFT**

Viene attivata attraverso  o  e mostra l’ampiezza della FFT. Sempre nello stesso tab è visualizzata la ricerca del massimo alla base del filtraggio di quadratura.
Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 5.9.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

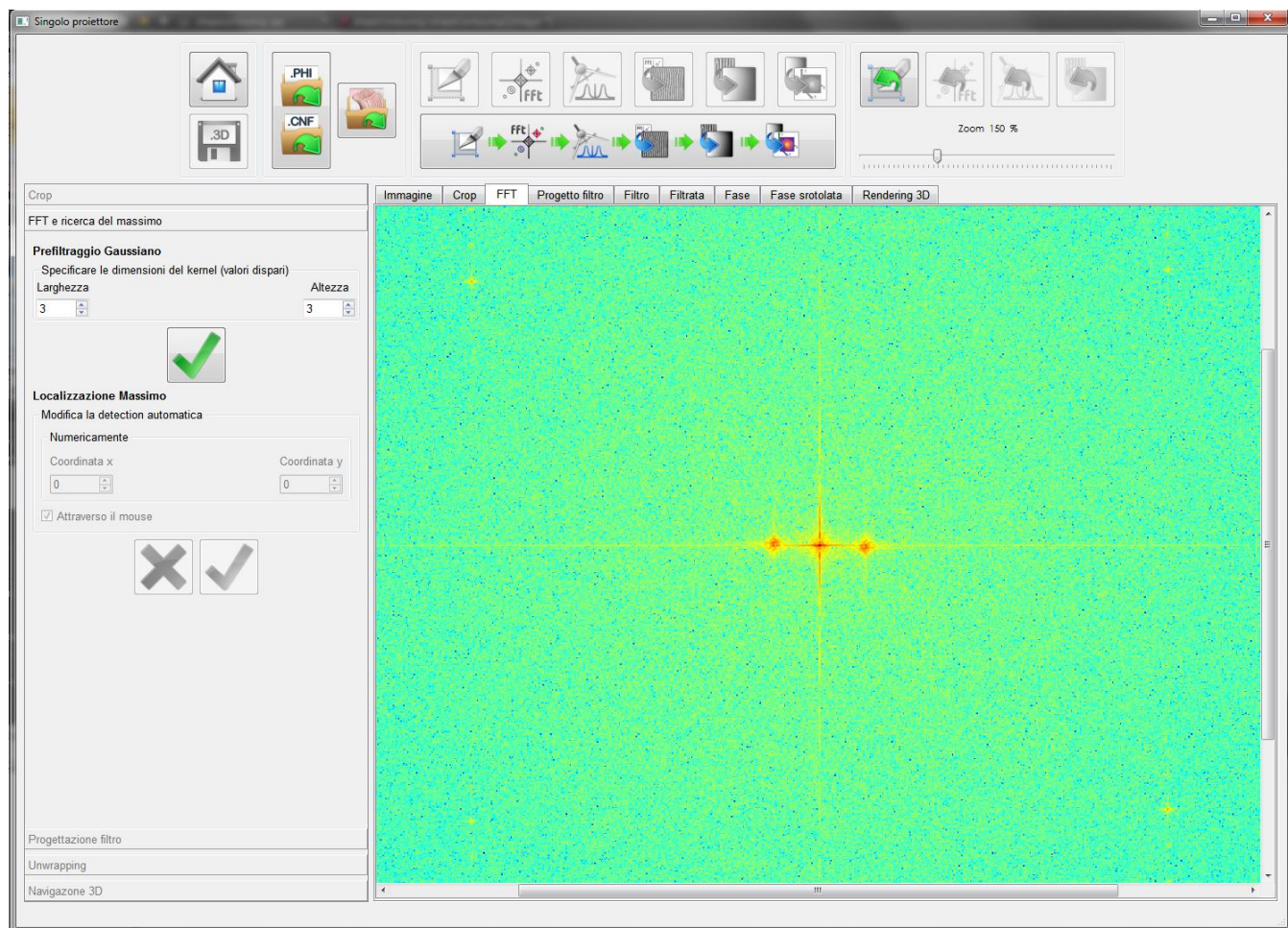


Figura 5.9: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con frame di visualizzazione FFT attivo.

5.4.4 Tab Progetto Filtro

Viene attivata attraverso  o .

Nella figura 5.5 è stato mostrato il tab di visualizzazione; in fase operativa, variando i parametri del filtro, esso mostra in tempo reale come il profilo del filtro cambia..

5.4.5 Tab Filtro

Viene attivata una volta che le opzioni di progetto del filtro sono state confermate tramite la pressione del tasto



nel tab “progettazione filtro”, mostra il filtro implementato.

Nella figura 5.10 viene mostrato il tab di visualizzazione, una volta che la creazione del filtro è avvenuta.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

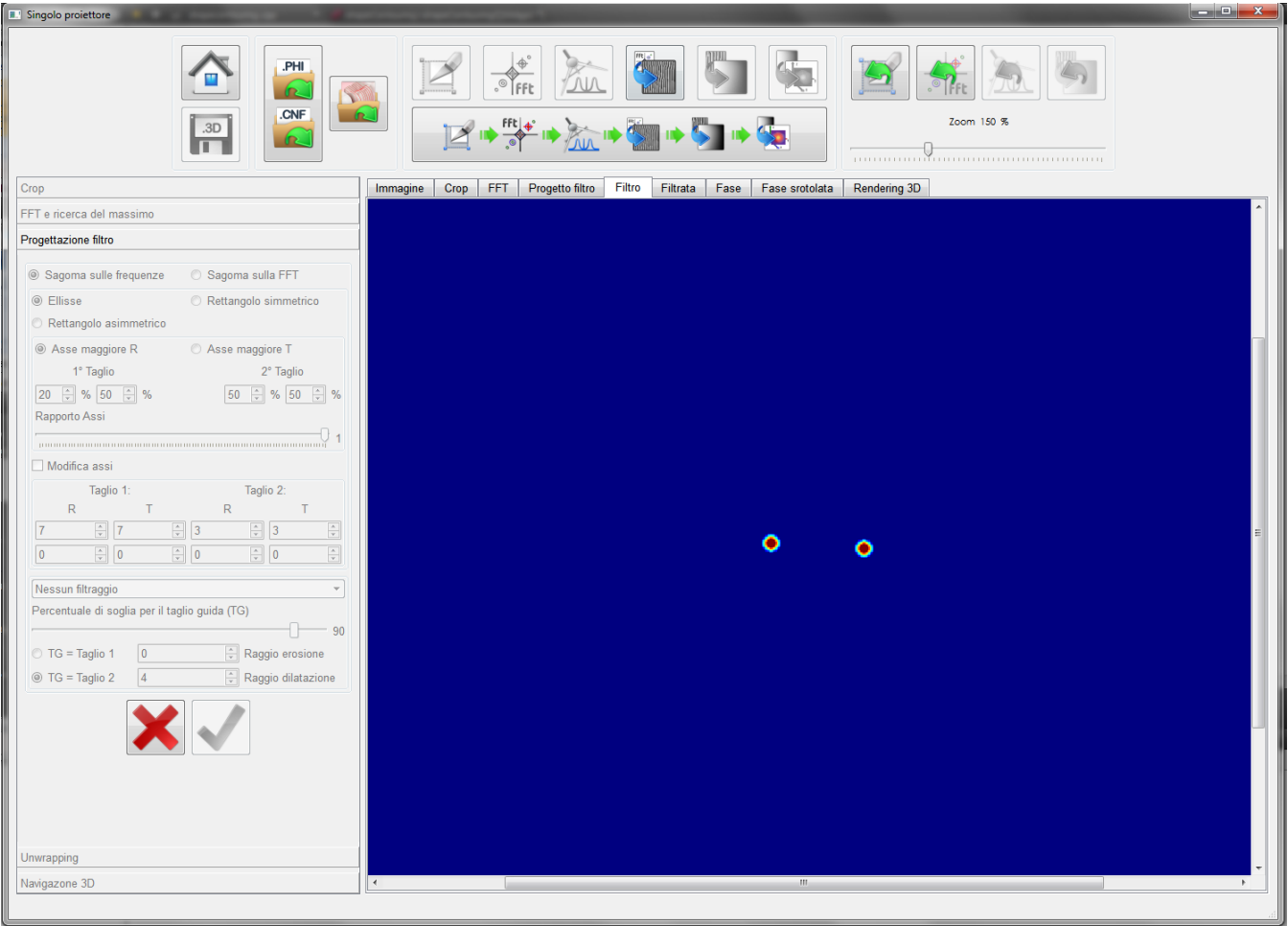


Figura 5.10: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab di visualizzazione Filtro attiva.

5.4.6 **Tab Filtrata**

Viene attivata attraverso  e mostra la Fase dell’immagine prima dello srotolamento. Un esempio di questo tab è proposto nella figura 5.11.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

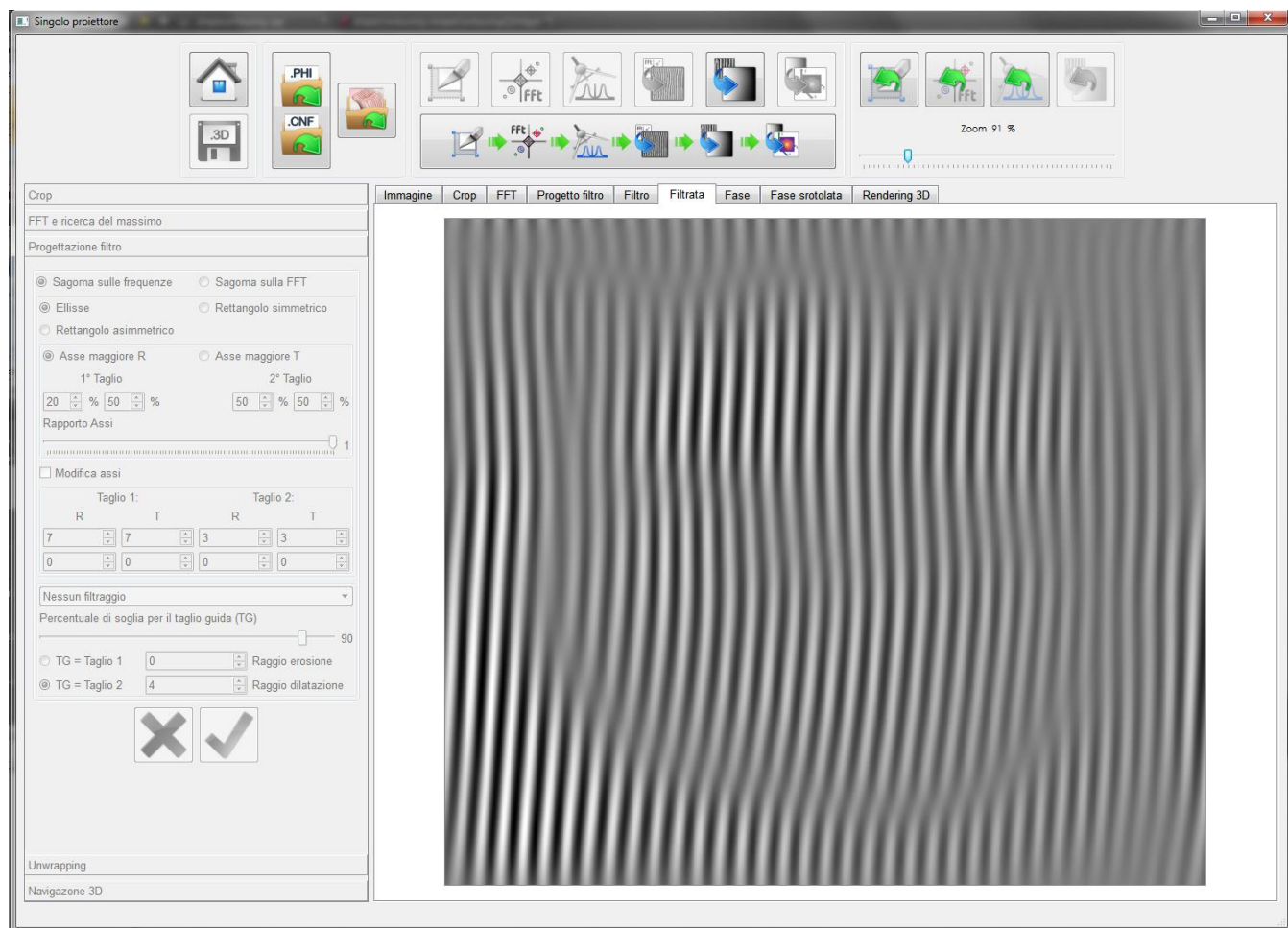


Figura 5.11: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab di visualizzazione Filtro attiva, dopo aver confermato le opzioni relative alla progettazione del filtro.

5.4.7 Tab Fase



Viene attivata attraverso  e mostra la Fase dell’immagine prima dello srotolamento. Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 5.6.

5.4.8 Tab Fase srotolata



Viene attivata attraverso  o  e mostra la Fase dopo lo srotolamento. Un esempio di questo tab è proposto nella figura 5.12.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

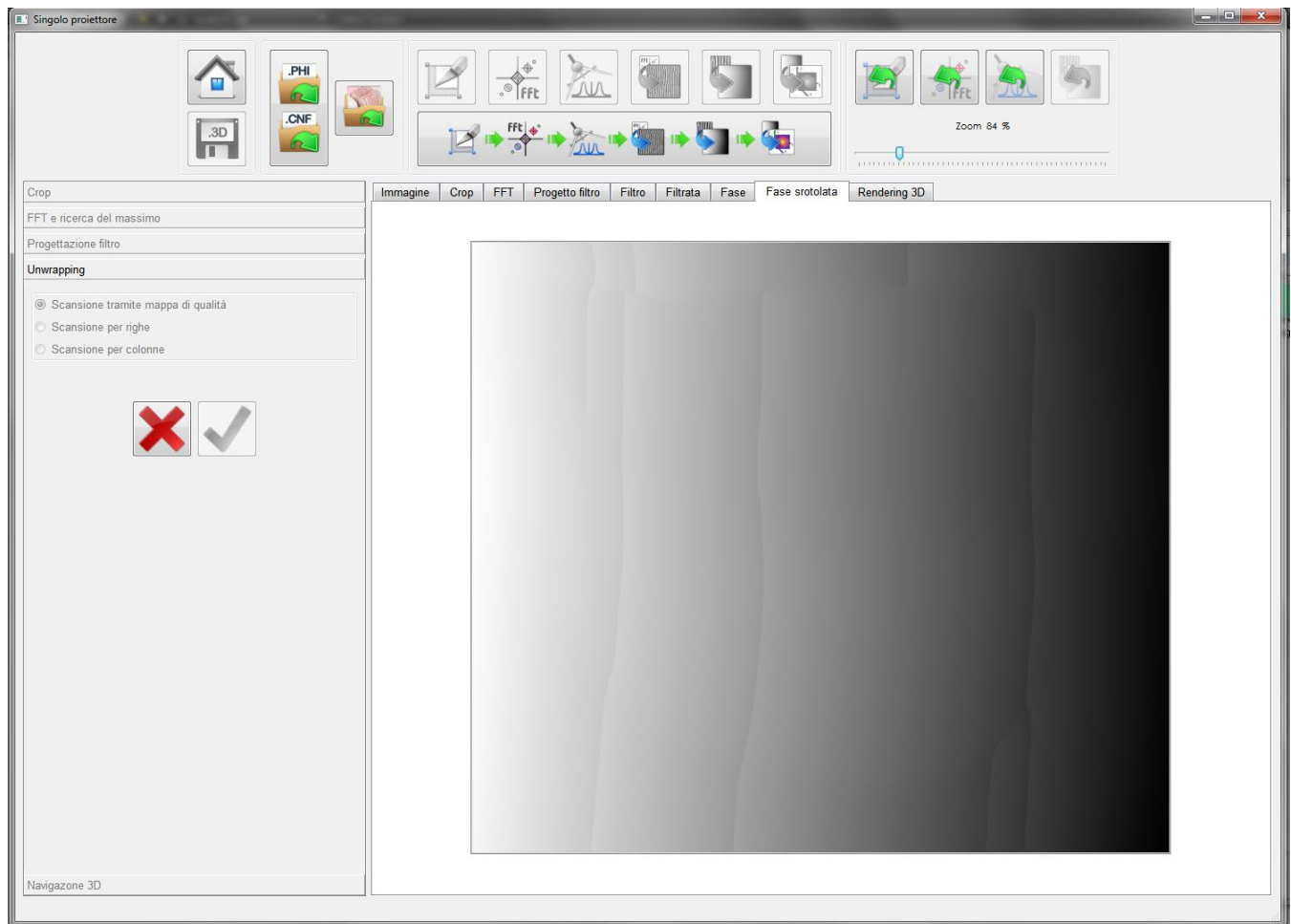


Figura 5.12: Pannello di “Ricostruzione 3D singolo proiettore” con la tab di visualizzazione Fase srotolata attiva.

5.4.9 Tab Rendering 3D



Viene attivato attraverso  e consente la visualizzazione della mesh 3D, nonché la sua navigazione attraverso un uso del mouse. In particolare:

- tenendo premuto il tasto CTRL e il tasto sinistro del mouse, la mesh viene spostata;
- tenendo premuto il tasto destro del mouse e muovendo il mouse si effettua una rotazione attorno all’asse x e z della mesh;
- tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e muovendo il mouse si effettua una rotazione attorno all’asse x e y della mesh.

Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 5.7.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

6 Il Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore”

6.1 Descrizione generale

Il pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettori” consente la ricostruzione 3D partendo da un’immagine illuminata simultaneamente dal proiettore di fase e dal proiettore di contrasto. Esso si presenta come illustrato nella figura 6.1.

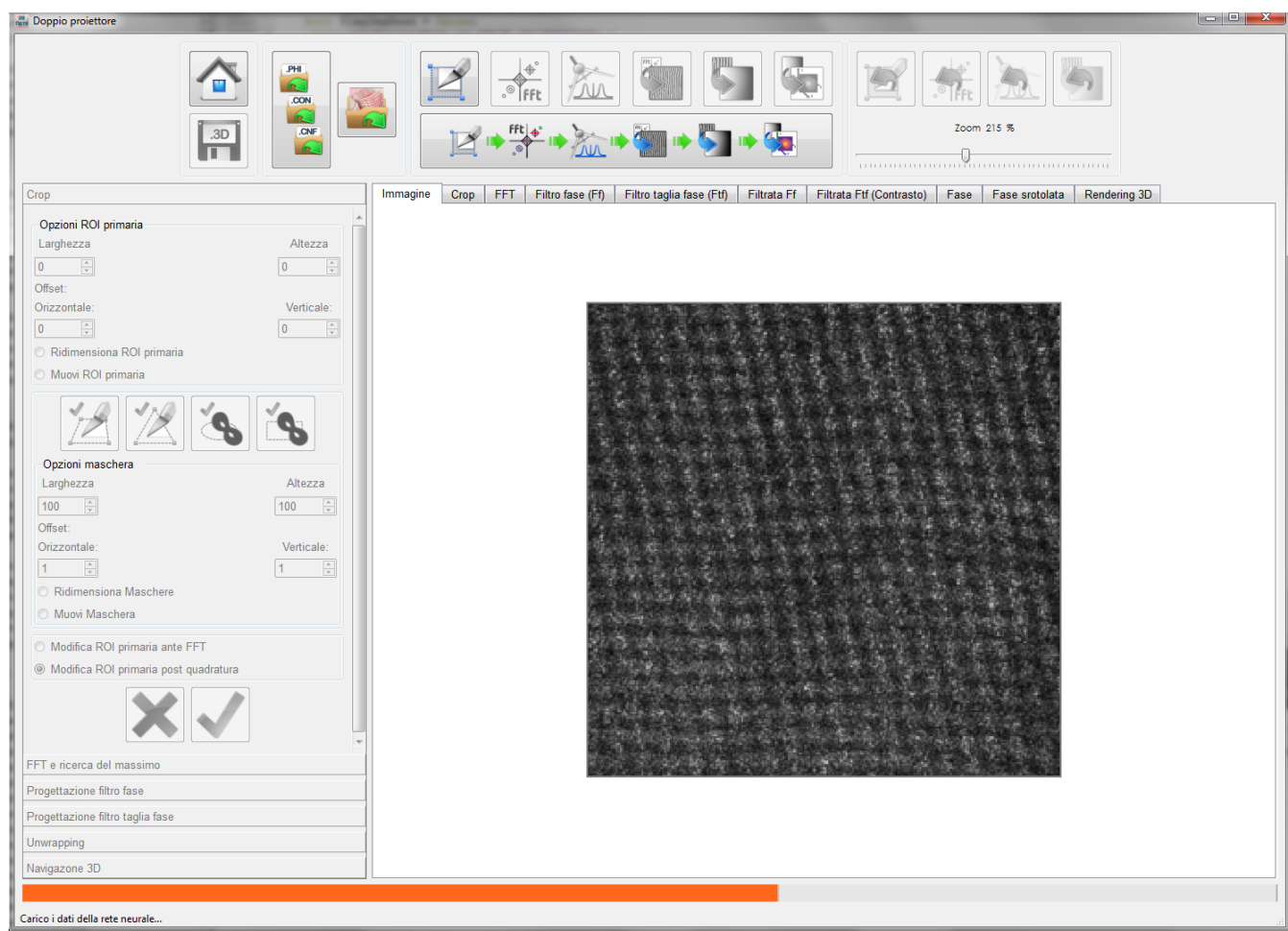
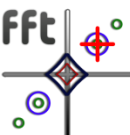
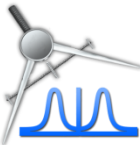


Figura 6.1: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione Immagine attiva e la progress bar di caricamento dati della rete neurale in movimento.

6.2 Azioni

Le azioni consentite all’utente in questo pannello sono attuabili dai pulsanti nella parte superiore del pannello, e sono descritte nella Tabella 6.1 (N.B.: questi pulsanti, come tutti quelli di ciascuno degli altri pannelli, quando visualizzati in scala di grigio e non a colori, non sono attivabili.)

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Pulsante	Azione
	Chiude il pannello e ritorna al Menù Home (vedi sezione 1).
	Salva tutte le informazioni di relative alla ricostruzione 3D che sono state prodotte in questo step. Quando pressato, attiva un pop up in cui l'utente seleziona i dati di proprio interesse che desidera salvare (un file log con tutti i dati relativi ai parametri adottati, le immagini acquisite da telecamera per successive elaborazioni, i vari risultati intermedi come i filtraggi, le FFT, le fasi e le fasi srotolate, nonché la mesh 3D dei punti), sia numerici che in forma di immagini.
	Apri il file di calibrazione della fase, del contrasto e della telecamera salvati attraverso i pulsanti  ,  e  . N.B. è possibile attivare un'intera catena di processing senza aver preventivamente inizializzato il sistema aprendo i suddetti file, ma in tal caso il workflow si arresterà allo step di ricostruzione 3D.
	Una volta pressato apre un pop up in cui è possibile selezionare il file da aprire.
	Avvia il ritaglio dell'immagine per selezionare una ROI di interesse del processing, ridotta rispetto all'intera immagine. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Crop", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Crop".
	Avvia la FFT e la ricerca automatica del massimo modale (il primo dopo la continua). La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".
	Avvia la progettazione del filtro di quadratura. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Progettazione filtro", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Progetto Filtro".
	Avvia il processo di quadratura, effettuando l'antitrasformata e la trasformata di Hilbert fino a generare la mappa delle fasi (non srotolate). Questo processo non richiede l'inserimento di alcun parametro, e pertanto non attiva nessuno dei tab di impostazione parametri, e soltanto pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Fase" per consentire una visualizzazione dei risultati.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

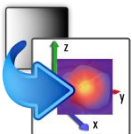
	Avvia il processo di phase unwrapping. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Unwrapping", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "fase srotolata".
	Avvia il processo di rendering 3D. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Navigazione 3D", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Rendering 3D".
	Riporta la catena di processing alla fase di "Crop", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Crop", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Crop".
	Riporta la catena di processing alla fase di "FFT e Ricerca del massimo", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "FFT e Ricerca del massimo", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "FFT".
	Riporta la catena di processing alla fase di "Progettazione del filtro", perdendo tutti i risultati successivi. La sua pressione attiva il tab di impostazione parametri "Progettazione filtro", nonché pone in primo piano fra i tab di visualizzazione quello di "Filtro".

Tabella 6.1: Funzionalità dei pulsanti del pannello di Ricostruzione 3D doppio proiettore.

Oltre alle azioni sopra descritte, l'utente può scegliere di adoperare la "macro ALL IN ONE" attivabile dal pulsante in figura 6.2. Premendo tale pulsante, le operazioni vengono effettuate, dal punto della catena di processing in cui si è al momento, usando i parametri di configurazione di default o come sono stati settati nell'ultimo uso (a meno delle coordinate del massimo che sono quelle che vengono rilevate automaticamente sulle FFT delle immagini oggetto dell'elaborazione).



Figura 6.2: Macropulsante "ALL IN ONE" per effettuare con un'unica azione la sequenza di step previsti dalla catena di processing.

L'utente può comunque, una volta lanciata la macro ALL IN ONE, verificare i risultati, e nel caso usare i pulsanti di

ritorno indietro ad una specifica fase (, , ) per re-impostare alcuni parametri e ripartire da quello step.

Infine, l'utente può impostare il fattore di zoom delle immagini visibili nel tab di Visualizzazione, tramite l'apposito cursore.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

6.3 Tab di impostazione parametri

Nell'area di impostazione dei parametri di questo pannello sono presenti cinque tab.

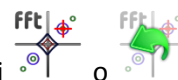
6.3.1 Tab Crop



Il tab Crop viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o , ed è già stato mostrato in figura 6.1.

Le sue funzionalità sono identiche a quelle descritte nella sezione 5.31, a cui si rimanda.

6.3.2 Tab FFT e ricerca del massimo



Il tab FFT e ricerca del massimo viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o .

In questo step, viene ricercato il massimo sul quale effettuare il filtro di quadratura, ed una volta attivato, abilita la visualizzazione dell'ampiezza della FFT, ponendo in primo piano, fra i tab di visualizzazione quello relativo a FFT.

Nel caso di immagini acquisite a doppio proiettore, la FFT genera due coppie simmetriche di picchi, come nel caso evidenziato in figura 6.3: ciascuna coppia dovuta alle frange di uno dei due proiettori.

Il sistema associa automaticamente al colore fucsia il picco del contrasto, e al colore blu il picco della fase, in coerenza alle informazioni acquisite nella fase di calibrazione. Tuttavia, se l'associazione risulta errata, l'operatore può tramite il pulsante "Inverti fase e contrasto" attuare l'inversione.

Il sistema individua quindi i due picchi automaticamente, ma con l'operatività già descritta in sezione 3.3.2, è possibile spostarli. Per spostare manualmente il picco della fase o del contrasto, occorre flaggare la casella "modifica manualmente la deteccion automatica con il mouse", selezionando attraverso il radio button Fase/Contrasto il picco che si intende modificare.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

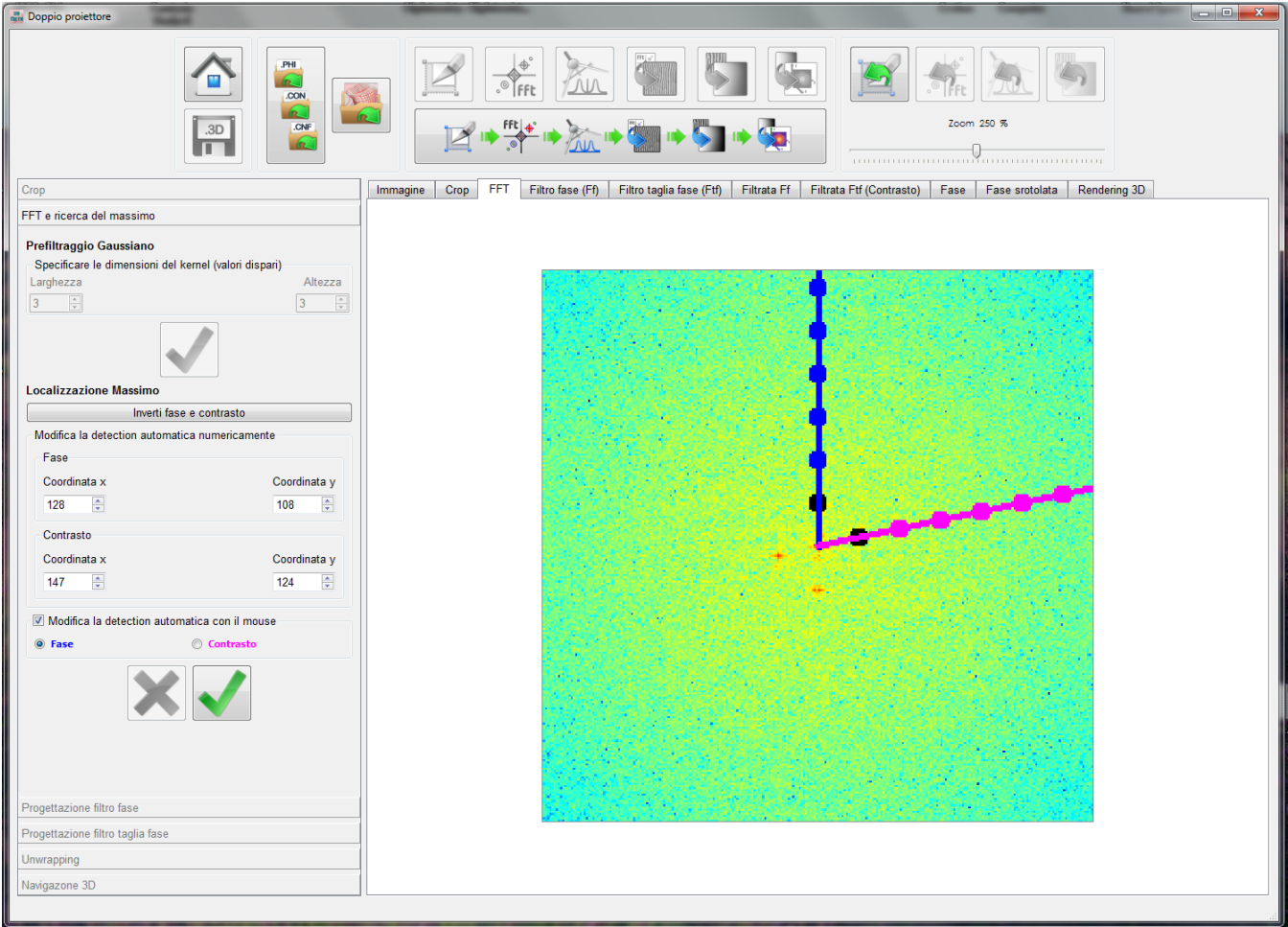


Figura 6.3: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab FFT e ricerca del massimo attiva.

6.3.3 **Tab Progettazione filtro fase**

Il tab Progettazione filtro fase viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o  .
Il suo funzionamento è identico a quello descritto nella sezione 3.3.3.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

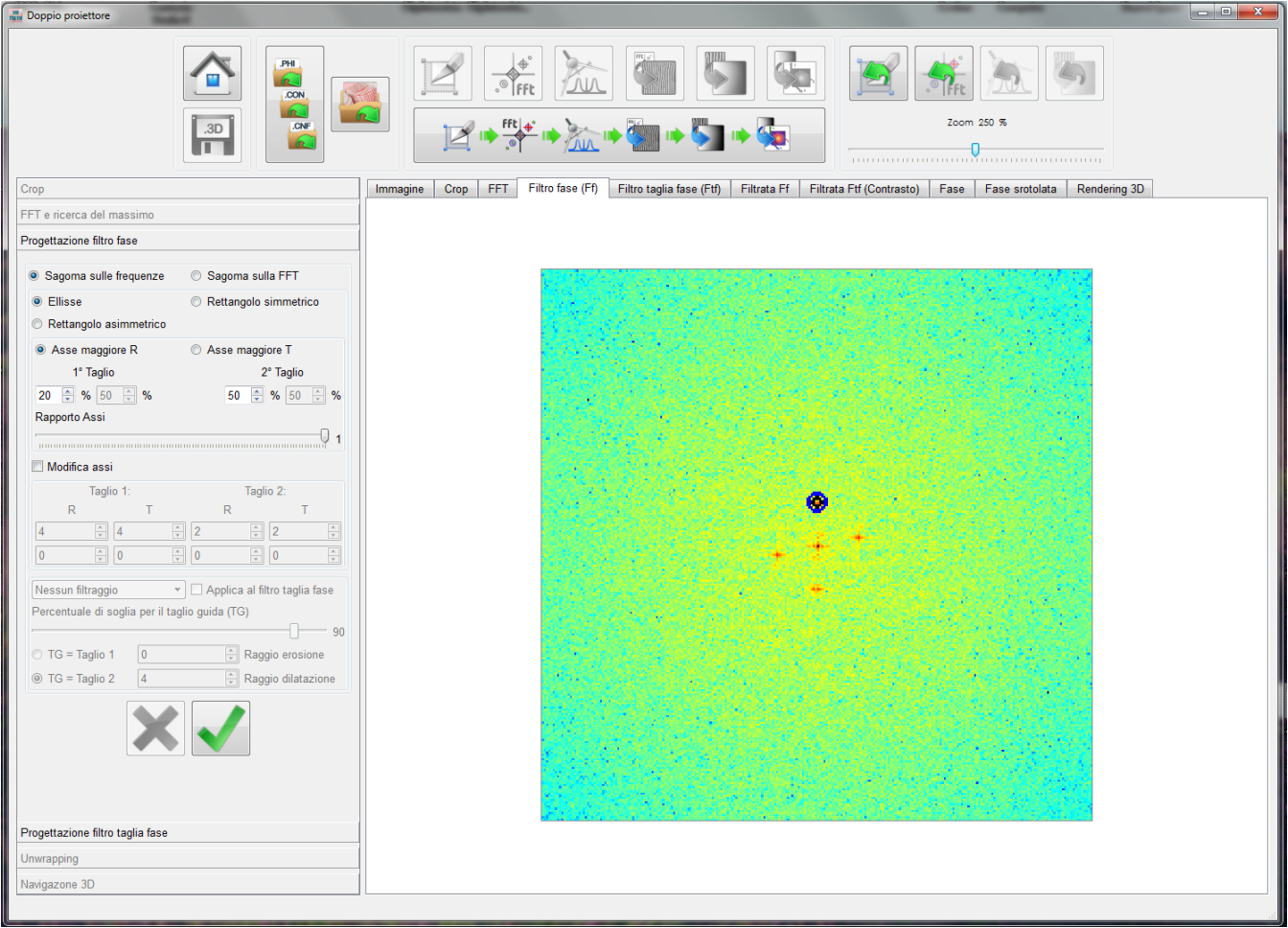


Figura 6.4: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab Progettazione filtro fase attiva.

6.3.4 Tab Progettazione filtro taglia fase

Il tab Progettazione filtro taglia fase (figura 6.5) viene attivato da uno fra i pulsanti  o . Esso serve a progettare un filtro che esclude dall’immagine il contributo del proiettore della fase, ottenendo una immagine in cui appaiono solo le bande dovute al proiettore di contrasto. Le funzionalità sono simili in tutto e per tutto a quelle viste nel tab di progettazione descritto nella sezione 3.3.3, con la differenza che le zone interne alle ellissi o ai rettangoli, nonché circoscritte in funzione del valore della FFT sono associate ad un peso nullo nel filtro, mentre le aree esterne sono associate ad un peso unitario. Un confronto fra un filtro fase ed uno taglia fase è evidenziato in figura 6.6. Tramite la check box “escludi filtraggio” l’operatore può comunque decidere di non effettuare il filtraggio taglia fase.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

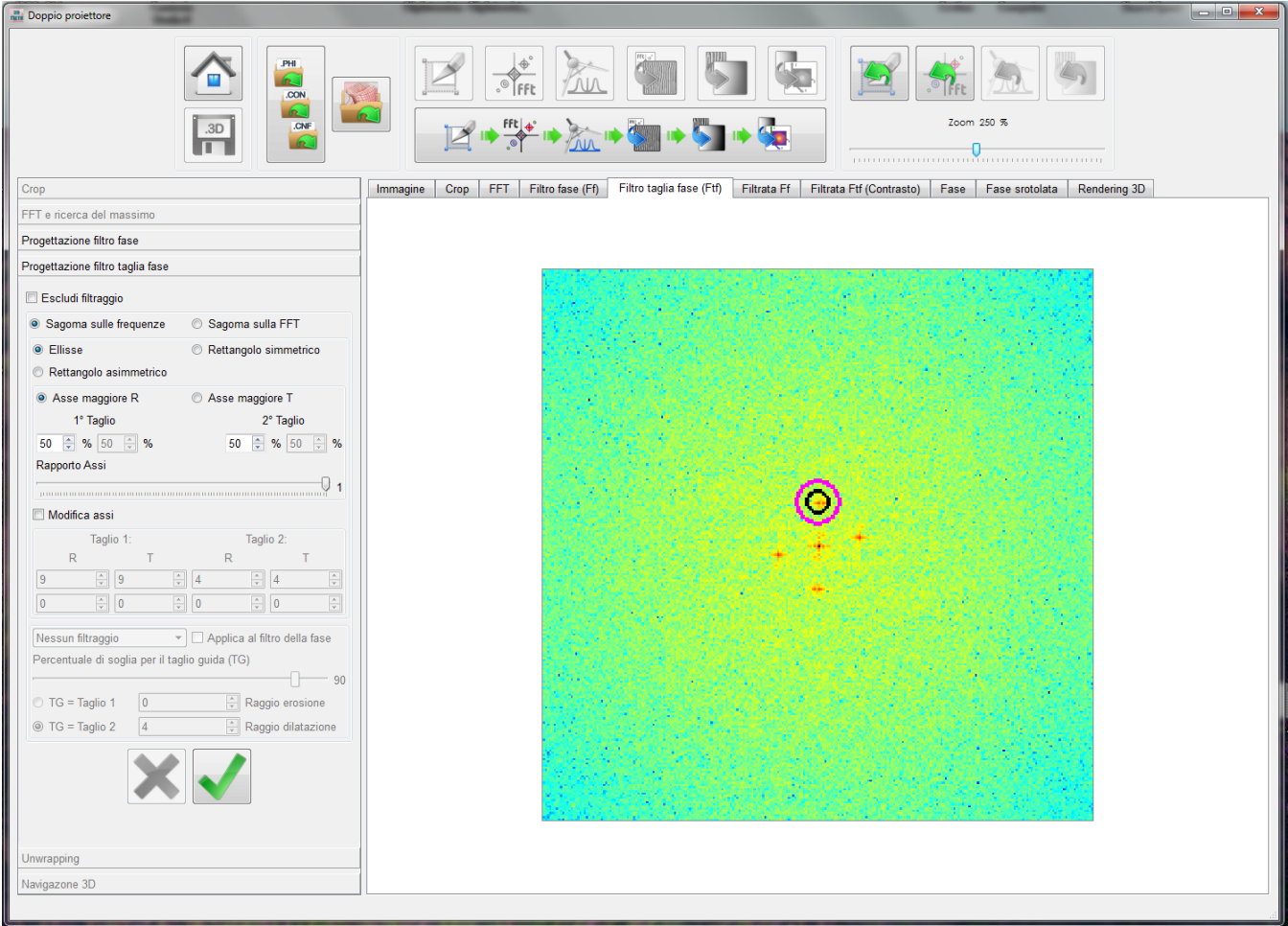


Figura 6.5: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab Progettazione filtro taglia fase attiva.

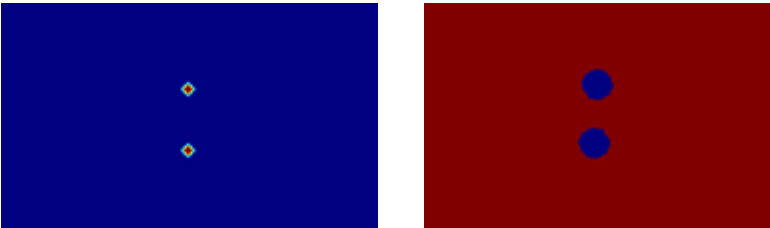


Figura 6.6: Esempio di filtro fase (sinistra) e di filtro taglia fase (destra): i pesi hanno valore crescente dai colori freddi ai colori caldi.

6.3.5 Tab unwrapping



Il tab Unwrapping viene attivato dalla pressione di uno fra i pulsanti  o . In questo tab (Figura 6.7) occorre selezionare la modalità con cui effettuare lo srotolamento, scegliendo fra le tre opzioni proposte, che funzionano come descritto nella sezione 5.3.4.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

Una volta selezionata la modalità con cui effettuare lo srotolamento esso va avviato tramite il pulsante .

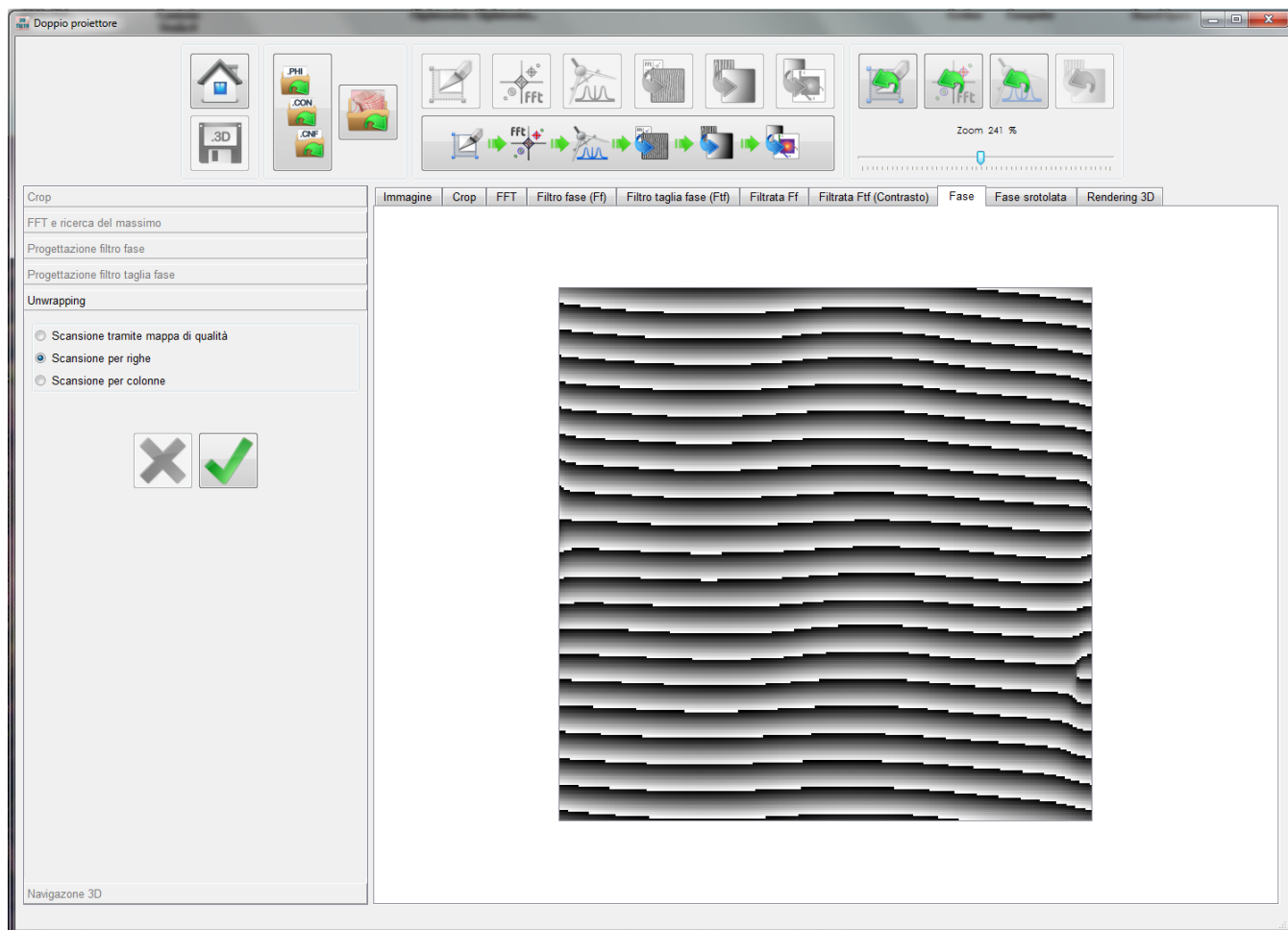


Figura 6.7: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab Unwrapping attiva, prima dello srotolamento.

In caso di srotolamento insoddisfacente, l'utente può azionare il pulsante  (che si attiva dall'azione di



per annullare l'operazione di unwrapping, ed eventualmente ripeterla cambiando l'opzione di scansione (tramite mappa di qualità, per righe e per colonne).

Si noti che il risultato finale dello srotolamento nel workflow a doppio proiettore comprende anche l'aggiunta dell'offset che deriva dalla classificazione delle informazioni relative al contrasto.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

6.3.6 Tab Navigazione 3D

Il tab Navigazione 3D viene attivato dalla pressione del pulsante , e viene attivato contestualmente all'apertura del tab di visualizzazione "Rendering 3D".
Esso consente le stesse funzionalità descritte nella sezione 5.3.5.

6.4 Visualizzazioni

Nell'area di visualizzazione di questo pannello sono presenti dieci tab, ciascuno con uno scopo specifico.

6.4.1 Tab Immagine

Questo tab (visibile in figura 6.1) mostra le immagini caricate da disco a seguito dell'azione attivata dal pulsante



6.4.2 Tab Crop

Viene attivato attraverso  o  e mostra l'immagine, nella fase del ritaglio e al termine dell'operazione.
Un esempio di questo tab è proposto nella figura 6.8.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

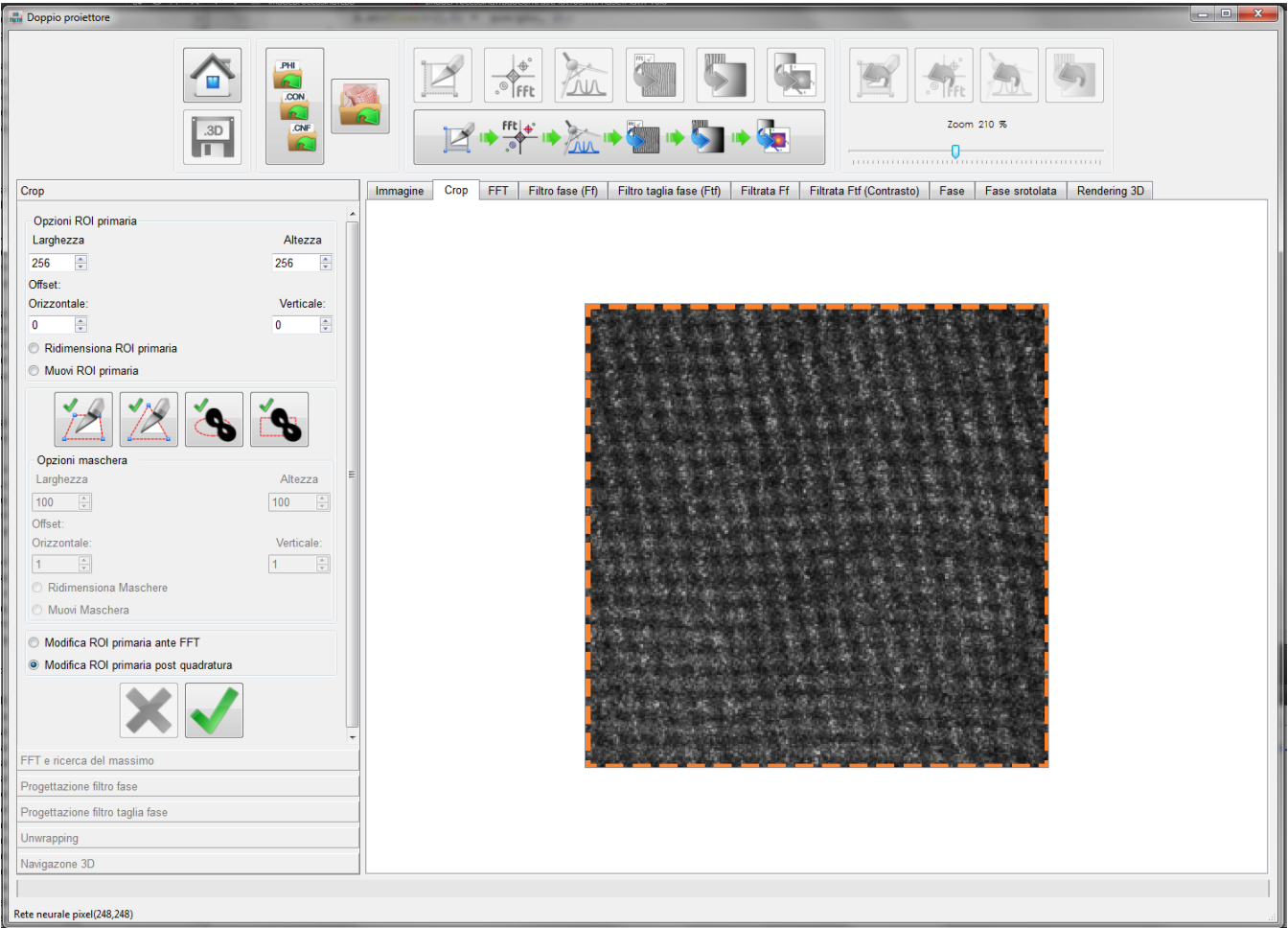


Figura 6.8: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con frame di visualizzazione Crop attivo.

6.4.3 Tab FFT

Viene attivata attraverso  o  e mostra l’ampiezza della FFT. Sempre nello stesso tab è visualizzata la ricerca del massimo alla base del filtraggio di quadratura.
Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 6.9.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

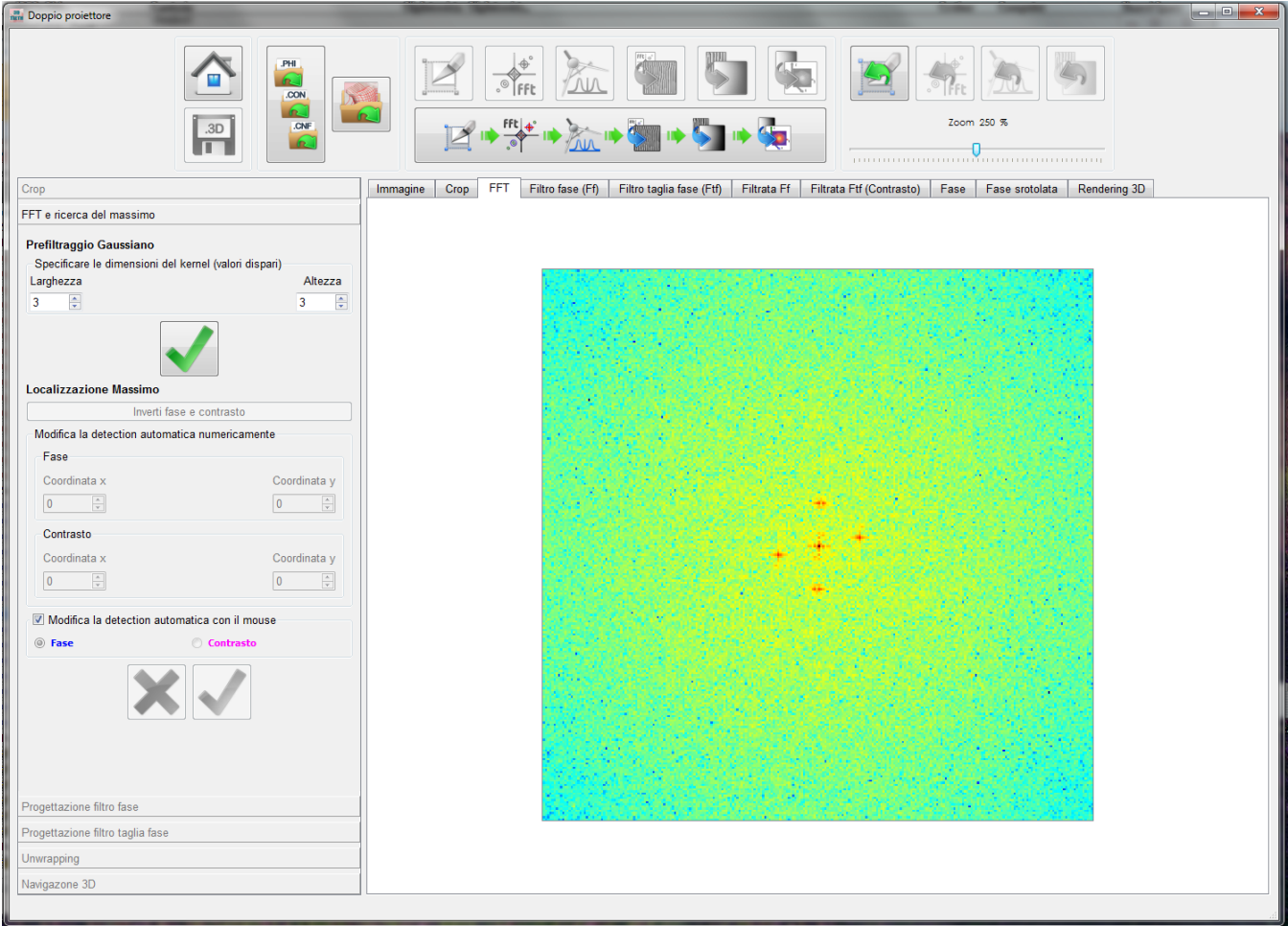


Figura 6.9: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con frame di visualizzazione FFT attivo.

6.4.4 Tab Filtro fase

Viene attivata tramite la pressione dei pulsanti  o .

Esso (figura 6.10) mostra dapprima la FFT e le sagome dei profili del filtro (analogamente ai tab di visualizzazione

“Progettazione filtro” descritti nella sezione 3.4.3), e una volta azionato il pulsante  nel tab “progettazione filtro fase”, mostra il filtro implementato.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

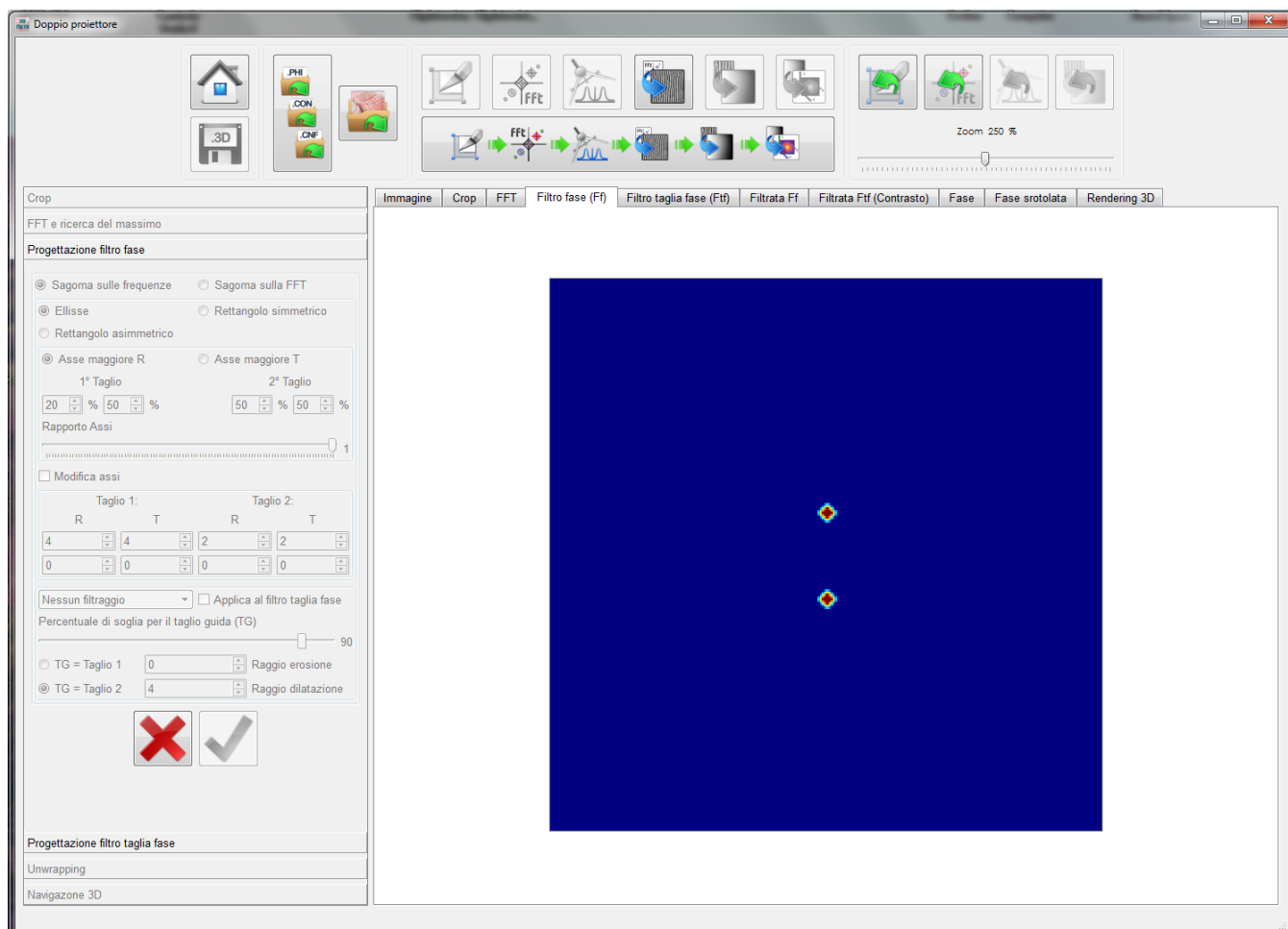


Figura 6.10: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione Filtro fase attiva.

6.4.5 Tab Filtro taglia fase

Viene abilitato tramite la pressione dei pulsanti  o .

Esso mostra dapprima la FFT e le sagome dei profili del filtro taglia fase (analogamente ai tab di visualizzazione

“Progettazione filtro” descritti nella sezione 3.4.3), e una volta azionato il pulsante  nel tab “progettazione filtro taglia fase”, mostra il filtro implementato.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

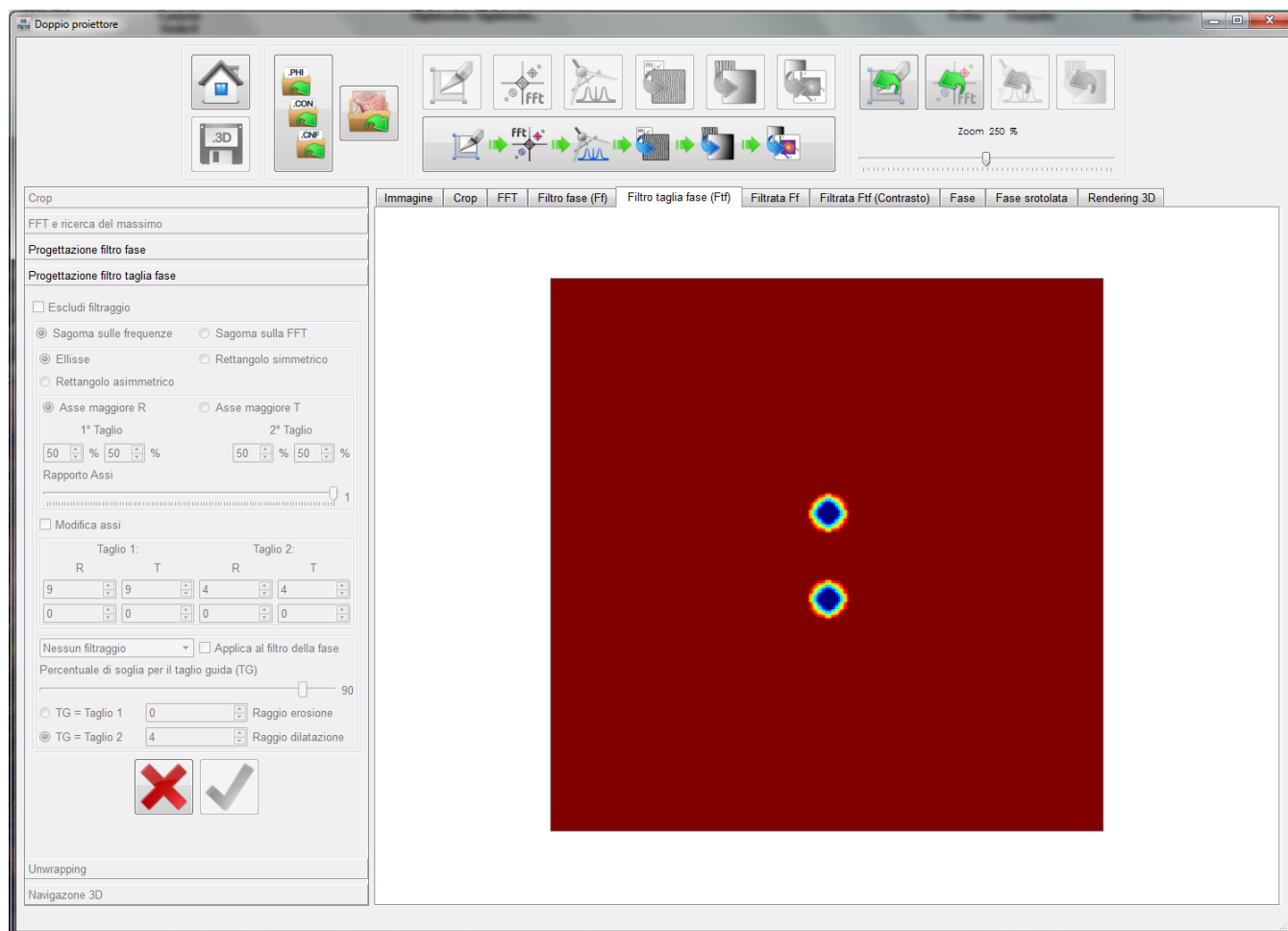


Figura 6.11: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione Filtro taglia fase attiva.

6.4.6 Tab Filtrata Ff



Viene attivata attraverso  e mostra l’immagine filtrata dal filtro fase.
Un esempio di questo tab è proposto nella figura 6.12.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

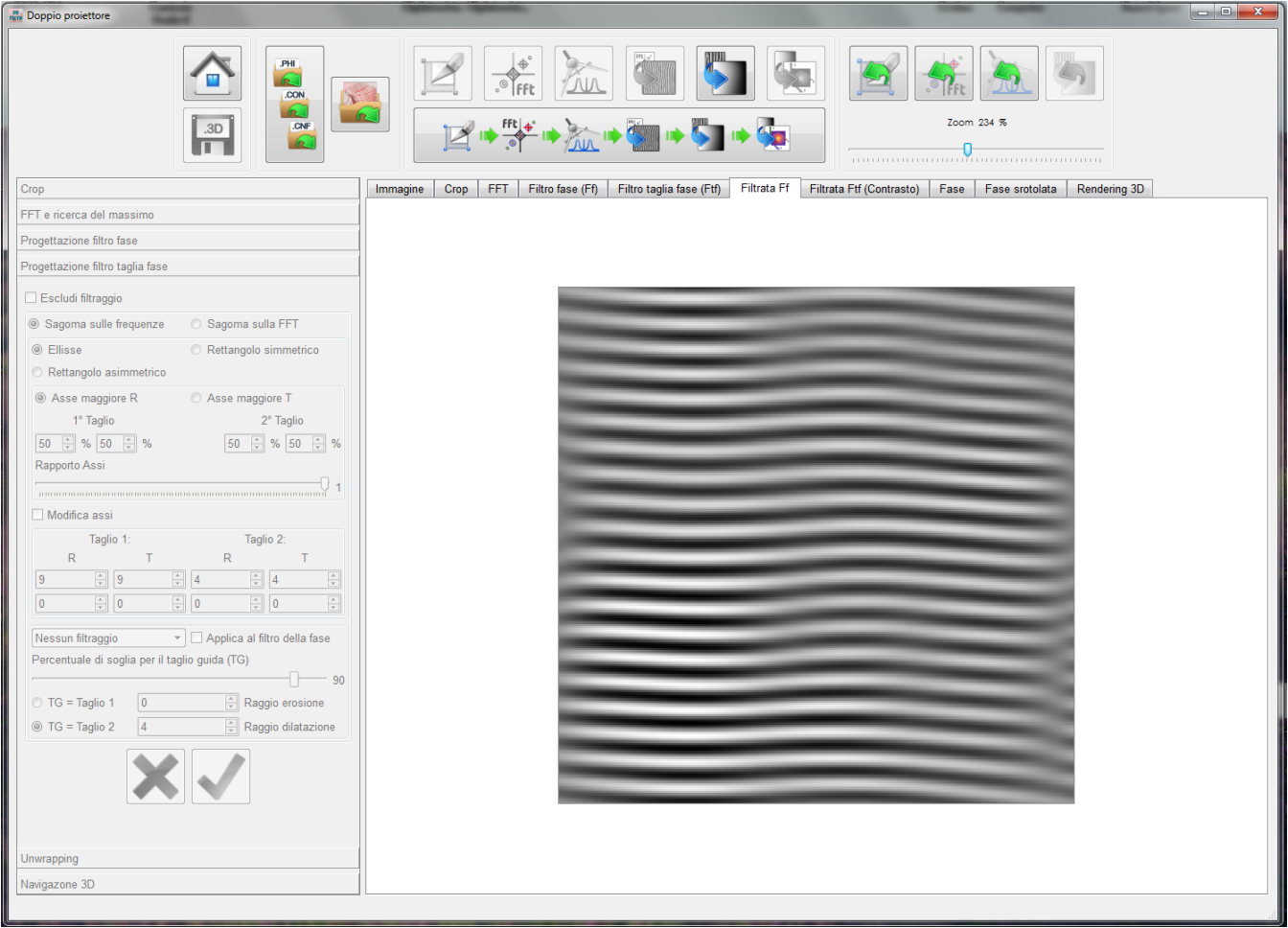


Figura 6.12: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione Filtro fase attiva.

6.4.7 **Tab Filtrata Ftf (Contrasto)**

Viene attivata attraverso  e mostra l’immagine filtrata dal filtro taglia fase. Un esempio di questo tab è proposto nella figura 6.13.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

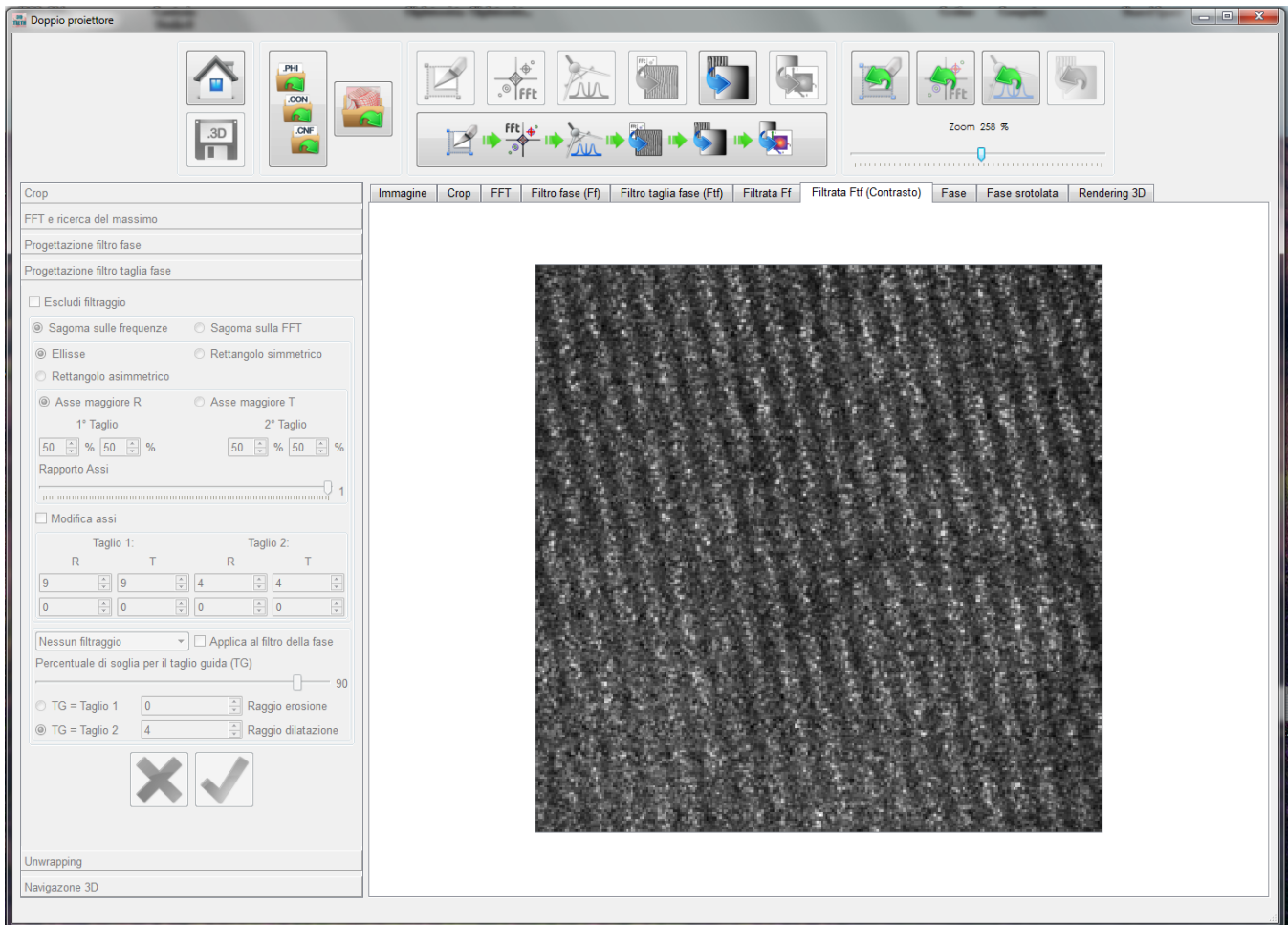


Figura 6.13: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione Filtrata Ftf (Contrasto) attiva.

6.4.8 Tab Fase



Viene attivata attraverso  e mostra la Fase dell’immagine prima dello srotolamento. Un esempio di questo tab è stato proposto nella figura 6.14.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

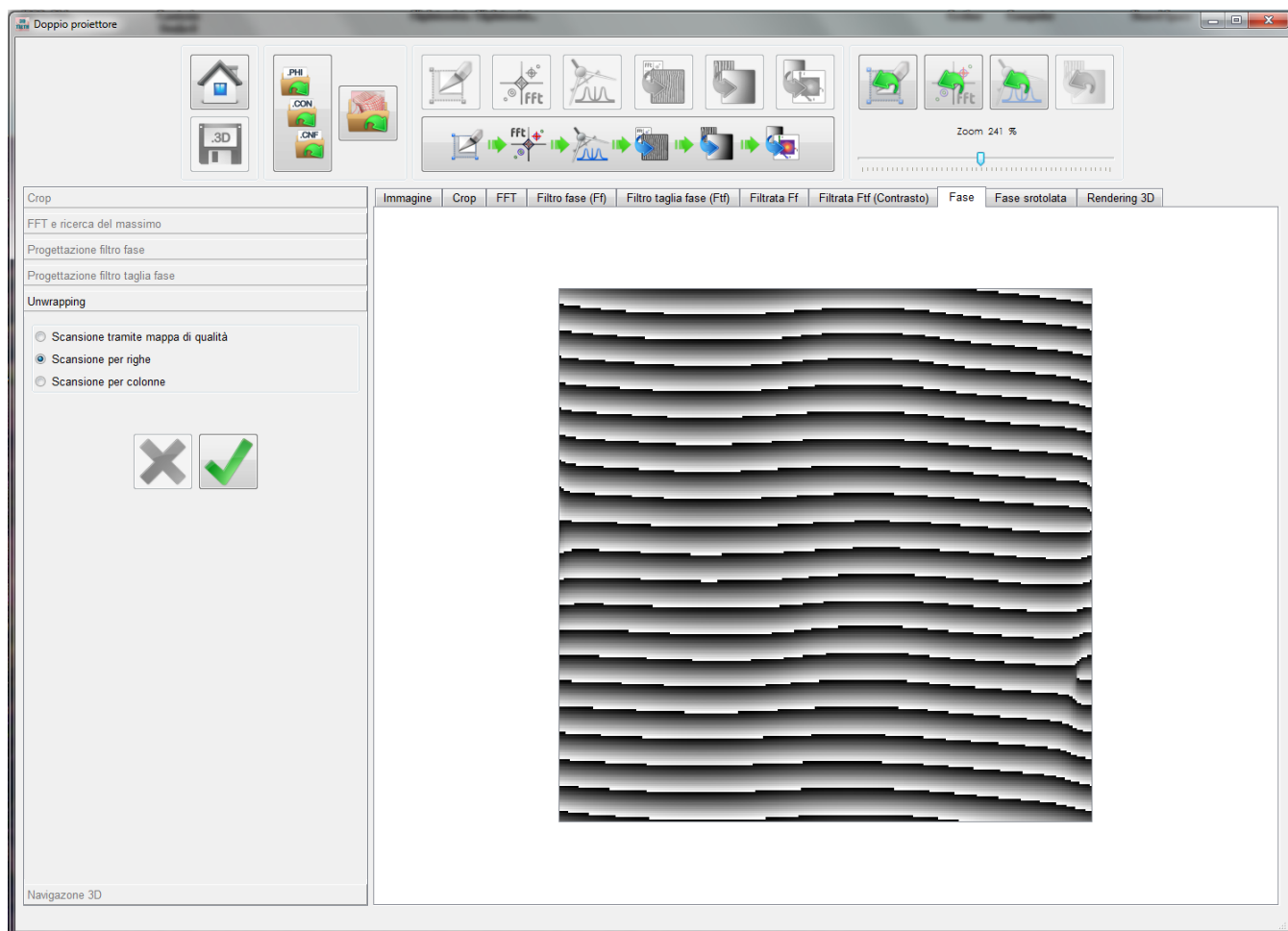


Figura 6.14: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione fase attiva.

6.4.9 Tab Fase srotolata

Viene attivata attraverso  o  e mostra la Fase dopo lo srotolamento. Un esempio di questo tab è proposto nella figura 6.15.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

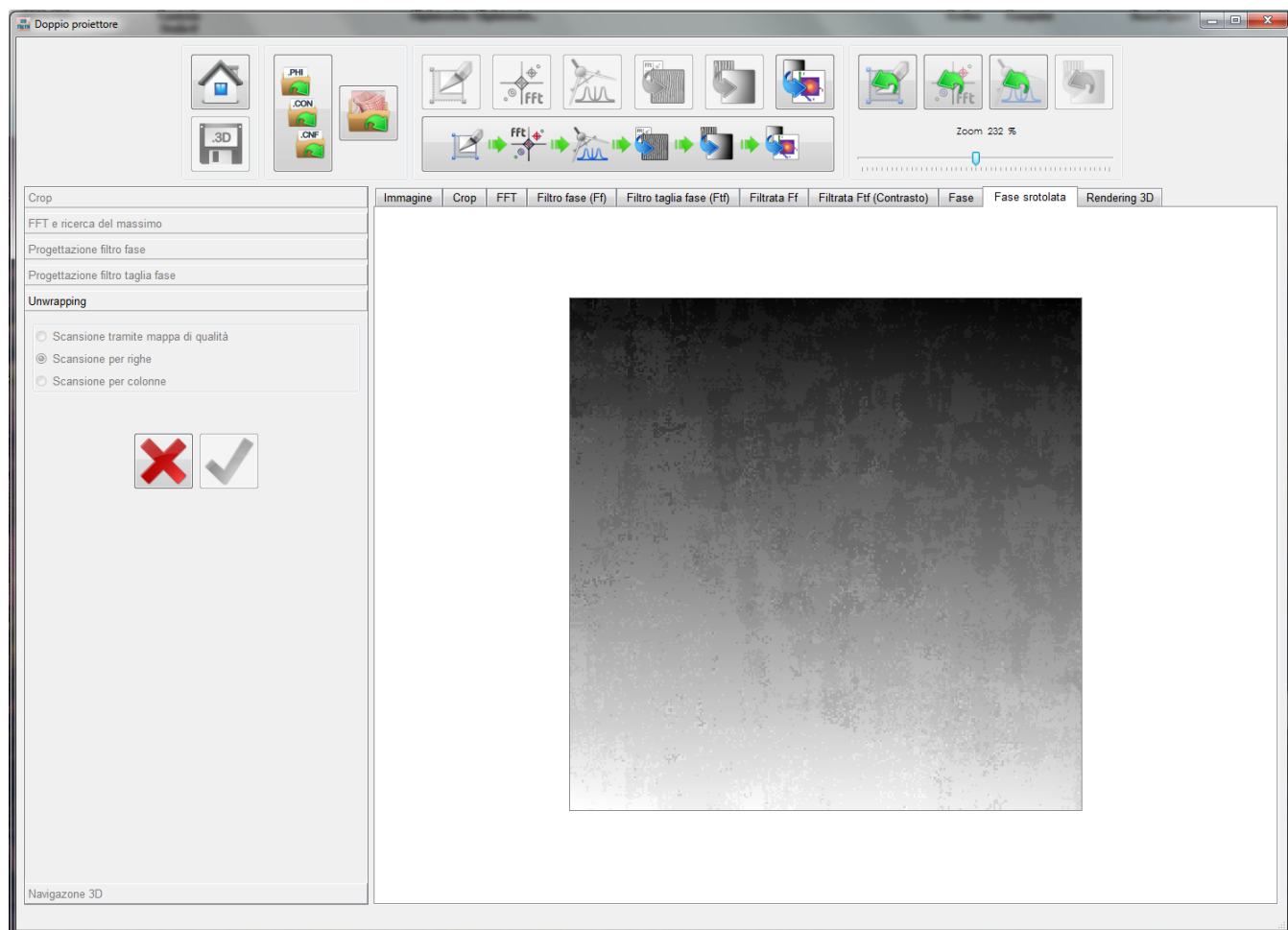


Figura 6.15: Pannello di “Ricostruzione 3D doppio proiettore” con la tab di visualizzazione fase srotolata attiva.

6.4.10 Tab Rendering 3D

Viene attivato attraverso  e consente la visualizzazione della mesh 3D, nonché la sua navigazione attraverso un uso del mouse, con le stesse funzionalità descritte nella sezione 5.4.9.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

7 Esportazione dei dati verso altri ambienti

7.1 Descrizione generale

3DTeeth è un ambiente autoconsistente: esso infatti, oltre a integrare al suo interno le funzionalità preparatorie per compiere la calibrazione della telecamera, delle fasi e del contrasto, consente di visualizzare direttamente in 3D le superficie ricostruite e navigarle.

Tuttavia, per garantire la portabilità dei risultati delle elaborazioni, entrambi i pannelli di ricostruzione sono stati provvisti di un interfaccia di salvataggio dei risultati (sia intermedi che finali) che viene attivata dal pulsante



Gli aspetti e le modalità d'uso di tali interfacce, sia per il caso di ricostruzione con singolo proiettore, che con doppio proiettore, sono stati mostrati rispettivamente nelle sezioni 5 e 6.

In questa sezione illustriamo come i risultati così salvati possono essere esportati in visualizzatori di immagini, ambienti di elaborazione, tool CAD.

7.2 Esportazione in visualizzatori di immagini

Molti dei dati prodotti da 3DTeeth si prestano ad essere visualizzati come immagini.

Essi riguardano l'immagine di partenza, il suo crop, l'eventuale Maschera applicata, la FFT in ampiezza, i filtri Ff e Ftf, l'immagine filtrata, la fase, la fase srotolata.

Pertanto è sufficiente vidimare i flag incolonnati sotto la didascalia "File TIFF" nelle interfacce di salvataggio (Figura 7.1), e corrispondenti ai dati desiderati per poter, in un qualsiasi visualizzatore di immagini aprire il file così salvato e visualizzarne l'immagine.

	Livello di distribuzione		USO INTERNO	codice documento	3DTeethMan2.0
		X	CLIENTE	revisione	2.0
			PUBBLICO	nome file	3DTeeth_Man_V2.0.docx

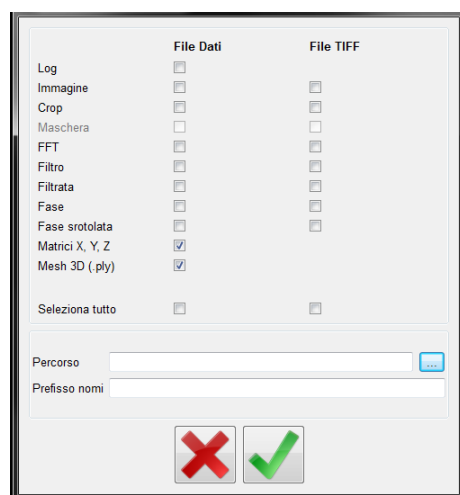
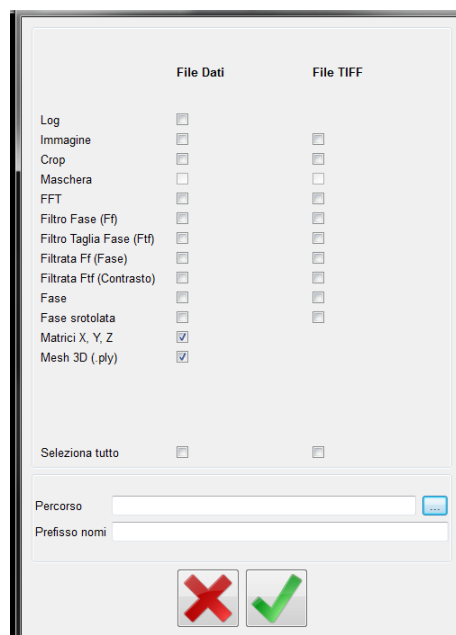



Figura 7.1: Interfaccia di salvataggio dei risultati (sia intermedi che finali) nel caso del workflow a singolo proiettore (sinistra) e a doppio proiettore (destra).

7.3 Esportazione in ambienti di calcolo

Tutti i dati prodotti di 3DTeeth sono essenzialmente matrici (interi o floating point) le cui dimensioni in termini di numero di righe e numero di colonne sono salvate, insieme ad altre informazioni, nel file Log.

Vidimando i corrispondenti flag sotto la didascalia “File Dati”, viene attivato il salvataggio di opportuni file in formato.csv (comma-separated value file) che possono agevolmente essere importati in ambienti come MS Excel o Matlab (si suggerisce per quest’ultimo la funzione $M = \text{dlmread}(\text{filename})$ che legge i dati numerici di un file ASCII delimitato in una matrice output M).

7.4 Esportazione in tool CAD

Seppure 3DLab integri al suo interno il tab Rendering 3D per visualizzare in maniera diretta la superficie 3D ricostruita, per effettuare operazioni più sofisticate, degli zoom, pan e rotazioni previste dal visualizzatore integrato, può essere utile un’esportazione della nuvola di punti ricostruita in un tool dedicato al CAD.

Pertanto, nell’interfaccia di salvataggio, è previsto il flag “Point cloud”, vidimando il quale si crea un file in standard PLY che può quindi essere importato in numerosi ambienti CAD.