



UNIVERSITÀ DI BRESCIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Dipartimento di Elettronica per l'Automazione

Laboratorio di Robotica Avanzata
Advanced Robotics Laboratory

Corso di Robotica
(Prof. Riccardo Cassinis)

Primer sul sistema TS-Vision

Elaborato di esame di:

Luca Pedretti, Erick Tanghetti

Consegnato il:

18 giugno 2012

Sommario

*Il nostro lavoro è incentrato sulla realizzazione di un primer che, basandosi sul manuale di riferimento, permetta ad un qualsiasi soggetto che abbia un minimo di conoscenze, di utilizzare il sistema di visione **Tiesse Vision** in maniera semplice ed efficace.*

Il sistema di visione che si è utilizzato è stato sviluppato dalla Tiesse Robot Spa ed il manipolatore su cui viene utilizzato è un Kawasaki RS003N, il cui utilizzo è spiegato nel manuale di utilizzo [1] del Robot sviluppato dallo studente Stefano Saccani.

Il primo capitolo introduce all'utilizzo del sistema, illustrando le varie componenti che ne fanno parte e le operazioni necessarie affinché Tiesse Vision sia pronto all'uso.

Il secondo capitolo è focalizzato sull'operazione di calibrazione del sistema, spiegandone l'utilità e mostrandone le varie possibilità.

Il terzo capitolo mostra le diverse fasi per l'acquisizione dell'immagine.

Il quarto capitolo spiega come si creano dei progetti, come si gestiscono i diversi programmi all'interno di un progetto e come utilizzare opportuni modelli per ottenere funzionalità avanzate.

Infine, nel quinto capitolo, si presenta un esempio pratico, comprese le istruzioni per interfacciare il sistema TS-Vision con il robot.

1. Introduzione

1.1. Introduzione alla visione

La visione nel campo della robotica ricopre sempre più un ruolo fondamentale, in quanto si semplificano le operazioni di manipolazione e si permette di implementare funzionalità anche molto complesse. La visione consente di percepire l'ambiente di lavoro del robot attraverso l'utilizzo di una telecamera e di un calcolatore, il quale tramite l'elaborazione delle immagini acquisite, permette di governare i movimenti del robot in base agli oggetti che si presentano nel suo spazio di lavoro. L'operazione di riconoscimento degli oggetti risulta molto efficace tramite l'utilizzo di questo strumento, in quanto l'utilizzo di altri sensori permette solamente una percezione limitata dell'ambiente di lavoro del robot. Questa capacità semplifica molto la fase di posizionamento del pezzo, che può presentarsi in modo casuale, sia per quanto riguarda la posizione che la rotazione.

1.2. Introduzione al sistema TS-Vision

Il sistema di visione **Tiesse Vision**, disponibile in laboratorio, è composto dai seguenti elementi:

1. Personal Computer "Fujitsu Lifebook A Series" con sistema operativo Windows 7;

2. Mouse USB;



Fig. 1 - Personal computer e mouse

3. Software Tiesse Vision già installato sul PC;



Fig. 2 - Software TS-Vision

4. Chiave con codici per verifica licenza del software di visione;



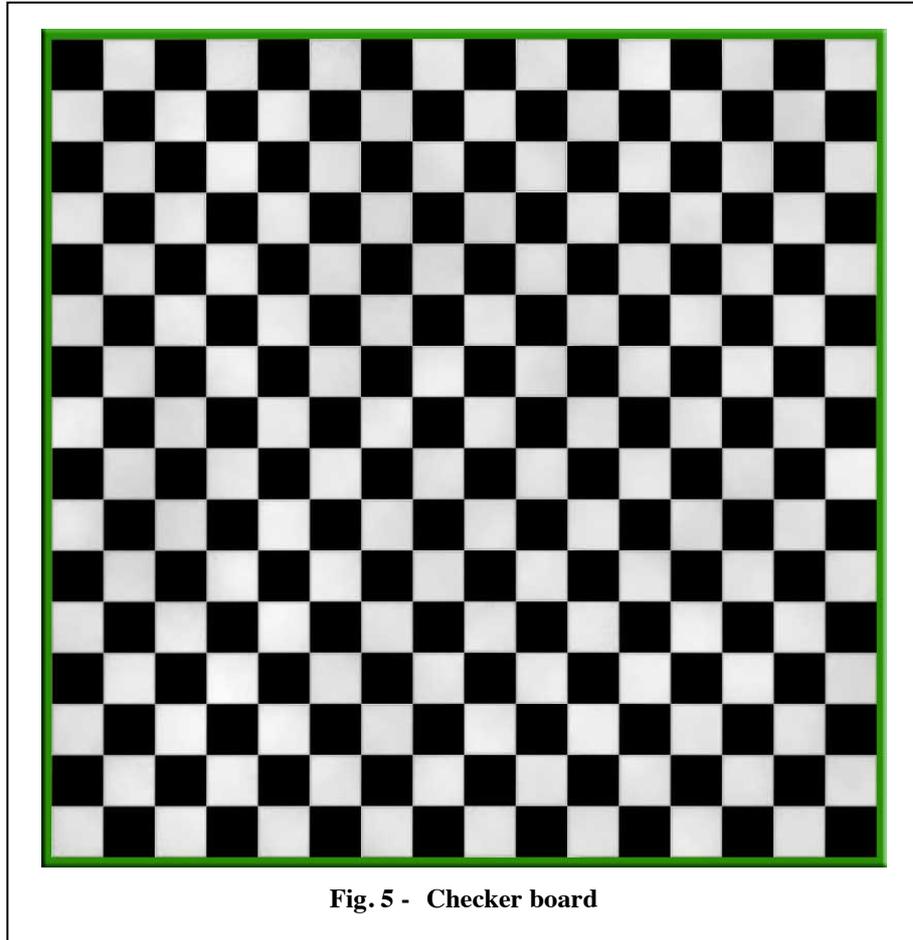
Fig. 3 - Chiave con codici

5. Telecamera alimentata via USB);



Fig. 4 - Telecamera

6. Cavo USB - Mini USB;
7. Treppiedi per la telecamera o altro sostegno in base alle esigenze;
8. Tavola checker board, necessaria per l'operazione di calibrazione.



1.2.1. Prima di iniziare

Avviato il personal computer, per poter utilizzare il software, è necessario collegare ad una delle porte USB la chiave che contiene i codici per la verifica della licenza del software. In seguito si deve collegare la telecamera ad una delle porte USB rimanenti ed in caso di collegamento effettuato in maniera corretta il led vicino all'ingresso mini USB sulla telecamera diventerà di colore verde. A questo punto è possibile avviare il software facendo doppio click sull'icona TS Vision presente sul desktop del PC. Per una migliore interazione con il sistema, si consiglia l'utilizzo del mouse USB in dotazione.

1.2.2. Funzionalità disponibili

Le funzionalità messe a disposizione da questo sistema di visione sono molteplici, tra cui le più importanti sono:

1. Identificare forme o sagome in un'area precedentemente definita, che verranno utilizzate per elaborazioni di vario tipo;
2. Identificare le coordinate di un oggetto in modo da portare l'end-effector del robot in una zona desiderata.

1.2.3. La pagina di acquisizione

La parte principale di molte pagine di TS-Vision è caratterizzata dal pannello di acquisizione, mostrato in Fig. 7

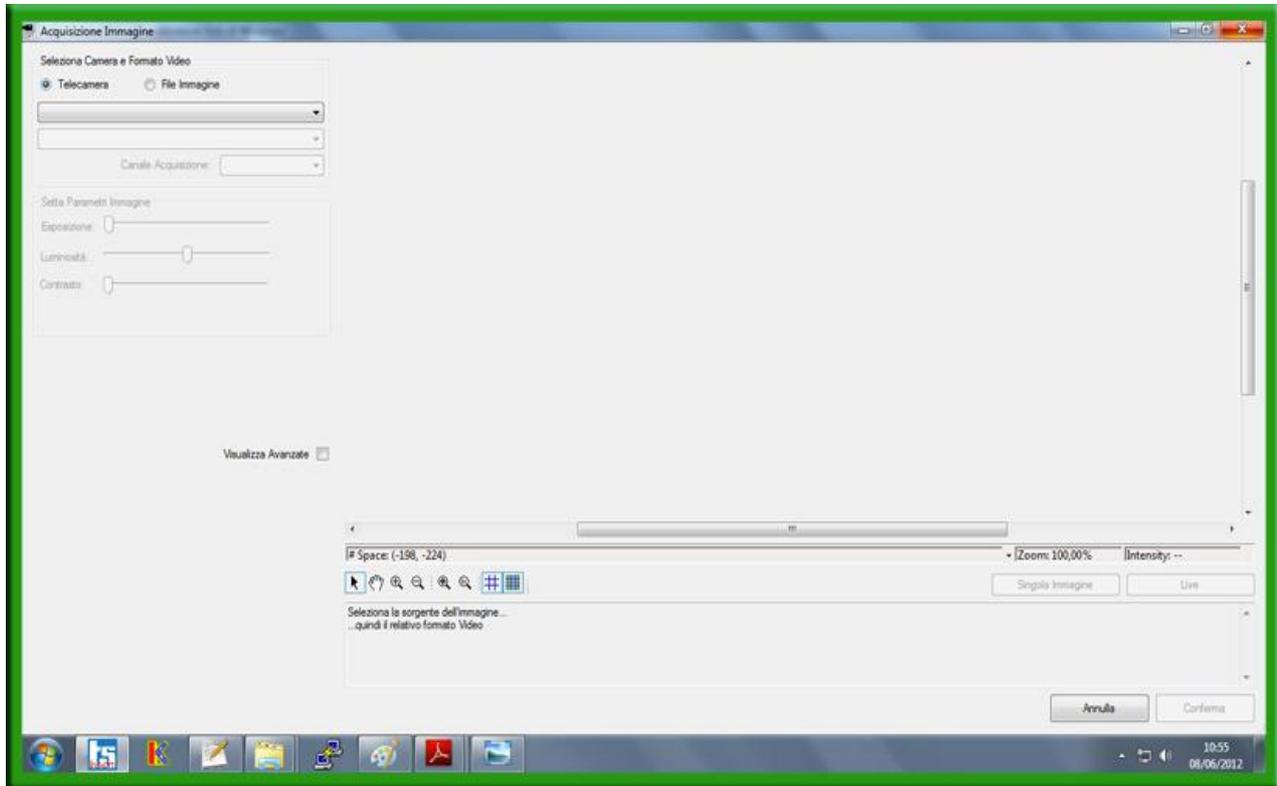


Fig. 6 - Pannello di acquisizione

Per agire su un'immagine sono disponibili i comandi di esplorazione. Per una nuova acquisizione o per un flusso continuo si possono usare i due pulsanti *singola immagine* e *live* sotto il display sulla destra. Per poter utilizzare i pulsanti, è necessario selezionare dalla box in alto a sinistra la telecamera da utilizzare.

La parte inferiore della schermata contiene una casella in cui sono visualizzati i messaggi da comunicare all'utente. Per esempio in questa zona saranno visualizzati gli esiti delle operazioni fatte dall'utente o delle istruzioni di supporto alla programmazione.

La pagina di acquisizione delle immagini può essere chiusa solo cliccando sui bottoni *annulla* e *conferma*. Il primo chiude la pagina senza salvare le nuove impostazioni, mentre il secondo salva i cambiamenti prima della chiusura della pagina.

1.2.4. Utenti e privilegi di Tiesse Vision

Una volta avviato il software, non sono necessari particolari settaggi per l'utilizzo. L'utente predefinito del sistema è **gestore**, il quale dà la possibilità di effettuare la maggioranza delle operazioni necessarie al funzionamento. Viene comunque fatto un breve cenno al tipo di utenti disponibili nel sistema:

1. **Amministratore:** Permette l'esecuzione di qualsiasi operazione sul sistema ed ha accesso a tutte le configurazioni.

2. **Gestore:** Permette l'esecuzione della maggior parte delle operazioni (creazione e modifica programmi, regolazione soglie ecc.), ma non permette di accedere alle configurazioni del sistema di visione;
3. **Operatore:** Permette solamente di caricare ed utilizzare programmi precedentemente realizzati;

L'autenticazione può essere effettuata cliccando sull'icona *strumenti* nella barra degli strumenti e successivamente su *utenti* nel menu a tendina.



Fig. 7 - Login

Le password di accesso del sistema sono le seguenti:

- Gestore: arl-gestore
- Operatore: arl-operatore

1.2.5. Impostazioni del sistema di visione (riservata all'amministratore)

Per accedere alle impostazioni del sistema di visione, cliccare nella barra degli strumenti sulla voce *strumenti* e successivamente sulla voce *impostazioni* nel menu a tendina. Tra le schede che vengono mostrate, è possibile effettuare diverse operazioni: modificare la lingua del software, impostare o modificare la password degli utenti, impostare i parametri per la comunicazione del robot con il PC, gestire la grafica dell'applicazione e l'hardware.

2. Calibrazione

Per il corretto funzionamento, il sistema di visione necessita di essere calibrato ogni qualvolta si collochi la telecamera in una determinata posizione. È possibile effettuare diverse calibrazioni in base alle condizioni di luce e al tipo di oggetto. Per effettuare la calibrazione, è necessario cliccare su *strumenti* e successivamente su *calibrazione*. Sono disponibili due diverse procedure che portano allo stesso risultato ma vengono eseguite in maniera differente:

1. Calibrazione lineare per punti;
2. Calibrazione tramite checker board.

2.1. Calibrazione lineare per punti

Per effettuare questo tipo di calibrazione, è necessario utilizzare un foglio quotato. Una volta calibrata la telecamera, TS-Vision troverà le coordinate del pezzo da cercare rispetto a questo punto di calibrazione, quindi è molto importante che anche il robot sia settato con gli stessi parametri. Questo sistema non è utilizzato in laboratorio, in quanto la calibrazione tramite checker board è più precisa e permette di eliminare in modo automatico le distorsioni dell'immagine.

2.2. Calibrazione tramite checker board

Questo tipo di calibrazione si autocostruisce una funzione complessa in grado di eliminare le distorsioni da un'immagine distorta nel sistema di riferimento compensando ogni deformazione. Per effettuare questo tipo di calibrazione è necessario utilizzare un foglio con la tavola **checker board**, reperibile in laboratorio. La tavola checker board è una scacchiera composta da quadrati bianchi e neri della stessa dimensione, disposti in modo alternato. È possibile realizzarne una utilizzando il software Matlab, sfruttando la funzione checkerboard, come nel seguente esempio:

- $K = (\text{checkerboard}(20,20) > 0.5); //\text{generazione}$
- $\text{figure, imshow}(K) //\text{stampa}$

In alternativa è possibile scaricare la tavola in questione dal seguente link:

- <http://docs.gimp.org/en/images/filters/examples/render-checkerboard1.jpg>

Di seguito si illustreranno nel dettaglio le operazioni da effettuare per calibrare il sistema:

1. Accedere a *strumenti* e dalla voce *calibrazione* selezionare *2D checker board*.

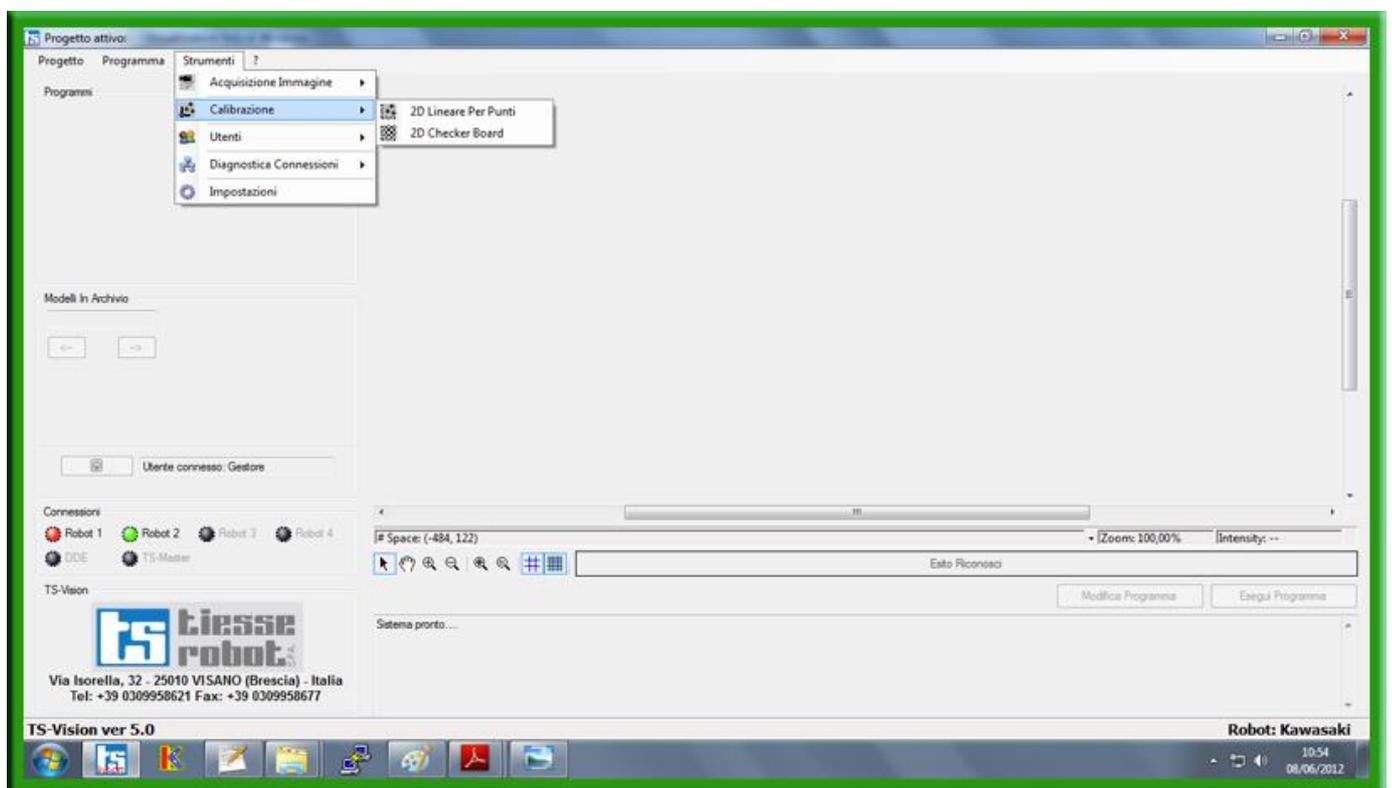


Fig. 8 - Menu di calibrazione

2. Posizionare la checker board nell'area di visione della telecamera.
3. Mettere a fuoco agendo manualmente sulla telecamera.
4. Selezionare la telecamera e cliccare su *calibra telecamera*.

- Nella finestra principale apparirà la scritta “Non Calibrato”.

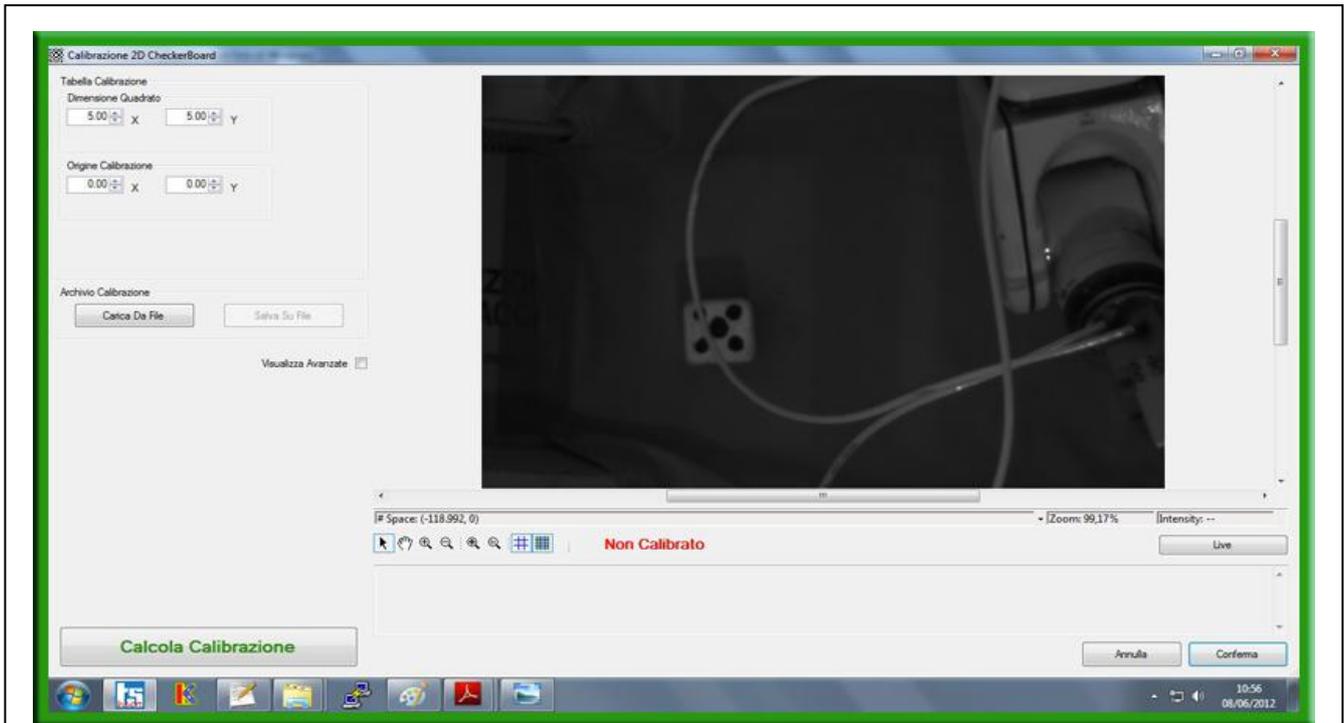


Fig. 9 - Schermata di calibrazione

- Spuntare l'opzione *visualizza avanzate* e cliccare sul pulsante *parametri estesi*.
- Apparirà una nuova finestra, a questo punto deselezionare l'opzione *fiducial mark*.

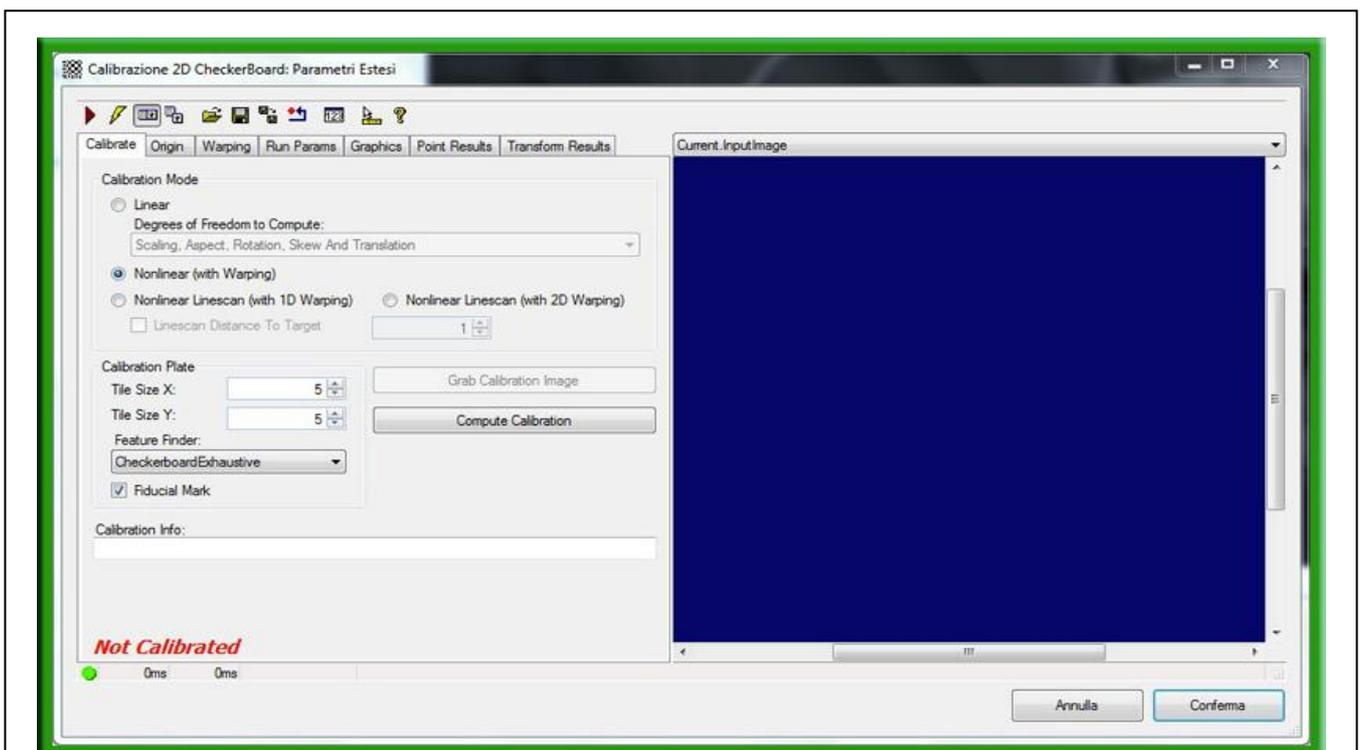


Fig. 10 - Parametri estesi

8. Nel menu a tendina che si trova sopra l'immagine scegliere *Current.CalibrationImages*.
9. Il sistema riconosce la checker board ed evidenzia in viola i bordi dei quadrati che la compongono.

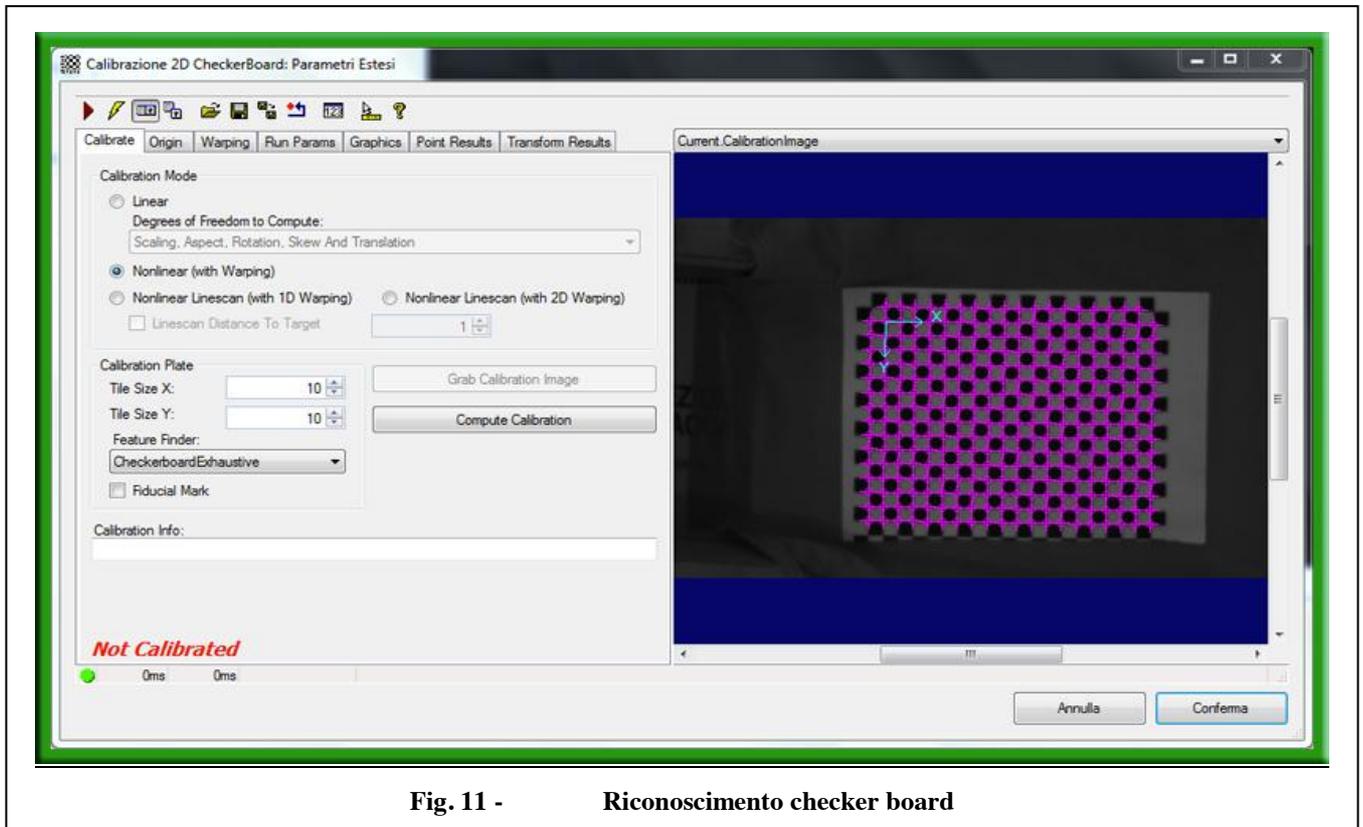


Fig. 11 - Riconoscimento checker board

10. Impostare manualmente la dimensione dei quadratini.
11. Spostare con il mouse l'origine degli assi in modo che risultino posizionati in corrispondenza di un incrocio tra le linee viola.
12. Premere il pulsante *conferma* e successivamente *calibra telecamera*.
13. Se la calibrazione è andata a buon fine sul display comparirà la scritta verde "calibrato".

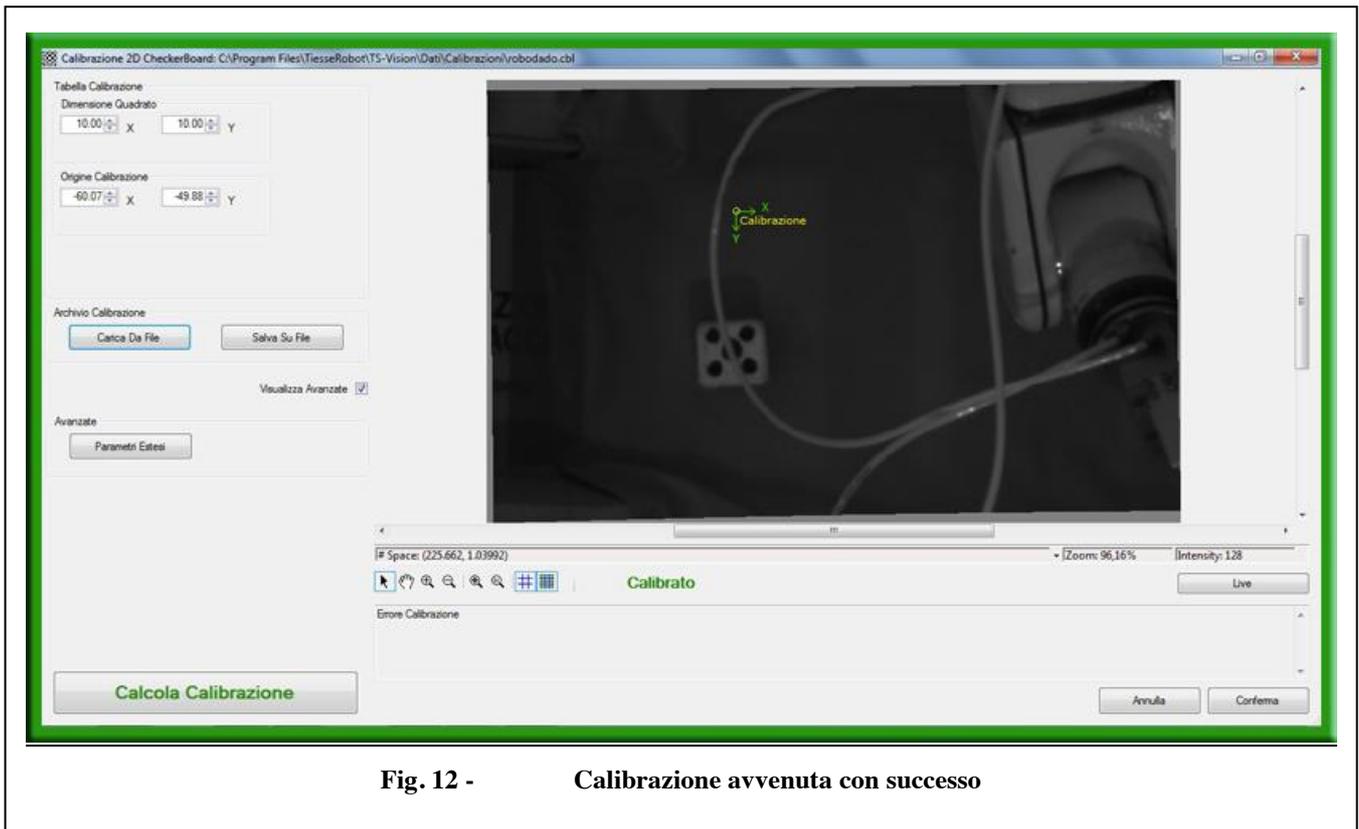


Fig. 12 - Calibrazione avvenuta con successo

3. Acquisizione delle immagini

Per acquisire immagini cliccare su *strumenti* e selezionare la voce *acquisizione immagini live*. Per poter acquisire un'immagine bisogna prima impostare tutti i parametri che la coinvolgono. Si deve scegliere la fonte usata per l'acquisizione delle immagini, scegliendo se acquisire l'immagine dalla telecamera o da file. Se viene scelta la telecamera, nel primo menu a tendina appare il nome del dispositivo collegato al computer. Se invece si decide di acquisire l'immagine da file verrà attivato il pulsante *seleziona* e cliccandolo apparirà una finestra di dialogo attraverso la quale selezionare il file da aprire. Da notare che le immagini devono essere dei file *.bmp* o *.tif*, gli unici formati accettati da TS-Vision. Nel caso specifico preso in considerazione, si ha a disposizione una telecamera che acquisisce le immagini a livelli di grigio, quindi l'unico parametro modificabile è quello dell'esposizione. Sono disponibili inoltre dei settaggi avanzati, che permettono di impostare l'esposizione automatica specificando opportuni parametri.

Inoltre è possibile effettuare il salvataggio della configurazione corrente oppure caricarne una già esistente. Infine il pulsante *parametri estesi* permette l'accesso ad ulteriori settaggi che non sono fondamentali per l'utilizzo a livello base del sistema.

Se viene selezionata un'immagine da file come sorgente, saranno attivi i soli tasti *annulla* e *conferma* (solo *annulla* se la finestra è stata aperta tramite la barra dei menu). A questo punto andranno impostati i valori del tempo di esposizione, della luminosità e del contrasto in modo da avere un'immagine chiara e che evidenzi il contorno del pezzo. La casella nel box *filtro immagine* contiene i filtri applicabili all'immagine, questa può infatti essere elaborata in modo che il pezzo inquadrato risulti più chiaro e riconoscibile.

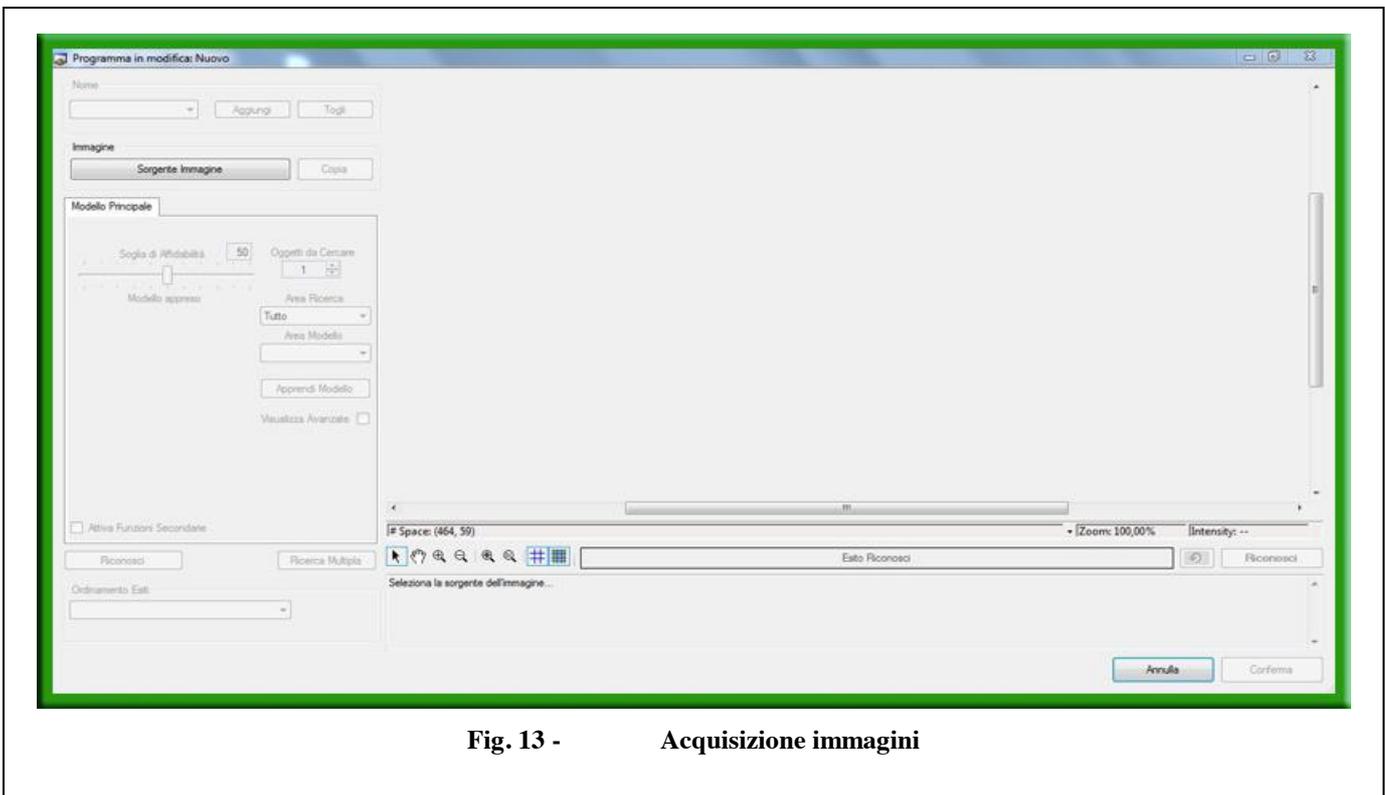


Fig. 13 - Acquisizione immagini

4. Programmazione con TS-Vision

4.1. Progetti

Il progetto è la struttura base per la creazione di programmi in TS-Vision, lo si può vedere come un contenitore con la capienza massima di 10 programmi. Dal pulsante *progetto* nella barra degli strumenti è possibile la creazione e il salvataggio dei lavori, oppure si può aprire un progetto già esistente.

4.2. Programmi

Il programma è la vera e propria unità operativa di TS-Vision, che contiene a sua volta uno o più modelli. I diversi modelli permettono di gestire tutte le caratteristiche di un oggetto, come per esempio le aree d'ingombro ed il colore (qualora si disponga di un'opportuna strumentazione). Dal pulsante *programma* nella barra degli strumenti è possibile creare, eliminare o caricare un programma preesistente da file.

4.2.1. Creazione di un nuovo programma

Al clic sulla voce *nuovo* del menu programma si presenta l'interfaccia mostrata in Fig. 14.

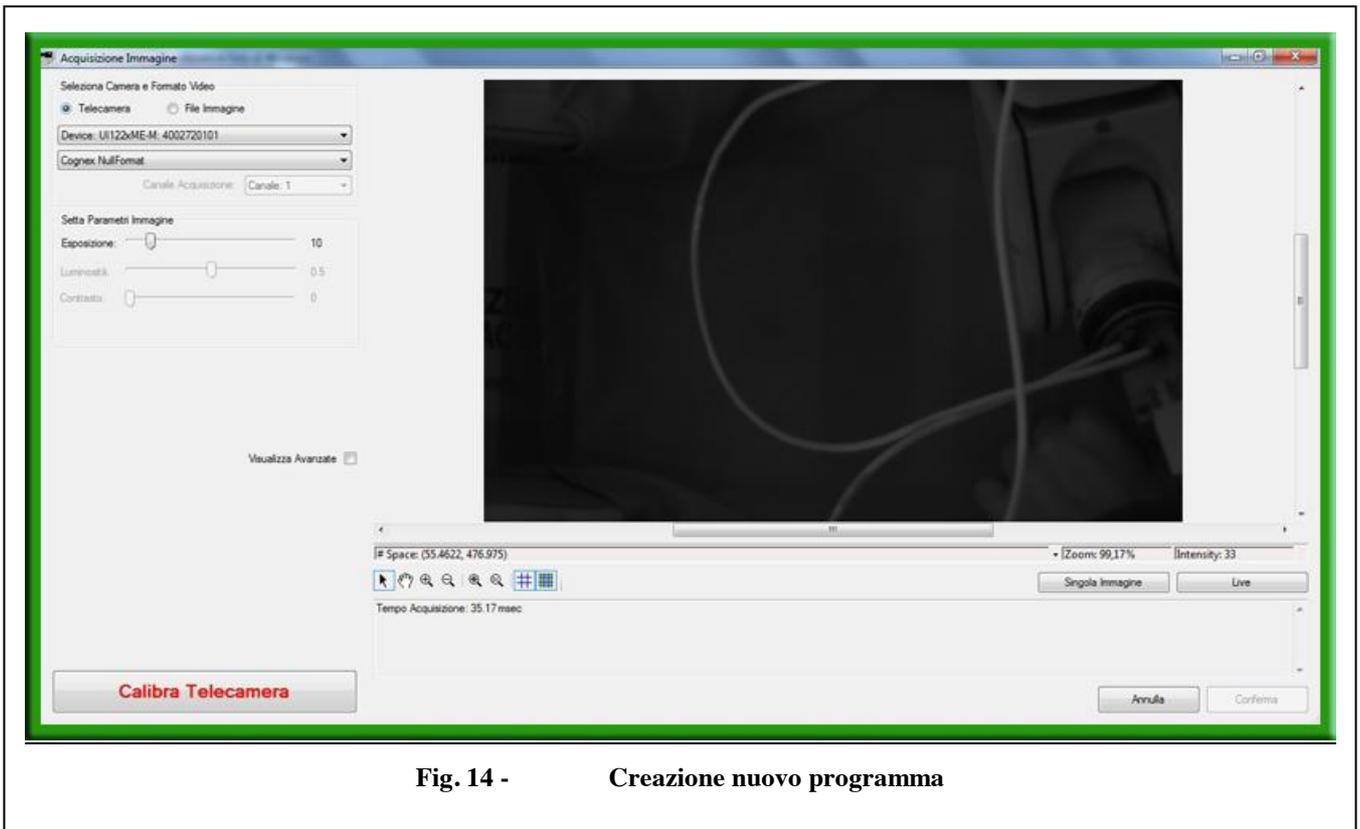


Fig. 14 - Creazione nuovo programma

Sorgente dell'immagine: Quando viene creato un nuovo programma l'unica casella attiva nella pagina di modifica dei programmi è *sorgente immagini*. Al clic si aprirà la pagina di acquisizione, dove si dovrà selezionare la fonte dell'immagine, i suoi parametri ed inserire la calibrazione precedentemente salvata. Fatto ciò, il bottone di conferma sarà attivo e al clic si salveranno le opzioni che sono state impostate in questa pagina.

I modelli: ogni programma può contenere più modelli diversi fra loro, questi vengono gestiti tramite la casella dei modelli illustrata nelle *figura 15*.

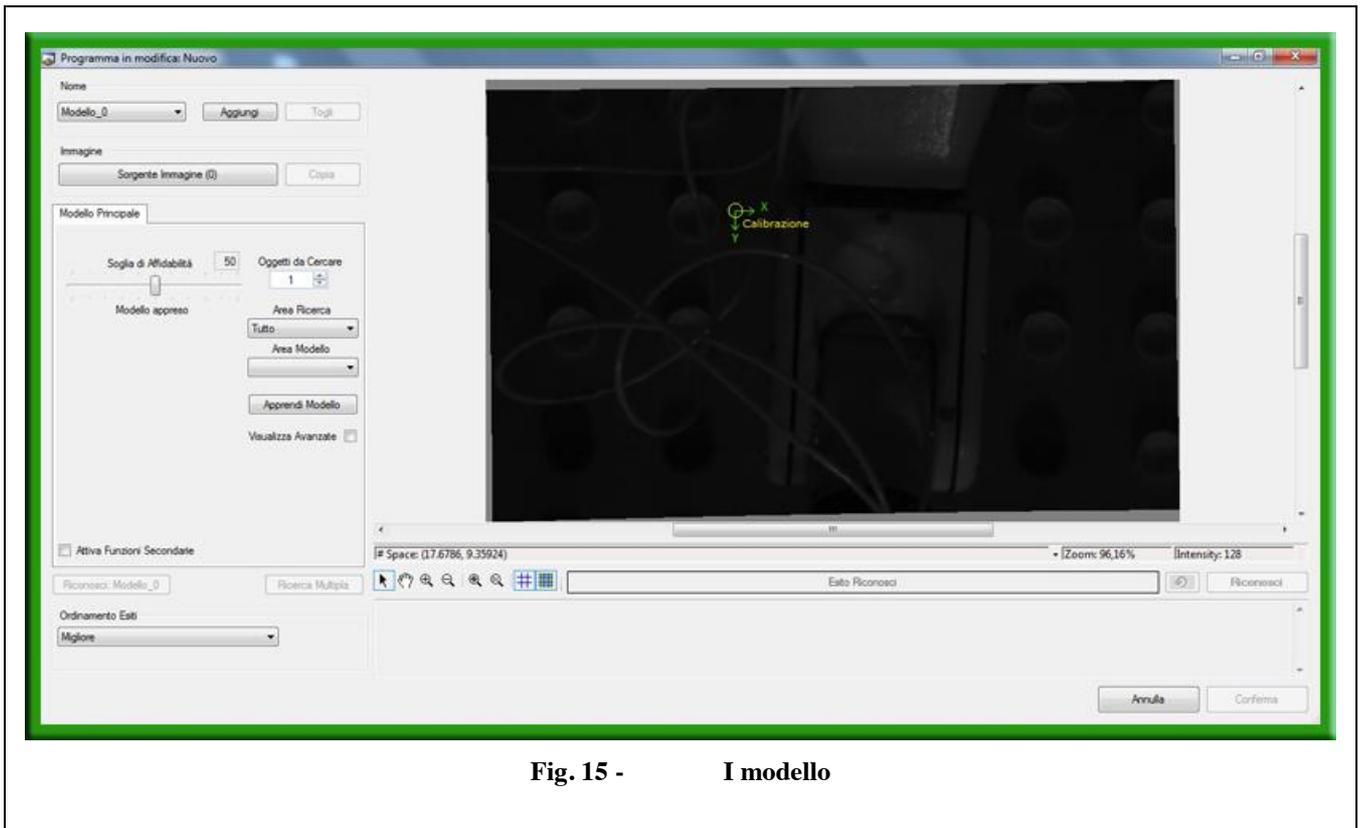


Fig. 15 - I modello

Nel menu a tendina vi sono tutti modelli inclusi nel programma, mentre con i pulsanti a destra si possono aggiungere dei nuovi modelli o eliminare quelli che non servono. Per ogni programma bisogna acquisire un modello principale che verrà cercato all'esecuzione dei programmi di visione. L'acquisizione viene fatta tramite i comandi della scheda *modello principale*. Per apprendere il modello è necessario impostare alcuni importanti parametri, quali la **soglia di affidabilità** (percentuale minima di uguaglianza oltre la quale il pezzo viene riconosciuto), **il numero di pezzi da cercare**, **l'area dove effettuare la ricerca** e **l'area che approssima al meglio il modello in questione**. Una volta specificati i parametri, il bottone *apprendi modello* permette di confermare l'apprendimento e di salvarlo con l'apposito pulsante *salva*.

4.2.2. Opzioni Avanzate

Nell'apprendimento del modello principale è possibile utilizzare delle funzioni avanzate accessibili tramite la checkbox *visualizza avanzate*, in *figura 16*.

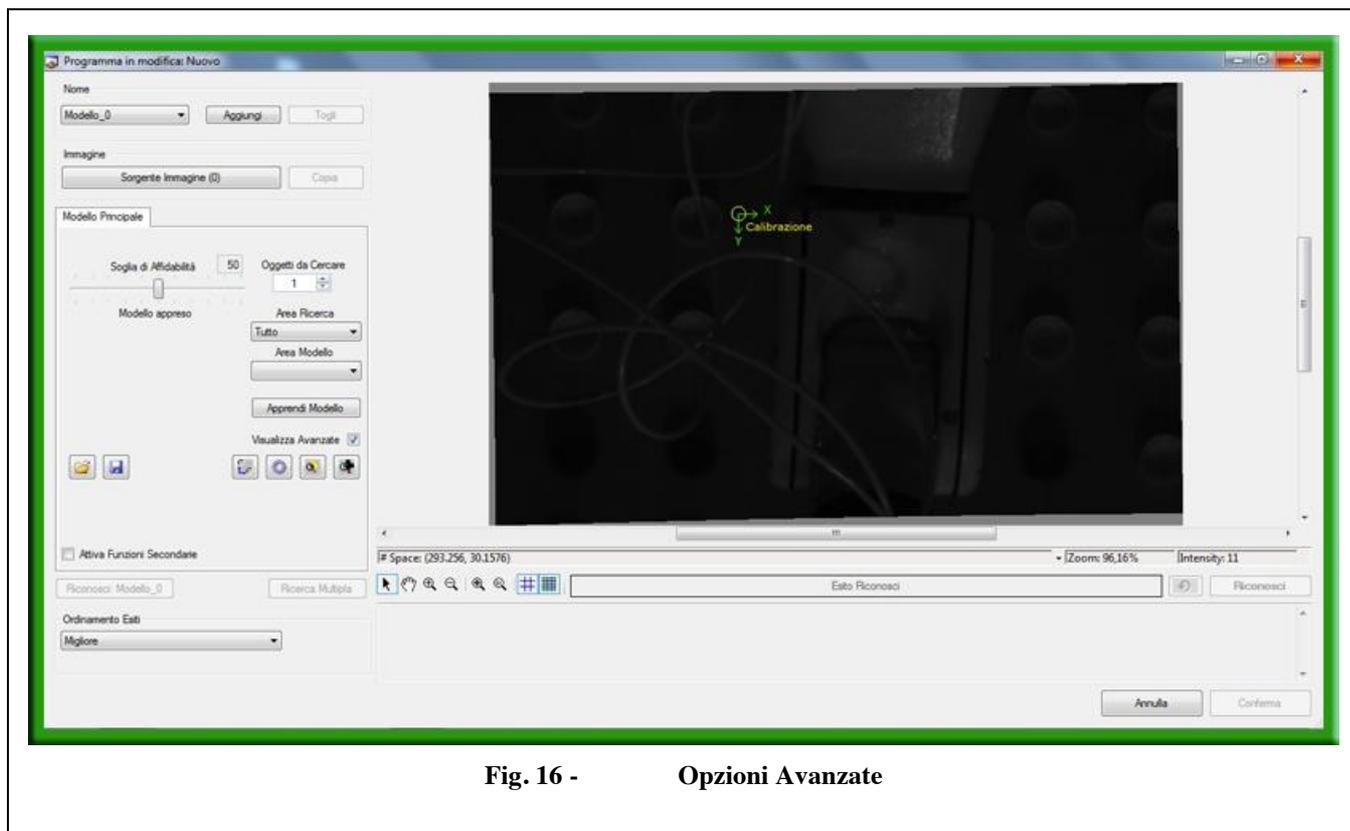


Fig. 16 - Opzioni Avanzate

Punto di presa di un pezzo: è il punto che il sistema di visione prende come riferimento e che trasmette al robot o alle altre periferiche quando un programma rileva la presenza di un pezzo. Per modificarlo si utilizza il mouse, in particolare è possibile spostare gli assi oppure ruotarli, con opportuni movimenti del cursore. Per ricentrare il punto di presa, cliccare sul pulsante *ricentra punto di presa*.

Opzioni ricerca del pezzo

Permettono di impostare l'**angolo di ricerca del pezzo** (angolo entro cui l'applicazione andrà a ricercare i pezzi), il **controllo della copertura** (valore entro cui il pezzo può essere considerato accettabile anche se coperto da un altro pezzo o da dello sporco) e la **correzione della prospettiva** (usata per compensare gli errori di valutazione della posizione del pezzo e particolarmente utile con oggetti molto alti). Queste opzioni sono preimpostate in modo corretto e non richiedono variazioni, salvo particolari campi di utilizzo.

La mascheratura del modello

Permette all'operatore di selezionare delle zone che non verranno verificate durante il riconoscimento. Questo processo è particolarmente utile per la ricerca di pezzi con alcune parti variabili, come ad esempio le bave. È sufficiente selezionare le parti da non considerare durante l'analisi tramite lo strumento desiderato e cliccare su quelle da nascondere: così facendo le parti selezionate verranno colorate. A causa del suo uso complicato è consigliabile non usarla se non è strettamente necessario.

Modelli secondari

Quando il pezzo analizzato presenta delle parti cui prestare particolare attenzione, si possono usare i modelli secondari. Una volta trovato il modello primario si ha una verifica ulteriore su quelli secondari,

verificando che coincidano con quelli specificati. Spuntando l'opzione per l'abilitazione dei modelli secondari, apparirà una scheda molto simile a quella vista per il modello primario, inserita in un menu a tendina assieme a tutti quelli secondari che sono stati attivati. I due pulsanti posizionati a fianco del menu a tendina consentono la creazione di un nuovo modello o l'eliminazione dello stesso.

Per l'acquisizione dei modelli la procedura è identica a quella vista per quelli primari, con l'unica differenza che non è possibile impostare il numero dei pezzi da ricercare.

Dopo aver acquisito il modello secondario si possono utilizzare delle funzioni avanzate attivabili con l'opzione *visualizza avanzate*. Da notare che il tasto per lo spostamento del punto di presa e quello per la visualizzazione delle opzioni avanzate non sono attivi in quanto queste opzioni non sono disponibili per i modelli secondari.

4.2.3. Ordinamento degli esiti

Per completare il programma di visione è necessario stabilire l'ordine dei modelli trovati durante la ricerca. Questo perché il sistema di visione comunica al robot le caratteristiche di un modello per volta secondo l'ordinamento scelto. L'ordine seguito è quello mostrato nel menu a tendina chiamato *ordinamento esiti*. Inoltre è necessario impostare ad un valore maggiore di 1 gli *oggetti da cercare* nella scheda *modello da cercare*, per fare in modo che il programma cerchi più pezzi dei modelli in memoria e li ordini.

Nel menu si possono selezionare varie soluzioni per l'ordinamento degli esiti:

- “Migliore”: I risultati vengono ordinati in ordine crescente come numero di modello e all'interno dello stesso modello vengono anteposti quelli con la soglia di affidabilità maggiore;
- “Migliore fra tutti”: I risultati vengono ordinati in modo decrescente come soglia di affidabilità senza essere divisi a seconda del modello;
- “X Crescente”: I risultati vengono ordinati in modo che la coordinata x sia crescente, andando così ad indicare come primo il pezzo che di volta in volta appare più a sinistra sullo schermo;
- “X Decrescente”: I risultati vengono ordinati in modo che la coordinata x sia decrescente, andando così ad indicare come primo il pezzo che di volta in volta appare più a destra sullo schermo;
- “Y Crescente”: I risultati vengono ordinati in modo che la coordinata y sia crescente, andando così ad indicare come primo il pezzo che di volta in volta appare più in alto sullo schermo;
- “Y Decrescente”: I risultati vengono ordinati in modo che la coordinata y sia decrescente, andando così ad indicare come primo il pezzo che di volta in volta appare più in basso sullo schermo.

L'ordinamento che viene selezionato nel menu caratterizzerà il programma che si sta modificando. È comunque possibile tornare in questo menu per modificare l'impostazione precedente.

4.2.4. Riconoscimento modelli

Durante la creazione del programma, potrebbe essere necessario testare le modifiche apportate. Per effettuare i test, esistono 2 modalità:

- Per testare il solo modello selezionato è necessario cliccare su *riconosci: modello_n*, in modo da azionare la ricerca del solo modello selezionato.
- Per testare l'esecuzione dell'intero programma, è necessario cliccare sul pulsante *riconosci*. Verrà quindi eseguito il programma corrente e i risultati verranno mostrati sul display.

4.2.5. Salvataggio programma

Una volta completato il programma, per salvarlo è necessario cliccare sul tasto *conferma*, oppure su *annulla* per non sovrascrivere il programma precedentemente salvato, ma perdendo le modifiche effettuate.

5. Esempio pratico di utilizzo

La comunicazione tra il robot e il sistema di visione avviene tramite il paradigma client-server. Nel caso specifico il software TS-Vision funge da server e il robot da client. I protocolli utilizzati per lo scambio di informazioni sono il TCP e l'UDP, che sono impiegati a comunicare con altri programmi o con delle periferiche esterne. Il server di visione può mettersi in contatto anche con più client contemporaneamente, siano essi robot o software (residenti o meno sullo stesso calcolatore).

5.1. Addestramento alla ricerca di un pezzo

Dalla finestra di un nuovo programma selezionare come *sorgente immagine* la telecamera e scegliere la calibrazione (2d checker board) già effettuata. Selezionare rettangolo alla voce *area modello* e isolare la zona in cui si trova il pezzo da riconoscere, circoscrivendo con il cursore l'area di selezione. Fare clic su *apprendi modello* e confermare l'operazione.

Si cerca di isolare il pezzo da riconoscere e si clicca su *apprendi modello*. Il sistema riconosce i punti appartenenti all'oggetto, mentre con il tasto apprendi continuamente, è possibile muovere l'oggetto e verificare se il sistema continua a riconoscerlo.

Per inserire un altro modello, cliccare su aggiungi ed eseguire la stessa procedura.

Una volta completata la fase d'inserimento dei modelli, cliccare su *conferma*.

5.2. Guida pratica

Di seguito verrà mostrato un esempio passo-passo di utilizzo del sistema di visione, realizzando un banale programma di riconoscimento pezzo. L'obiettivo è quello di trovare un oggetto nell'area di lavoro e successivamente portare l'end-effector del robot sopra l'oggetto stesso.

1. Accessione e allestimento del sistema di visione
2. Avvio del software di visione
3. Creazione nuovo progetto
4. Creazione nuovo programma
5. Calibrazione del sistema
6. Salvataggio modello dell'oggetto
7. Connessione al robot: per connettere il sistema di visione, è necessario collegare il PC al robot tramite l'apposito cavo ethernet. È necessario annotarsi l'indirizzo IP del PC con il sistema di visione, in modo da poter instaurare la comunicazione.
8. Codice AS: per questa fase, è necessario avere una minima conoscenza del linguaggio AS [2] utilizzato dal robot. Per la realizzazione di un semplice programma che utilizzi la visione, è comodo realizzare delle funzioni che permettano di stabilire la comunicazione e lo scambio di dati fra il sistema di visione e il programma che viene eseguito sul robot. Il dato che interessa in questo esempio sono le coordinate (X,Y) e la rotazione del pezzo che vogliamo riconoscere. Una volta acquisite le informazioni di posizione potremo portare l'end effector nel punto desiderato.

Verranno mostrati i comando in codice AS, necessari per far comunicare un programma del robot con il sistema di visione, tramite lo scambio di informazioni che includono le coordinate degli oggetti in questione. Il primo passo è quello di realizzare una funzione di connessione, che crea un socket, mentre a comunicazione terminata va chiuso il socket con l'apposita funzione di disconnessione. Il codice mostrato di seguito è tratto dal software che permette il riconoscimento delle differenti facce di un dado [3].

Funzione di connessione (apertura socket)

```
.PROGRAM dado_connect()#0
```

```

ipcam[1] = 192                // indirizzo ip del sistema di visione
ipcam[2] = 0
ipcam[3] = 2
ipcam[4] = 20
TCP_CONNECT socket_id,50001,ipcam[1]
IF socket_id<0 THEN
    PRINT "Connessione fallita."
ELSE
    PRINT "Connessione stabilita."
END
.END

```

Funzione di disconnessione (chiusura socket)

```

.PROGRAM dado_disconnect()#0
TCP_CLOSE ret,socket_id
IF ret < 0 THEN
    TCP_CLOSE ret,socket_id
END
PRINT "Connessione terminata."
.END

```

La funzione di invio dati serve per inviare delle informazioni tramite un socket; esiste anche la corrispondente funzione di ricezione, necessaria per ricevere le informazioni dal sistema di visione.

Funzione di invio dati generica

```

.PROGRAM dado_send(.ret, .data)#0
$send_buff[1]= .data
buf_n = 1
.ret = 1
TCP_SEND sret, socket_id,$send_buff[1], buf_n
IF sret < 0 THEN
    .ret = -1
    PRINT "[dado_send] Errore di invio al server."
ELSE
    PRINT "[dado_send] Invio di ", .data, " corretto."
END
.END

```

Funzione di ricezione dati e controllo generico

```

.PROGRAM dado_receive()#0
.num = 0
TCP_RECV rret, socket_id,$recv_buff[1], .num
IF rret < 0 THEN
    PRINT "[dado_receive] Errore in ricezione: ", rret
    $recv_buff[1] = "000"
ELSE
    IF .num > 0
        PRINT "[dado_receive] Dati ricevuti: ", $recv_buff[1]
    ELSE
        $recv_buff[1] = "000"
    END
END
.END

```

La richiesta di riconoscimento del modello va costruita seguendo una precisa sintassi, come illustrato nell'esempio seguente.

Richiesta riconoscimento modello (In questo esempio assumiamo di voler riconoscere il modello 0 (Il numero del modello coincide con quello visualizzato nell'inserimento modelli di TS-VISION))

```
$tx_buff[1] = "M" + "0" + "@"
CALL dado_send(eret, $tx_buff[1])
CALL dado_receive
$rx = $recv_buff[1]
```

Parsing del dato ricevuto (salvando le coordinate X,Y,ROTAZIONE in 3 variabili), questo passaggio è necessario in quanto la stringa ricevuta dal sistema di visione non è immediatamente utilizzabile, ma vanno estrapolate le coordinate che ci interessano. Per approfondimenti sul funzionamento del parser, rimandiamo all'elaborato [3].

```
$temp = $DECODE($rx,"",0)
status = VAL($temp)
IF status <> -1 THEN
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    ; X
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    x = VAL($temp)
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    ; Y
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    y = VAL($temp)
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    ; A per TS-Vision (o 0 per il Kawasaki)
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    o = VAL($temp)
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    ; Confidence: percentuale da 0 a 100% di bonta'
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    confidence = VAL($temp)
    $temp = $DECODE($rx,"",1)
    ; Num pezzi
    $temp = $DECODE($rx,"",0)
    numpezzi = VAL($temp)
ELSE
    type "Modello", dado_index, " non trovato."
END
```

Creazione della stringa con i 6 parametri necessari: 3 parametri sono restituiti dal sistema di visione (X, Y, rot[Z]), 3 sono fissi e decisi a priori (Z, rot[X], rot[Y]), ciò accade in quanto la telecamera lavora in 2d.

```
POINT dado_launch = TRANS(x, y, o, 43, 154, 106)
```

Invio dato al robot.

```
LMOVE dado_launch
```

Bibliografia

- [1] Saccani, S.: “Guida all’utilizzo del robot Kawasaki RS03N”, in *Università degli Studi di Brescia*, Brescia, 2012.
- [2] Kawasaki Heavy Industries, Ltd., P.: “Kawasaki Robot Controller E Series: AS Language Reference Manual - Operation Manual - External I/O manual - TCP/IP communication manual, *Simple Friendly*, 2007.
- [3] Bonini, S. Piccinelli, A. : “Robodado”, http://www.ing.unibs.it/~arl/docs/projects/Vis_33.pdf, in: *Università degli Studi di Brescia*, Brescia, 2012.

Indice

SOMMARIO	1
1. INTRODUZIONE	1
1.1. Introduzione alla visione	1
1.2. Introduzione al sistema TS-Vision	1
1.2.1. Prima di iniziare	4
1.2.2. Funzionalità disponibili	4
1.2.3. La pagina di acquisizione	5
1.2.4. Utenti e privilegi di Tiesse Vision	5
1.2.5. Impostazioni del sistema di visione (riservata all'amministratore)	6
2. CALIBRAZIONE.....	6
2.1. Calibrazione lineare per punti	6
2.2. Calibrazione tramite checker board	7
3. ACQUISIZIONE DELLE IMMAGINI.....	10
4. PROGRAMMAZIONE CON TS-VISION	11
4.1. Progetti	11
4.2. Programmi	11
4.2.1. Creazione di un nuovo programma	11
4.2.2. Opzioni Avanzate.....	13
4.2.3. Ordinamento degli esiti	15
4.2.4. Riconoscimento modelli.....	15
4.2.5. Salvataggio programma	15
5. ESEMPIO PRATICO DI UTILIZZO	16
5.1. Addestramento alla ricerca di un pezzo	16
5.2. Guida pratica	16
BIBLIOGRAFIA	19
INDICE	20