

# TARATURA VS CALIBRATION

## Taratura

- È il processo di verifica del corretto funzionamento di uno strumento di misura
- Determina gli errori dello strumento (o il valore di un campione)
- Il procedimento è guidato da normative specifiche che definiscono le procedure

## Calibration (aggiustaggio, regolazione o messa a punto)

- È il processo di correzione degli errori sistematici di uno strumento di misura
- Corregge gli errori dello strumento
- Il procedimento è definito dal costruttore dello strumento
- È composto da una fase Hardware ed una fase Software

## Es: CMM

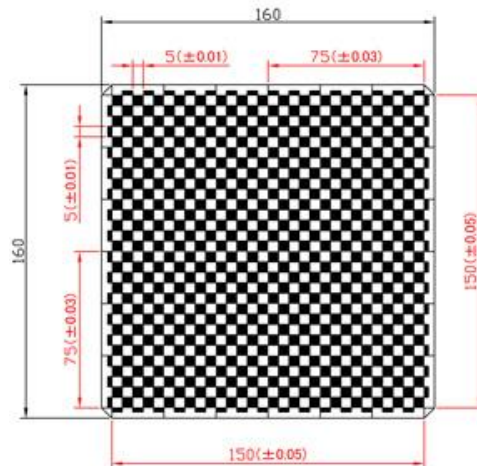
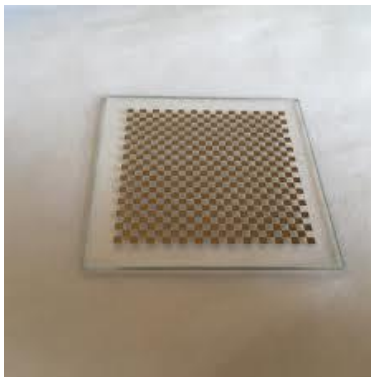
- Correzione degli errori di movimentazione degli assi cartesiani
- Correzione dell'errore di tastatura
- La correzione degli errori rilevati sono possibili attraverso operazioni di aggiustaggio meccanico e/o software

La calibrazione ottica è la procedura che permette di ottenere informazioni dimensionali nel mondo reale (mm) a partire da informazioni dimensionali nel mondo virtuale (pixel)

- Associa una dimensione in mm ai pixel
- Definisce la corretta interpretazione del punto di transizione
- Corregge gli effetti di distorsione delle lenti
- Corregge gli errori di allineamento

Si utilizzano oggetti con dimensioni note e certificate per garantire la catena di riferibilità

- Pattern stampati su vetri
- Oggetti di forma specifica per ogni tipologia di macchina (master)



Definisce la corrispondenza tra le coordinate pixel e le coordinate mm

Dati di input

- Oggetto di dimensioni note (pulito!)
- Part-program per rilevare il valore della misura (in pixel)

Operazioni

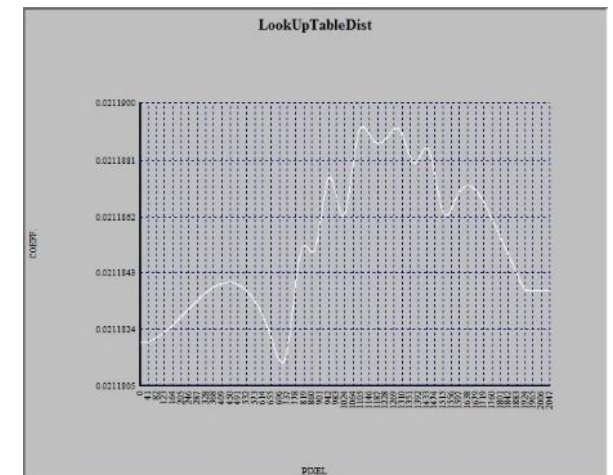
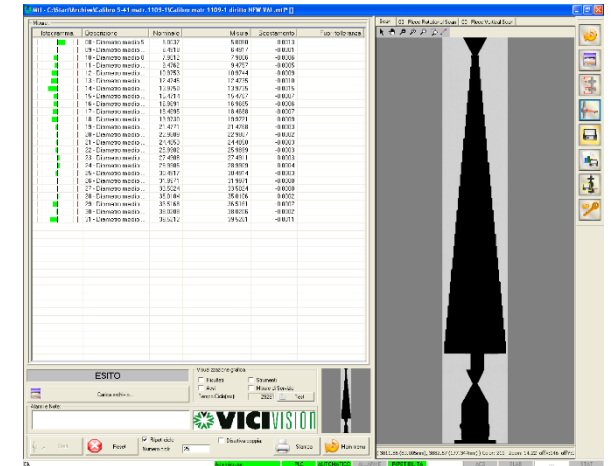
- Esecuzione del part-program sull'oggetto di dimensione nota
- Esecuzione della routine di calibrazione: il sistema associa alla dimensione (o coordinata) in pixel il corrispondente valore della dimensione in mm

Dati di output

- Tabella di associazione di valori pixel-mm
- Curva di interpolazione di tutti i valori

Concetti importanti

- Ogni pixel ha una propria dimensione (distorsione)
- L'interpolazione introduce un errore



# PUNTO DI TRANSIZIONE

Definisce la corrispondenza tra un punto «toccato» con un tastatore ed un punto «rilevato» con un sistema ottico

## Dati di input

- Oggetto di dimensione nota con finitura superficiale equivalente all'oggetto da misurare

## Operazioni

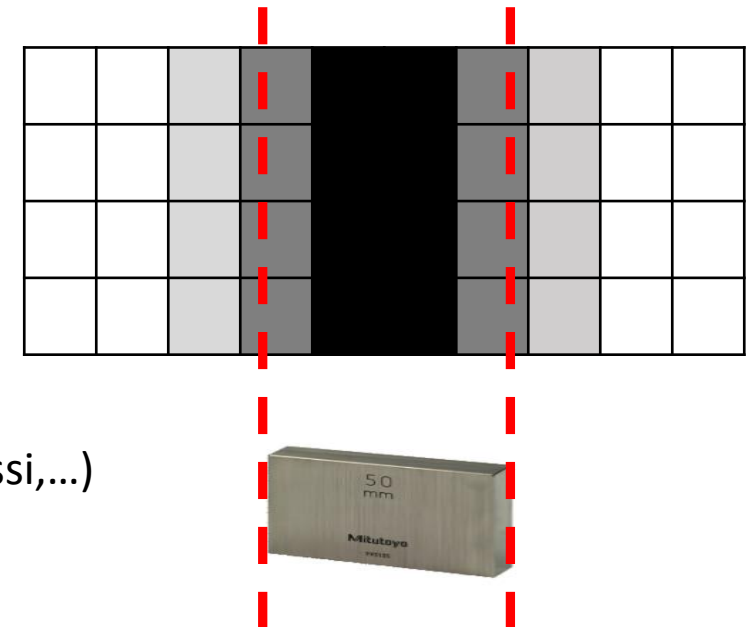
- Esecuzione di una routine di calibrazione: il sistema associa ad ogni tipologia di superficie un corrispondente valore di correzione dipendente dal tipo di superficie

## Dati di output

- Tabella di coefficienti di correzione associati alla finitura superficiale
- Modellizzazione delle possibili tipologie di superfici misurabili

## Concetti importanti

- NON è facilmente applicabile ed è di difficile realizzazione
- Superfici e bordi dei pezzi possono essere i più svariati (finitura, spessore, smussi,...)
- È molto dipendente da fenomeni ottici (messa a fuoco, riflessione, diffrazione)
- Spesso è inglobata all'interno di un'altra calibrazione



Definisce il modello di curvatura delle lenti utilizzate come obiettivo per le telecamere.

Dati di input

- Oggetto di forma regolare e ripetuta (es: chessboard)

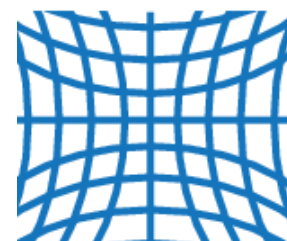


Operazioni

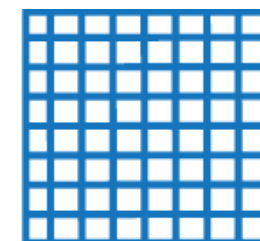
- Esecuzione della routine di calibrazione: il sistema determina gli errori di distorsione analizzando la differenza tra la posizione delle feature all'interno dell'immagine e la loro relativa posizione teorica

Dati di output

- Tabella di coefficienti di distorsione XY



Negative radial distortion  
"pincushion"



No distortion



Positive radial distortion  
"barrel"

Concetti importanti

- È difficile calibrare correttamente distorsioni elevate (quindi si utilizzano ottiche telecentriche)
- Imperfezioni puntuali delle lenti possono falsare la determinazione del corretto modello di correzione

Definisce le correzioni da applicare alle quote rilevate sull'immagine nelle diverse posizioni relative tra telecamera ed oggetto in misurazione

Dati di input

- Oggetto di forma regolare e ripetuta (es: colonnina)

Operazioni

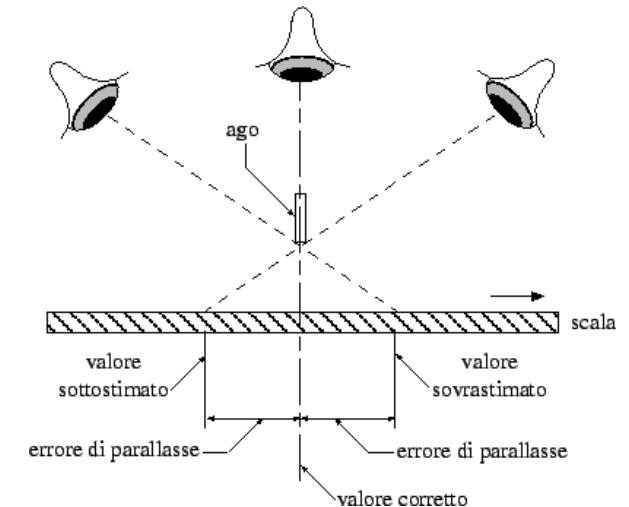
- Esecuzione della routine di calibrazione: il sistema determina la differenza di misura dell'oggetto in diverse posizioni

Dati di output

- Tabella di coefficienti di correzione associati alle diverse posizioni analizzate

Concetti importanti

- È fondamentale per strumenti che prevedono una movimentazione relativa tra misurando e telecamera
- È fondamentale partire dalle migliori condizioni possibili di allineamento meccanico/ottico



- Calibrazione diametri (master ad anelli cilindrici)
  - Pixel  $\rightarrow$  mm (X)
  - Punto di transizione
  - Distorsione orizzontale della lente
- Calibrazione altezze (master a passi regolari)
  - Pixel  $\rightarrow$  mm (Z)
  - Punto di transizione
  - Allineamento verticale dell'asse di movimentazione
- Calibrazione planarità (chessboard)
  - Allineamento orizzontale del cammino ottico
- Calibrazione dei diametri fuori centro (anello cilindrico su slitta mobile)
  - Punto di transizione



# CASO PRATICO: METRIOS

- Calibrazione campo inquadrato
  - Pixel  $\rightarrow$  mm (X)
  - Distorsione orizzontale della lente
- Calibrazione effetti di bordo
  - Punto di transizione
- Calibrazione stitching
  - Allineamento orizzontale dell'asse di movimentazione





# STEP MASTER ON BOARD

Brevetto ViciVision : sistema progettato per mantenere stabile le condizioni di calibrazione del sistema ottico

- Step master : oggetto di forma definita a priori inquadrato dalla telecamera ad ogni ciclo di misura
- Sensore di temperatura che ne fornisce il valore di temperatura
- Algoritmo di «modulazione» che estende/comprime le tabelle di calibrazione

Concetto:

- L'oggetto viene misurato immediatamente dopo la fase di calibrazione e ne vengono salvati i dati
- Le stesse misure, nelle stesse posizioni, vengono eseguite ad ogni ciclo
- La differenza di misura tra valore corrente e valore di calibrazione è utilizzata per adattare la tabelle di calibrazione.
- Il sensore di temperatura permette di decurtare l'effetto della temperatura dalle differenze di misura rilevate

Risultato:

- Lo strumento risulta invariante a leggere deformazioni meccaniche (sensore, ottiche, allineamenti)
- È garantita la stabilità di misura nel tempo e a diverse condizioni ambientali
- È possibile verificare la taratura dello strumento anche senza oggetti specifici