

Elaborazione delle immagini progetto anno 2019/20

CONTROLLO QUALITÀ SCATOLE DI CIOCCOLATINI

Riccardo Merlo 829805
Giacomo Stoffa 830159

PROCEDIMENTO GENERALE

Input:

Un'immagine contenente una scatola di cioccolatini che può essere di 2 tipi:

- ▶ **Quadrata** (contenente 24 Ferrero Rocher)
- ▶ **Rettangolare** (contenente 12 Ferrero Rocher, 6 Ferrero Raffaello e 6 Ferrero RondNoir)

Output:

L'immagine elaborata con segnate tramite cerchi le zone in cui sono presenti degli errori (medesima immagine e scritta «CONFORME» se non sono presenti errori).

Assunzioni



Assumo che le immagini in input siano simili a quelle a noi consegnate :



Buona illuminazione



Simile distanza di fotografia



Scatola ben visibile
(nessun cioccolatino tagliato)



Simile prospettiva

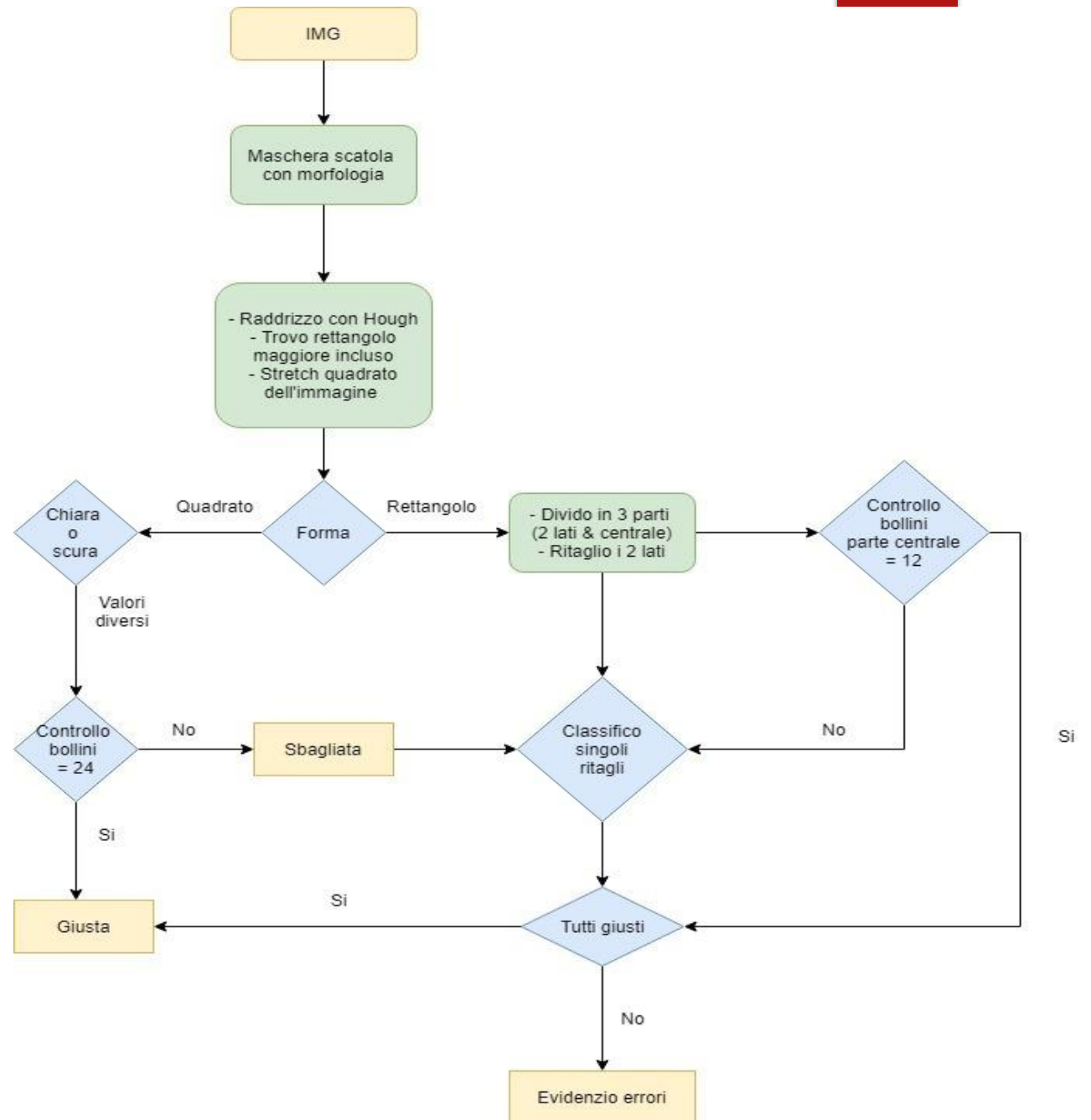


Nessun ulteriore oggetto di dimensioni maggiori presente

ALGORITMO:

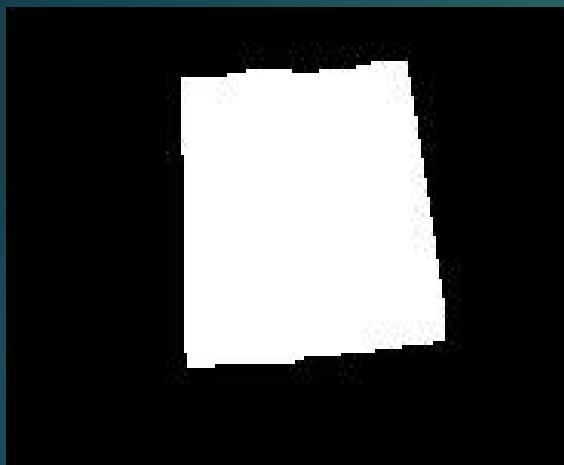
► Suddividiamo il progetto in 5 parti:

1. Trovare maschera scatola e pre-elaborazione
2. Distinzione tipologia scatola
3. Controllo bollini, relativo ai cioccolatini Ferrero Rocher, 12 o 24 (dip. Tipo scatola)
4. Ritaglio dei singoli cioccolatini e classificazione
5. Identificazione errori



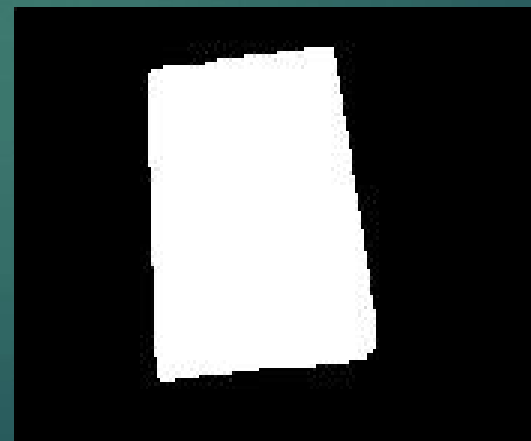
1) Maschera scatola

- Per prima cosa abbiamo calcolato la maschera della scatola



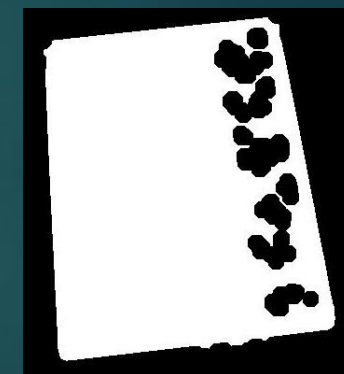
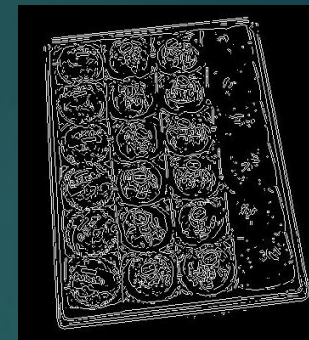
Maschera quadrata

Maschera
rettangolare



1.1) Maschera scatola

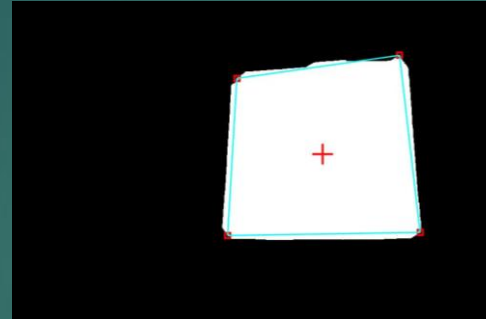
- ▶ Calcolo dell'immagine in scala di grigi tramite la formula pesata: $0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B$
- ▶ Calcolo degli Edge, con Sobel e con threshold trovata tramite trial & error.
- ▶ Riempimento delle linee con chiusura tramite morfologia.
- ▶ Calcolo della label più grande
- ▶ Chiusura di eventuali «buchi» tramite riempimento e chiusura morfologica



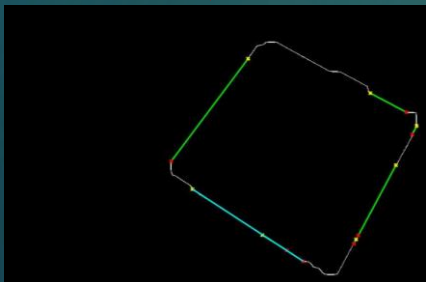
2) Pre-elaborazione



Originale



Trovo i vertici



Trasformata di
Hough



Immagine ruotata



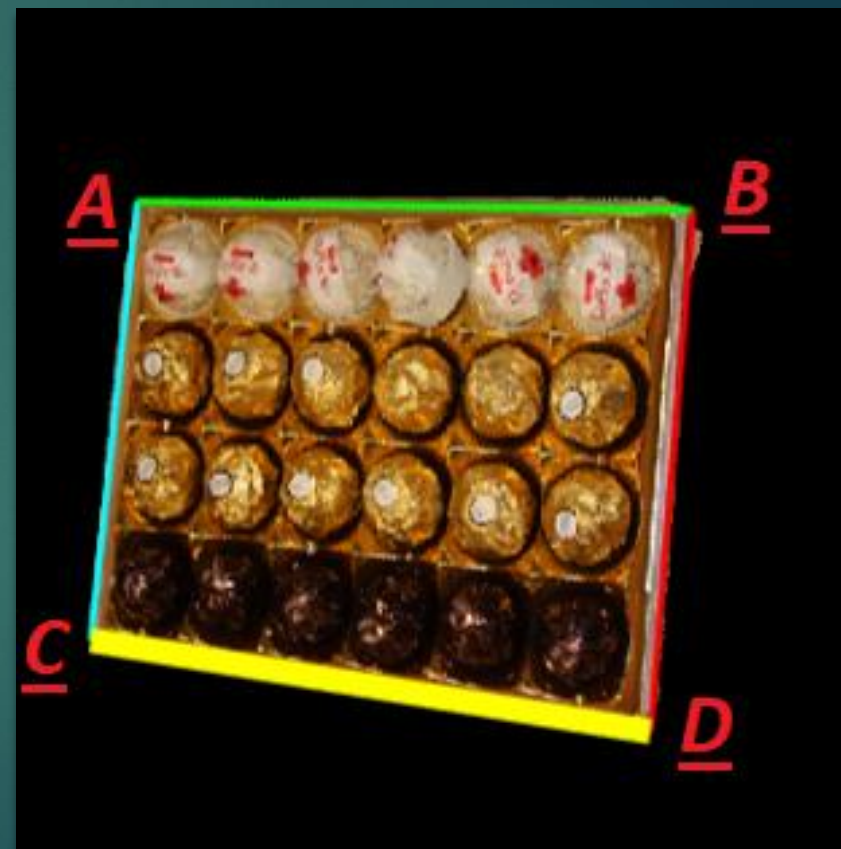
Immagine finale
stretchata;
inferendo una
trasformazione
geometrica

3) Tipologia scatola:

- ▶ Successivamente, una volta trovata la maschera della scatola, abbiamo calcolato il rapporto tra i due lati e l'eccentricità.
- ▶ Tramite opportuni calcoli, è stato possibile distinguere le due tipologie di figure.

Ratio: rapporto max
tra (AC/CD & AB/BD)

Eccentricità: tramite RegionProps



If(eccentricity > 0.57 AND
ratio > 1.3) → Rettangolare
else Quadrata

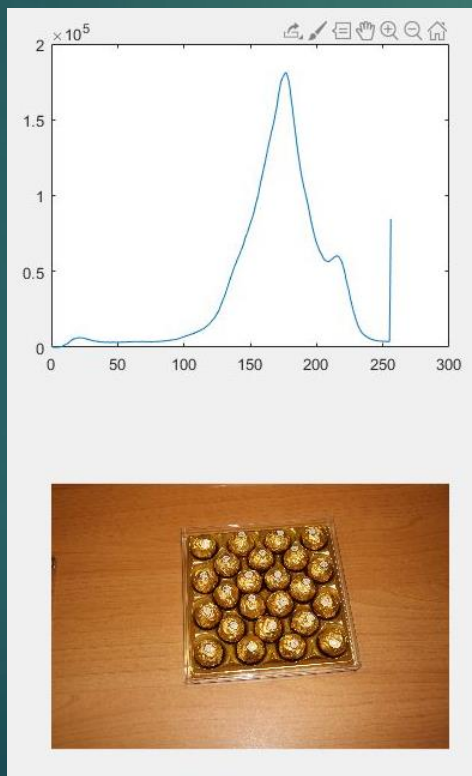
	Avg ecc	Avg ratio	Max ecc	Min ecc	Max ratio	Min ratio
Rett.	0.6835	1,5228	0,787	0,5764	1,7159	1,3429
Quad.	0,4526	1,2259	0,6068	0,3585	1,3811	1,1126

IMMAGINI	forma	eccentricita'	rapportoMAX	forma trovata
IMG_8571.JPG	rect	0.713	1.5132	rect
IMG_8573.JPG	rect	0.6873	1.5052	rect
IMG_8576.JPG	rect	0.5923	1.3643	rect
IMG_8577.JPG	rect	0.6129	1.3845	rect
IMG_8580.JPG	rect	0.687	1.4727	rect
IMG_8581.JPG	rect	0.6137	1.3467	rect
IMG_8584.JPG	rect	0.7033	1.4948	rect
IMG_8590.JPG	rect	0.7239	1.536	rect
IMG_8606.JPG	rect	0.7061	1.5243	rect
IMG_8607.JPG	rect	0.7274	1.6746	rect
IMG_8608.JPG	rect	0.5845	1.3491	rect
IMG_8609.JPG	rect	0.579	1.3429	rect
IMG_8610.JPG	rect	0.5764	1.3922	rect
IMG_8611.JPG	square	0.4005	1.1645	square
IMG_8612.JPG	square	0.519	1.2621	square
IMG_8613.JPG	square	0.4285	1.1982	square
IMG_8614.JPG	square	0.523	1.3174	square
IMG_8615.JPG	square	0.4085	1.1947	square
IMG_8616.JPG	square	0.4348	1.2089	square
IMG_8617.JPG	square	0.4994	1.2522	square
IMG_8618.JPG	square	0.4882	1.1889	square
IMG_8619.JPG	square	0.4202	1.1493	square
IMG_8620.JPG	square	0.5371	1.3811	square
IMG_8621.JPG	square	0.5415	1.3784	square
IMG_8622.JPG	square	0.5224	1.3678	square
IMG_8623.JPG	square	0.519	1.3783	square
IMG_8624.JPG	square	0.3585	1.141	square
IMG_8625.JPG	square	0.3745	1.1728	square
IMG_8626.JPG	square	0.3679	1.22	square
IMG_8627.JPG	square	0.3967	1.1541	square
IMG_8628.JPG	square	0.6068	1.2788	square
IMG_8629.JPG	rect	0.6182	1.4461	rect
IMG_8630.JPG	rect	0.7143	1.5849	rect
IMG_8631.JPG	rect	0.7674	1.7009	rect
IMG_8632.JPG	rect	0.787	1.6987	rect
IMG_8633.JPG	rect	0.7643	1.6856	rect
IMG_8634.JPG	rect	0.7593	1.6885	rect
IMG_8635.JPG	rect	0.6905	1.5152	rect
IMG_8636.JPG	rect	0.6314	1.4157	rect
IMG_8637.JPG	rect	0.6417	1.4205	rect
IMG_8638.JPG	rect	0.7334	1.6143	rect
IMG_8639.JPG	rect	0.7389	1.6347	rect
IMG_8640.JPG	rect	0.7442	1.6451	rect
IMG_8641.JPG	rect	0.6044	1.401	rect
IMG_8642.JPG	rect	0.723	1.5709	rect
IMG_8643.JPG	rect	0.6874	1.5261	rect
IMG_8644.JPG	rect	0.7	1.5543	rect
IMG_8645.JPG	rect	0.6983	1.5615	rect
IMG_8646.JPG	rect	0.7128	1.5868	rect
IMG_8647.JPG	rect	0.7208	1.5776	rect
IMG_8648.JPG	rect	0.5839	1.3829	rect
IMG_8649.JPG	rect	0.5967	1.3737	rect
IMG_8650.JPG	rect	0.6845	1.55	rect
IMG_8651.JPG	rect	0.7077	1.5947	rect
IMG_8652.JPG	rect	0.7729	1.7159	rect
IMG_8653.JPG	square	0.4492	1.2217	square
IMG_8654.JPG	square	0.4444	1.216	square
IMG_8655.JPG	square	0.4558	1.2315	square
IMG_8656.JPG	square	0.42	1.1869	square
IMG_8657.JPG	square	0.4625	1.1847	square
IMG_8658.JPG	square	0.3831	1.1126	square
IMG_8659.JPG	square	0.396	1.1768	square
IMG_8660.JPG	square	0.4524	1.2181	square
IMG_8661.JPG	square	0.4103	1.1443	square

3.1) Illuminazione scatola:

Effettuo un counter dei pixel chiari e dei pixel scuri, in modo tale da poter distinguere le immagini in 2 categorie principali:

► Chiara:



► Scura:



4) Controllo bollini

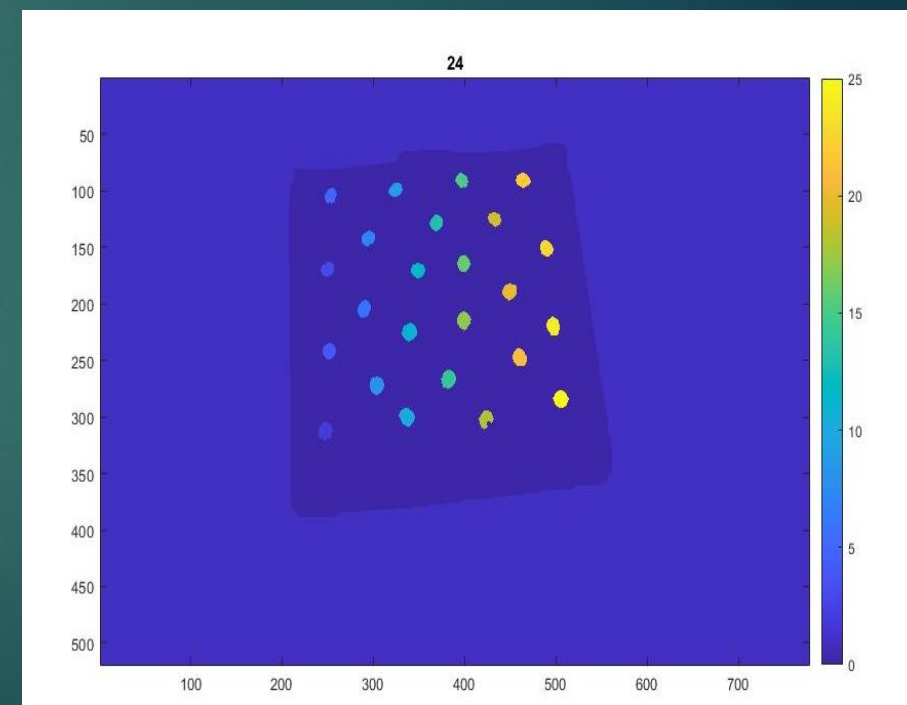
- ▶ Calcolo del canale S dello spazio colore HSV

Poi, sono state utilizzate due soglie diverse per binarizzare chiare e scure:

- ▶ Chiara: è stata scelta una soglia tramite Otsu
- ▶ Scura: è stata scelta una soglia molto bassa, per differenziare dallo sfondo scuro, tramite trial & error
- ▶ Utilizzo di chiusura morfologica per eliminare rumore
- ▶ Conta delle regioni connesse che possedevano:
 1. una certa soglia di circolarità, calcolata basandosi su un campione delle regioni stesse
 2. una certa dimensione, calcolata basandosi su un campione delle regioni stesse

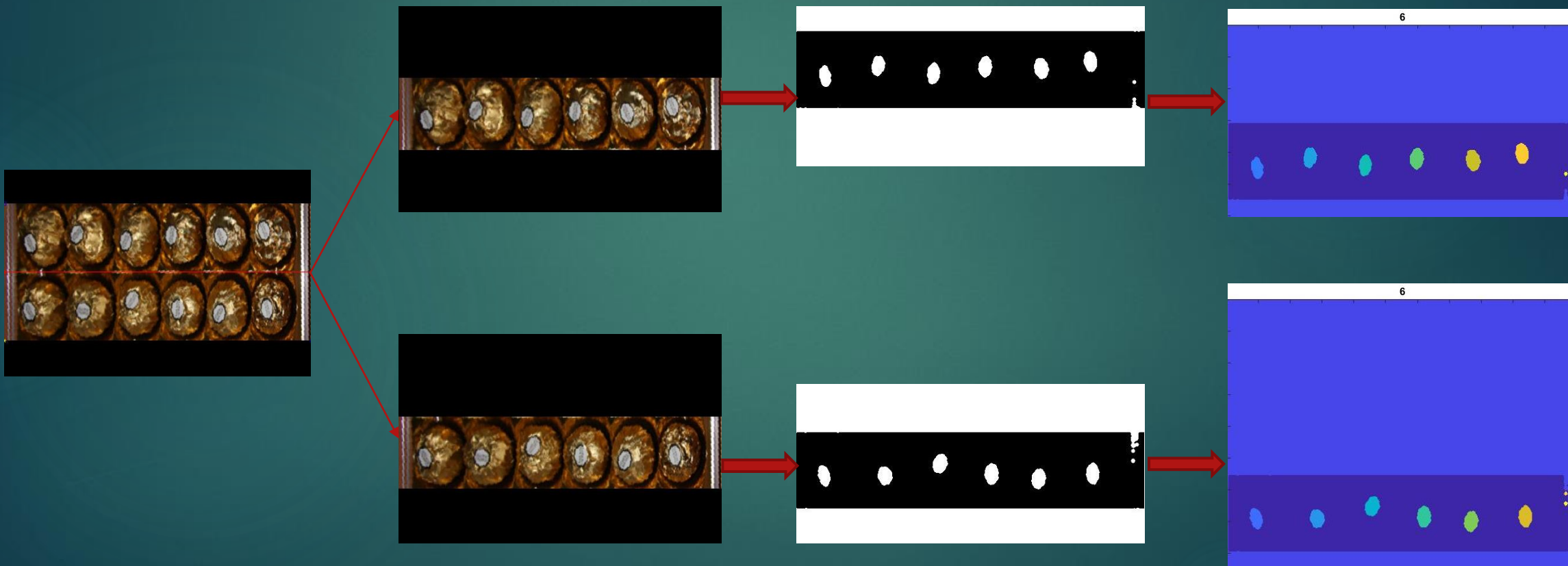
4.1) Controllo bollini - quadrate

Per quanto riguarda le scatole quadrate, prima di procedere con il ritaglio della scatola e l'analisi di ogni singolo cioccolatino, controllo la correttezza andando a controllare se il numero di cioccolatini con bollino presente è corretto.



4.2) Controllo bollini - rettangolari

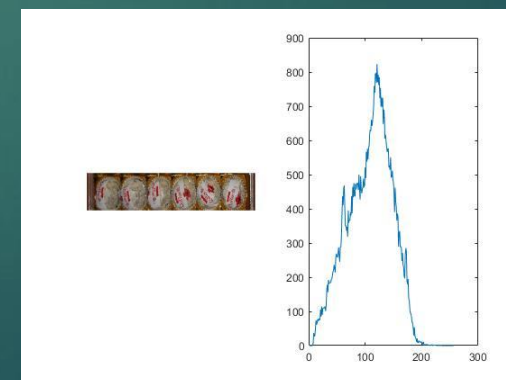
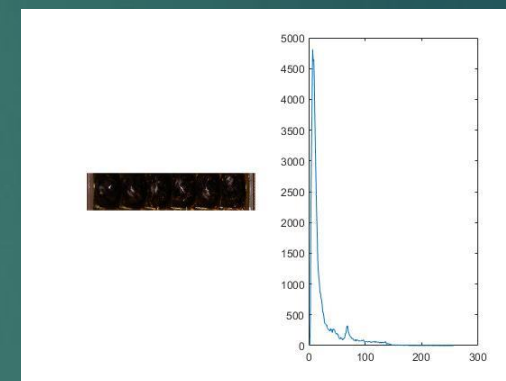
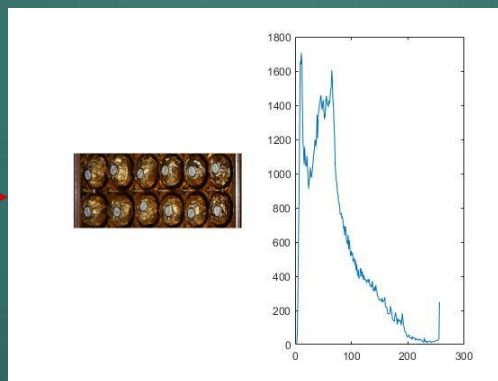
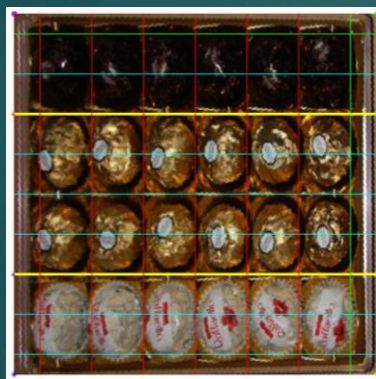
Le scatole rettangolari, invece, sono divise in 3 parti (centrale dei Rocher e lati). Viene poi tagliata ulteriormente in 2 file per effettuare la conta dei bollini: se entrambe le file hanno 6 bollini allora sono corrette.



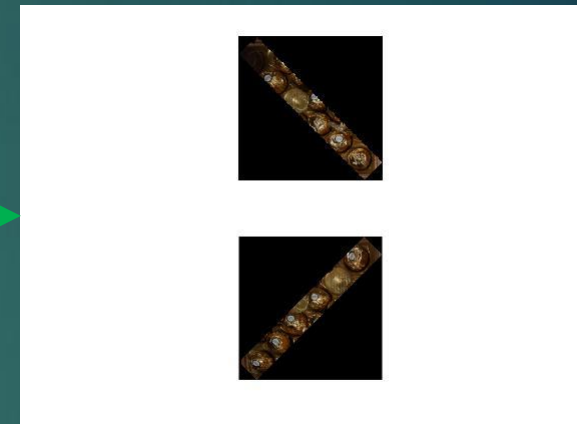
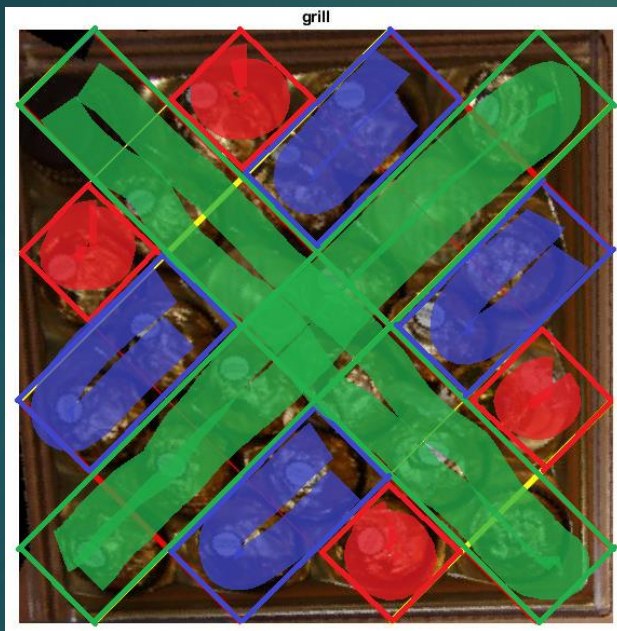
5) Ritaglio scatola e classificatore

A seconda della tipologia di scatola (quadrata o rettangolare), le foto vengono ritagliate nel seguente modo:

► Rettangolari:



► Quadrate:



5.1) Ritaglio singoli cioccolatini

Al fine di poter classificare i cioccolatini in varie classi è necessario che essi vengano ritagliati, nel modo più opportuno possibile, in maniera da essere identificati.

Dopo il ritaglio della scatola in file, ognuna viene a sua volta sezionata tante volte quanti cioccolatini sono presenti in essa.

A questo punto i singoli cioccolatini seguono procedimenti diversi in base al tipo di colore della fila:

- ▶ Fila bianca e nera della scatola rettangolare
- ▶ Fila gialla della scatola rettangolare e tutte quelle della scatola quadrata

Caso bianchi e neri:

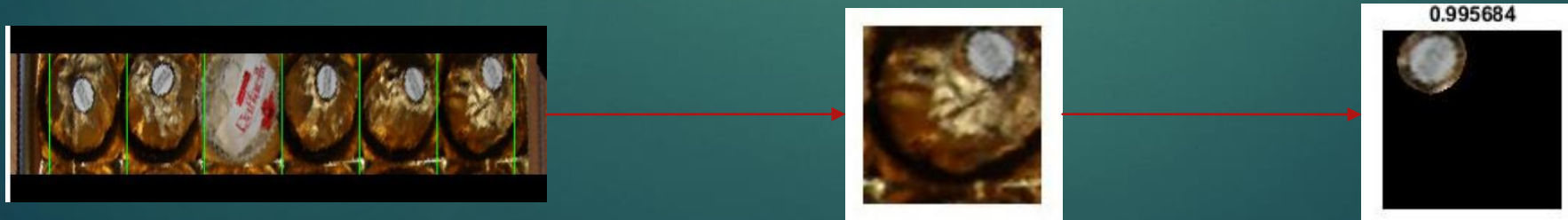
Viene calcolato il centro (cerchio giallo) del cioccolatino, nel caso fosse necessario segnare l'errore, e l'immagine viene data in pasto al classificatore.



Caso gialli:

Dopo aver calcolato il centro, solamente per le file di cioccolatini gialli, vengono analizzati più approfonditamente. Il canale S dello spazio HSV viene binarizzato con soglia acquisita tramite trial & error e sono applicate delle operazioni morfologiche di chiusura e erosione al fine di rendere visibile il bollino del cioccolatino.

Se la circolarità e la dimensione della regione connessa trovata soddisfano le soglie dei bollini (stesse che abbiamo trovato per la parte del controllo bollini) assieme alla correttezza del classificatore allora quel cioccolatino è corretto.



6) Classificatore

- ▶ Nel progetto sono stati utilizzati 2 diversi classificatori per distinguere, rispettivamente, i cioccolatini di colore giallo e i cioccolatini neri & bianchi. Sono stati trainati su popolazioni diverse e utilizzano due algoritmi differenti. Entrambi utilizzano le stesse 3 feature:
 - L'istogramma dei livelli di grigio
 - Descrittore dei pixel vicini (Local Binary Pattern)
 - Descrittore di ricorrenza dei pixel in scala di grigi (Gray-Level Co-occurrence Matrix)

		Model 1.8			
True class	bianco	39			
	errore	4	23	13	3
	giallo			80	
	nero				40
		bianco	errore	giallo	nero
		Predicted class			

Classificatore Gialli

Algoritmo utilizzato SVM linear.
Errori raggruppati in un'unica classe.

```
performance_train =
  struct with fields:
    cm_raw: [4×4 double]
    cm: [4×4 double]
    labels: {4×1 cell}
    accuracy: 0.7882
```

Model 1.8

	bianco							
True class	bianco	33					2	
	errore_bianco	4	1					
	errore_giallo				1		2	
	errore_lindt	1				1	3	
	errore_nero				4		1	2
	errore_vuoto	2				11	2	
	giallo	1					54	
	nero							28
	bianco	errore_bianco	errore_giallo	errore_lindt	errore_nero	errore_vuoto	giallo	nero
	Predicted class							

Classificatore Bianchi & Neri

Algoritmo utilizzato SVM linear.
Errori separati in più classi.

```
performance_train =
  struct with fields:
    cm_raw: [8×8 double]
    cm: [8×8 double]
    labels: {8×1 cell}
    accuracy: 0.7403
```

Risultati - un po' di dati generali:

Legenda:	
sbagliata	ci sono FP o FN
giusta	trovano tutti gli errori se ce ne sono

- ▶ **% Cioccolatini riconosciuti:** (1498 su 1536) **97.53%**
- ▶ **% Errori riconosciuti:** (102 su 121) **84.30%**
- ▶ **% Scatole classificate correttamente:** (57 su 64) **89.06%**

Scatole rettangolari:

FN=falsi negativi
FP=falsi positivi

	TOTALI	TROVATI	PERCENTUALE
Sc.rect	37	37	100%
vuoto	24	22	91%
girato	11	5	45%
No bollino	3	3	100%
lindt	5	4	80%
Posizione sbagliata	33	30	90%
FN		9	
FP		12	

	predicted:	tot errori:	trovati errori?	FN	FP	Result	chia/scur
	predicted:						C
<u>Rect</u>	IMG_8571				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8573				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8576				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8577				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8580				1		C
<u>Rect</u>	IMG_8581				2		C
<u>Rect</u>	IMG_8584				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8590				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8606				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8607				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8608				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8609				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8610				no		C
<u>Rect</u>	IMG_8648	2 no bollino	si	no	no		C
<u>Rect</u>	IMG_8649	2 invertiti 1 girato	-1 girato	1	no		C
<u>Rect</u>	IMG_8650	3 inv, 2 vuoti, 1 girato	-1 invertito	1	no		C
<u>Rect</u>	IMG_8651	2 invertiti, 1 lind, 1 girato	-1 invertito	1	no		C
<u>Rect</u>	IMG_8652	3 invertiti, 1 lind, 2 vuoti	-1 invertito, -1 lindt	2	no		C
<u>Rect</u>	IMG_8629				no		S
<u>Rect</u>	IMG_8630				no		S
<u>Rect</u>	IMG_8631				no		S
<u>Rect</u>	IMG_8632				3		S
<u>Rect</u>	IMG_8633				1		S
<u>Rect</u>	IMG_8634				1		S
<u>Rect</u>	IMG_8635				no		S
<u>Rect</u>	IMG_8636	2 invertiti	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8637	2 invertiti	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8638	3 posiz. Sbagliata	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8639	5 posiz. Sbagliata	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8640	4 posiz sbagliata, 1 girato	-1 girato	1	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8641	3 girati	-1 girato	1	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8642	1 girato, 3 vuoti	-1 girato, -1 vuoto	2	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8643	3 vuoti, 2 girati, 1 lindt	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8644	6 vuoti, 1 girato, 1lindt	-1 girato, -1 vuoto	2	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8645	6 vuoti, 1lindt, 1 errore	-1 girato	1	1		S
<u>Rect</u>	IMG_8646	7 posiz. Sbagliata	si	no	no		S
<u>Rect</u>	IMG_8647	1 no bollino	si	no	no		S

Scatole quadrate:

	TOTALI	TROVATI	PERCENTUALE
Sc.quad	27	27	100%
vuoto	24	21	87%
girato	8	8	100%
No bollino	9	8	89%
lindt	6	3	50%
Posizione sbagliata	0	0	
FN		10	
FP		6	

	predicted:	tot errori:	trovati errori?	FN	FP	Result	chia/scur
Quad	IMG_8611				no		C
Quad	IMG_8612				no		C
Quad	IMG_8613				no		C
Quad	IMG_8614				no		C
Quad	IMG_8615				no		C
Quad	IMG_8616				no		C
Quad	IMG_8617				no		C
Quad	IMG_8618				no		C
Quad	IMG_8619				no		C
Quad	IMG_8620				3		C
Quad	IMG_8621				2		C
Quad	IMG_8653	3 vuoti	si	no	no		C
Quad	IMG_8654	1 vuoto, 4 lindt	-1 lindt	1	no		C
Quad	IMG_8655	3 no bollino	-1 no bollino	1	no		C
Quad	IMG_8656	4 vuoti, 2 girati	-1 vuoto	1	no		C
Quad	IMG_8657	2 girati, 6 vuoti	-1 vuoto	1	no		C
Quad	IMG_8622				no		S
Quad	IMG_8623				no		S
Quad	IMG_8624				no		S
Quad	IMG_8625				no		S
Quad	IMG_8626				no		S
Quad	IMG_8627				no		S
Quad	IMG_8628				no		S
Quad	IMG_8658	6 vuoti, 2 girati	si	no	2		S
Quad	IMG_8659	2 vuoti, 1 lindt, 1 girato	-1 lindt	1	1		S
Quad	IMG_8660	3 nobol, 1err, 2 vuoti, 1lindt	-1 lindt, -1 vuoto	2	no		S
Quad	IMG_8661	3 no bollino	si	no	2		S

Analisi dei risultati:

- ▶ Il programma funziona discretamente, come evince dai risultati.
- ▶ La creazione della maschera della scatola permette di non considerare ulteriori oggetti più piccoli presenti sul tavolo.
- ▶ Le scatole quadrate e rettangolari vengono distinte tutte correttamente.
- ▶ Le coordinate permettono di evidenziare l'errore nell'immagine tramite un cerchio di colore blu.
- ▶ Si può dire che le scatole rettangolari, avendo uno schema più facilmente scomponibile, siano più facili da ritagliare e presentano meno errori dovuto al ritaglio, come invece capita nelle scatole quadrate.

Qualche risultato:

conforme



non conforme



non conforme



non conforme



non conforme



non conforme



non conforme



non conforme



Contributi:

Riccardo Merlo:

- ▶ Pre-elaborazione
- ▶ Ritaglio scatole
- ▶ Classificatore

Giacomo Stoffa:

- ▶ Maschera scatola
- ▶ Controllo bollini
- ▶ Analisi risultati