

Controllo qualità scatole Ferrero

Assunzioni

- Condizioni prospettiche, di luce e di dimensione assimilabili a quelle del set fornito
- Scatola elemento più grande nell'immagine

Dataset

- Set fornito: 64 scatole miste
- Estensione 1: 68 scatole rettangolari
- Estensione 2: 51 scatole quadrate

Suddivisione del lavoro

Alind: 30%

- Individuazione scatola
- Classificazione scatola
- Individuazione slot quadrate

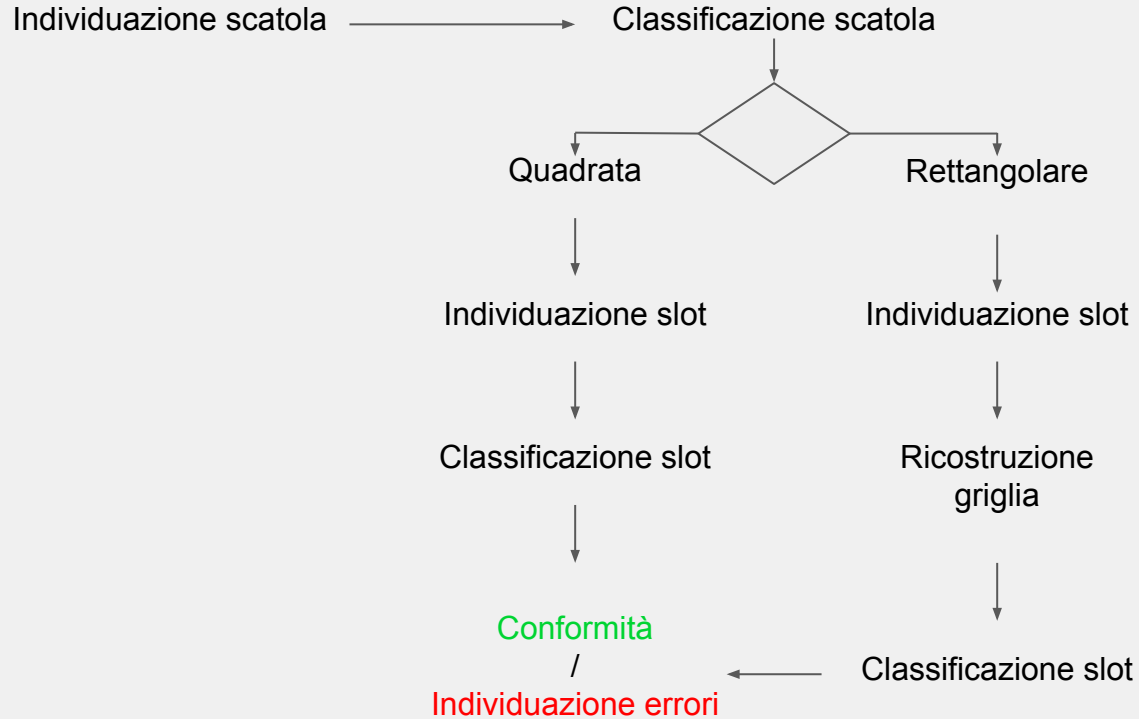
Mario: 35%

- Classificazione scatola
- Classificazione slot
- Conformità/Individuazione errori

Pietro: 35%

- Individuazione slot quadrate
- Individuazione slot rettangolari
- Ricostruzione griglia

Pipeline



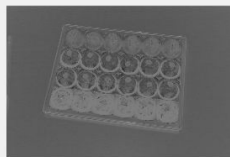
Individuazione scatola

Estrazione contorni

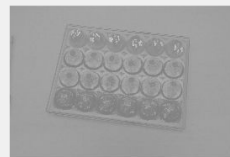
Costruzione maschera



Y



Cb



Cr



H



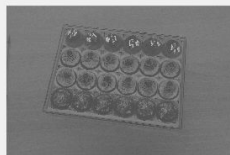
S



V



L



a



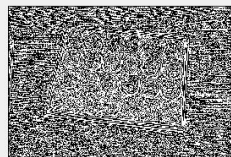
b

Individuazione scatola

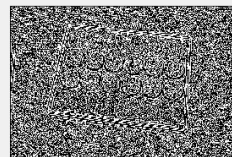
Estrazione contorni

Costruzione maschera

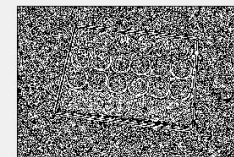
Errori classificazione scatola



Y



Cb



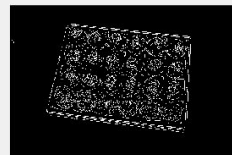
Cr

Canale S:

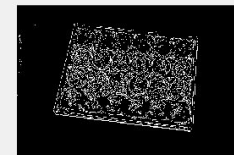
- set fornito: 1.60%
- set estensione 1: 13.23%
- set estensione 2: 49.02%



H



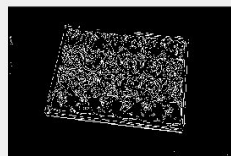
S



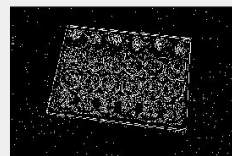
V

Canale b:

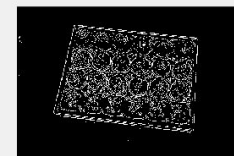
- set fornito: 0%
- set estensione 1: 1.47%
- set estensione 2: 29.41%



L



a

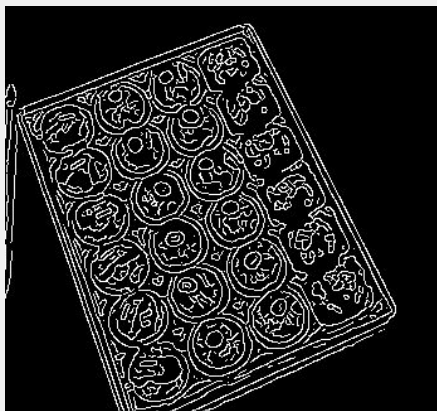


b

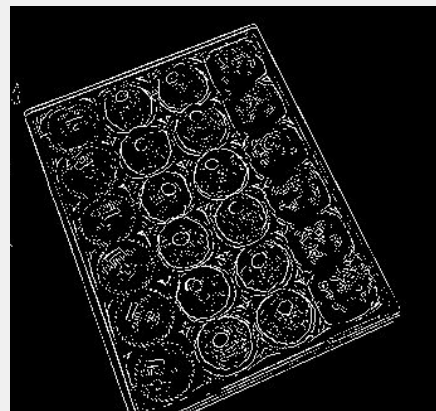
Individuazione scatola

Estrazione contorni

Costruzione maschera



Canny
+
Otsu threshold

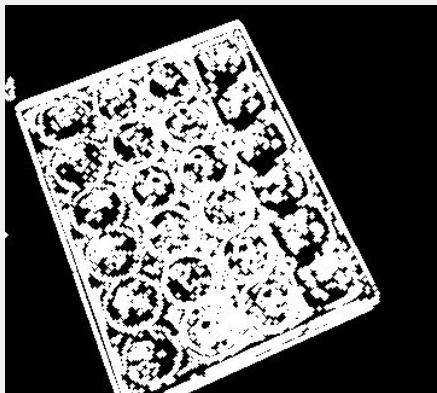


Laplacian
+
Otsu threshold

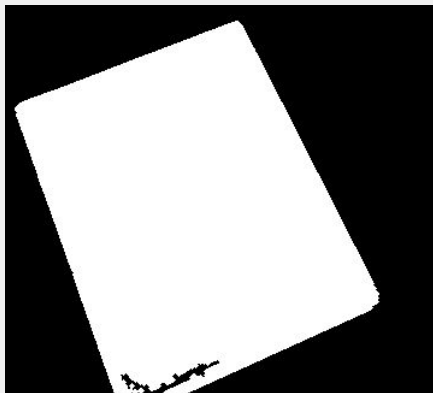
Individuazione scatola

Estrazione contorni

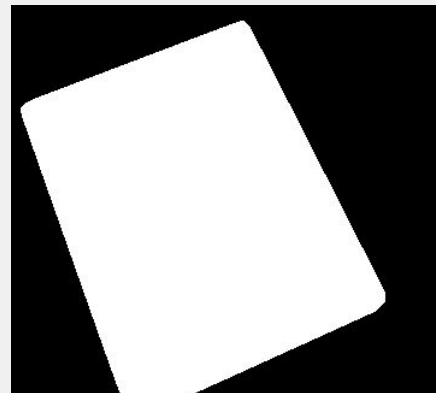
Costruzione maschera



Dilation
(collegamento
edge vicini)



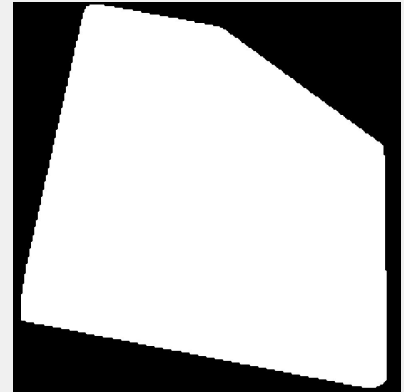
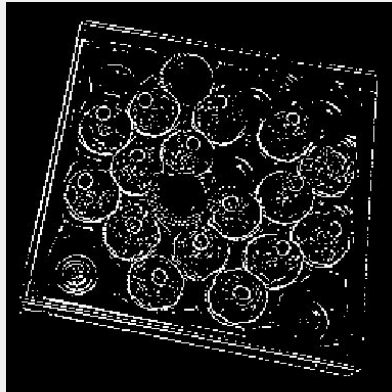
Chiusura buchi
+
filtraggio per area



Involucro convesso

Individuazione scatola

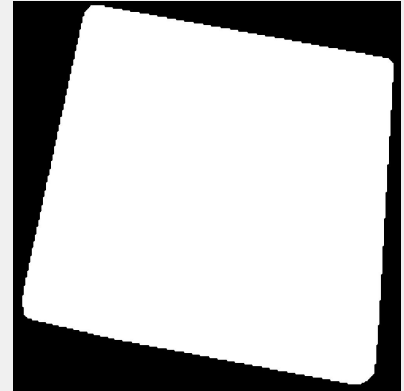
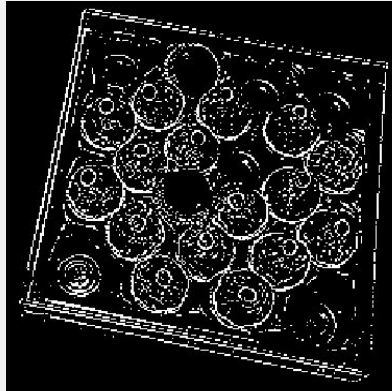
Problema



Individuazione scatola

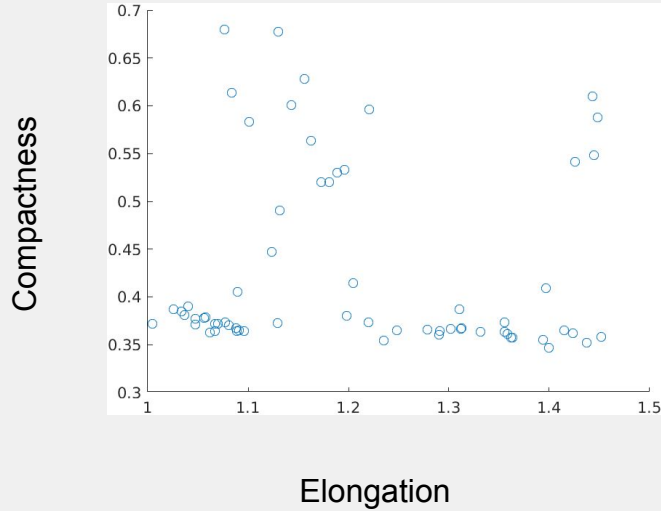
Soluzione

Riduzione della soglia (85% soglia di Otsu)



Classificazione scatola

Feature selection



Elongation: length/width della bounding box

Compactness: $4 \cdot \pi \cdot \text{area} / \text{perim}^2$

Corr coef: -0.0415

Classificazione scatola

Feature selection: elongation

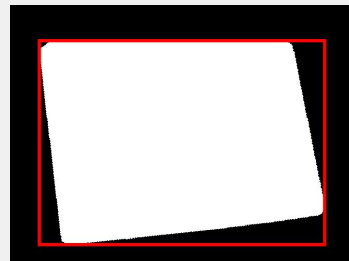
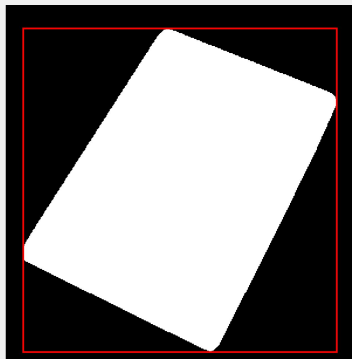
Trasformata di Hough



Equazione di un lato



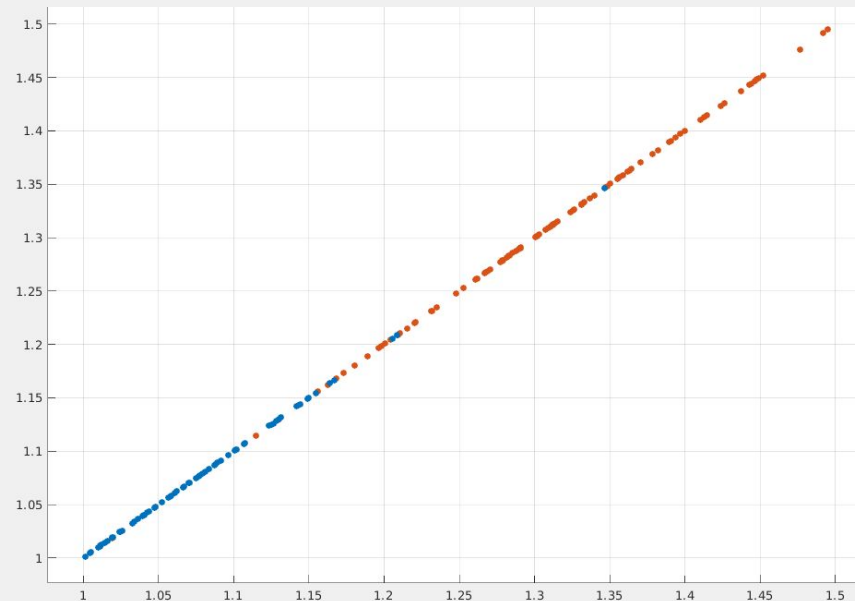
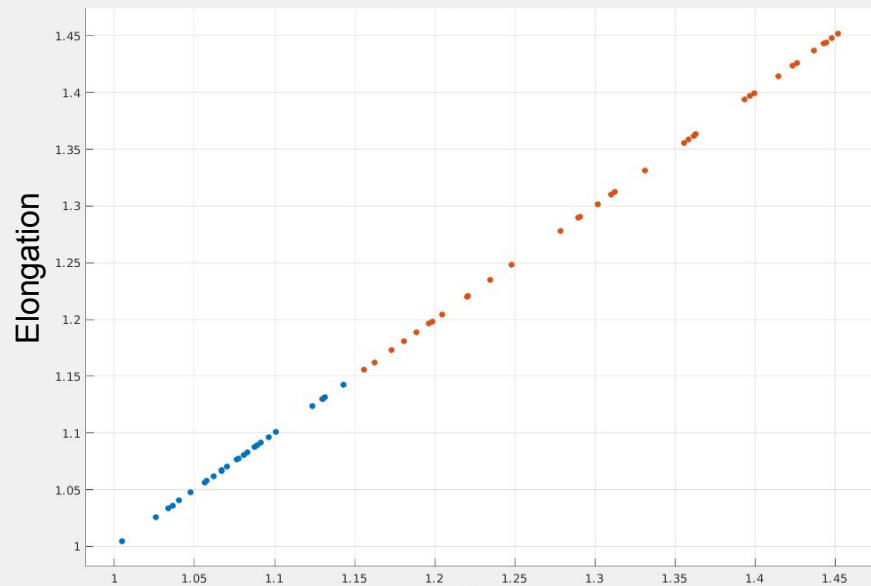
Rotazione



Dataset fornito

vs

Dataset esteso

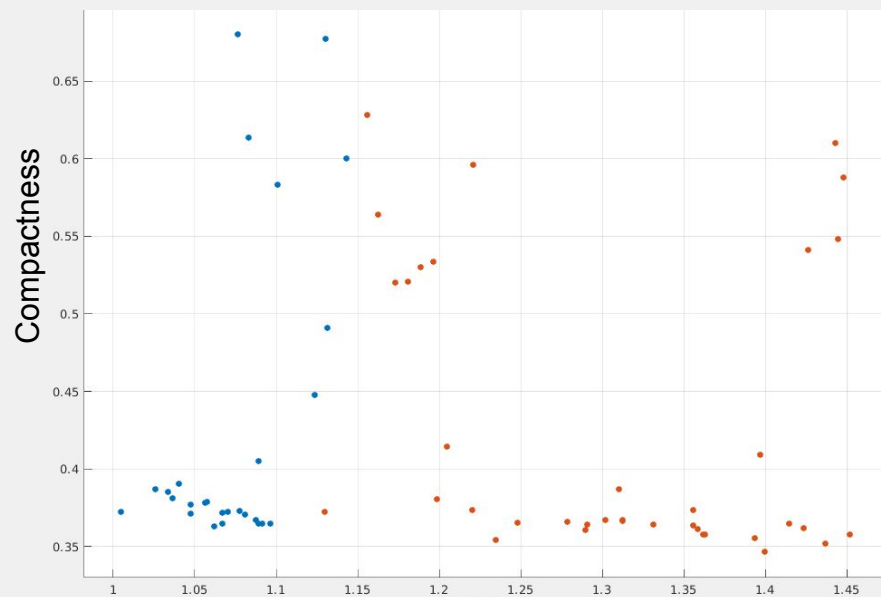


Elongation

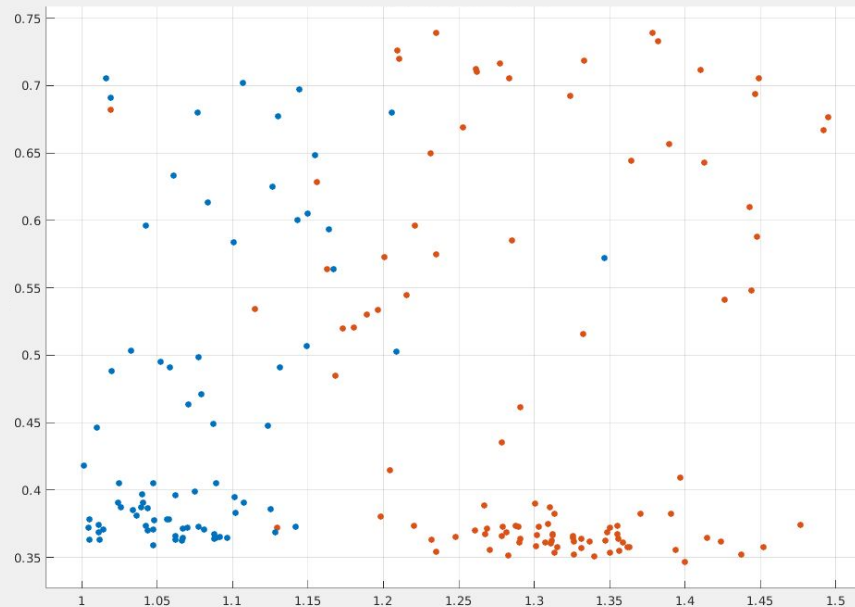
Dataset fornito

vs

Dataset esteso



Elongation



Classificazione scatola

Feature: elongation

SVM

Kernel	linear	
<u>Training</u> q	0.9730	0.0270
r	0	1
<u>Accuracy</u>	0.9844	
<u>Testing</u> q	0.9706	0.0294
r	0.1569	0.8431
<u>Accuracy</u>	0.9160	

Kernel	gaussian	
<u>Training</u> q	0.9730	0.0270
r	0	1
<u>Accuracy</u>	0.9844	
<u>Testing</u> q	0.9706	0.0294
r	0.1569	0.8431
<u>Accuracy</u>	0.9160	

*Training sul set fornito, testing sul set estensione

Classificazione scatola

Feature: elongation, compactness

SVM

Kernel	linear	
<u>Training</u> q	0.9730	0.0270
	r 0	1
<u>Accuracy</u>	0.9844	
<u>Testing</u> q	0.9706	0.0294
	r 0.1373	0.8627
<u>Accuracy</u>	0.9244	

Kernel	gaussian	
<u>Training</u> q	1	0
	r 0	1
<u>Accuracy</u>	1	
<u>Testing</u> q	0.9853	0.0147
	r 0.3333	0.6667
<u>Accuracy</u>	0.8487	

*Training sul set fornito, testing sul set estensione

Classificazione scatola

Feature: elongation, compactness

kNN
k = 1

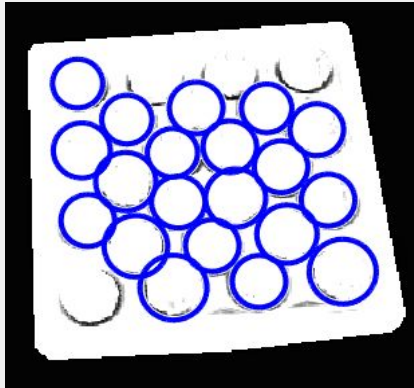
<u>Training</u>	1	q	<u>Testing</u>	0.9265	0.0735
<u>Accuracy</u>	1	r		0.1569	0.8431
			<u>Accuracy</u>	0.8908	

*Migliora l'accuracy complessiva ma peggiora la classificazione delle scatole rettangolari, in favore di quelle quadrate; tuttavia la classificazione dei cioccolatini di queste ultime non sarebbe fedele (vedere slide successive).

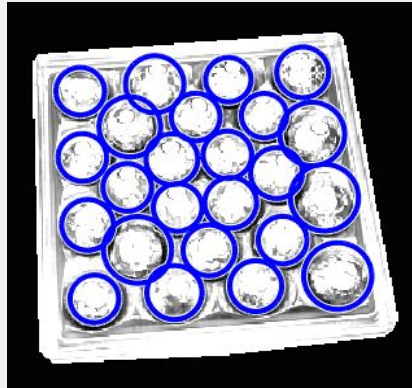
Estrazione circonferenze

Scelta spazi colore, canali e pre-processing

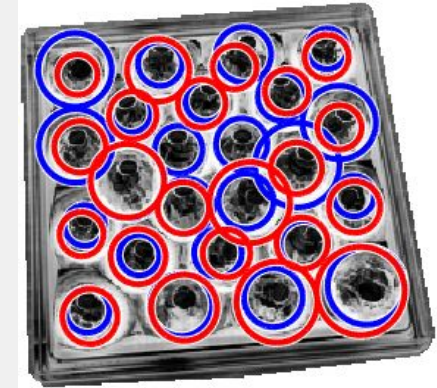
RGB -> R



RGB -> G



CMY -> M



- **G*2.5** enfatizza gli edges utili e riduce quelli intra-cioccolatino
- **R*2.5** enfatizza gli edges utili e riduce quelli intra-cioccolatino
- Gamma correction su **M** per enfatizzare edges utili e ridurre quelli deboli

Equalizzazione locale per enfatizzare gli edges rimanenti e smoothing per mantenere gli edge forti (smooth solo per G e R).

RGB -> R -> Cioccolatini e scatola hanno R simile, vicino a 0 nelle zone d'ombra. Con $R*2.5$ queste rimangono, ottenendo le sagome dei cioccolatini.

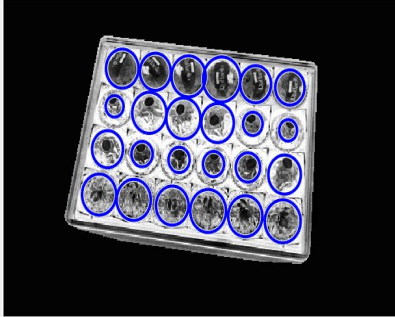
RGB -> G -> I bordi dei cioccolatini sono meno illuminati facilitando l'individuazione (Bayer pattern).

CMY -> M -> I Rocher hanno quantità minore di M rispetto alla scatola, i pirottini maggiore.

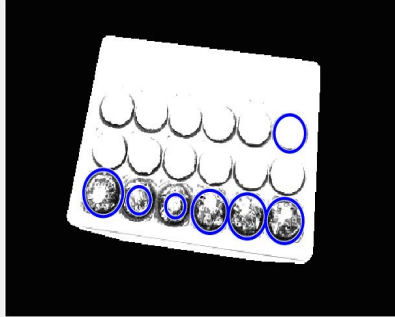
Estrazione circonferenze

Scelta spazi colore, canali e pre-processing

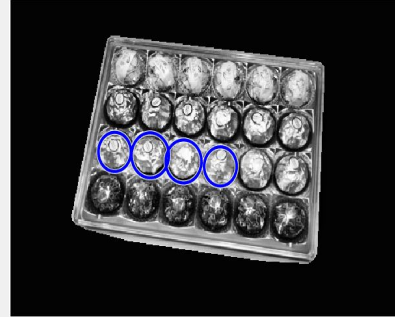
HSV -> S



HSV -> V*5



HSV -> V



YCBCR -> Y



N.B: Anche utilizzando solo S di HSV si riescono a trovare tutti i cioccolatini nel dataset fornito.

Le restanti elaborazioni sono propedeutiche alla ricerca in immagini con condizioni di luce diverse.

* Tutte le immagini sono state equalizzate localmente per enfatizzare gli edges

HSV -> S -> I cioccolatini hanno saturazione nettamente minore dal resto.

HSV -> V -> Slot non conformi possono avere luminosità diversa dal resto; i raggi trovati sono ben approssimati, contribuendo alla moda.

YCBCR -> Y -> La luminanza dei Rocher e dei Raffaello è maggiore rispetto al resto.

Estrazione circonferenze

Utilizzo della trasformata di Hough



Radius range:	11-30 quadrate 11-25 rettangolari
Edge Threshold:	0.12-0.2 quadrate 0.15-0.16 rettangolari
Sensitivity:	0.86-0.87 quadrate 0.80-0.84 rettangolari
Object Polarity:	dark,bright quadrate dark,bright rettangolari

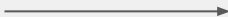
I raggi devono essere compresi tra 11 e 30 pixel, altrimenti si possono trovare i bollini o circonferenze più grandi del necessario.

I threshold non sono scelti con Otsu in quanto serve una soglia locale che non tenga conto delle maschere e delle soglie tra cioccolatini di altro tipo.

Sensitivity è stata limitata per evitare circonferenze spurie nelle scatole rettangolari, mentre per le scatole quadrate sono stati scelti parametri meno restrittivi per riuscire a trovare sempre le circonferenze

Ricostruzione griglia

Estrazione delle circonferenze



Ricostruzione griglia

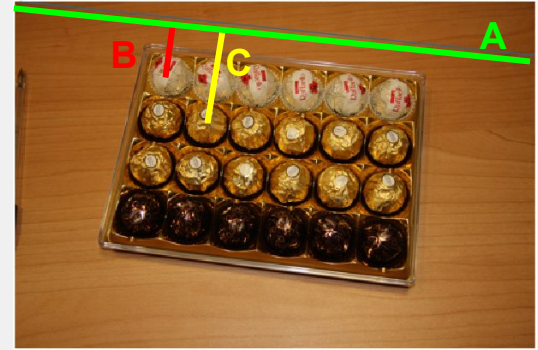
Rimozione duplicati

Due circonferenze vengono considerate duplicate se il centro di una è all'interno dell'altra.
Viene utilizzato un raggio pari alla moda senza outliers per ogni circonferenza.



Ricostruzione griglia

Clustering



Data la retta A, parallela a uno dei bordi della scatola, e il raggio r :

- 1) calcolare la distanza di uno dei centri da A
- 2) se in un intorno I del centro in esame esiste un cluster di punti a distanza d da A, inserisco il centro al cluster, altrimenti ne creo uno nuovo

Ripetere per ogni circonferenza trovata

N.B: I intorno circolare di raggio r

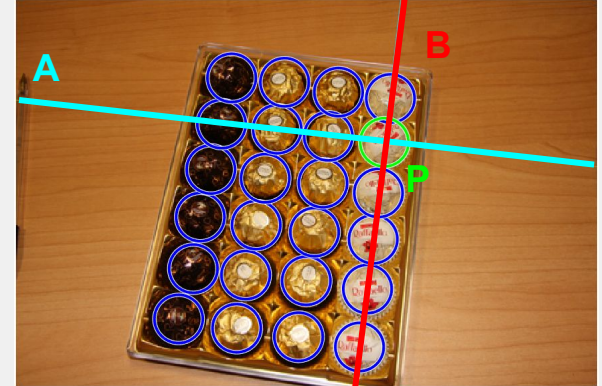
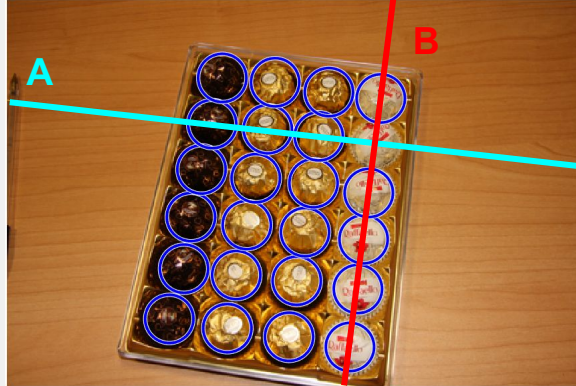
Ricostruzione griglia

Ricostruzione slot mancanti



Ricostruzione griglia

Ricostruzione slot mancanti



1. Si calcola la retta A dalla regressione lineare dei centri di una riga R in cui manca almeno un cioccolatino
2. Si calcola l'equazione di B perpendicolare ad A e passante per un centro qualsiasi di una riga differente
3. Si calcola il punto P di intersezione tra la retta A e la retta B e, se non esiste una circonferenza in un intorno di P, aggiungo a R una circonferenza con centro P.

Ricostruzione griglia

Ricostruzione slot mancanti



Ricostruzione griglia

Ordinamento righe

Ordinamento colonne



1. Si calcola la retta A dalla regressione lineare dei centri della riga da ordinare
2. Si decide un punto B sulla retta che sia fuori dall'area della scatola
3. Per ogni circonferenza della riga si calcola la distanza del centro da B
4. Si ordinano le circonferenze sulla base della distanza da B

Ricostruzione griglia

Ordinamento righe

Ordinamento colonne



1. Si calcola la retta A dalla regressione lineare dei centri della prima colonna
2. Si decide un punto B sulla retta che sia fuori dall'area della scatola
3. Per ogni circonferenza della colonna si calcola la distanza del centro da B
4. Si ordinano le intere righe sulla base della distanze ottenute

Classificazione cioccolato

Feature selection

kNN
k = 1

LBP

Training

1

b

Testing

0.9048

0

0

0.0952

d

0.9878

0

0.0122

n

0

0

1

0

r

0.0588

0.0588

0

0.8824

Accuracy

1

Accuracy

0.9739

*Training e testing su partizioni del set fornito

Classificazione cioccolato

Feature selection

kNN
k = 1

CEDD

Training

1

b

Testing

0.9841

0

0

0.0159

d

0

1

0

0

n

0

0

1

0

r

0

0

0

1

Accuracy

1

Accuracy

0.9978

*Training e testing su partizioni del set fornito

Classificazione cioccolatino

Problema



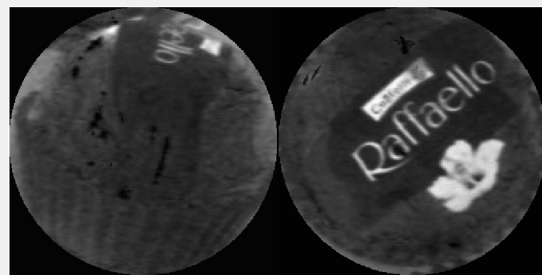
Non rigettato

Classificazione cioccolatino

Soluzione



canale cr



conforme se: area > s

$0.9 * \text{max} < \text{canale cr} < \text{max}$

*s: quantità minima di rosso affinché il logo sia interamente visibile (nel caso specifico l'area è pari a 270, ma $s = 500$ per una maggiore restrittività)

Classificazione cioccolatino

No estensione dataset

Motivi: condizioni differenti di luci, proporzioni, risoluzione

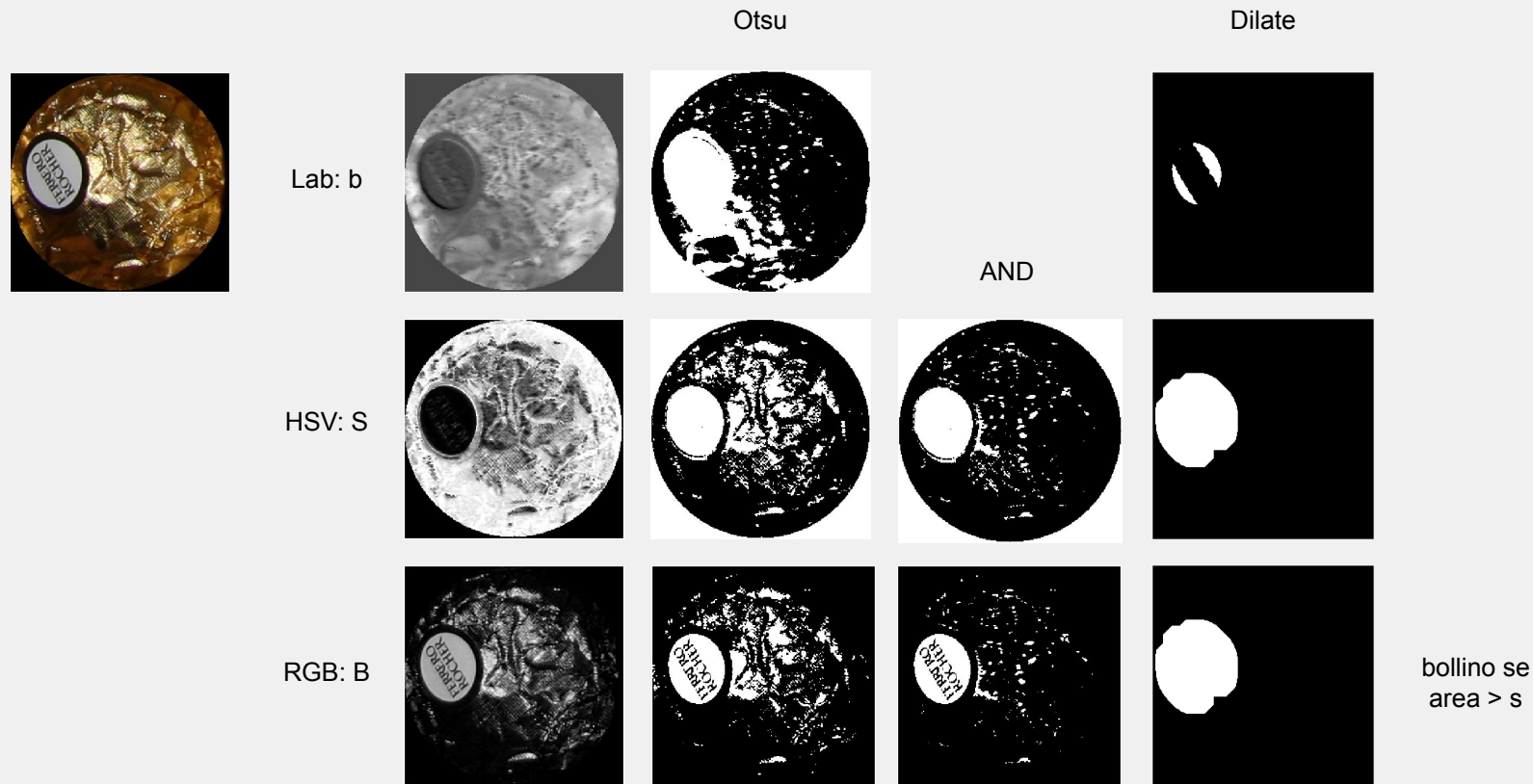
Scatole rettangolari Estensione 1	
34	pipeline corrette
17	errori classificazione cioccolatini
14	errori estrazione circonferenze
3	altro (es. bollini, forma)
68	

Train e test su set fornito + slot vuoti del set Estensione 1:
accuracy 1

Esecuzione pipeline su set Estensione 1:
errori classificazione cioccolatini bianchi -> **peggioramento**

Scatole quadrate Estensione 2	
4	pipeline corrette
22	errori classificazione cioccolatini
5	errori estrazione circonferenze
17	errori forma scatola
3	altro (bollini)
51	

Individuazione bollino



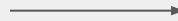
*s: area minima (ottenuta sperimentalmente e poi abbassata per una maggiore tolleranza -> s= 800)

Conformità / errori

Scatole rettangolari

	y1,1	...	...	...	...	...
x1,1	...	...	...	...	...
...	...					
...	...					y4,6
...					x4,6	

classificazione
circonferenza i-esima
centro (xij,yij)
raggio: radius



"b"	"b"	"b"	"b"	"b"	"b"
"d"	"d"	"d"	"d"	"d"	"d"
"d"	"r"	"d"	"d"	"d"	"d"
"n"	"n"	"n"	"n"	"n"	"n"

Confronto:

configurazione ottenuta != configurazione ideale ("b" in alto)

configurazione ottenuta != configurazione ideale ("b" in basso)

-> considero il risultato che **minimizza** le differenze



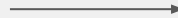
- controllo cioccolatini dorati (bollini)
- controllo cioccolatini bianchi (logo)

Conformità / errori

Scatole quadrate

x1	y1
...	...
...	...
...	...
x24	y24

classificazione
circonferenza i-esima
centro (x_i, y_i)
raggio: radius



"d"
...
...
...
"d"

- verifica classe cioccolato
- verifica presenza del bollino

Analisi dei risultati

Dataset fornito		
	Conforme	Non conforme
Conforme	38	0
Non conforme	0	26

Totale: 64
Precision: 1
Recall: 1

Estensione 1		
	Conforme	Non conforme
Conforme	14	0
Non conforme	9	45

Totale: 68
Precision: 1
Recall: 0.61

Estensione 2		
	Conforme	Non conforme
Conforme	4	0
Non conforme	29	18

Totale: 51
Precision: 1
Recall: 0.12

Migliorie possibili

- Conteggio bollini
- Filtraggio omomorfico
- Estensione dataset
- Distinzione tipo di errore
- Prestazioni