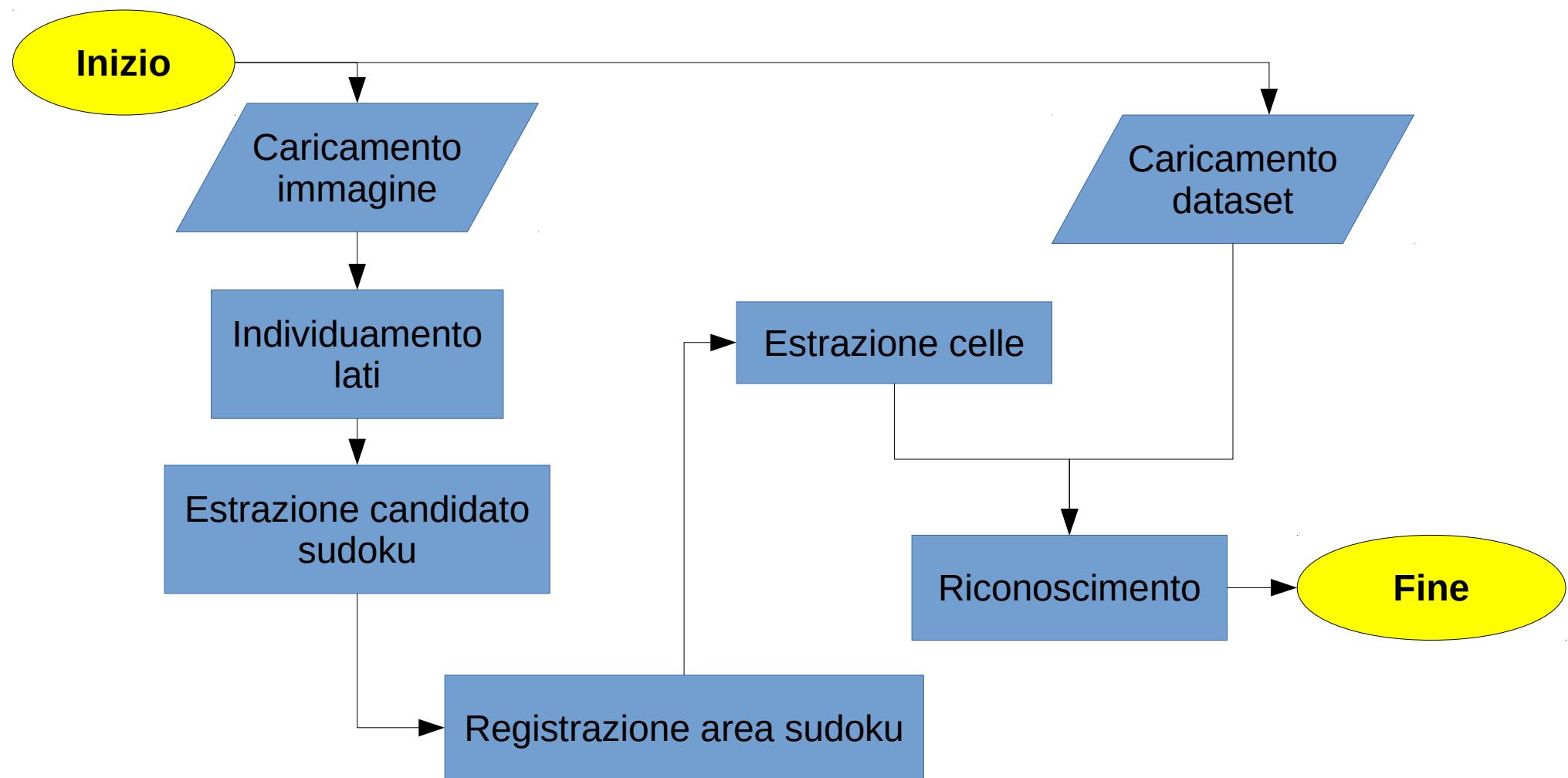


Riconoscimento Sudoku

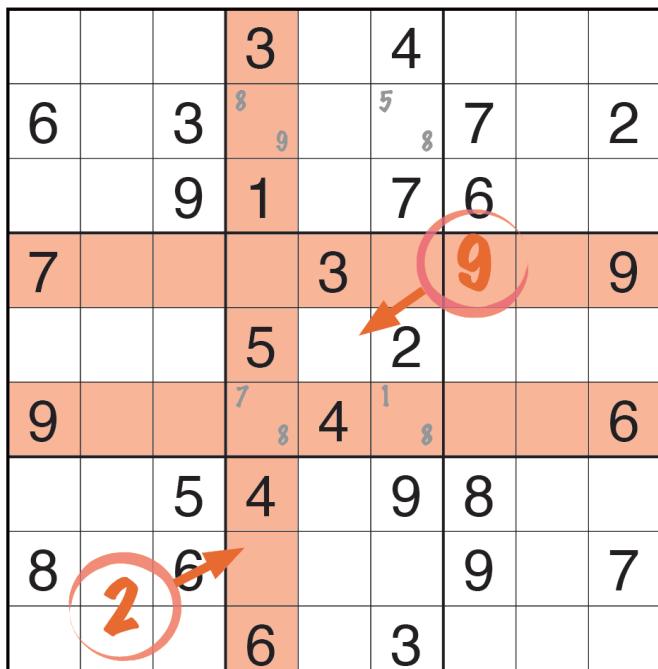
Studente:

Diego Lobba

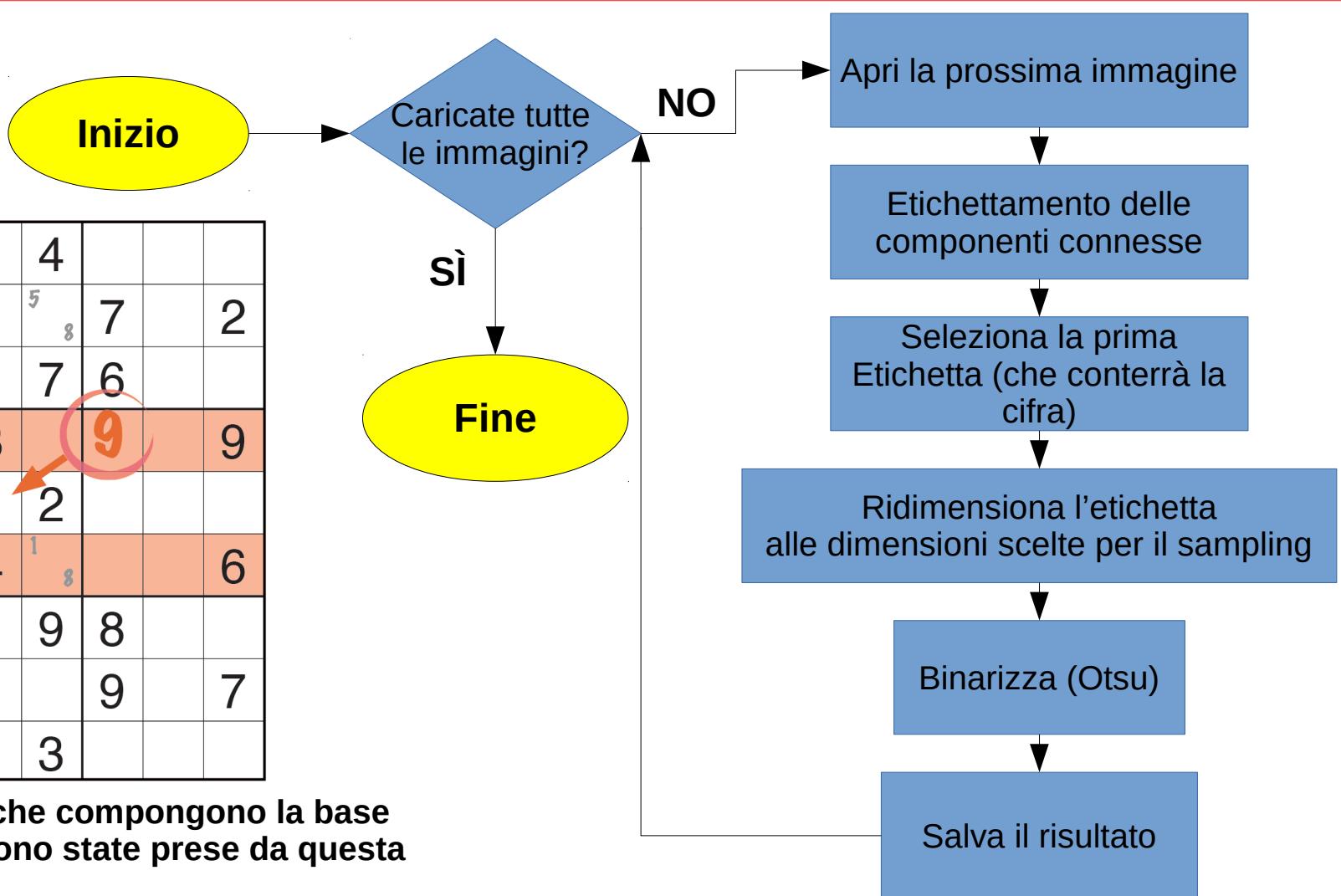
Pipeline generale



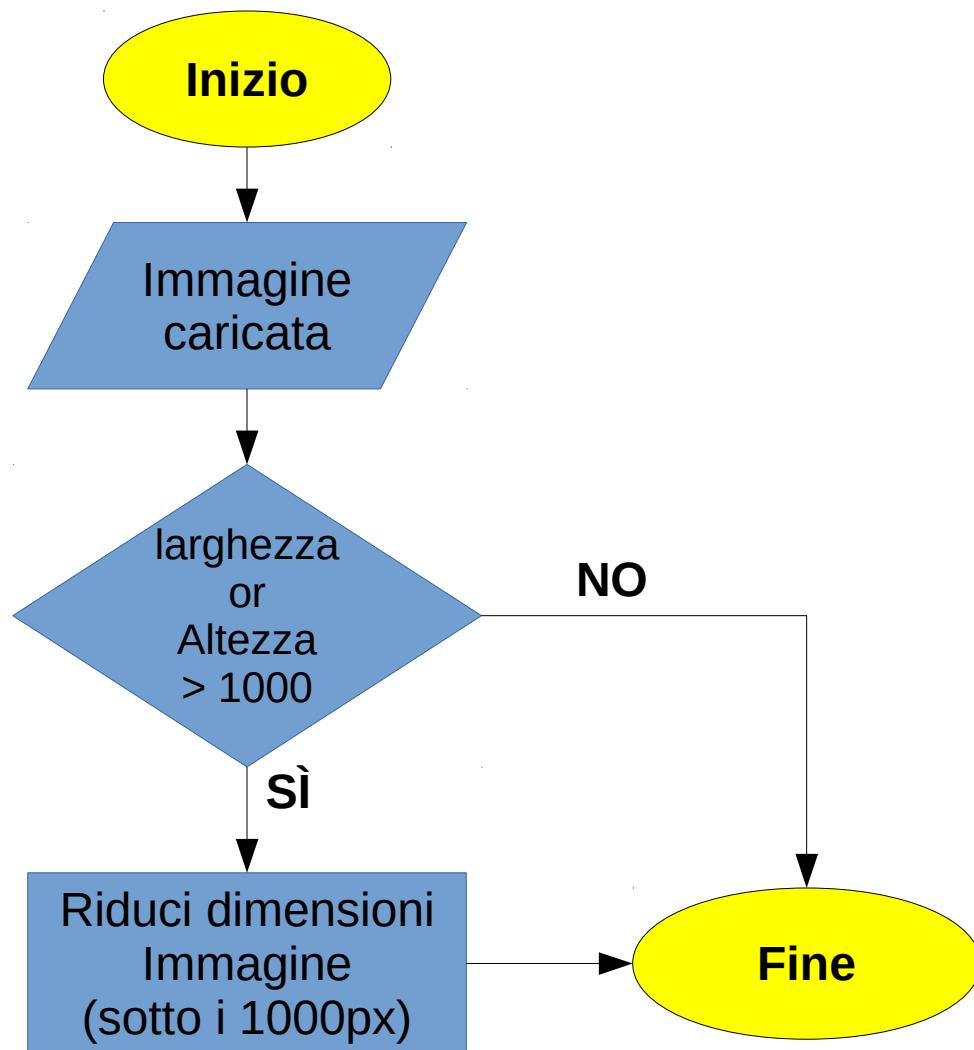
Caricamento dataset



Le singole cifre che compongono la base di conoscenza sono state prese da questa immagine.

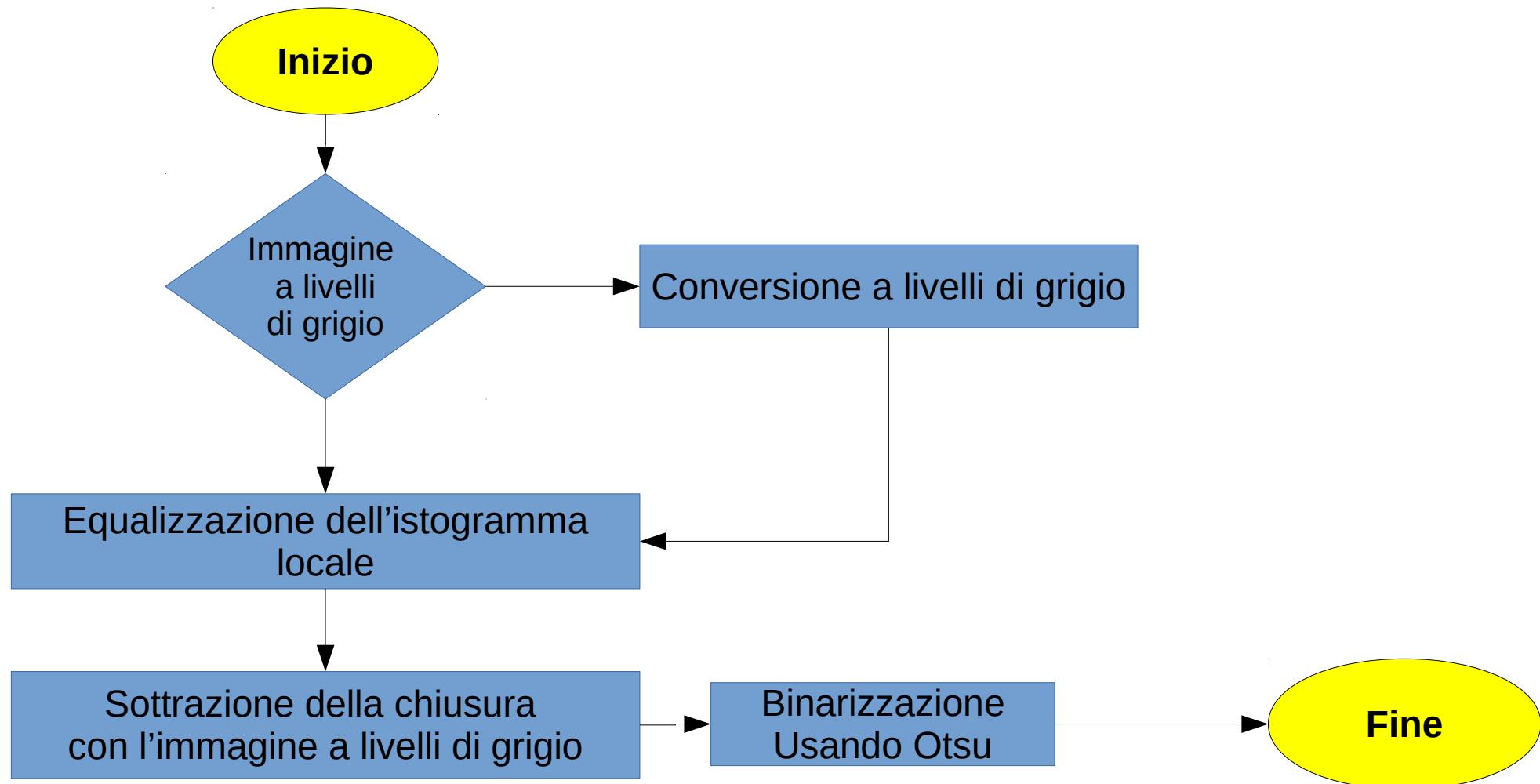


Caricamento immagine

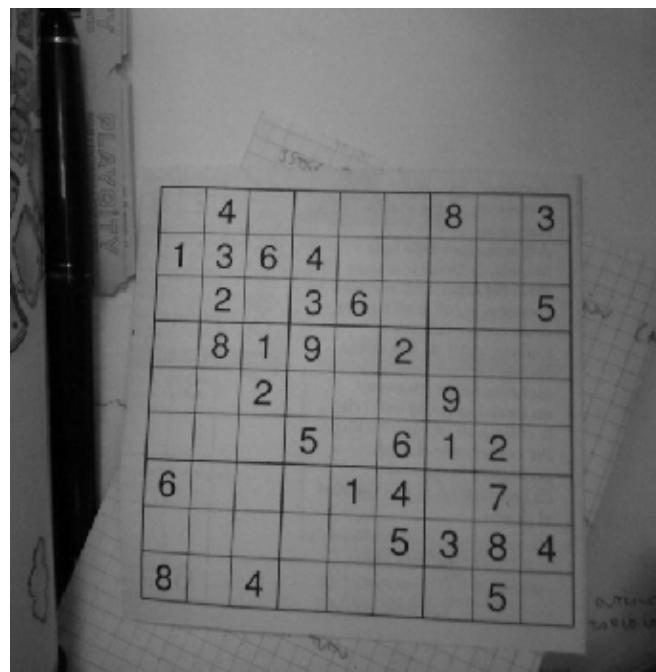


- **Perdita di dettagli superflui**
- **Miglioramento delle performance computazionali**

Individuamento lati

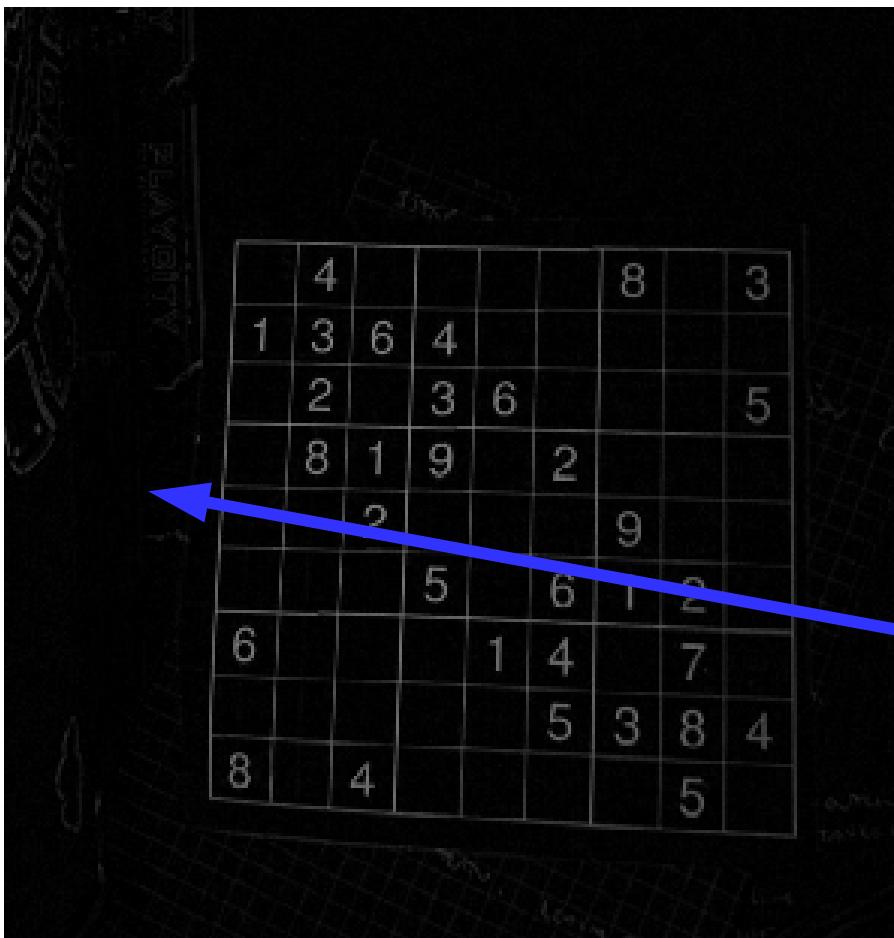


Individuamento lati (2)



4						8	3
1	3	6	4				
2		3	6				5
8	1	9		2			
	2				9		
		5	6	1	2		
6			1	4	7		
				5	3	8	4
8	4					5	

Individuamento lati (3)

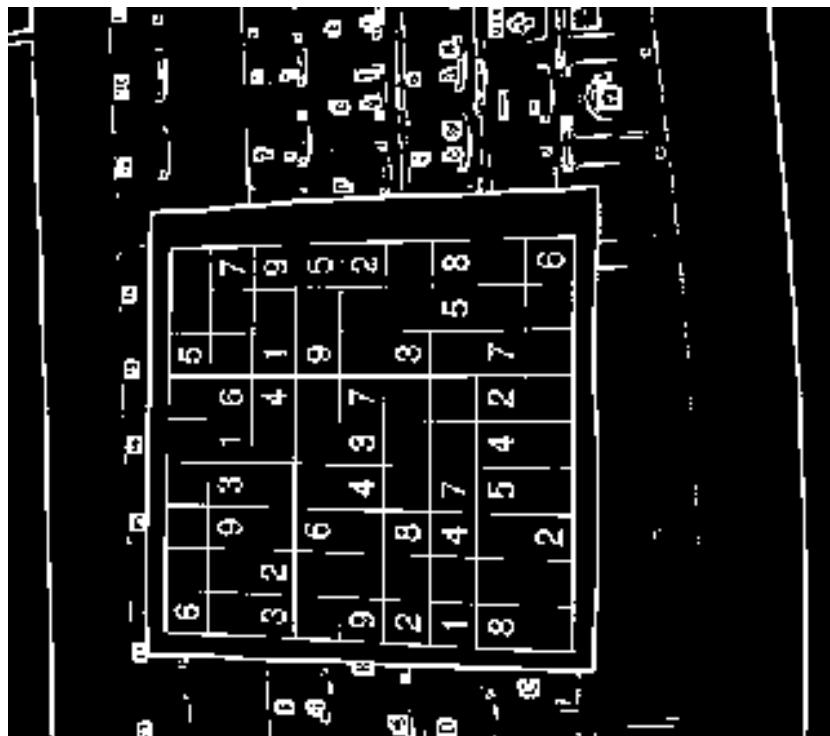


Non una vera e propria edge detection!

```
imedge = imclose (im,  
strel ('disk', 6) ) - im;
```

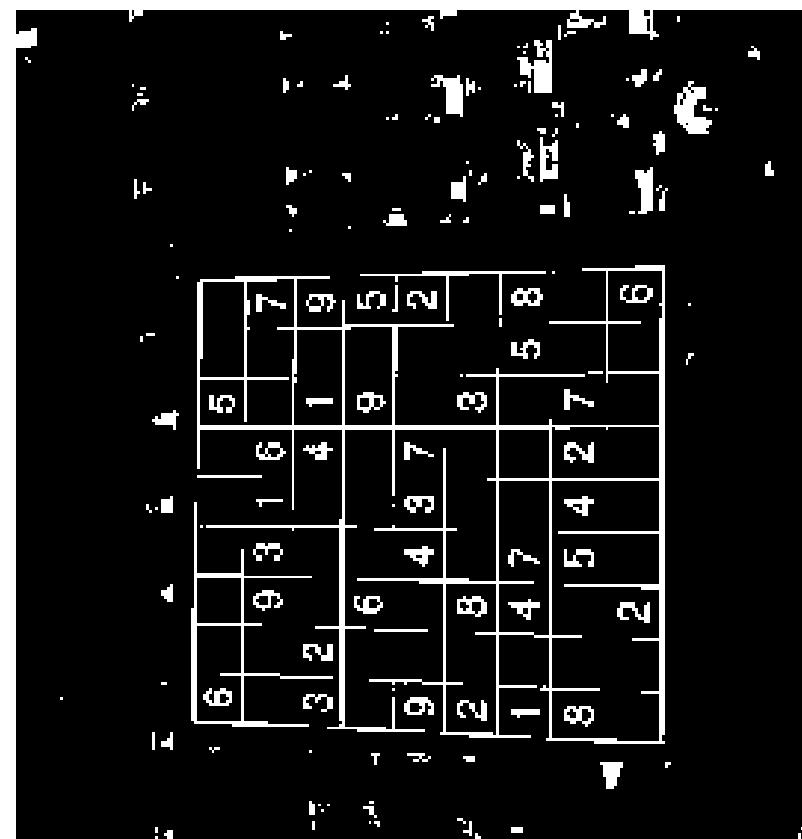
Non ci sono informazioni circa i lati della penna

Individuamento lati (4)



Edge detection

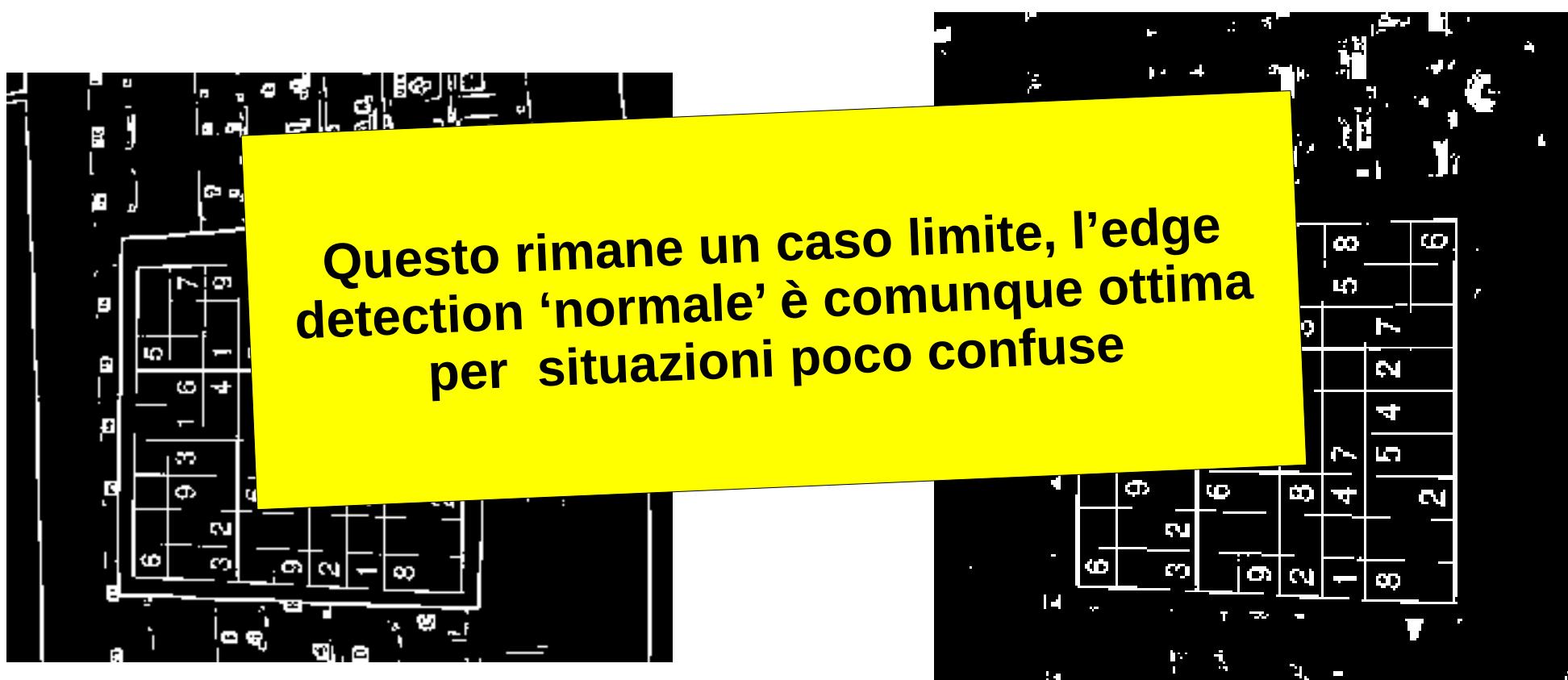
ottenere la griglia del sudoku
richiede del lavoro in più



Sottrazione della chiusura

la griglia del sudoku è in risalto e
non richiede lavoro aggiuntivo

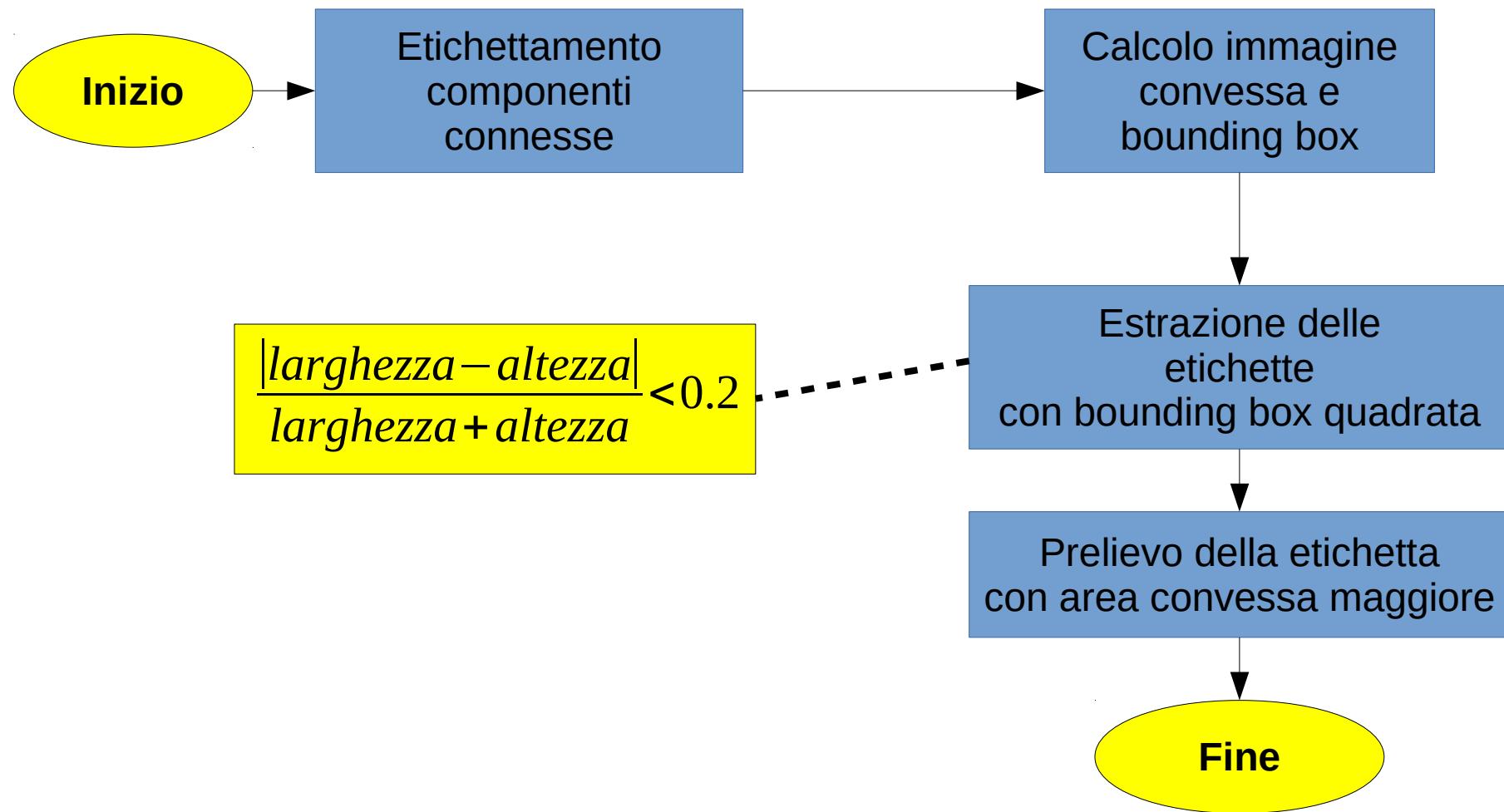
Individuamento lati (5)



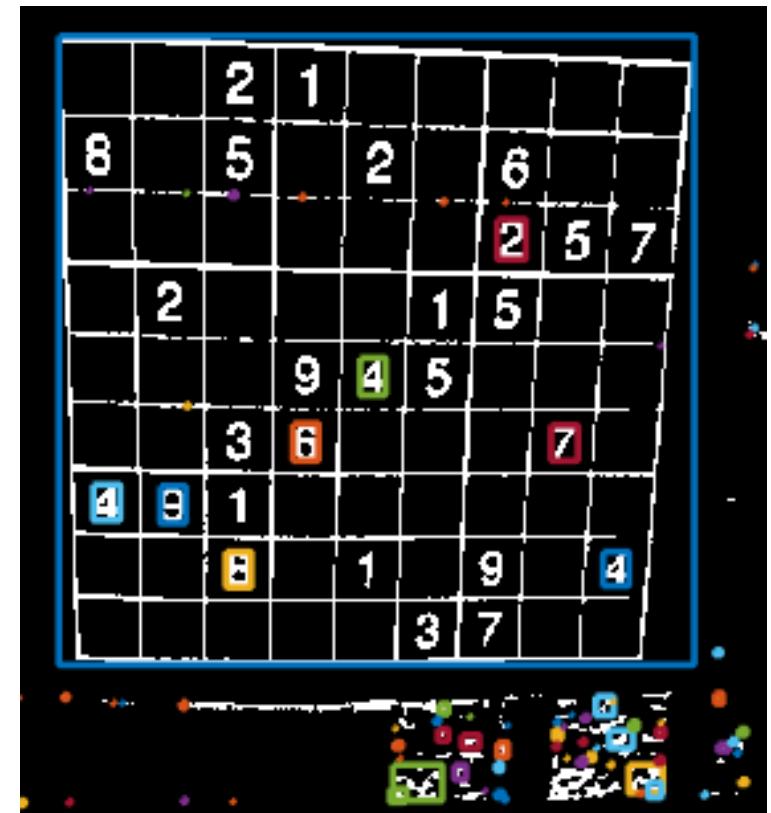
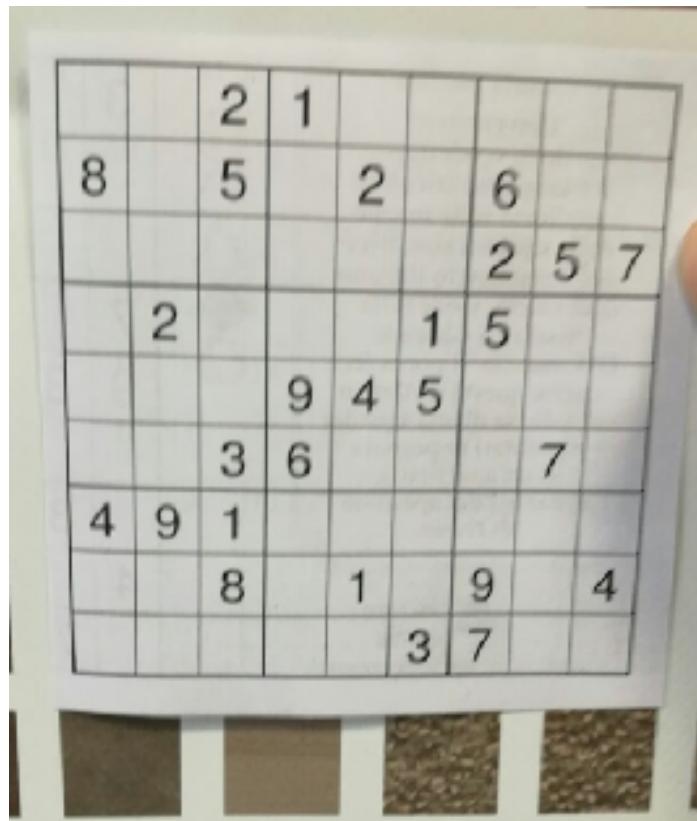
Edge detection
ottenere la griglia del sudoku
richiede del lavoro in più

Sottrazione della chiusura
la griglia del sudoku è in risalto e
non richiede lavoro aggiuntivo

Estrazione candidato sudoku

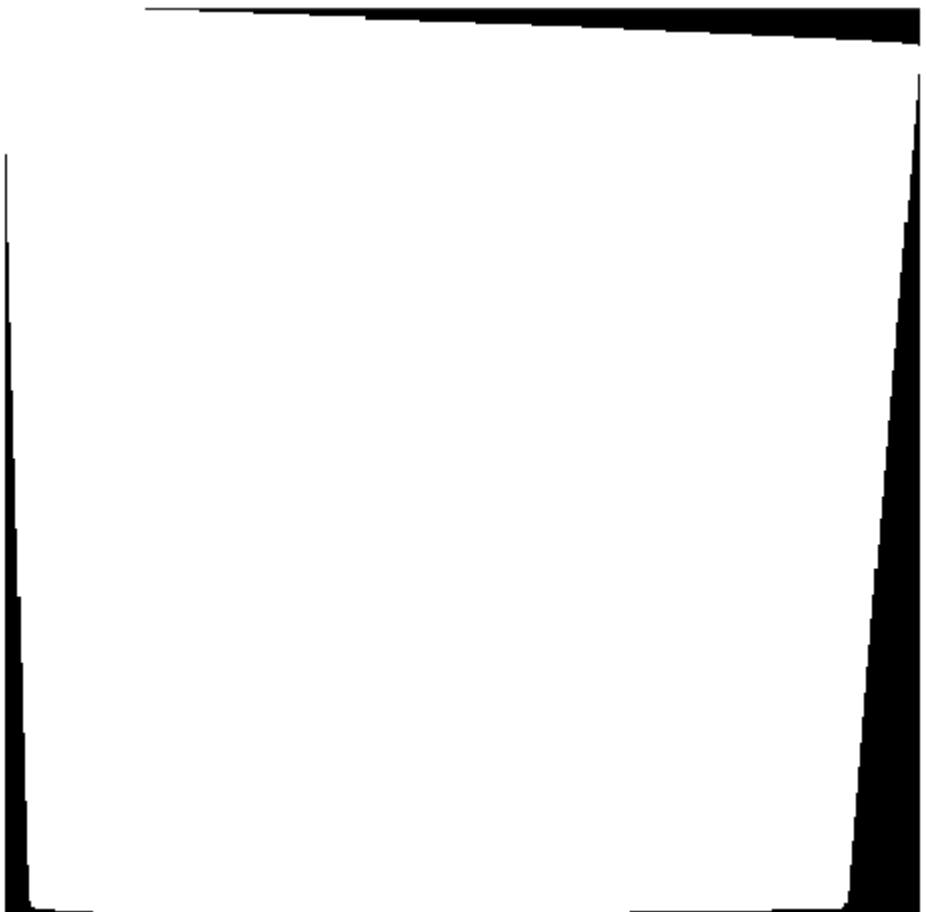
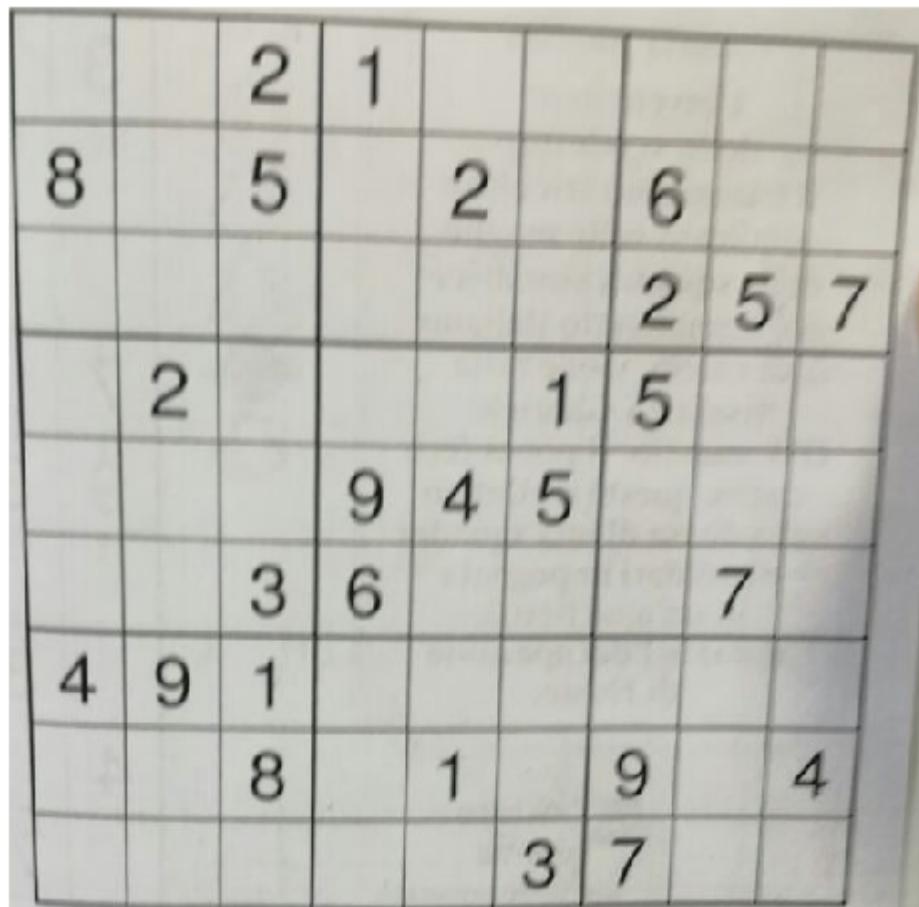


Estrazione candidato sudoku (2)

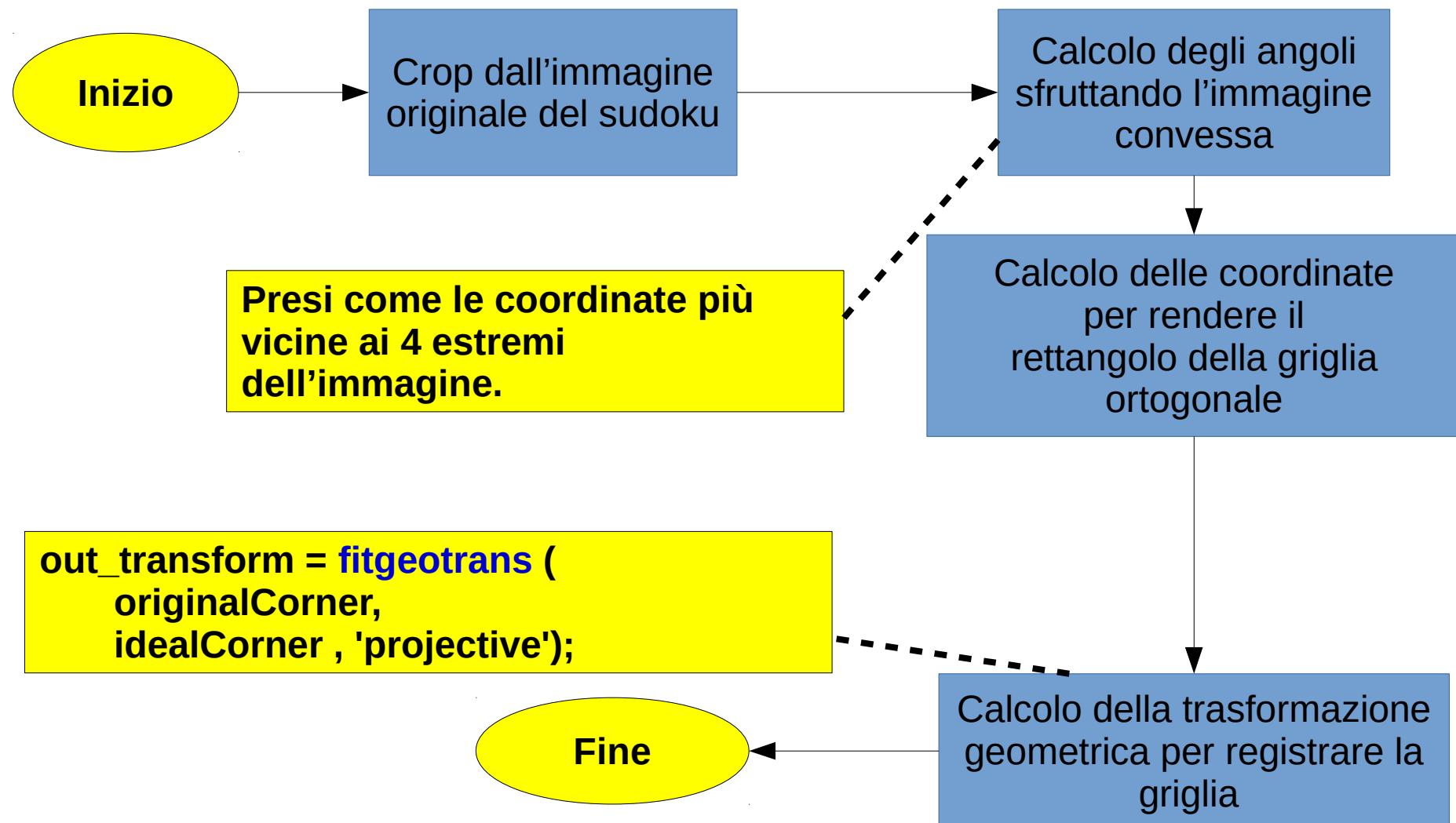


Estrazione candidato sudoku (3)

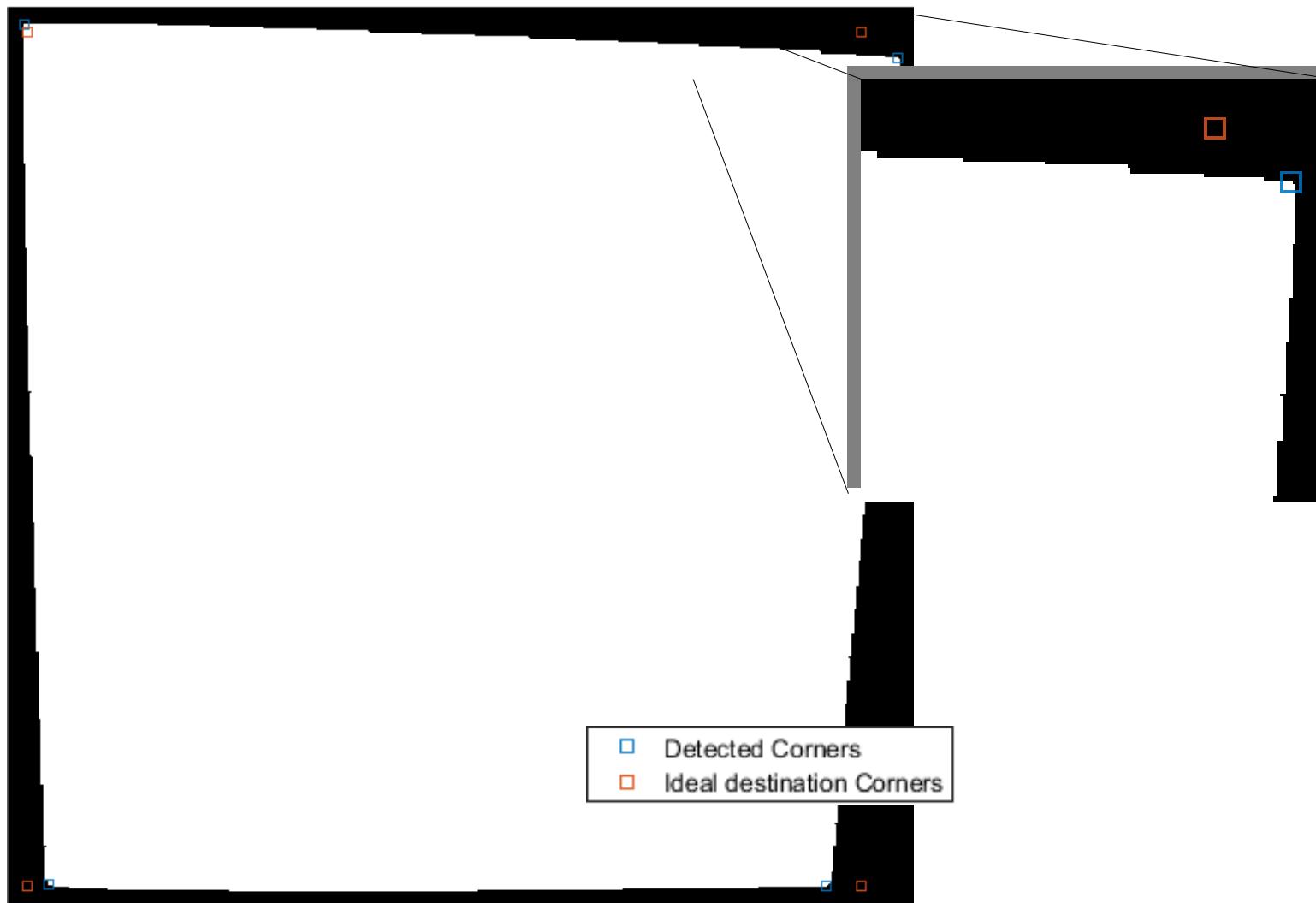
Dallo step precedente ottengo un'etichetta che mi porta ad avere questi due risultati



Registrazione area sudoku

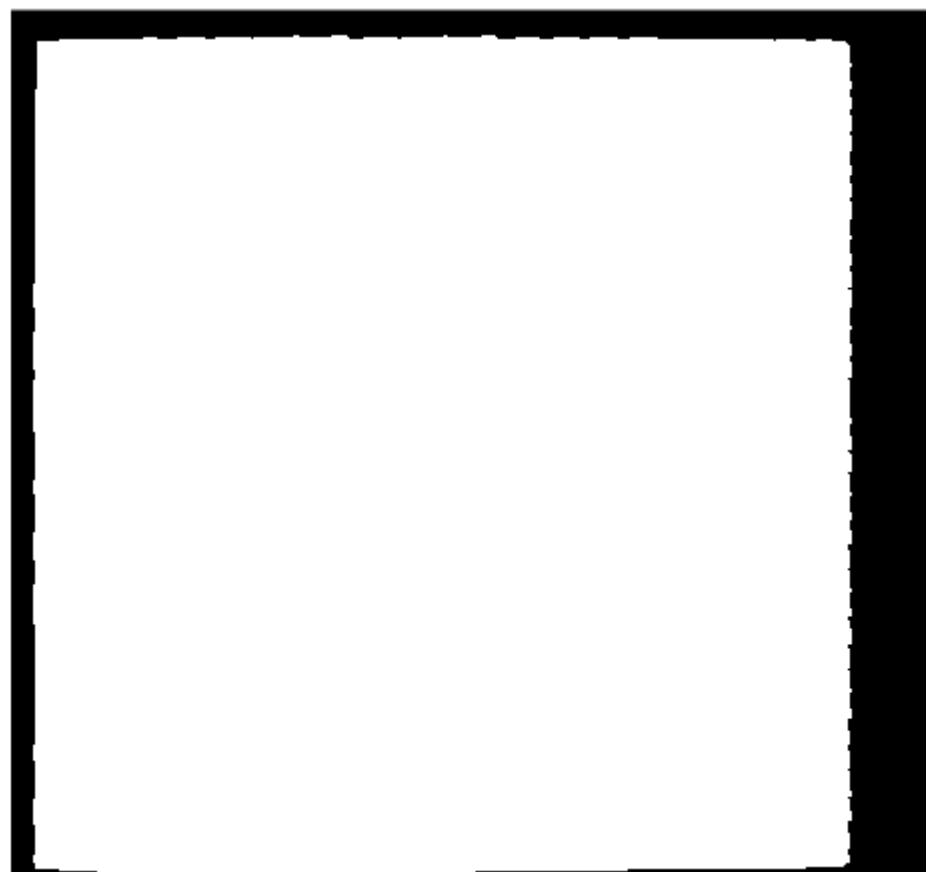
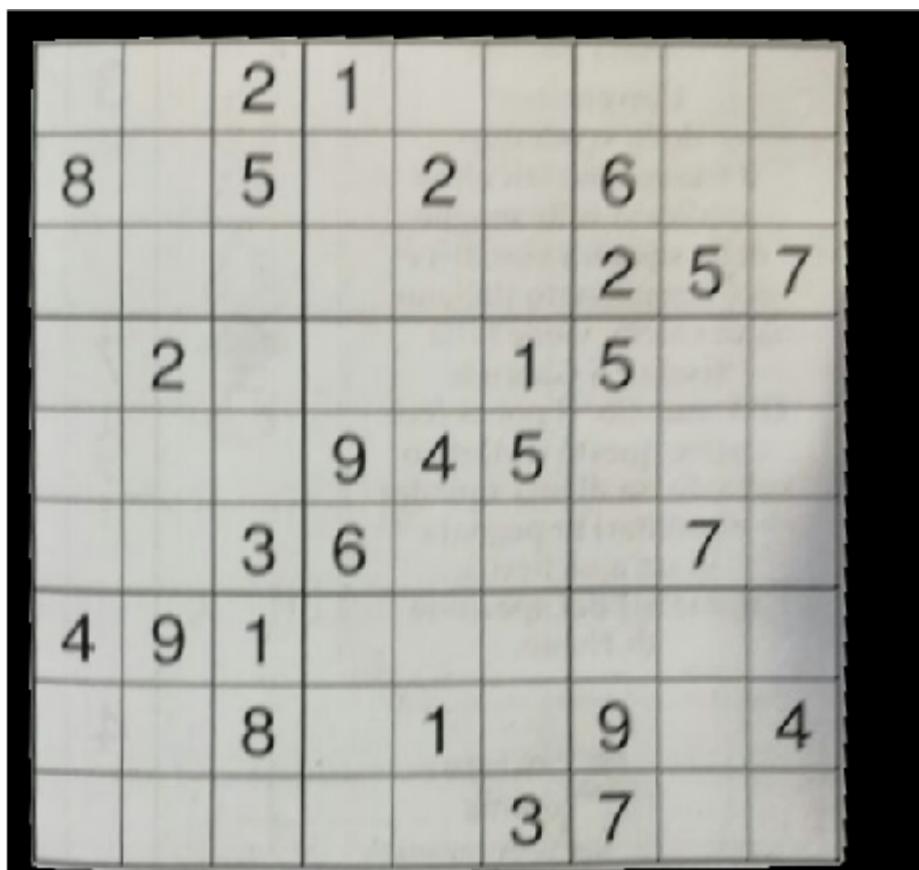


Registrazione area sudoku (2)

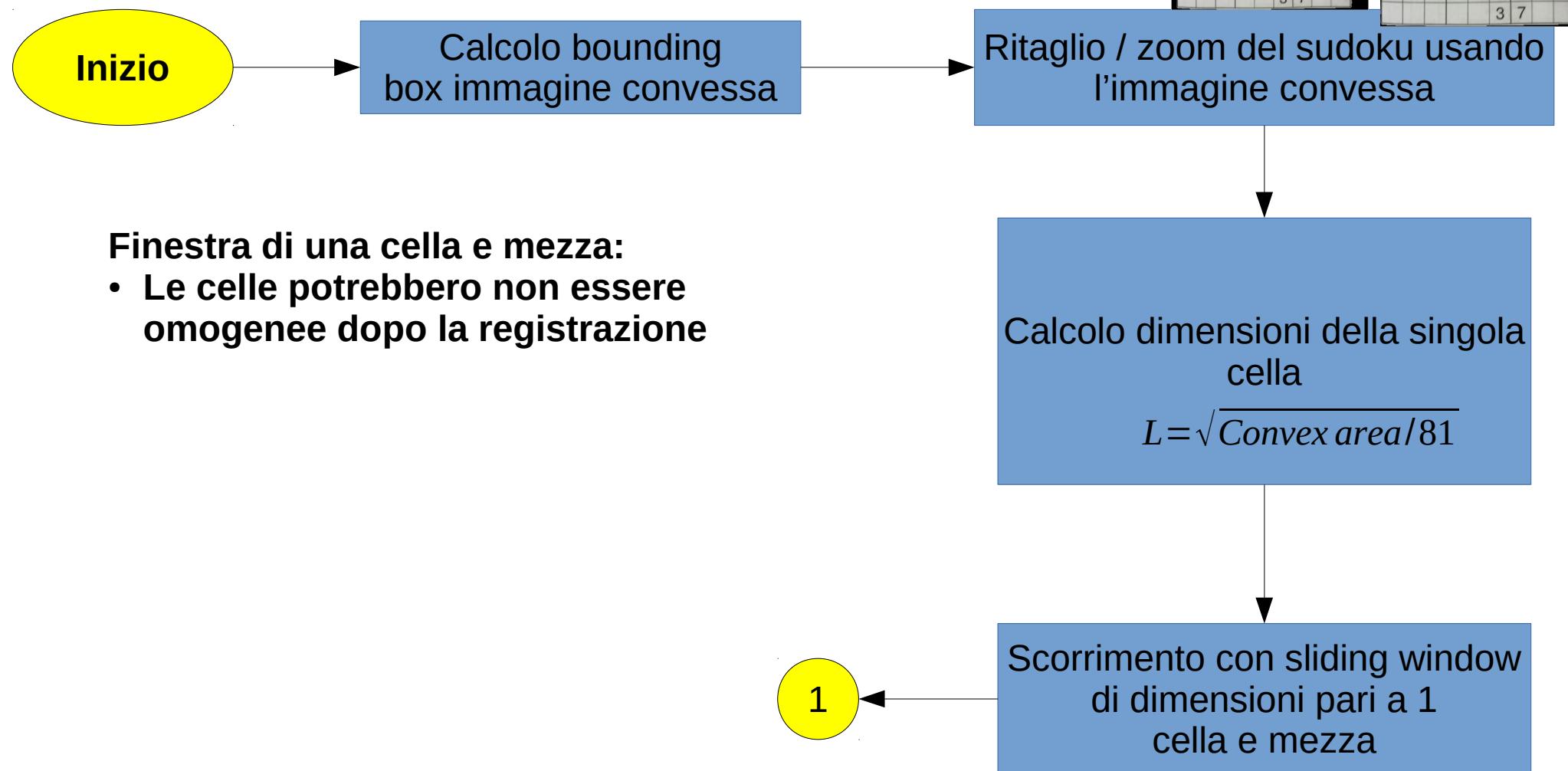


Registrazione area sudoku (3)

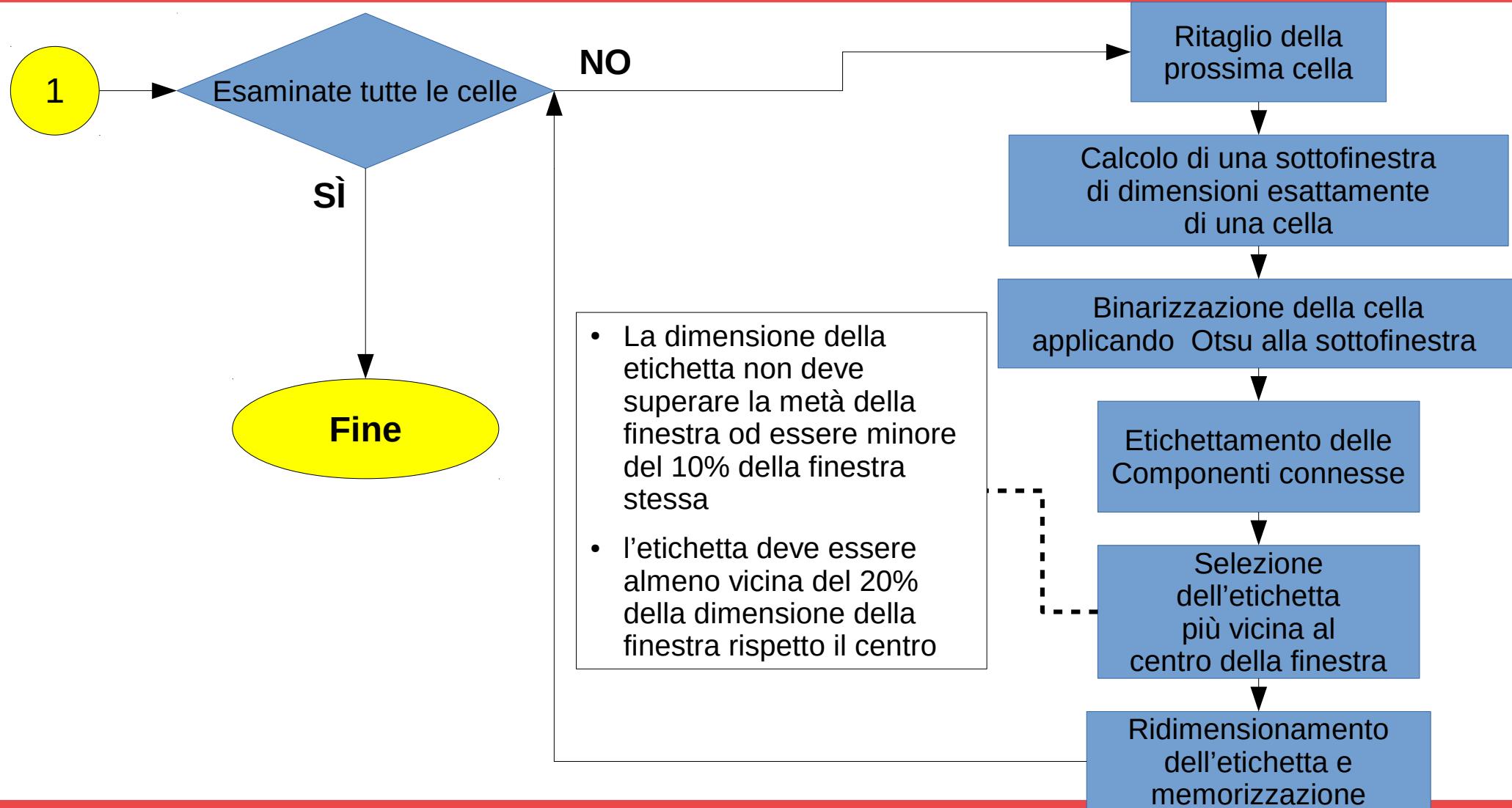
Risultati ottenuti applicando la trasformazione precedentemente calcolata



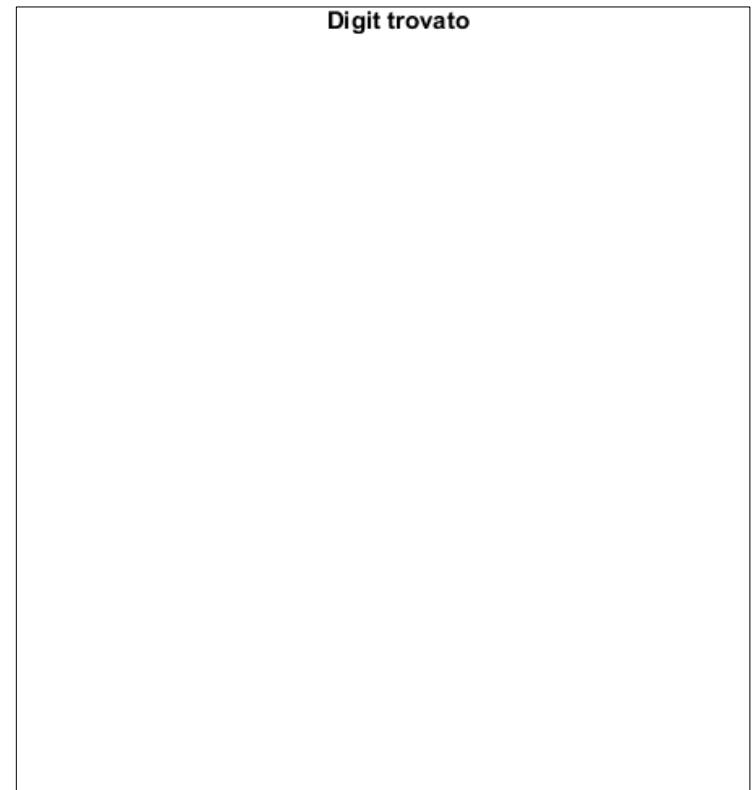
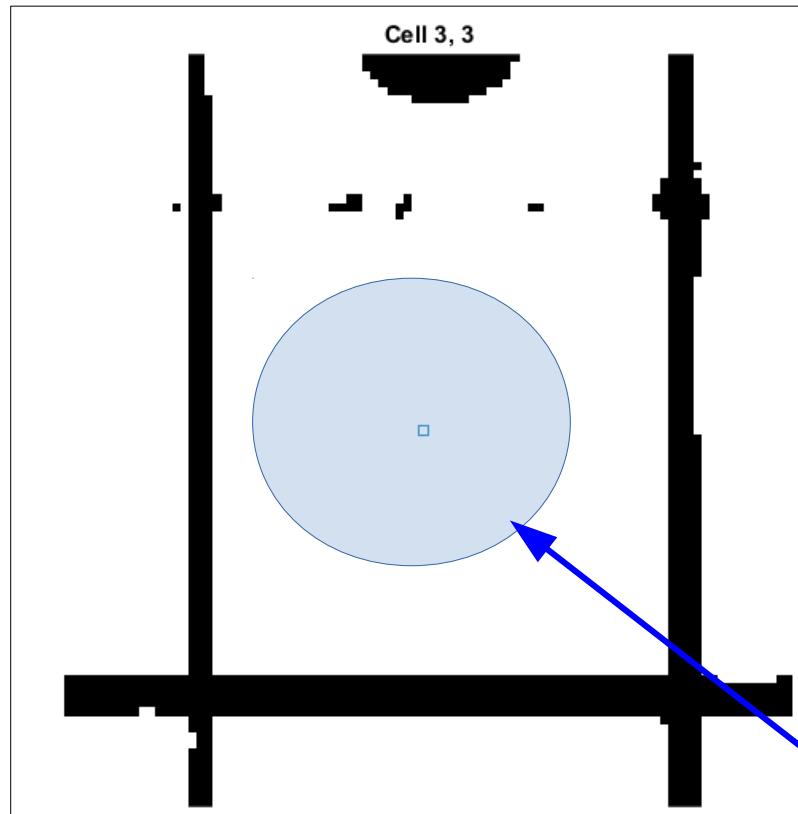
Estrazione Celle



Estrazione Celle (2)



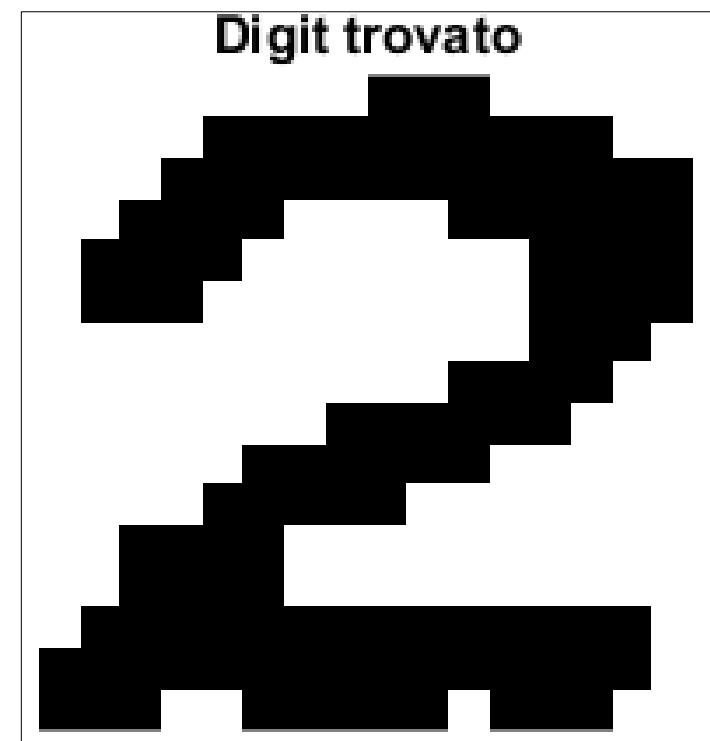
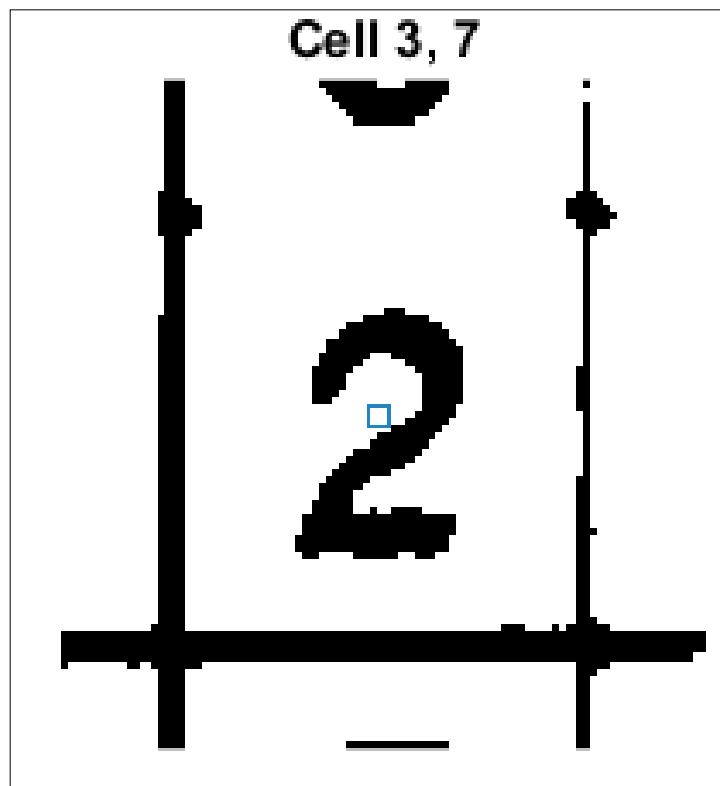
Estrazione Celle (3)



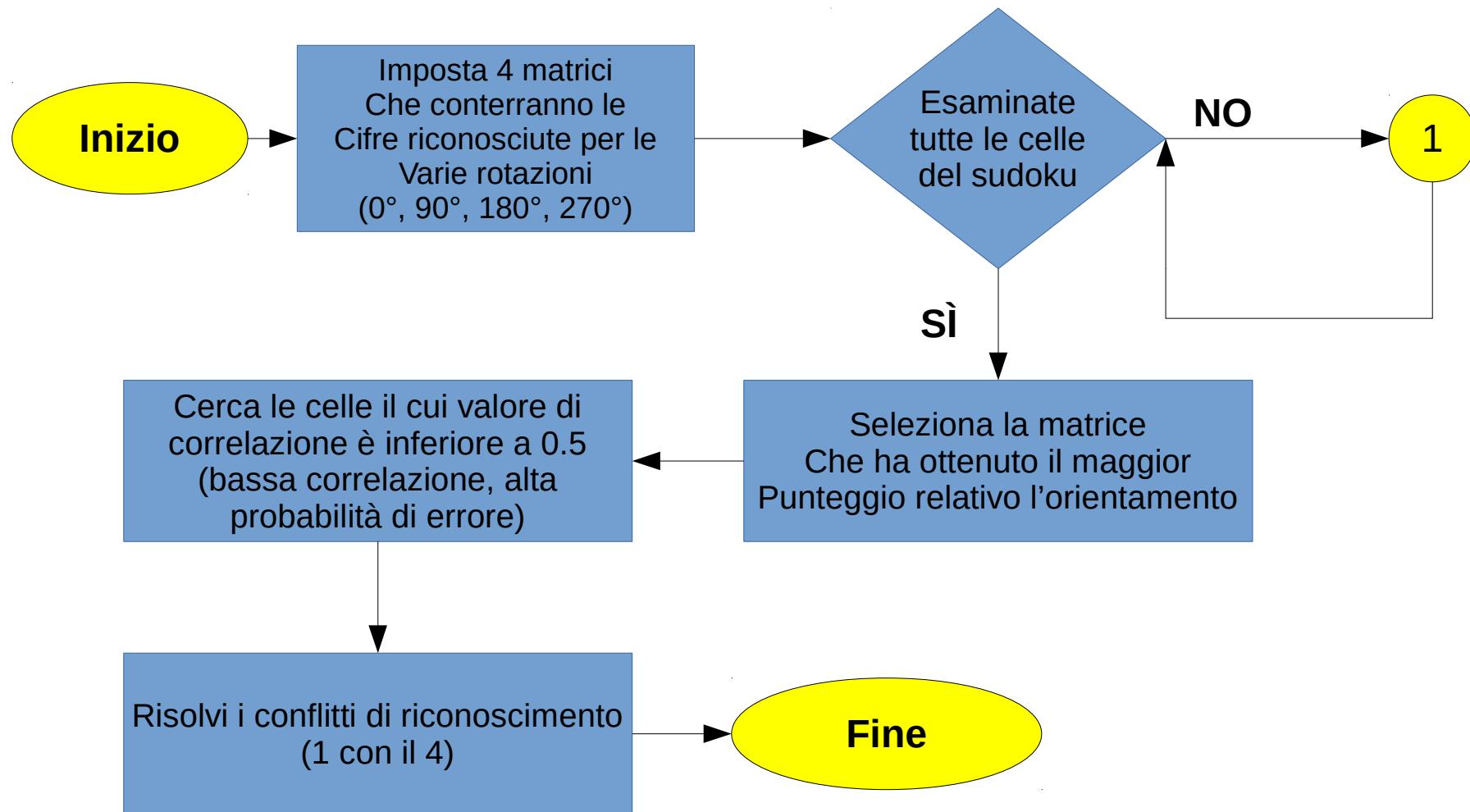
Non c'è un'etichetta che rispetta i parametri di grandezza che dista meno del 20% della finestra dal suo centro

Estrazione celle (4)

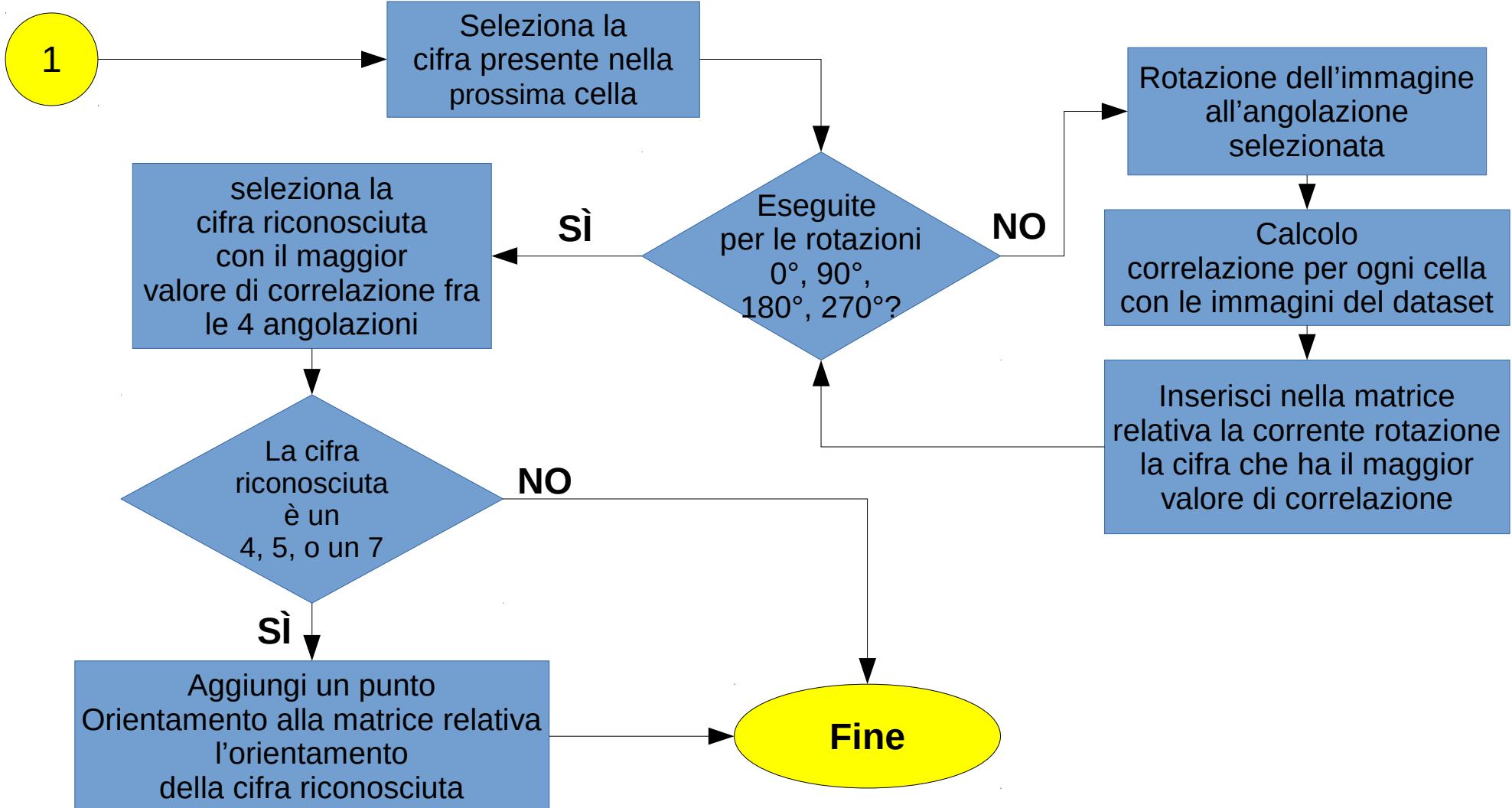
Un esempio in cui è presente una cifra nella cella



Riconoscimento

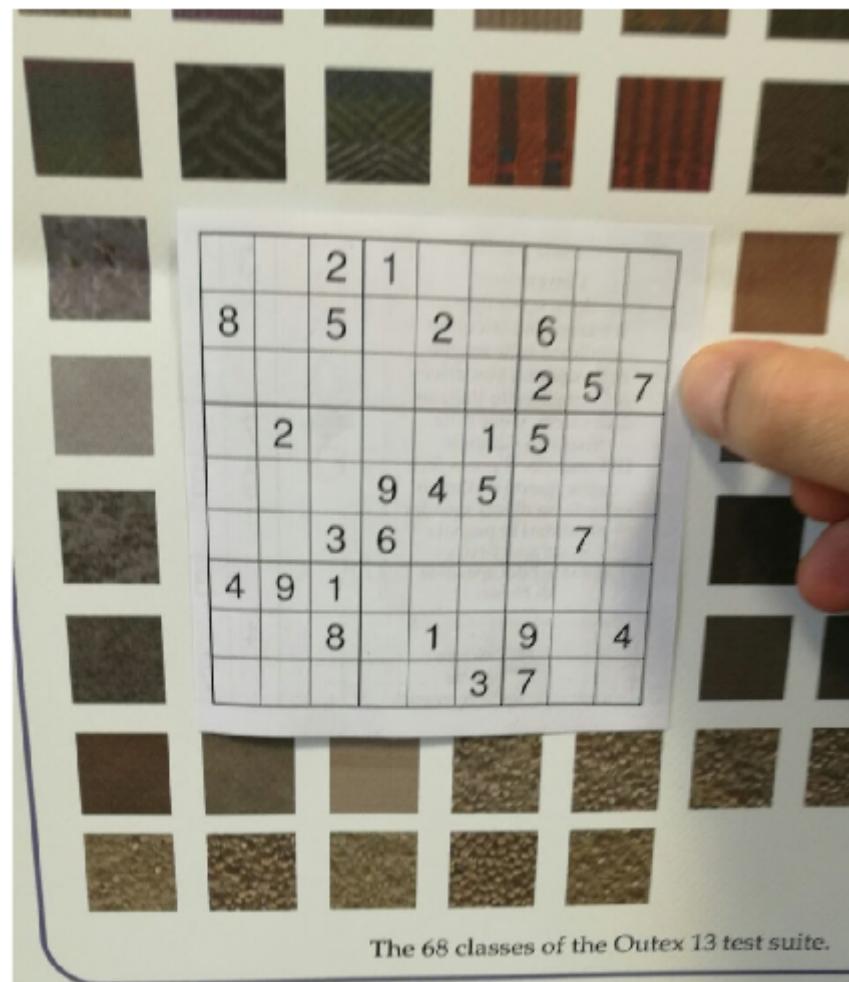


Riconoscimento (2)



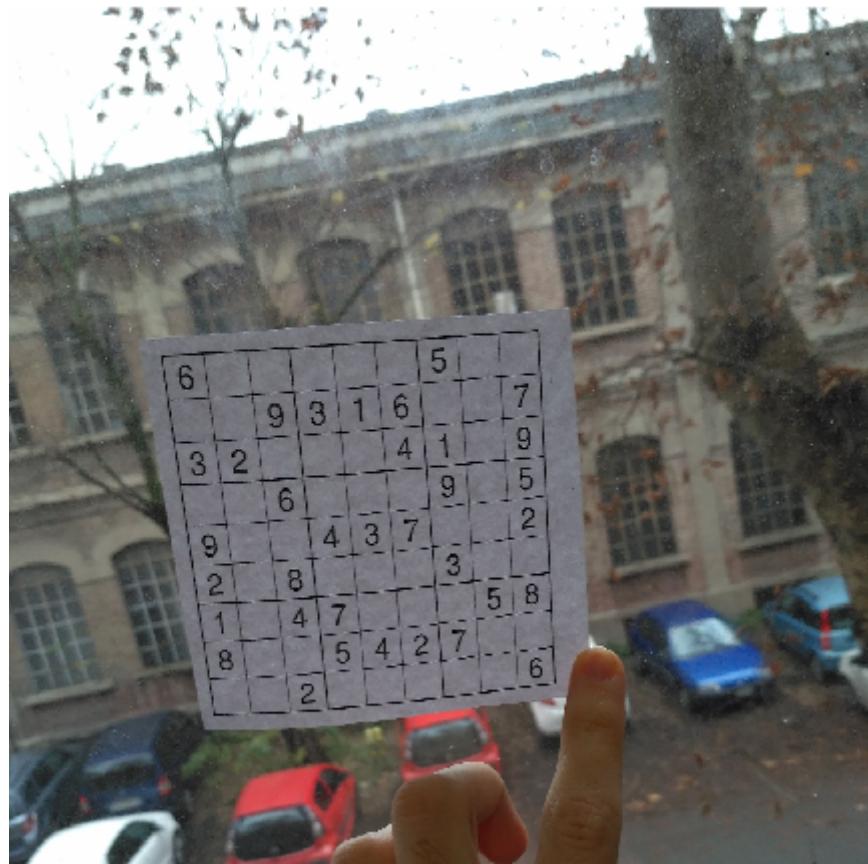
Riconoscimento (3)

..21.....8.5.2.6.....257.2...15....945.....36...7.491.....8.1.9.4.....37..



I punti indicano le celle vuote

Analisi dei risultati

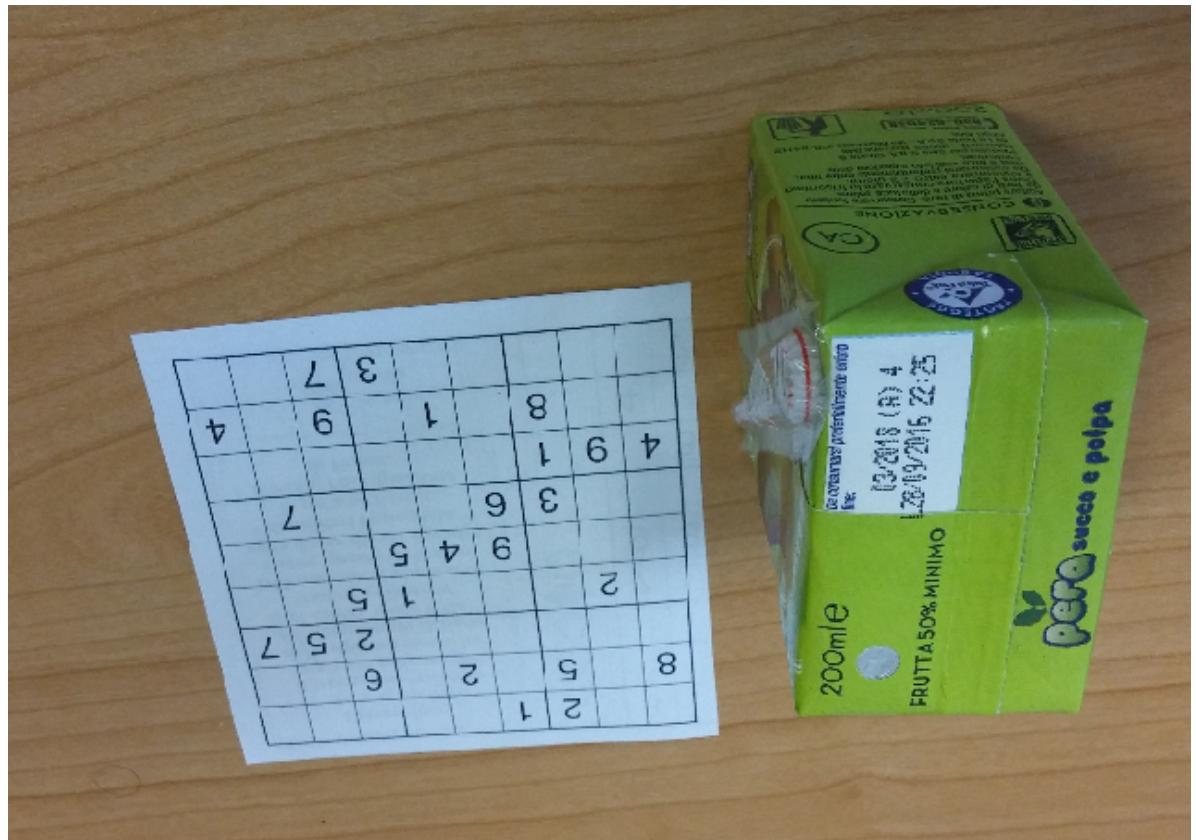


6.....5....9316..732...41.9..6...9.59..437..22.8...3..1.47...588..5427....2....6

Analisi dei risultati (2)

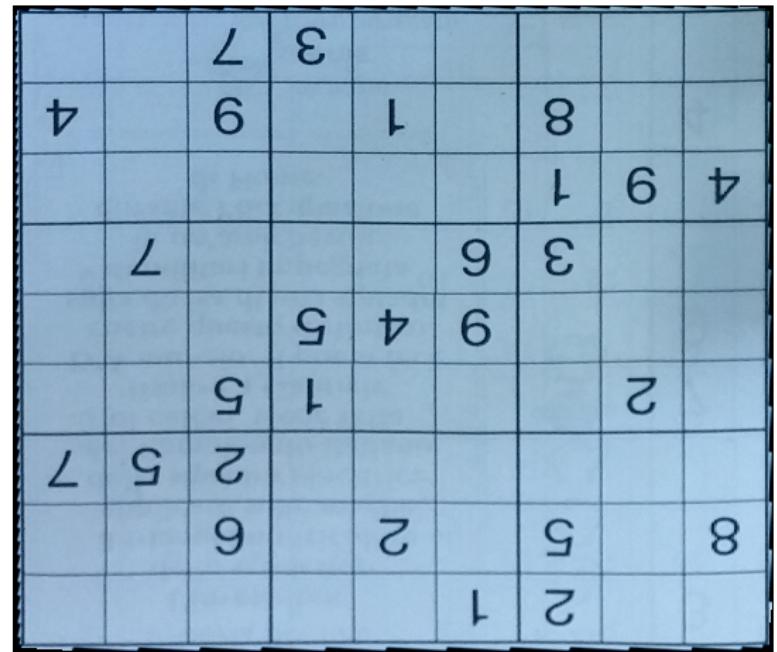
Approccio per determinare l'orientamento:

- da buoni risultati
- piuttosto oneroso computazionalmente (calcolo correlazione per ogni rotazione)
- compensato dal sampling delle cifre



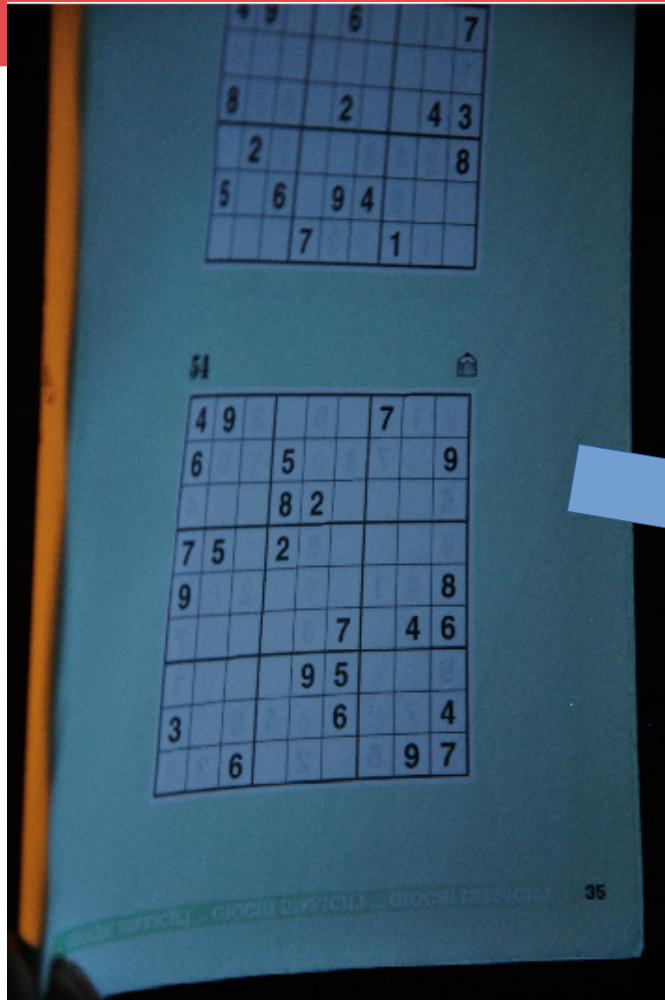
..21.....8.5.2.6.....257.2...15.....945.....36...7.491.....8.1.9.4.....37..

Analisi dei risultati (3)



**Registrazione dell'immagine sfruttando l'immagine convessa.
L'immagine registrata permette di avere il corretto orientamento della griglia
nell'insieme composto dalle angolazioni 0° , 90° , 180° e 270° .**

Analisi dei risultati (3.1)

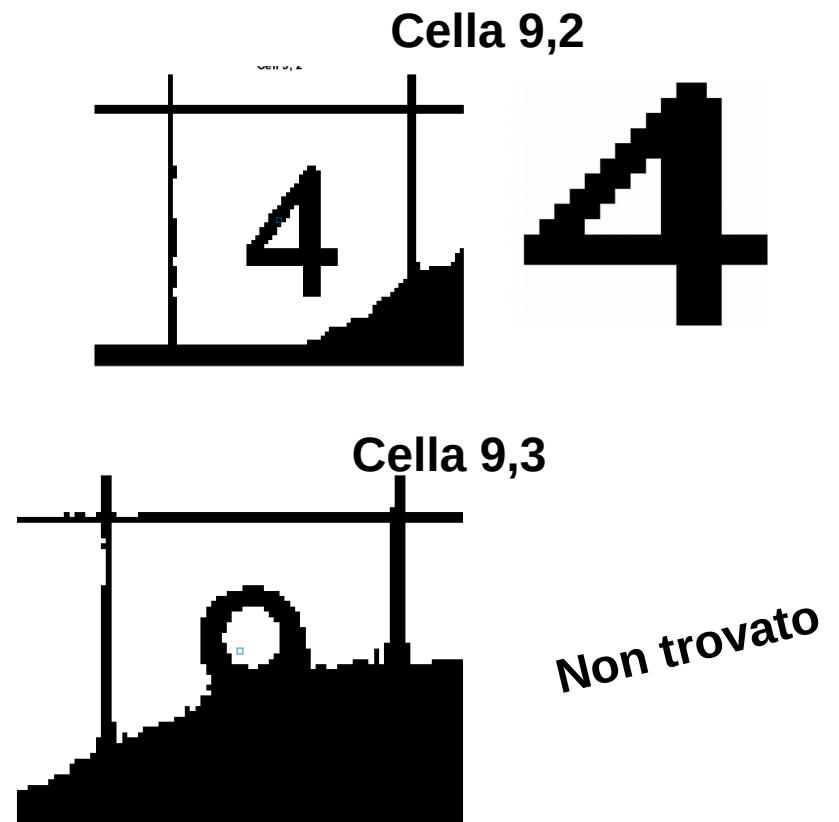
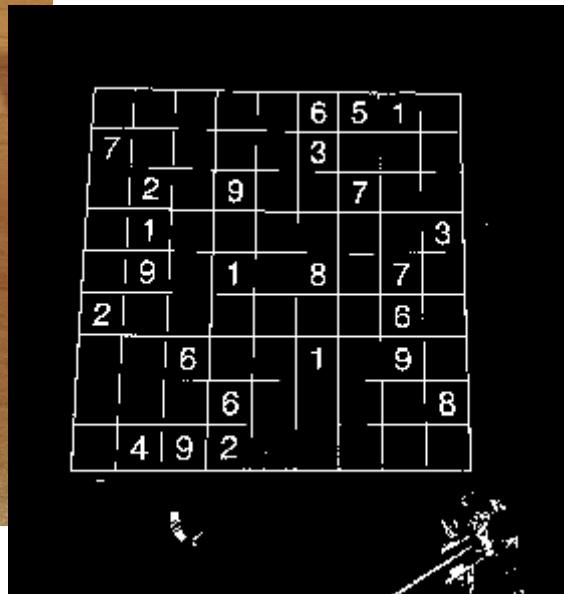


...ma ha i suoi limiti

4	9			7		
6		5		2		9
		8	2			
7	5	2				
9			7	4	6	
		9	5			
3		6		9	7	
	6					

Le celle non hanno dimensione uniforme, perciò nella fase di estrazione molte cifre non verranno selezionate.

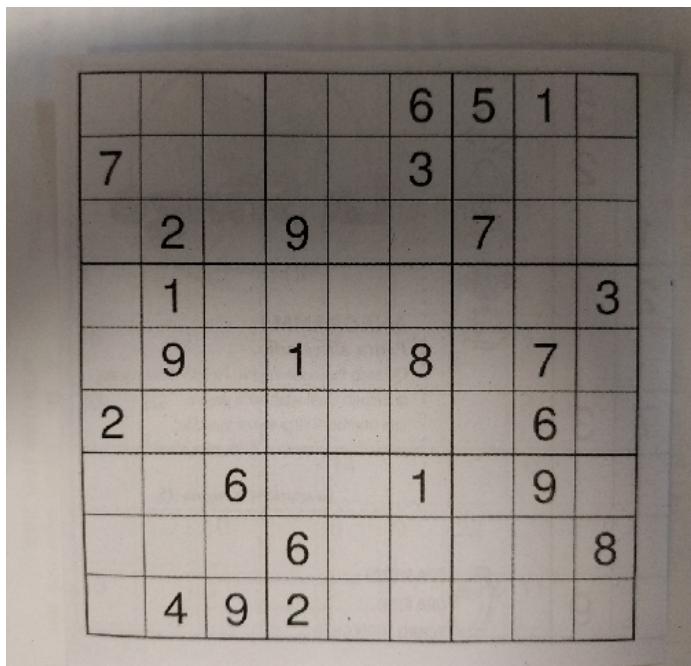
Analisi dei risultati (4)



Applicando Otsu per trovare la soglia di binarizzazione si considera che le condizioni di luminosità sulla cella siano uniformi, il che non sempre è vero

Analisi dei risultati (5)

Per ombre deboli che non intaccano la luminosità della singola cella, l'algoritmo ha successo



				6	5	1		
7				3				
	2	9		7				
1								3
	9	1	8	7				
2					6			
	6		1	9				
		6					8	
	4	9	2					

.....651.7....3....2.9..7...1.....3.9.1.8.7.2.....6...6..1.9....6....8.492.....

Analisi dei risultati (6)



		8	4		6	5	9	
	9	5	1				8	
3	4				6		2	
7	3			1			9	
5		3				2	6	
9		4				5	7	
8					9	2	1	
2	3	7		5	9			



- Il 7 e il 3 sono tagliati da un'ombra forte.
- Il 7 difatti non viene riconosciuto

..84.659..951....834....6.2.3...1..9.....5..3...269.4....578....921..237.59..

Analisi dei risultati (7)

Risultati complessivi:

- 36 immagini su 44 completamente riconosciute
- Le immagini sfocate/imperfette non vengono riconosciute correttamente
- Inefficace in situazioni di ombra forte

**Matrice di confusione
PREDETTI**

	Vuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vuota	0,9957	0,0024	0,0005	0	0	0,0005	0	0,0005	0,0005	0
1	0,0303	0,9576	0	0	0	0	0,0061	0,0061	0	0
2	0,0357	0,006	0,9464	0	0	0,006	0	0	0,006	0
3	0,0292	0	0	0,9708	0	0	0	0	0	0
4	0,028	0,014	0	0	0,958	0	0	0	0	0
5	0,0529	0	0	0	0,0176	0,9118	0,0059	0	0,0059	0,0059
6	0,0221	0,0055	0	0	0,0166	0	0,9448	0	0,011	0
7	0,0516	0,0065	0	0	0	0	0	0,9419	0	0
8	0,0261	0	0	0,0065	0	0	0	0,0065	0,9608	0
9	0,0242	0	0	0	0	0	0	0,0061	0	0,9697

Riferimenti

Calcolo degli angoli di un quadrato (per la registrazione):

- it.mathworks.com/matlabcentral/answers/130851-how-to-find-rectangular-corners

Registrazione della griglia del sudoku:

- math.stackexchange.com/questions/13404/mapping-irregular-quadrilateral-to-a-rectangle
- math.stackexchange.com/questions/494238/how-to-compute-homography-matrix-h-from-corresponding-points-2d-2d-planar-homog
- Lin, Wang, Chen. *Perspective Correction of Distorted Projectors with Uncalibrated Camera*