

Elaborazione di Segnali e Immagini (ESI) LABORATORIO

Lezione 4

Manuele Bicego

Corso di Laurea in Informatica

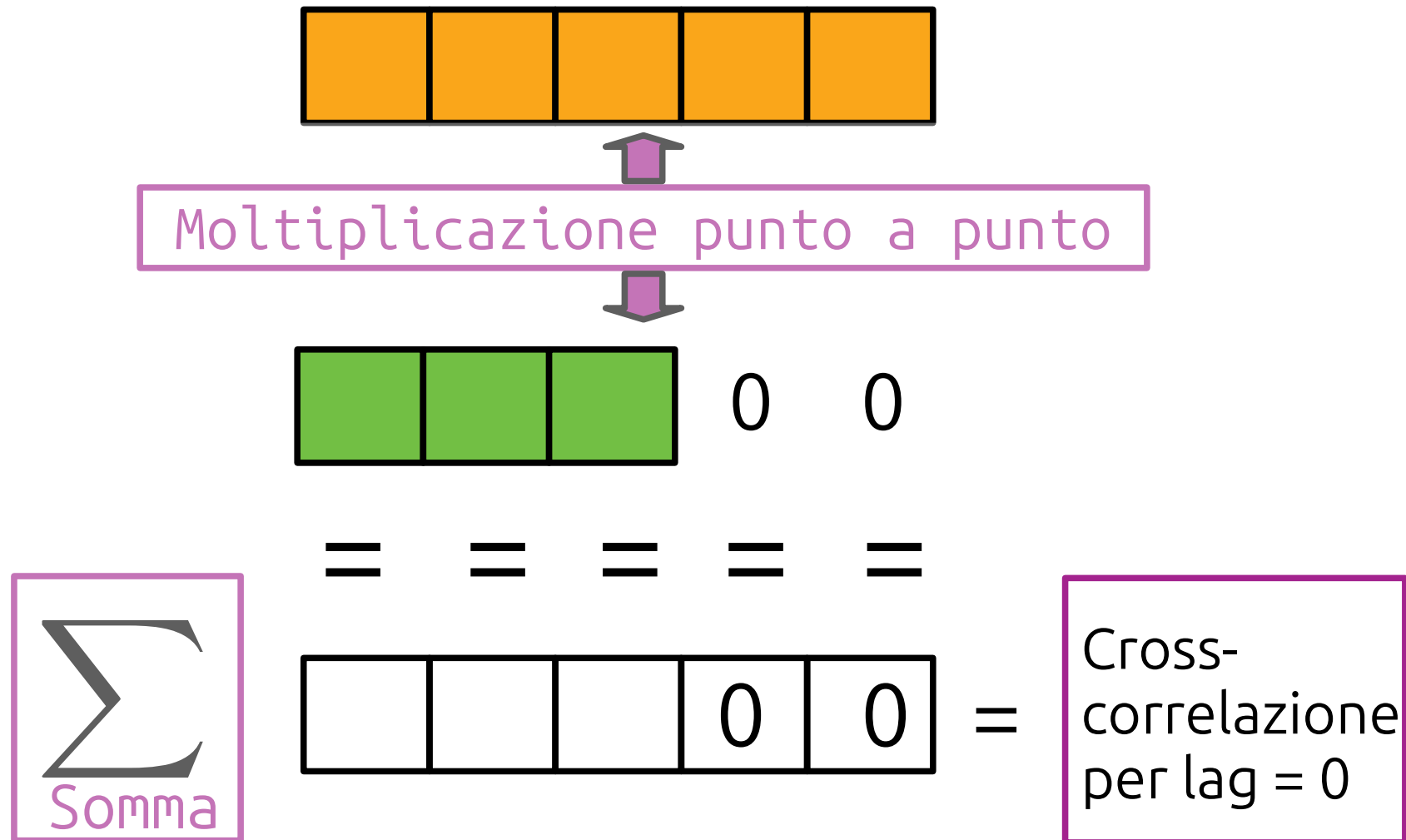
Dipartimento di Informatica - Università di Verona

Cross-correlazione 2D

Cross-correlazione 1D

$$x_1 \otimes x_2(n) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x_1^*(k) x_2(k - n)$$

- Cross-correlazione per lag = 0: nessuno spostamento, moltiplicazione punto a punto e somma



$$x_1 \otimes x_2(n) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x_1^*(k)x_2(k-n)$$

- Cross-correlazione per un certo lag (o offset): si sposta x_2 , si moltiplica punto a punto e si somma

Lag = 3



Moltiplicazione punto a punto

0 0 0



= = = = =

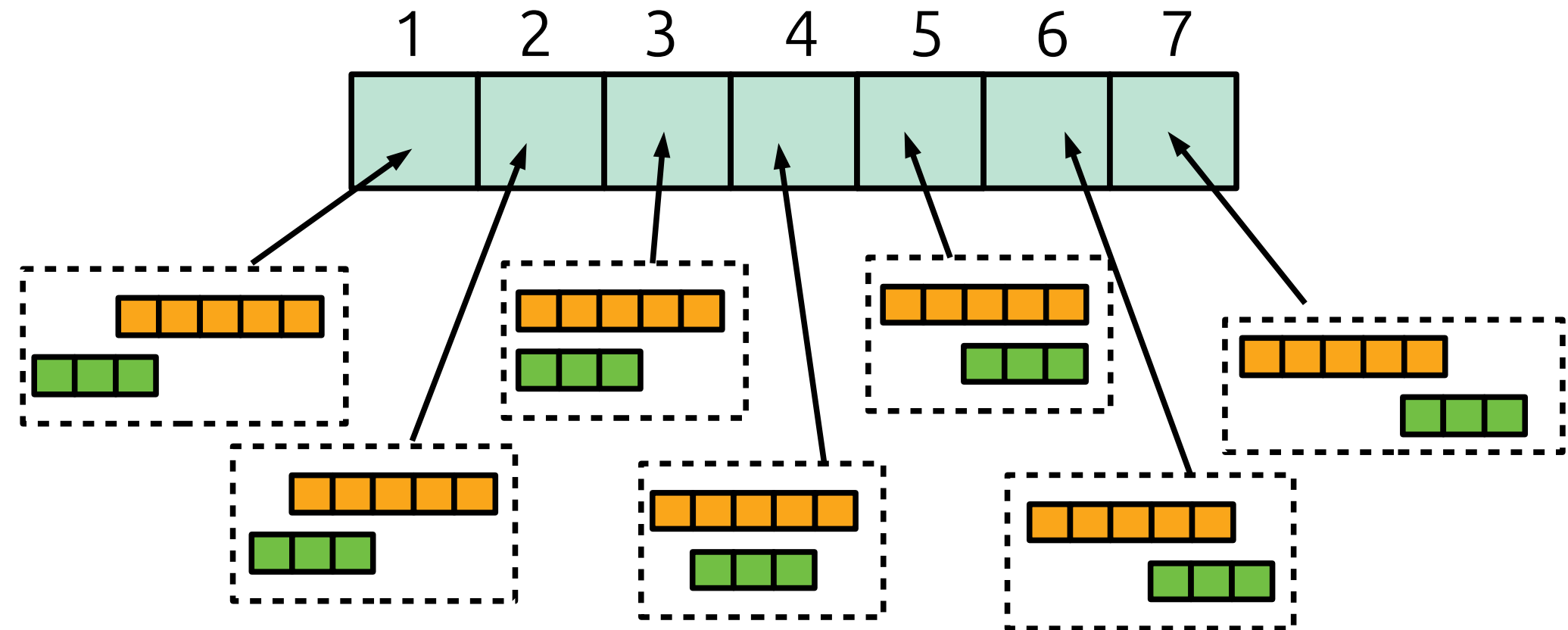
 Σ
Somma


=

Cross-correlazione
per lag = 3

Vettore di cross-correlazione:

- Dimensione: $M+N-1$ ($5+3-1 = 7$)



Estensione al 2D

- Nel 2D ci sono 2 lags
 - Lag di riga (spostamento nelle righe)
 - Lag di colonna (spostamento nelle colonne)

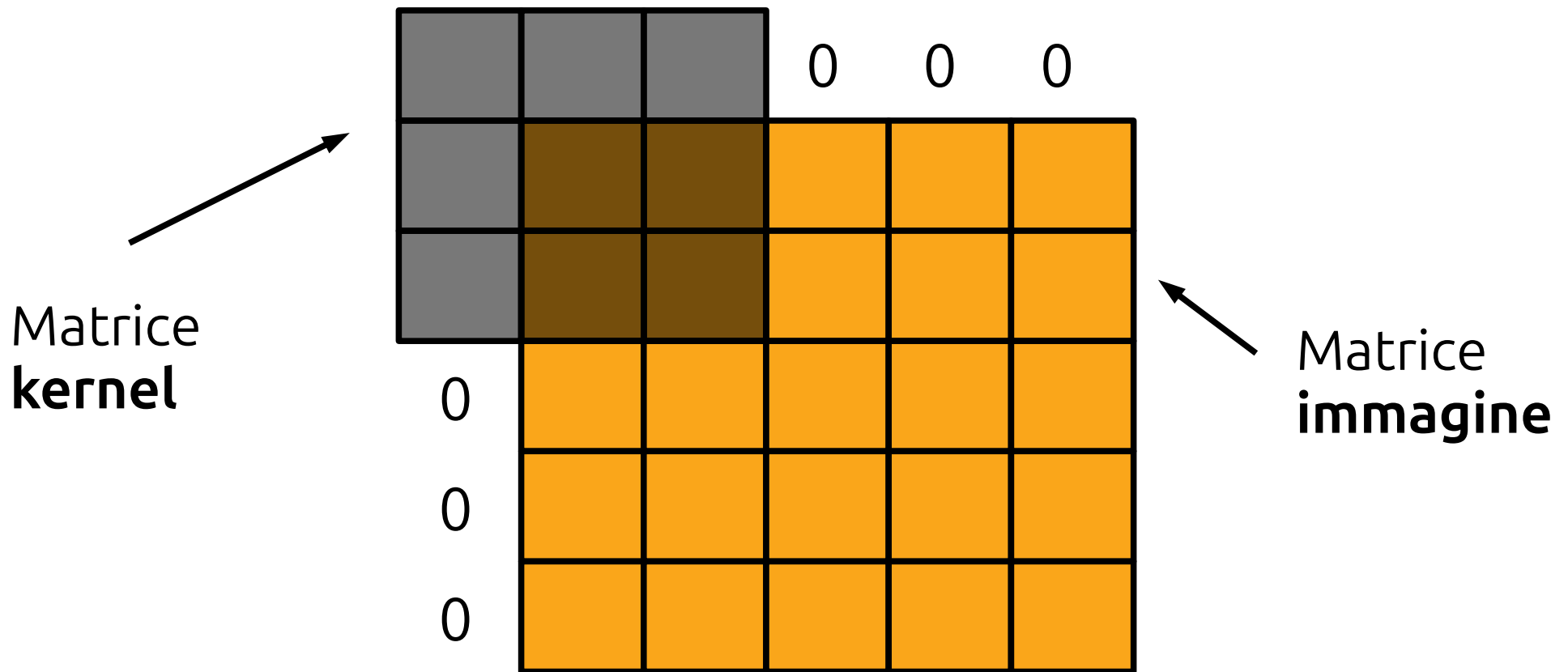
$$x_1 \otimes x_2(m, n) = \sum_{u=-\infty}^{+\infty} \sum_{v=-\infty}^{+\infty} x_1(u, v) x_2(u - m, v - n)$$

- Tipicamente la matrice con dimensione più piccola viene chiamata **kernel**, mentre l'altra viene chiamata **immagine**

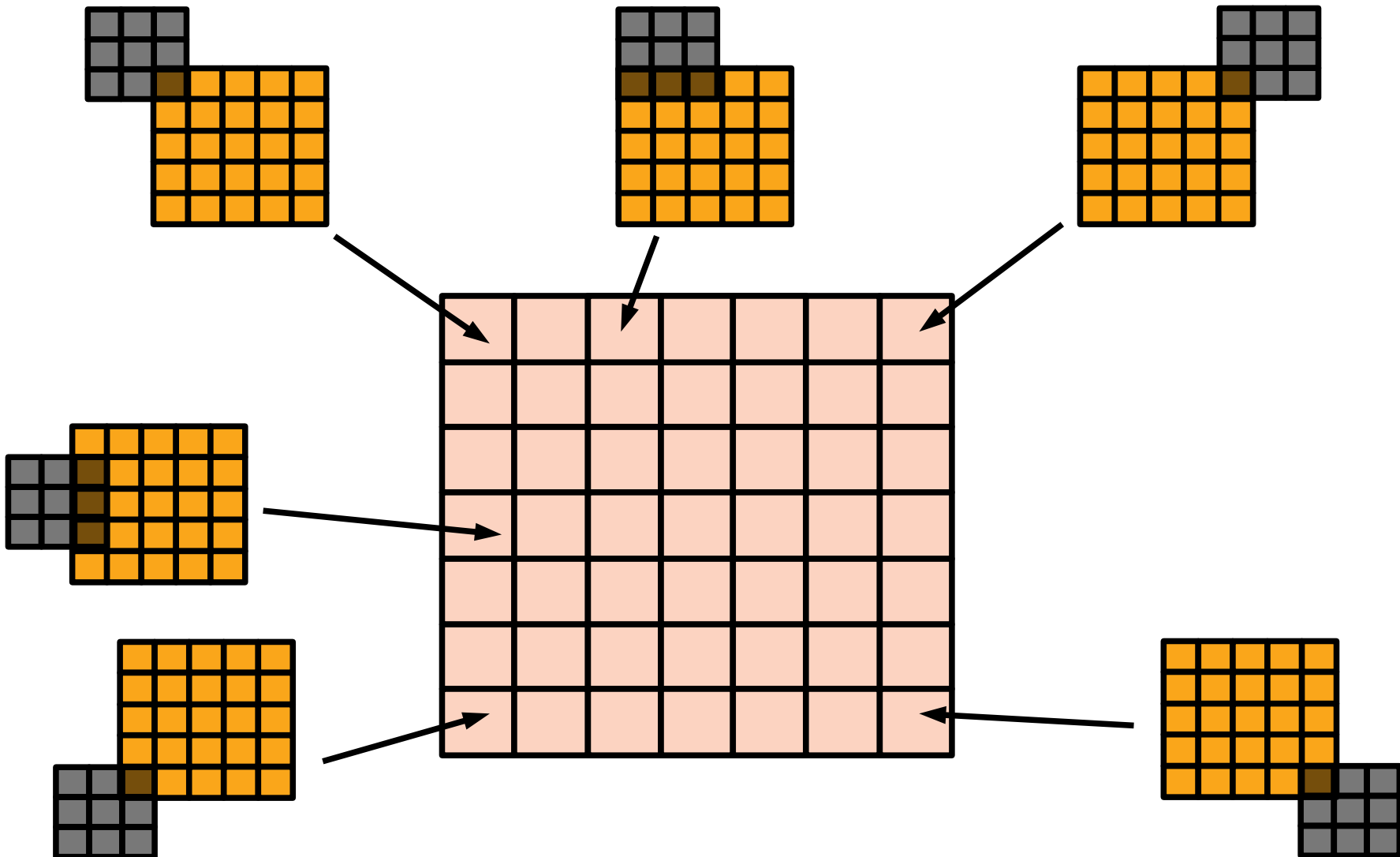
Estensione al 2D

- ♦ Come si calcola: è un'estensione del caso 1D
 - ♦ Si sposta la matrice kernel di un offset di riga **m** e di un offset di colonna **n**
 - ♦ Si fa zero padding
 - ♦ Si moltiplica punto a punto e si somma: questo rappresenta il valore di cross-correlazione 2D per il valore **(m,n)**

Si sposta la matrice **kernel**, si fa zero padding, si moltiplica punto a punto e si somma: valore di cross-correlazione per quel dato lag



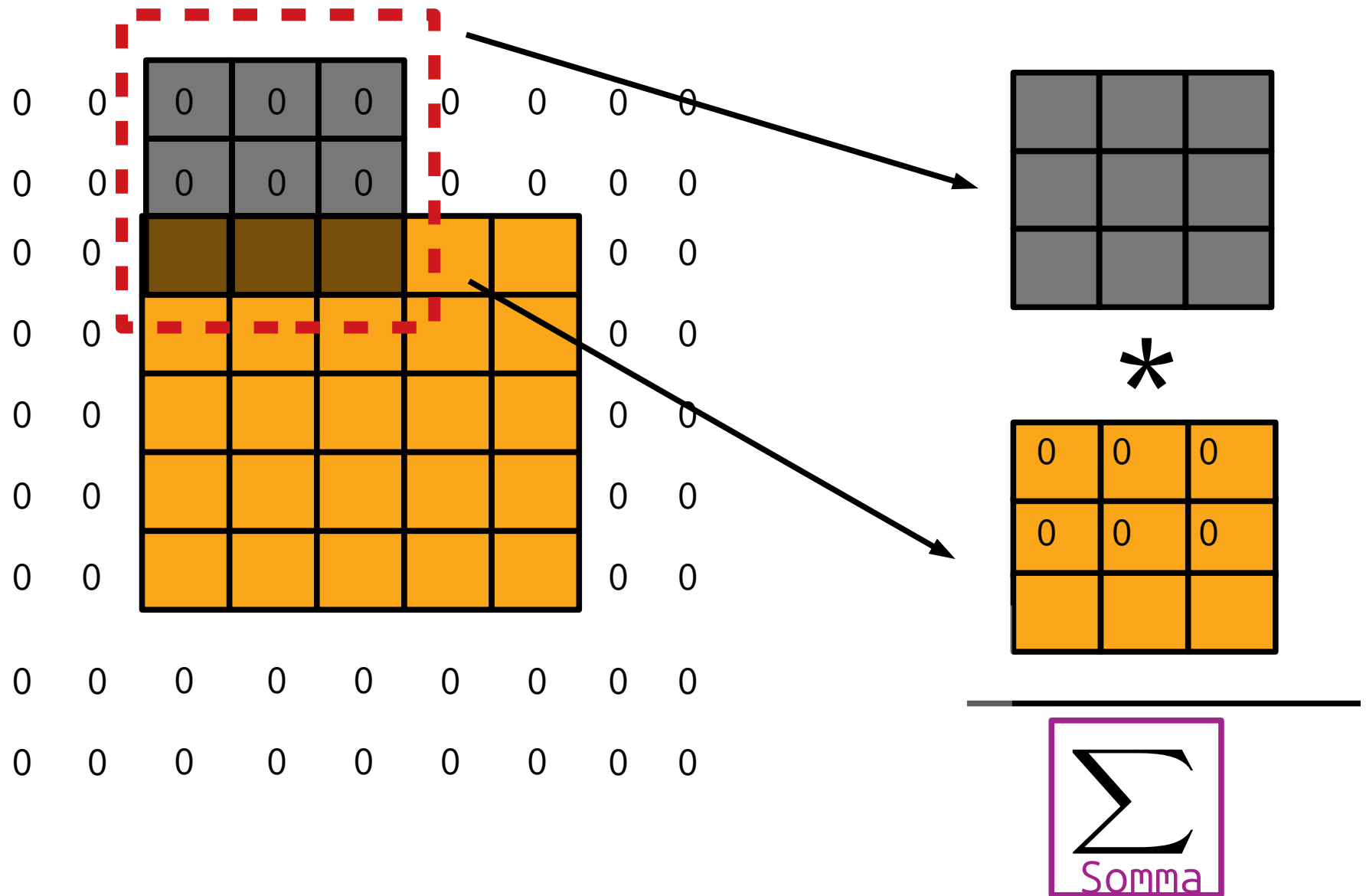
- ♦ La matrice di correlazione risultante ha dimensione $(R1+R2-1) \times (C1+C2-1)$
- ♦ $R1, C1$ sono le dimensioni della matrice immagine
- ♦ $R2, C2$ sono le dimensioni del kernel



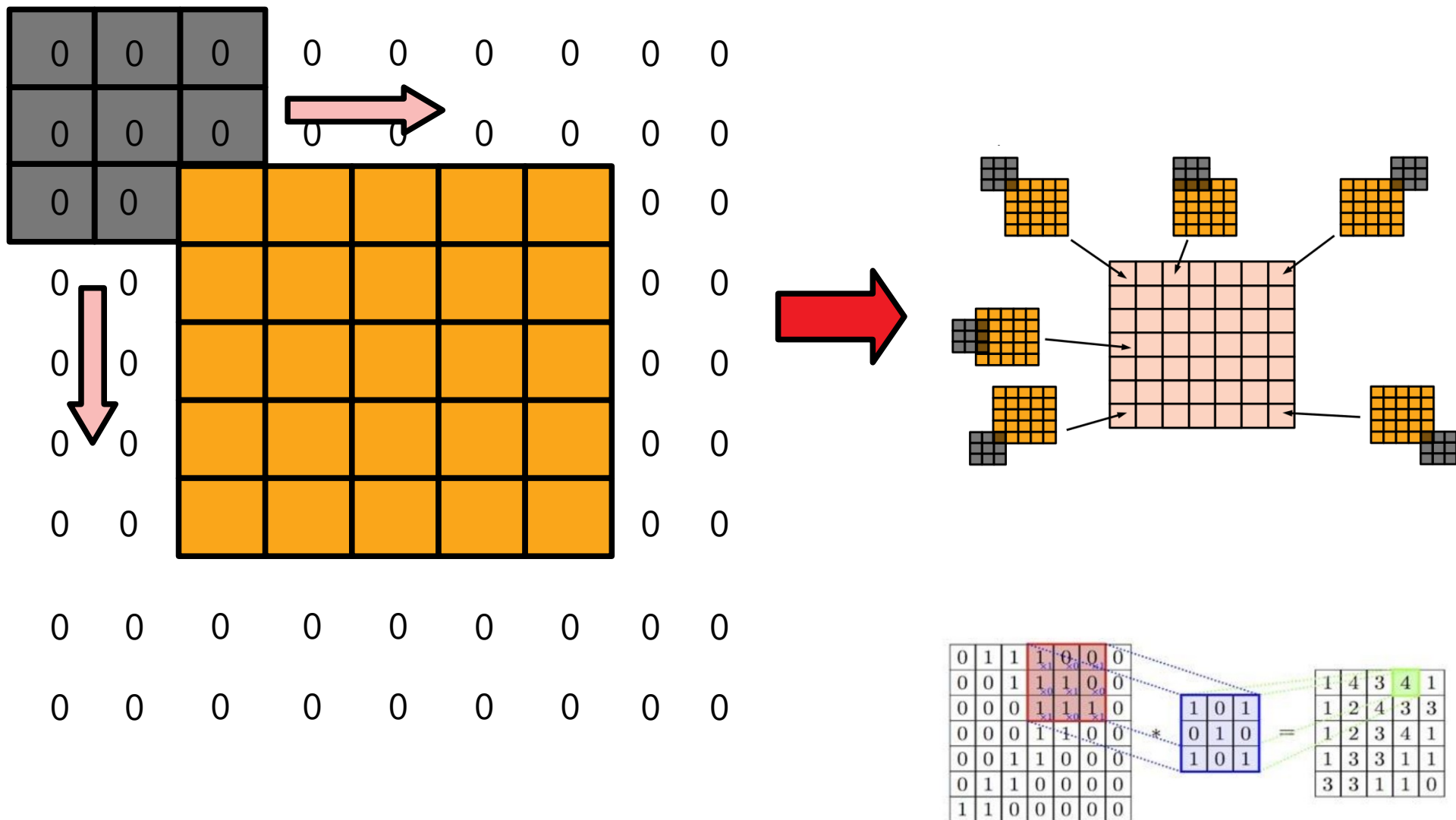
-
- A 10x10 grid of zeros. In the center, there is a 5x5 square of orange cells. The orange square is located in the middle of the grid, with its top-left corner at the third row and third column, and its bottom-right corner at the seventh row and seventh column. The orange square is outlined with a thick black border.

A 10x10 grid of zeros. In the center, there is a 5x5 square of orange cells. The orange square is located in the middle of the grid, with its top-left corner at row 3, column 3 and its bottom-right corner at row 7, column 7. The orange square is surrounded by a single layer of zeros. The entire grid is enclosed in a black border.

- Per un determinato lag: si posiziona la matrice di kernel, si estrae la corrispondente parte della matrice **immagine** con lo zero padding, si moltiplica punto a punto e si somma

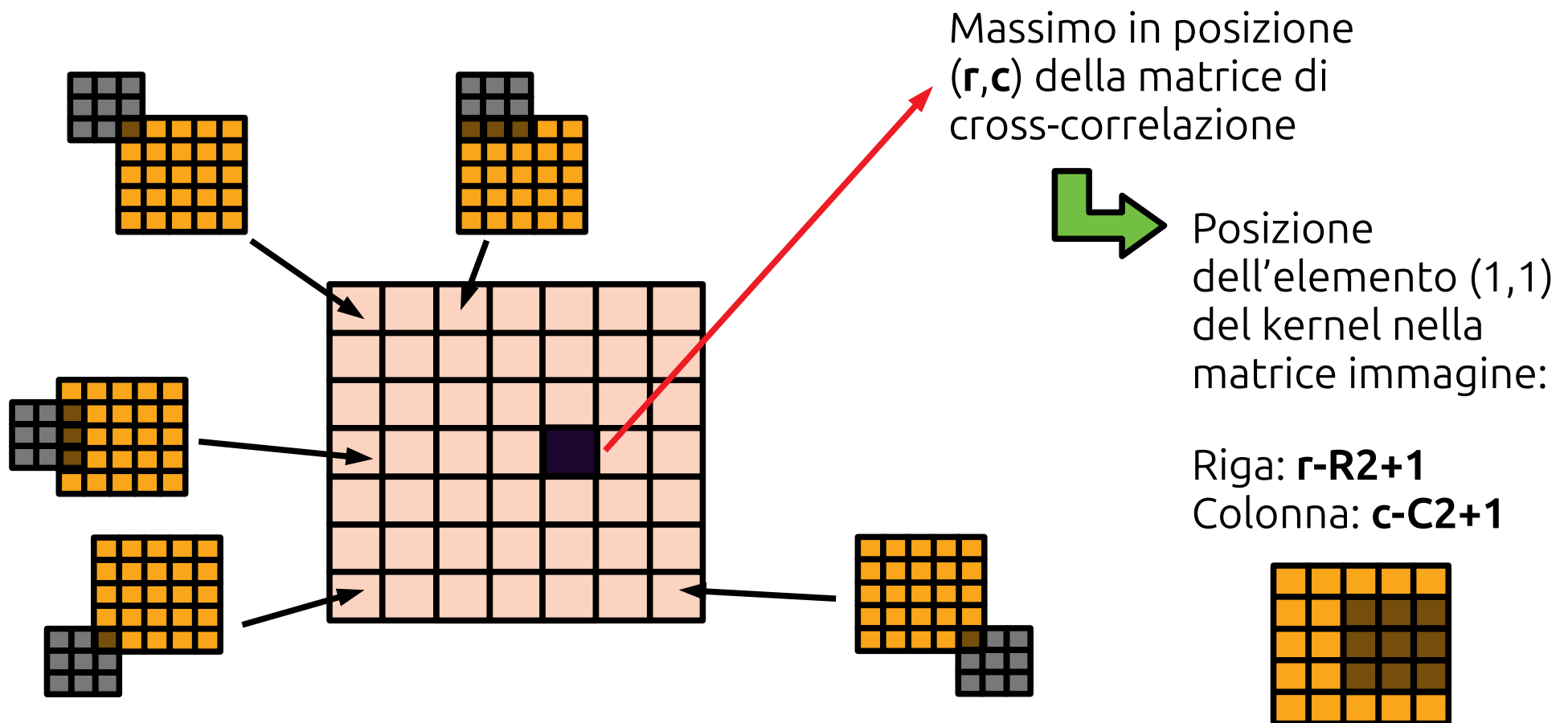


- ♦ Ripetendo queste operazioni per tutti i possibili lag si ottiene la matrice di cross-correlazione



Massimo della cross-correlazione

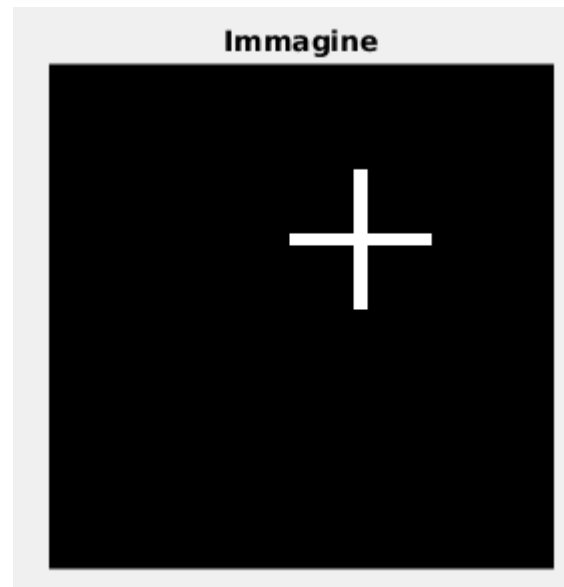
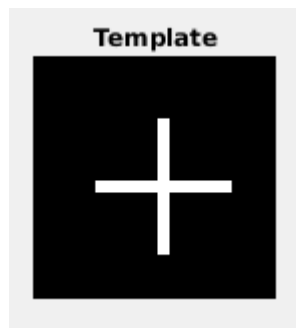
- Se si calcola il massimo del vettore di cross-correlazione, come si determina la corrispondente posizione?



Esercizi principali

Esercizio 1

- ♦ Usare la cross-correlazione 2D per trovare la posizione del **template** nell'**immagine**
 - ♦ In particolare si richiede di calcolare di quanto (righe-colonne) il template è stato traslato rispetto all'angolo in alto a sinistra dell'immagine



Esercizio 1

- ♦ Suggerimento:
 - ♦ calcolare la cross-correlazione (**xcorr2**) tra l'immagine e il template (kernel)
 - ♦ estrarre le coordinate del massimo
 - ♦ recuperare la posizione del kernel
- ♦ Controllare l'help della funzione **xcorr2**

Esercizio 2

- ♦ Calcolare manualmente la cross-correlazione 2D tra le matrici $X1$ e $X2$ definite nel file **"Lezione4_EserciziPrincipali.m"**
- ♦ Confrontare con il risultato del comando matlab **`xcorr2(X1,X2)`**
 - ♦ Usare la versione ottimizzata descritta nelle diapositive precedenti

Esercizi extra

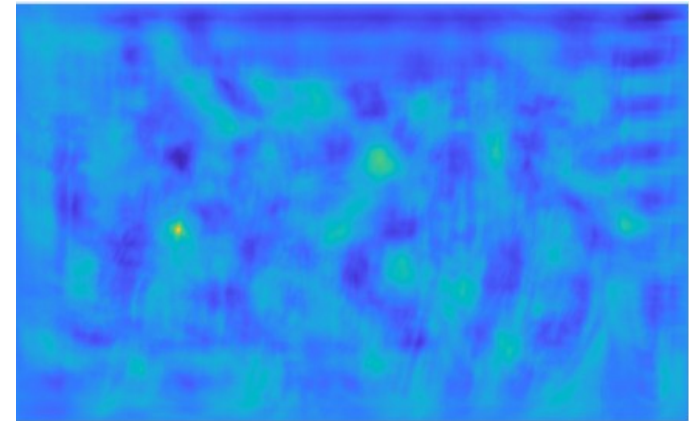
Esercizio 3

- ♦ Caricare l'immagine "puzzle.jpg"
- ♦ Ritagliare un pezzo dell'immagine (suggerimento: funzione **imcrop**)
- ♦ Utilizzare la cross-correlazione per ritrovare la posizione corretta del pezzo tagliato
- ♦ Visualizzare l'immagine originale, il pezzo ritagliato, la matrice di cross-correlazione e la figura "risultato"
 - ♦ Figura risultato: immagine originale a toni di grigio "attenuata" con sovrapposto il pezzo estratto (a colori) nella posizione corretta



Immagine originale

Porzione



Cross correlazione



Immagine risultato



Esercizio 3

- ♦ Suggestimenti:
 - ♦ Per la cross-correlazione:
 - ♦ convertire l'immagine e il pezzo ritagliato in scala di grigi, la cross-correlazione funziona su matrici -- funzione **rgb2gray**
 - ♦ usare la cross-correlazione normalizzata – funzione **normxcorr2** dell'Image processing toolbox (attenzione all'ordine dell'input)
 - ♦ Per la visualizzazione:
 - ♦ creare un'immagine con 3 canali (uguali all'immagine originale in scala di grigio)
 - ♦ per attenuare moltiplicare tutti i valori dell'immagine per 0.6

Esercizio 4

- ♦ Utilizzo avanzato della cross-correlazione 2D normalizzata: trovare difetti su tessuti
 - ♦ Caricare l'immagine "tex.jpg"
 - ♦ Estrarre alcuni pattern in zone che non contengono difetti
 - ♦ Calcolare la cross-correlazione dei pattern con l'immagine originale
 - ♦ Mediare le matrici di cross-correlazione ottenute con i diversi pattern (per una maggiore robustezza)
 - ♦ le zone a bassa cross-correlazione indicano i difetti

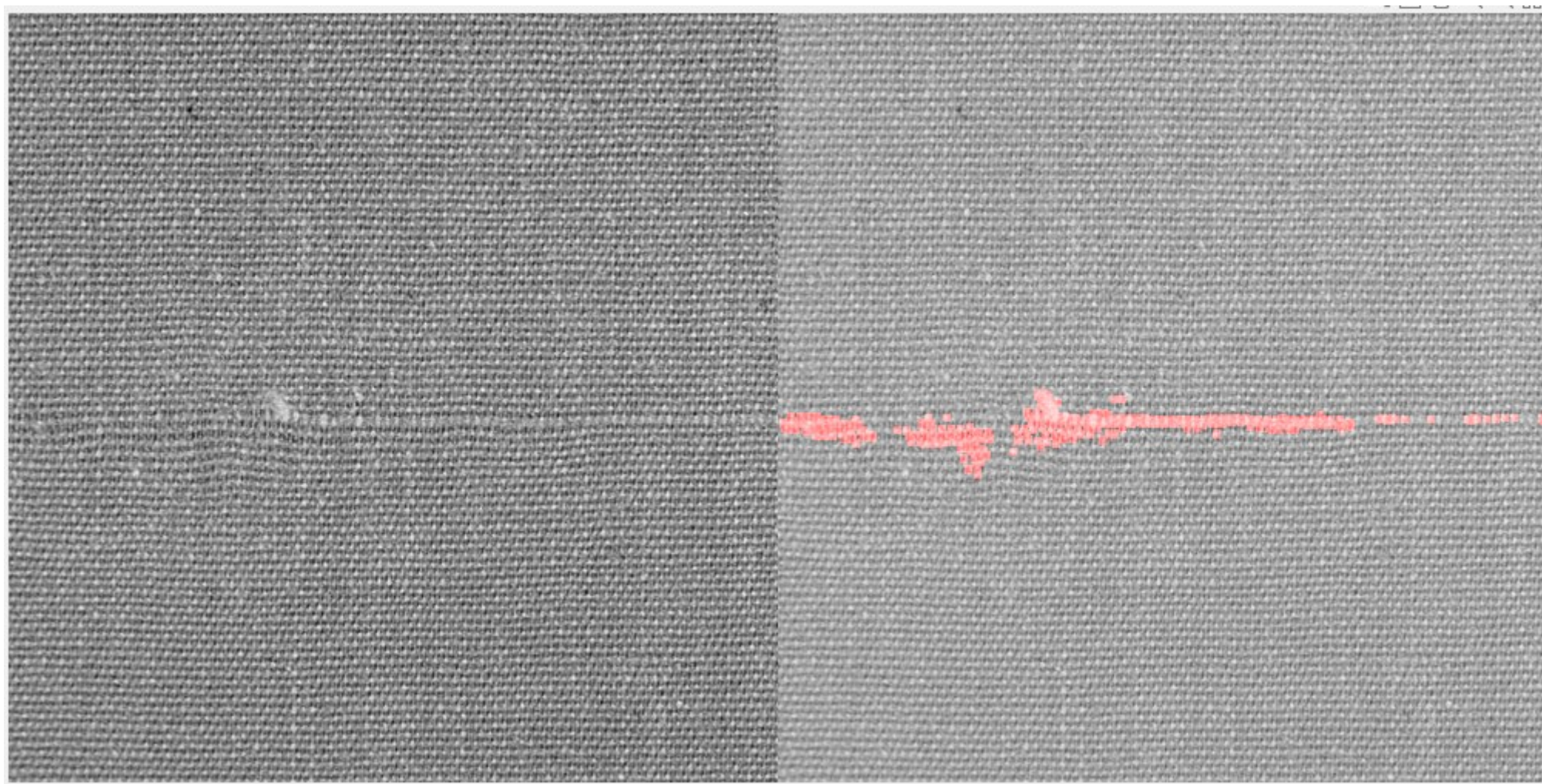


Immagine originale

Immagine con difetto evidenziato

Esercizio 4

- ♦ Suggerimento: usare nuovamente la cross-correlazione normalizzata (**normxcross2**) sulle immagini convertite in toni di grigio
- ♦ Partire dalla traccia presente in **Lezione4_EserciziExtra.m**
- ♦ Extra: provare la pipeline su altre immagini di difetti prese da internet, modificandola se necessario
 - ♦ Cambiare la dimensione, il numero e la posizione dei patterns
 - ♦ Cambiare la soglia per il rilevamento

Solo da guardare

- ♦ Esempio alla fine di **Lezione4_EserciziExtra.m**:
- ♦ Utilizzo della cross-correlazione per fare video stabilizzazione
 - ♦ Idea: si crea un punto di ancoraggio (una porzione di un frame che si suppone rimanga “stabile”)
 - ♦ Si allineano tutti i frame rispetto al punto di ancoraggio
 - ♦ Miglior allineamento: cross-correlazione 2D