



---

# LOCAL BINARY PATTERNS

Federico Becattini  
Giovanni Romagnoli



# Obiettivi

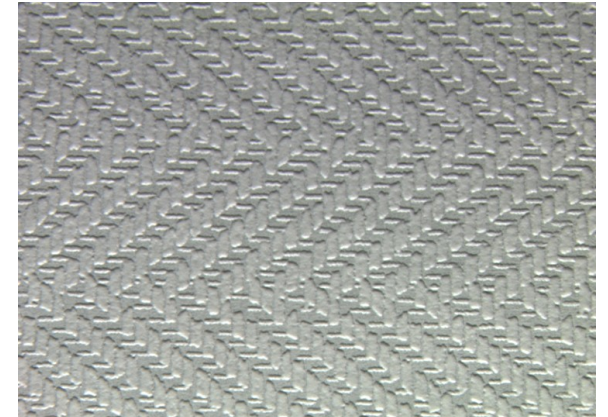
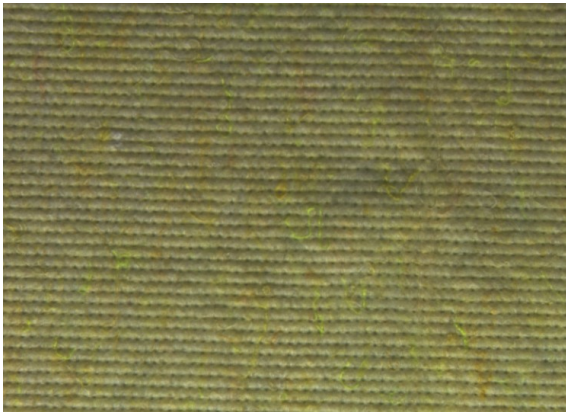


- Rilevazione di imperfezioni all'interno di textures.
- Definizione del descrittore Local Binary Pattern.
- Parallelizzazione con GPU.

# Texture Analysis

- Texture

*Specifica struttura che si ripete su una superficie ottenuta dalla ripetizione di uno o più elementi particolari.*



# Texture Analysis



- Numerosi campi applicativi
  - Tessile
  - Biomedico
  - Industriale
- Analisi di immagini
  - Segmentazione
  - Classificazione
  - Sintesi

# Texture Analysis



- Descrittori
  - Matrici di Co-occorrenza
  - Region Covariance Matrix
  - Tamura Features
  - Filtri di Gabor
  - Markov Random Fields

**LBP: Local Binary Pattern**

---

---

# Local Binary Patterns

- T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood (1994)
- L'operatore LBP è definito su un neighborhood di un determinato pixel di una texture.

	(-1,-1)	(0,-1)	(+1,-1)
	(-1,0)	(0,0)	(+1,0)
	(-1,+1)	(0,+1)	(+1,+1)

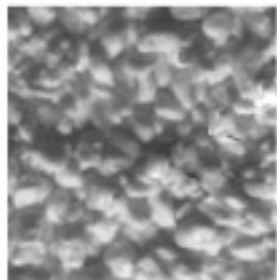
- Usa un codice binario per descrivere un pattern della texture locale.

# Local Binary Patterns

- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.

# Local Binary Patterns

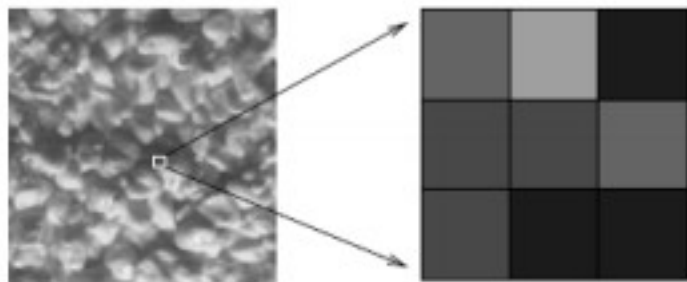
- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.





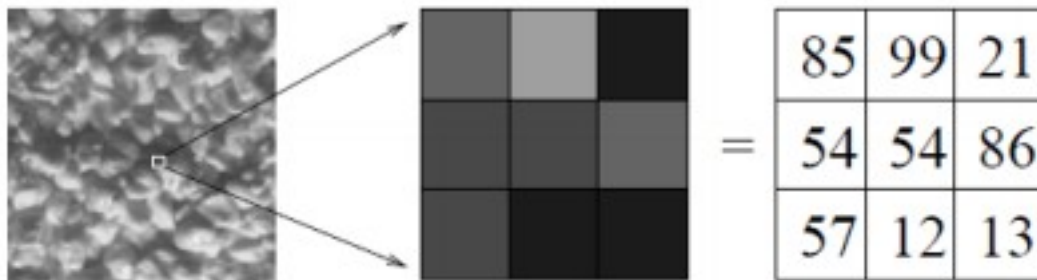
# Local Binary Patterns

- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.



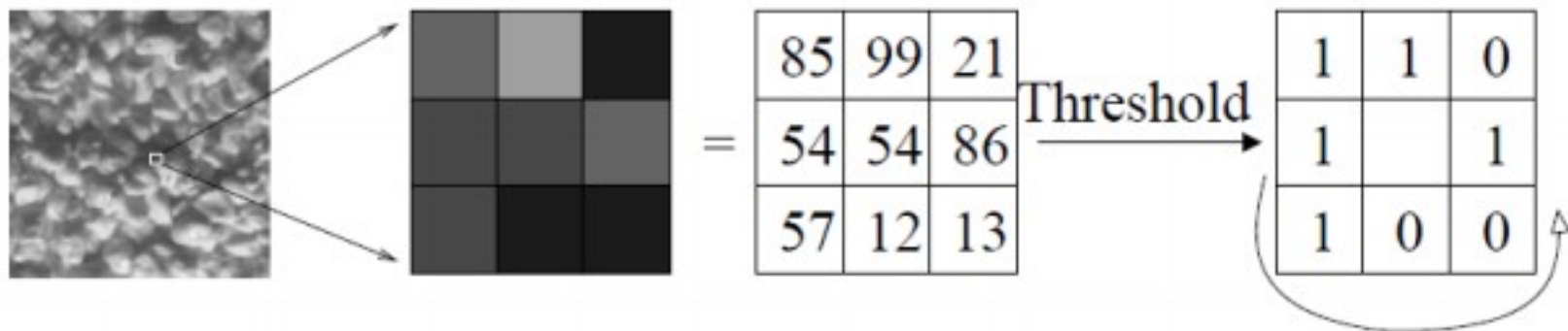
# Local Binary Patterns

- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.



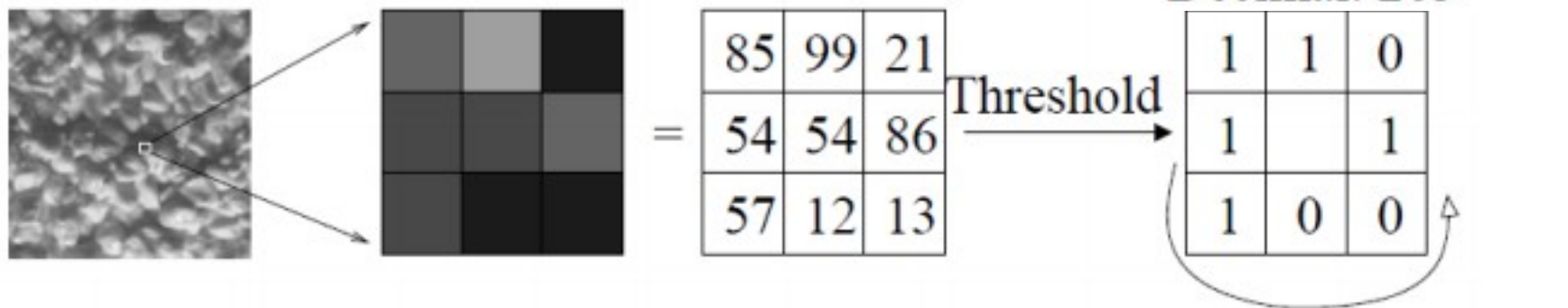
# Local Binary Patterns

- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.



# Local Binary Patterns

- LBP originale
  - Viene utilizzata una matrice di 3x3 pixel.
  - I pixel del neighborhood vengono confrontati con il valore in scala di grigio del pixel centrale.
  - Il numero binario così ottenuto è utilizzato come descrittore della texture.



# Local Binary Patterns

- Questa versione è **invariante rispetto a trasformazioni Gray-Scale** ma può essere migliorata per garantire anche l'**invarianza rispetto alla rotazione**.
- Il descrittore può essere ulteriormente migliorato con facendo riferimento alla nozione di **Pattern Uniformi**.

# Local Binary Patterns

- Si definisce una texture nell'intorno di un punto come la distribuzione dei livelli di grigio dei  $P$  pixel dell'intorno.

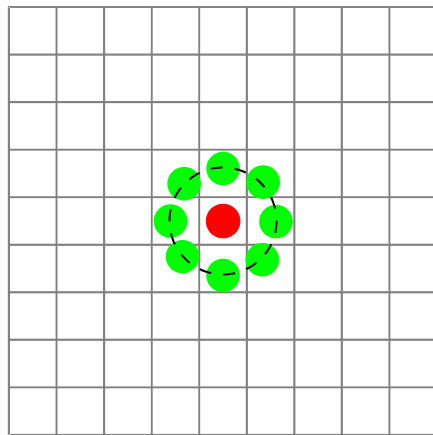
$$T = t(g_c, g_0, \dots, g_{P-1})$$

- Dove  $g_c$  corrisponde al valore di grigio del pixel centrale e  $g_p$  al valore del  $p$ -esimo pixel dell'intorno.

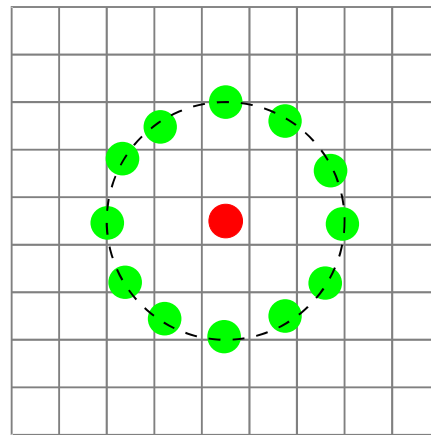
# Local Binary Patterns

- Neighborhoods circolari
  - I  $P$  pixel del neighborhood si trovano su una circonferenza di raggio  $R$  e sono tra loro equispaziati.
  - Se il pixel centrale ha coordinate  $(0,0)$  allora il  $p$ -esimo punto dell'intorno avrà coordinate:

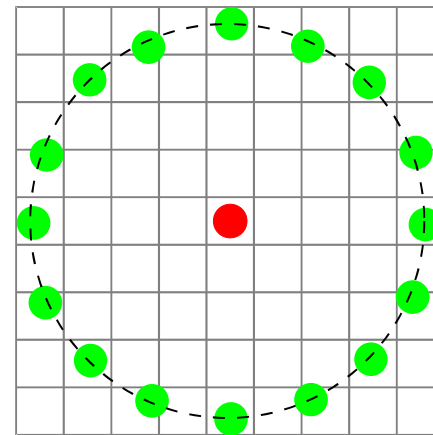
$$(-R \sin(2\pi p/P), R \cos(2\pi p/P))$$



**P=8 R=1**



**P=12 R=2**



**P=16 R=4**

# Invarianza Gray-Scale

- L'invarianza alla scala di grigi è ottenuta sottraendo ad ogni pixel il valore di quello centrale.
- Assumendo la distribuzione dei livelli di grigio del pixel centrale indipendente da quella del neighborhood si ottiene:

$$T \approx t(g_c) t(g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c)$$

dove la distribuzione  $t(g_c)$  rappresenta la luminosità dell'immagine e non è pertanto rilevante ai fini della texture analysis.



# Invarianza Gray-Scale

- Le differenze  $(g_p - g_c)$  non sono influenzate da variazioni della luminosità dell'immagine.
- L'invarianza Gray-Scale è quindi ottenuta considerando solamente i segni delle differenze.

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0. \end{cases}$$

# Invarianza a rotazione

- $LBP_{P,R}$  produce  $2^P$  pattern differenti.
- Quando l'immagine viene ruotata i livelli di grigio si spostano lungo la circonferenza, producendo pattern diversi.
- Solo i pattern composti da tutti zeri o uni rimangono invariati.

# Invarianza a rotazione

- $LBP_{P,R}$  produce  $2^P$  pattern differenti.
- Quando l'immagine viene ruotata i livelli di grigio si spostano lungo la circonferenza, producendo pattern diversi.
- Solo i pattern composti da tutti zeri o uni rimangono invariati.
- Come ottenere l'invarianza a rotazione?

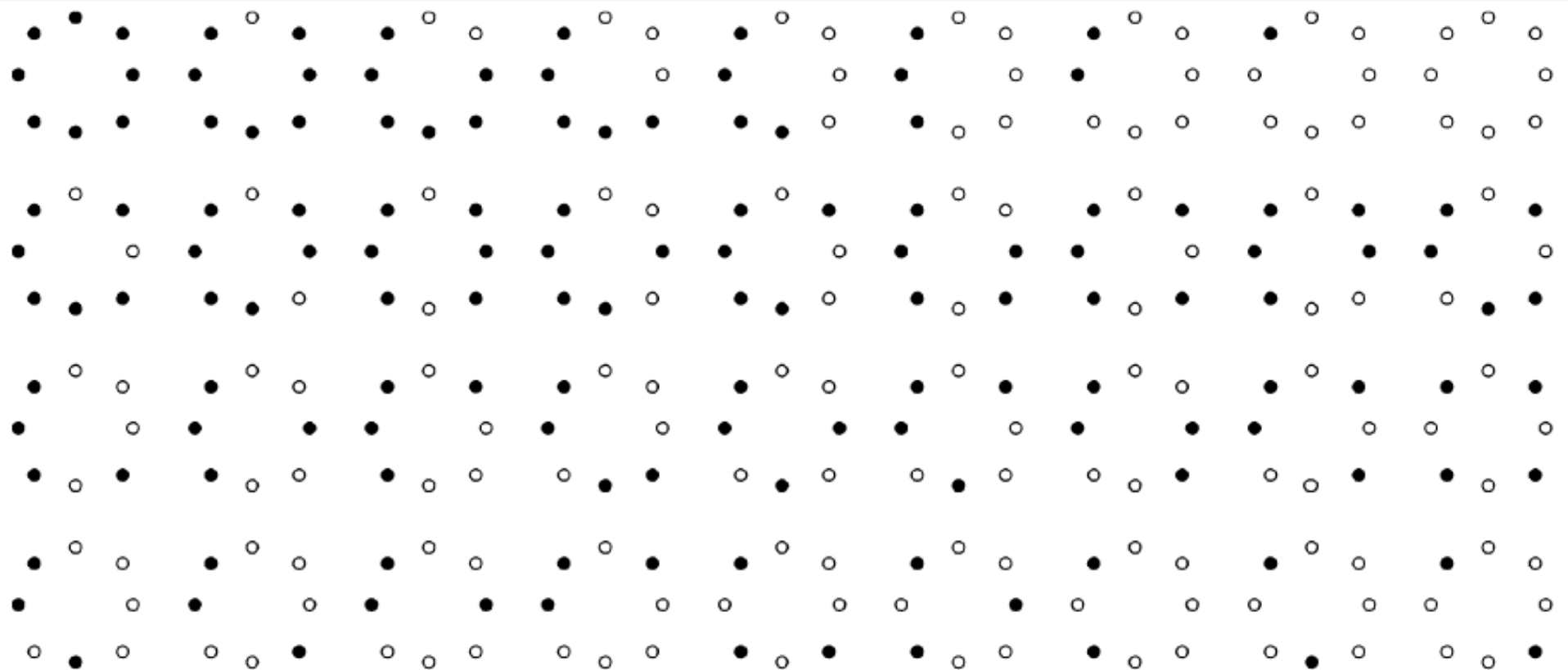
# Invarianza a rotazione

- Per ottenere l'invarianza a rotazione si assegna un unico identificatore ad ogni gruppo di pattern.

$$LBP_{P,R}^{ri} = \min \{ ROR(LBP_{P,R}, i) \} \quad i = 0, 1, \dots, P-1$$

- $ROR(x, i)$  effettua uno shift circolare a destra  $i$  volte sul numero  $x$ .
- Equivale a ruotare il neighborhood fino ad avere il massimo numero di bit più significativi pari a zero.

# Invarianza a rotazione



- I 36 binary patterns invarianti a rotazioni che possono presentarsi con il descrittore  $LBP_{8,R}^{ri}$ .

# Invarianza a rotazione

- $LBP_{8,R}^{ri}$  ancora non è in grado di descrivere accuratamente una texture.
- Due problemi, quali?

# Invarianza a rotazione

- $LBP_{8,R}^{ri}$  ancora non è in grado di descrivere accuratamente una texture.
- Due problemi:
  - La frequenza con cui si presentano i 36 pattern può variare molto.

# Invarianza a rotazione

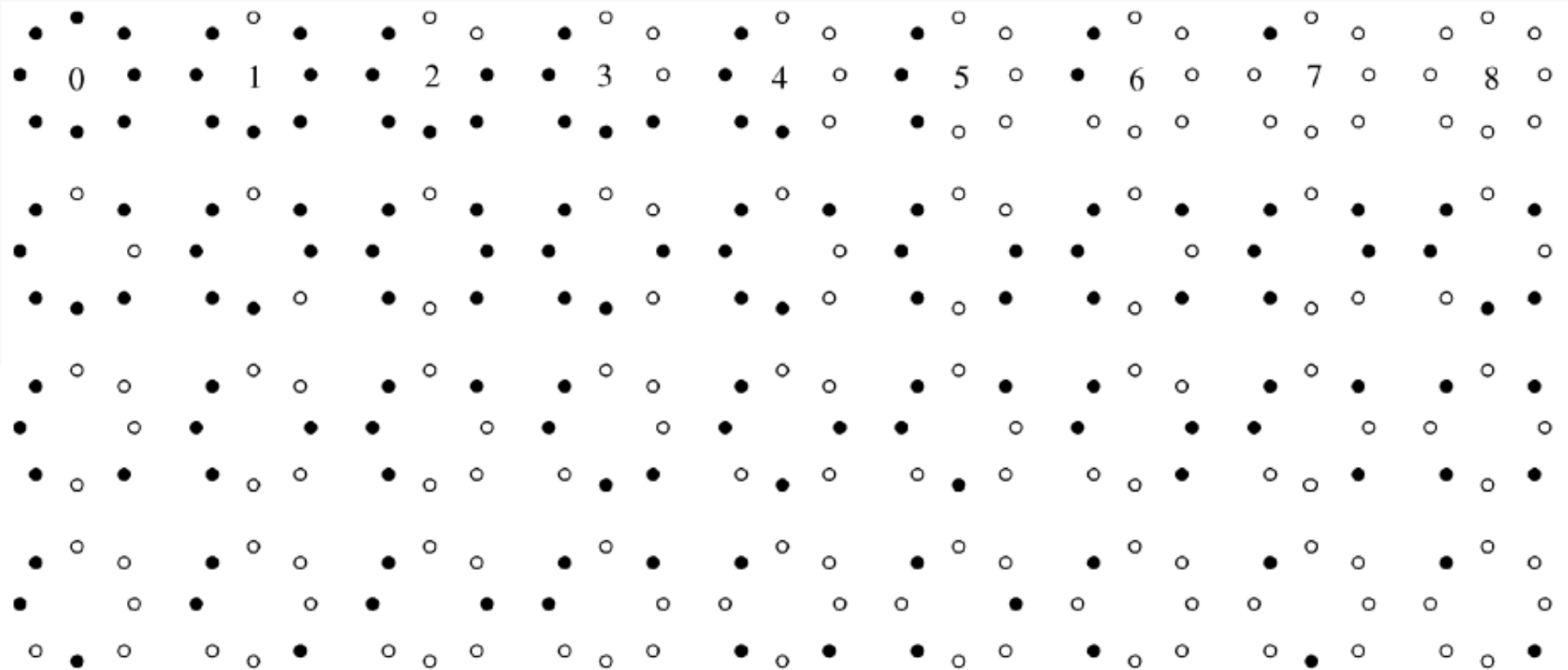
- $LBP_{8,R}^{ri}$  ancora non è in grado di descrivere accuratamente una texture.
- Due problemi:
  - La frequenza con cui si presentano i  $2^P$  pattern può variare molto.
  - La quantizzazione a  $45^\circ$  può risultare troppo approssimativa.



# Pattern Uniformi

- Alcuni local binary patterns sono proprietà fondamentali delle textures.
- Questi patterns detti **uniformi**, possono rappresentare più del 90% delle texture osservate.
- Presentano una struttura con poche transizioni.

# Pattern Uniformi



- I pattern numerati sono considerati uniformi. Questi presentano il numero minimo di transizioni

# Pattern Uniformi

- Per definire formalmente i pattern uniformi si ricorre ad una misura di uniformità.
- $U(x)$  fornisce il numero di transizioni spaziali nel pattern  $x$ .

$$U(00000000) = 0 \quad U(11111111) = 0$$

$$U(00010000) = 2 \quad U(01111111) = 2$$

$$U(00100100) = 4 \quad U(11101110) = 4$$

$$U(10110010) = 6 \quad U(10101010) = 8$$

# Pattern Uniformi

- Si definisce un pattern uniforme come un pater con al più un valore di uniformità pari a 2.
- È possibile definire un nuovo descrittore:

$$LBP_{P,R}^{riu2} = \begin{cases} \frac{\sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c)}{P+1} & \text{if } U(LBP_{P,R}) \leq 2 \\ \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U(LBP_{P,R}) = |s(g_{P-1} - g_c) - s(g_0 - g_c)| + \sum_{p=1}^{P-1} |s(g_p - g_c) - s(g_{p-1} - g_c)|$$

# Pattern Uniformi

- Possono presentarsi  $P+1$  pattern uniformi.
- $LBP_{P,R}^{riu2}$  assegna una etichetta ad ogni pattern, corrispondente al numero di bit presenti posti a 1.
- Si passa da  $2^P$  pattern a  $P+2$ .

# Quantizzazione

- Una quantizzazione di  $45^\circ$  può sembrare troppo approssimativa.
- Conviene aumentare P?
- Fissato R, il numero di pixel appartenenti alla circonferenza è limitato.
- Aumentando P si introducono informazioni ridondanti.

# Quantizzazione

- Una quantizzazione di  $45^\circ$  può sembrare troppo approssimativa.
- Conviene aumentare  $P$ ?
- Aumentare troppo  $P$  può portare a costi computazionalmente onerosi.
- Lookup table di  $2^P$  elementi.

# Descrivere una texture

- Per descrivere una texture viene fatta scorrere una finestra sopra l'immagine e calcolato LBP.
- L'immagine sarà descritta dall'istogramma delle occorrenze dei local binary patterns trovati.



# Multiresolution Analysis

- Per migliorare ulteriormente l'accuratezza del descrittore è possibile effettuare una analisi a risoluzioni differenti.
- L'immagine viene descritta da istogrammi multidimensionali.
- Elevato costo computazionale.

# Conclusioni



- Test dimostrano che il metodo presentato riesce in molti casi a superare una accuratezza del 90% in esperimenti di classificazione di textures.
- Il metodo può essere velocizzato.
- Utilizzo di GPU.