

Co-Occurrence Matrix

(동시 발생 행렬)

ISL
안재원

CONTENTS

- Co-Occurrence matrix
- GLCM & CCM
- So what?
- Result

Co-Occurrence Matrix

Co-Occurrence Matrix(or Distribution)

1. 영상내 각 픽셀(Pixel) 간의 분포 관계를 알 수 있는 Matrix를 의미한다.
2. 질감도(Texture)를 측정하는 용도로 사용된다.

$$C_{\Delta x, \Delta y}(i, j) = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \begin{cases} 1, & \text{if } I(x, y) = i \text{ and } I(x + \Delta x, y + \Delta y) = j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

- Input image(1 Channel, 1~3)

1	2	1	3	2	1
2	1	2	1	1	1
3	3	2	1	3	2
1	2	3	3	3	1
2	2	1	1	3	3
1	1	3	2	3	1

($\Delta x = 1, \Delta y = 0$)

- Co-Occurrence Matrix($\Delta x = 1, \Delta y = 0$)

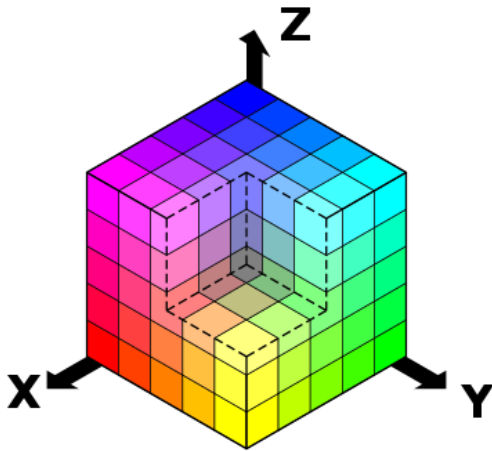
	i=	1	2	3
j=	1	4	6	2
2	3	1	4	
3	4	2	4	

GLCM & CCM

HLS (Hue, Lightness, Saturation) 색상 공간 및 색상 공간 변환

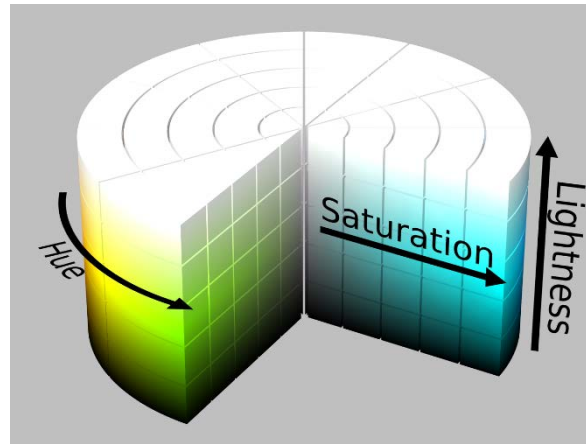
RGB 색상 공간

빛의 삼원색인 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue)의 3개의 채널을 이용해 각 픽셀의 색상을 표현하는 색상 공간이다.



HLS 색상 공간

색상(Hue), 밝기(Lightness), 채도(Saturation)의 3개의 채널을 이용해 각 픽셀의 색상을 표현하는 색상 공간이다.



색상(Hue)은 순수한 색상 정보를 담고 있으며 0~360°의 색상각으로 표현된다.



밝기(Lightness)는 밝고 어두운 정도를 의미한다. 가장 작은 값은 검정, 가장 큰 값은 흰색이고, 그 사이 값들은 모두 다른 밝기의 회색이다.



채도(Saturation)는 색의 선명한 정도를 의미한다. 작으면 작을 수록 무채색(검정색, 회색, 흰색)에 가까운 색상을 의미한다.

색상 공간 변환(RGB to HLS)

RGB 색상 공간의 각 채널의 값이 0~1의 값을 갖을 때, 아래의 수식을 따라 색상 공간을 변환한다.

$$C_{\max} = \max(R, G, B)$$

$$C_{\min} = \min(R, G, B)$$

$$H_{(0 \sim 360^\circ)} = \begin{cases} \frac{(G - B) \times 60^\circ}{C_{\max} - C_{\min}} & \text{if } C_{\max} = R \\ \frac{(B - R) \times 60^\circ}{C_{\max} - C_{\min}} + 120^\circ & \text{if } C_{\max} = G \\ \frac{(R - G) \times 60^\circ}{C_{\max} - C_{\min}} + 240^\circ & \text{if } C_{\max} = B \end{cases}$$

$$L_{(0 \sim 1)} = \frac{C_{\max} + C_{\min}}{2}$$

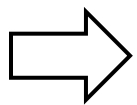
$$S_{(0 \sim 1)} = \begin{cases} \frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\max} + C_{\min}} & \text{if } L < 0.5 \\ \frac{C_{\max} - C_{\min}}{2 - (C_{\max} + C_{\min})} & \text{if } L \geq 0.5 \end{cases}$$

Gray Level Co-Occurrence Matrix & Color Co-Occurrence Matrix

- Gray Level Co-Occurrence Matrix

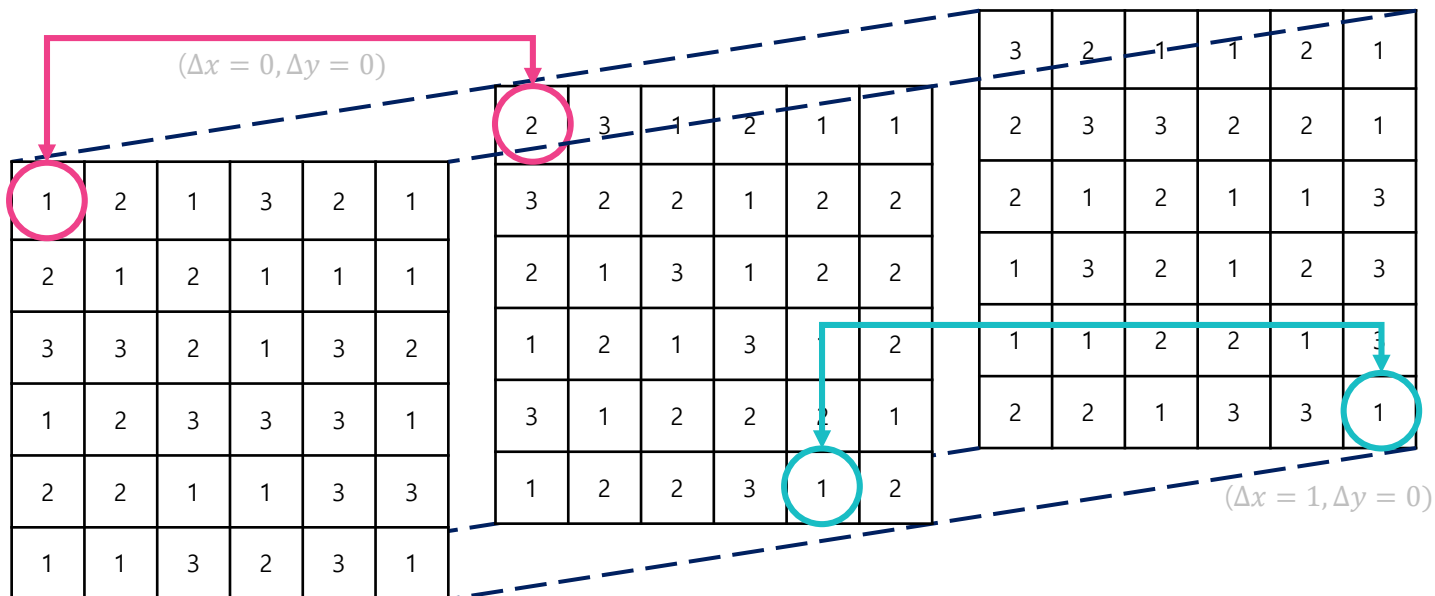
1	2	1	3	2	1
2	1	2	1	1	1
3	3	2	1	3	2
1	2	3	3	3	1
2	2	1	1	3	3
1	1	3	2	3	1

$$GLCM_{\Delta x, \Delta y}(i, j) = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \begin{cases} 1, & \text{if } I(x, y) = i \text{ and } I(x + \Delta x, y + \Delta y) = j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

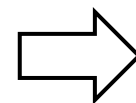


1개 Channel의 인접한 점들을 이용해 Co-Occurrence Matrix를 작성한다.

- Color Co-Occurrence Matrix



$$CCM_{\Delta x, \Delta y}(i, j) = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \begin{cases} 1, & \text{if } I_{c1}(x, y) = i \text{ \& } I_{c2}(x + \Delta x, y + \Delta y) = j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



1. 각 Channel의 해당 위치의 정보를 이용해 Co-Occurrence Matrix를 작성한다.
2. 다른 이미지 간의 분포 관계를 확인 할 때 사용 할 수 도 있다.

Enhancement Local Normalization

- $\Delta x = 0, \Delta y = 0$

	1	2	3
1	15	0	0
2	0	10	0
3	0	0	11

- 히스토그램
- 확률밀도함수

1. 평균

$$\mu_x = \sum_{i=1}^I i \sum_{j=1}^J p(i, j)$$

2. 분산

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^I (i - \mu_x)^2 \sum_{j=1}^J p(i, j)$$

3. Homogeneity, Angular Second Moment

- 영상이 얼마나 비슷한 분포를 따르는가를 나타낸다.
- 비슷한 분포를 갖는 경우 $p(i, j)$ 가 종류는 적지만 큰 값을 갖기 때문에 ASM의 값이 커진다.

$$ASM = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \{p(i, j)\}^2$$

4. Contrast

- 영상 속 대상들이 얼마나 잘 구분되는지를 나타낸다.
- 대각 성분을 제외한 나머지 영역의 값을 이용해 구한다.

$$Contrast = \sum_{n=0}^{N-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p(i, j) \right\}, \quad n = |i - j|$$

5. Local Homogeneity, Inverse Difference Moment

- 영상이 얼마나 비슷한 분포를 따르는가를 나타낸다.
- 값들이 대각 성분에 얼마나 몰려 있는지를 의미한다.

$$IDM = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j)$$

Enhancement Local Normalization

- $\Delta x = 0, \Delta y = 0$

	1	2	3
1	15	0	0
2	0	10	0
3	0	0	11

- 히스토그램
- 확률밀도함수

1. 평균 $\mu_x = \sum_{i=1}^I i \sum_{j=1}^J p(i, j)$

2. 분산 $\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^I (i - \mu_x)^2 \sum_{j=1}^J p(i, j)$

6. Entropy

- 영상의 값들이 얼마나 안정적으로 분포되어 있는지를 의미한다.

$$Entropy = - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p(i, j) \times \log(p(i, j))$$

7. Correlation

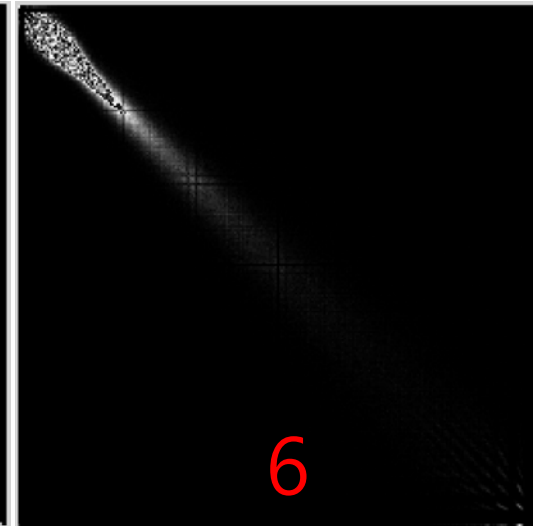
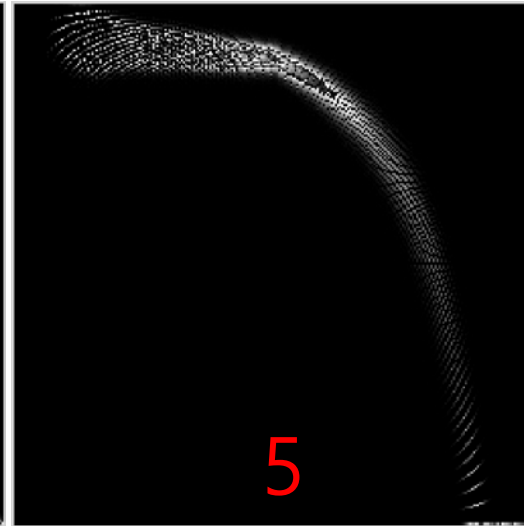
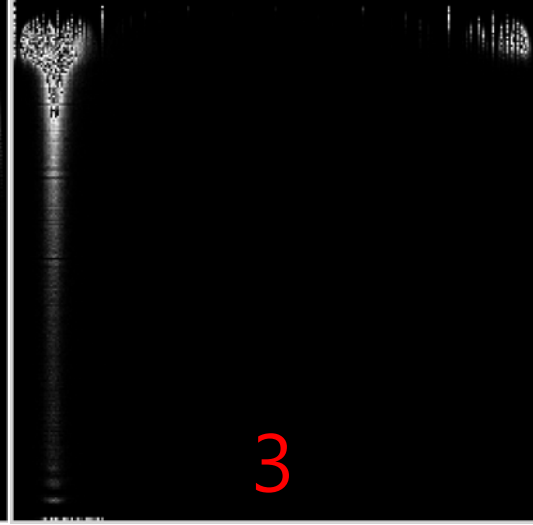
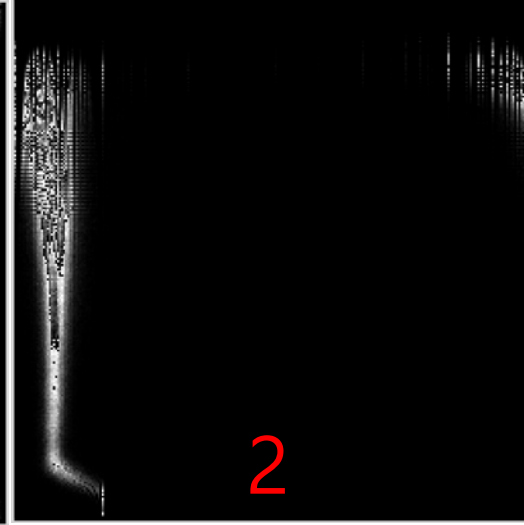
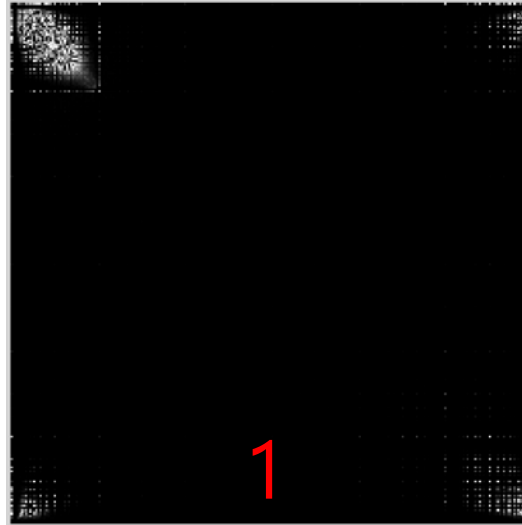
- 각 값들의 선형적 상관관계를 나타내는 척도를 의미한다.

$$Correlation = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \{i \times j\} \times p(i, j) - \{\mu_x \times \mu_y\}}{\sigma_x \times \sigma_y}$$

Result(거품의 상태 별 특징 변화)



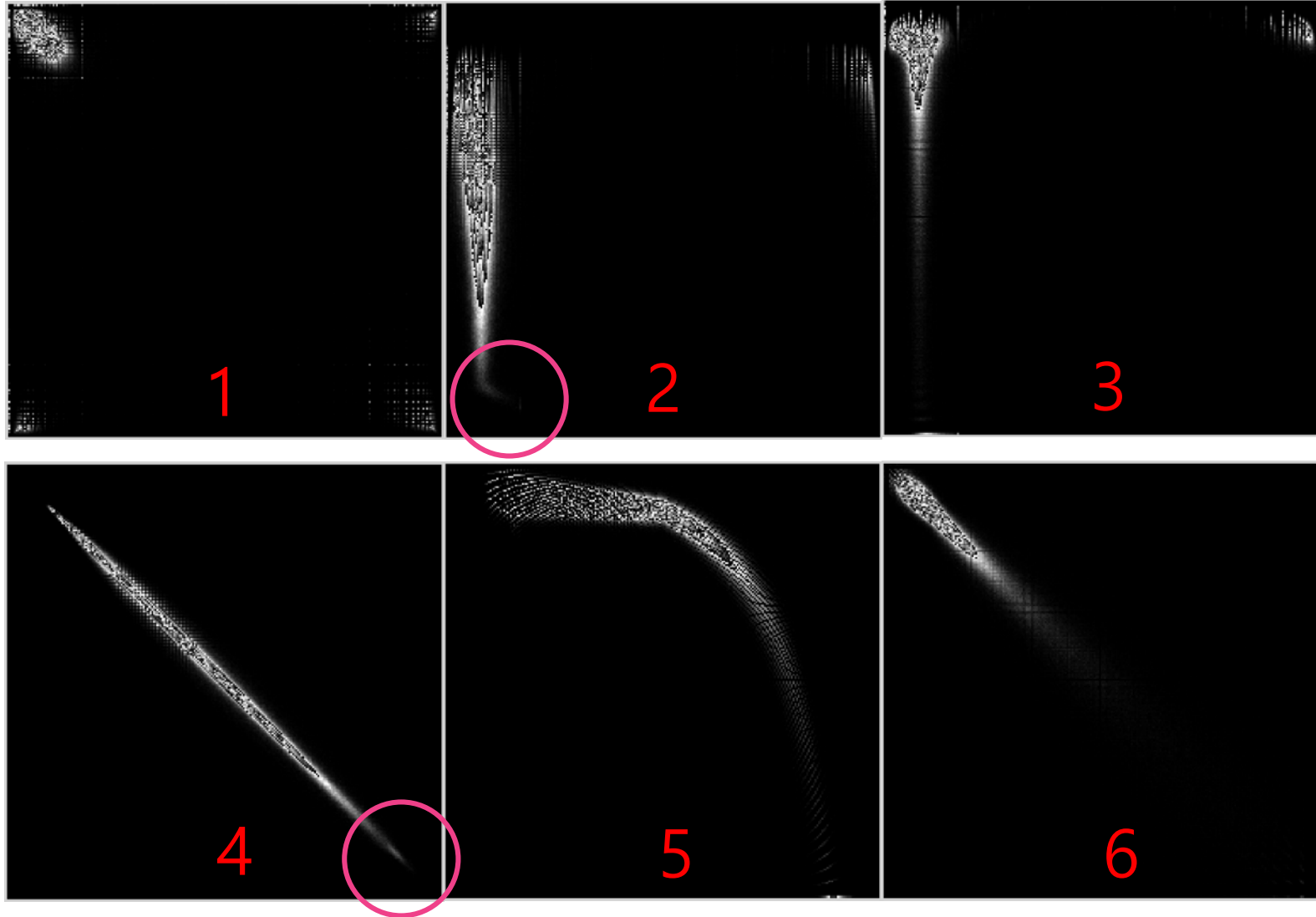
1. Hue & Hue
2. Hue & Lightness
3. Hue & Saturation
4. Lightness & Lightness
5. Lightness & Saturation
6. Saturation & Saturation



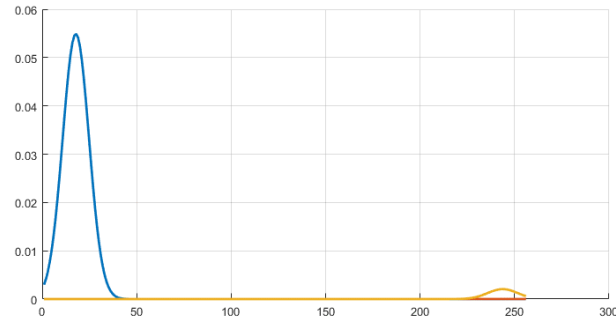
Result(거품의 상태 별 특징 변화)



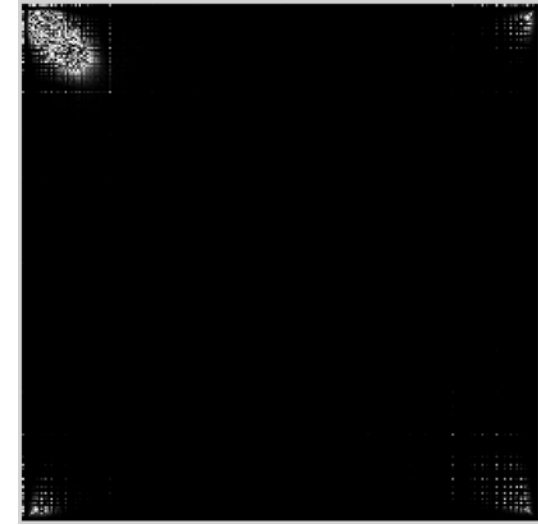
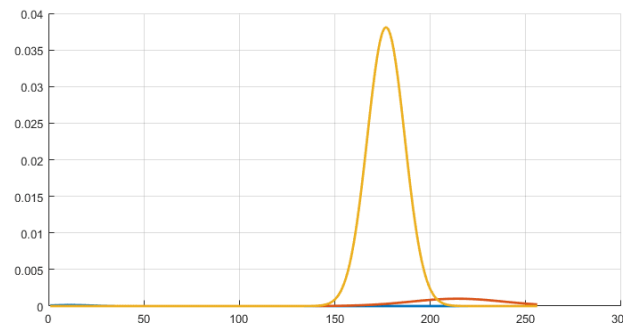
1. Hue & Hue
2. Hue & Lightness
3. Hue & Saturation
4. Lightness & Lightness
5. Lightness & Saturation
6. Saturation & Saturation



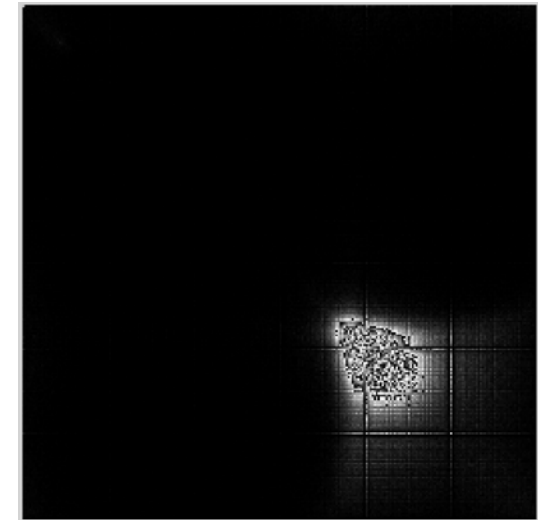
Result(색상 분석)



색상(H) 채널 히스토그램의 GMMs

색상 채널 동시 발생 행렬 ($\Delta x = 1, \Delta y = 0$)

색상(H) 채널 히스토그램의 GMMs

색상 채널 동시 발생 행렬 ($\Delta x = 1, \Delta y = 0$)

Q & A
