

구역 별 히스토그램을 이용한 개선된 히스토그램 처리 기법

*김도원 **위승우 정제창

*한양대학교 융합전자공학부 **한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

*rlaehdnjs711@naver.com **slike0910@hanyang.ac.kr jjeong@hanyang.ac.kr

Improved Histogram Processing Techniques Using Zone-Specific Histogram

*Dowon Kim **Seungwoo Wee Jechang Jeong

*Department of Electronic Engineering, Hanyang University

**Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

요약

본 논문에서는 구역을 나눔으로써 상황에 따라 강조하고 싶은 부분을 부각시키는 방법을 활용하여 히스토그램을 처리하는 기법을 제안한다. 기존의 히스토그램 스케일링과 평활화 방법은 간단한 알고리즘으로 사용이 편하지만 쓸 수 없는 상황이 존재한다. 먼저 히스토그램 스케일링에서는 사진이 갖고 있는 명암 최댓값과 최솟값을 늘리는 방법이지만, 범위를 늘릴 수 없는 경우에는 이 방법이 제한된다. 히스토그램 평활화는 사진이 갖고 있는 명암의 히스토그램 누적분포함수 (CDF)가 일정한 기울기를 갖게 변환하는 방법이다. 이 방법에서는 밝기 변화가 거의 없었던 부분에서 품질이 낮아지는 단점이 있다. 제안하는 알고리즘은 영상에서 강조하고 싶은 부분을 설정한 뒤, 구역을 나눔으로써 기존의 히스토그램 스케일링과 히스토그램 평활화의 단점을 개선했다. 제안한 알고리즘을 평가하기 위해서 주관적인 지표로 20명을 대상으로 설문 조사를 진행하였다. 블라인드 테스트로 원본과, 기존의 히스토그램 처리 기법을 이용한 영상, 제안된 히스토그램 처리 기법을 이용한 영상을 비교하였다. 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 영상의 화질을 개선했음을 확인했다.

1. 서론

나날이 발전하고 있는 카메라 기술로 인해 선명한 사진을 얻고 싶은 사람들의 욕구가 증가하고 있다. 스마트폰의 보급으로 인해 많은 사람들이 스마트폰에 내장된 카메라로 사진을 찍는 활동을 하게 되었기 때문이다. 스마트폰 기종을 선택하는 이유 중 많은 사람들이 좋은 사진을 찍을 수 있는 스마트폰을 선호하는 것으로 나타났다 [1]. 그만큼 사진을 보다 더 사람 눈에 선명하게 보일 수 있게 하는 기술은 사람들의 욕구를 충족시키기 위하여 휴대폰 개발에서 빠질 수 없는 필수 과제가 되었다.

선명한 사진을 얻기 위한 방법 중에는 다양한 필터링 기법이 존재하지만, 본 논문에서는 영상 개선과 영상 압축, 영상 분할 등에 사용되는 히스토그램 처리 기법에 대하여 초점을 두고 있다. 히스토그램 처리 기법에는 크게 히스토그램 스케일링 (scaling)과 히스토그램 평활화 (equalization)가 있다. 히스토그램 스케일링은 사진의 명암의 최댓값과 최솟값의 범위를 늘리는 방법이며, 히스토그램 평활화는 명암의 히스토그램 형상을 분석하여 밝기 분포가 특정한 부분으로 치우친 것을 좀 더 넓은 밝기 영역에 걸쳐 분포가 존재하도록 히스토그램을 재조정해준 방법이다 [2].

비교적 간단한 알고리즘인 히스토그램 스케일링에서는 명암비가 낮은 (low contrast) 사진을 명암비가 높은 (high contrast) 사진으로 변환시켜 사진을 보다 더 잘 보이게 하지만 단점이 존재한다. 히스토그램

스케일링의 단점에는 범위를 늘릴 수 없는 경우, 즉 최댓값과 최솟값이 이미 명암을 표현할 수 있는 값 (0 과 255)에 근접하다면 효과를 볼 수 없게 되는 단점이 있다. 이 단점을 해결하기 위해 히스토그램 평활화를 이용할 수 있지만, 히스토그램 평활화 또한 단점이 존재한다. 히스토그램 평활화를 적용한 영상에서는 기존의 영상과 비교하였을 때, 밝기 변화가 거의 없었던 부분에서 품질이 저하되는 단점이 있다 [3].

기존의 히스토그램 처리 기법의 단점을 보완하기 위해 구간을 나누어 진행을 하는 개선된 히스토그램 처리 기법을 제안했다. 제안된 히스토그램 스케일링에서는 명암의 히스토그램을 구한 후, 임의로 구간을 나누는 것을 시작으로 한다. 강조하고 싶은 부분에 따라 각 구간을 줄이거나 (Shrink), 늘이는 (Stretch) 방법을 통해 단점을 보완했다. 마찬가지로, 히스토그램 평활화에서도 구간을 나눠 적용함으로써 밝기 변화가 거의 없었던 부분의 품질이 저하되는 점을 개선했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 히스토그램 처리 기법에 해당하는 히스토그램 스케일링과 히스토그램 평활화에 대하여 설명한다. 3장에서는 구간을 나눠 히스토그램 처리 기법을 한다는 것이 어떤 의미인지, 제안하는 히스토그램 스케일링과 히스토그램 평활화 알고리즘에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안된 알고리즘과 기존의 알고리즘, 원본을 비교하며 어떤 것이 사람들에게 더 선호도가 높은지 설문조사한 결과를 보여주고, 5장에서 결론을 내린다.

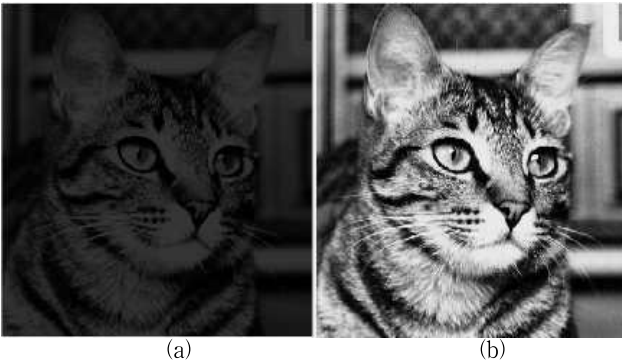


그림 1. 히스토그램 스케일링 예시 (a) 히스토그램 스케일링 전 영상 (b) 히스토그램 스케일링 후 영상.

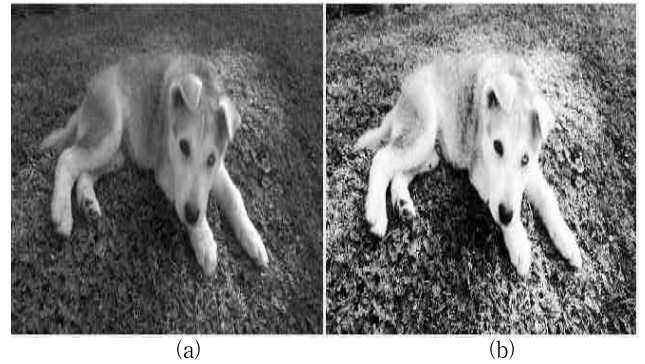


그림 2. 히스토그램 평활화 예시 (a) 히스토그램 평활화 전 영상 (b) 히스토그램 평활화 후 영상.

2. 기존 알고리즘

2.1 히스토그램 스케일링

히스토그램 스케일링은 영상의 그레이 스케일 값 분포의 히스토그램을 조정해서 보다 넓은 영역으로 그레이 스케일 값 분포를 만들어 주는 스트레칭 (stretching)과 보다 좁은 영역으로 그레이 스케일 값 분포를 만들어주는 수축 (shrinking)이 있다. 이 중에서 히스토그램 스트레칭은 주로 명암비가 낮은 영상을 명암비가 높은 영상으로 변환시킬 때 사용 된다 [4]. 영상의 명암비를 높이기 위한 픽셀 값의 변환 수식은 아래와 같다.

$$O(x,y) = R \left[\frac{255}{I_{max} - I_{min}} (I(x,y) - I_{min}) \right] \quad (1)$$

여기서 255는 영상이 표현할 수 있는 최대 밝기 값 (255)과 최소 밝기 값 (0)의 차이를 나타낸 것이다. $I(x,y)$ 와 $O(x,y)$ 의 의미는 기존의 영상과 히스토그램 스케일링 된 영상의 픽셀 값을 의미한다. I_{max} 와 I_{min} 은 영상에서 표현되고 있는 영상의 밝기 값의 최대값과 최소값을 뜻한다. 마지막으로 R 은 영상의 밝기 값이 정수이기 때문에, 실수형 값을 정수형 값으로 변환시키기 위해 반올림 해주는 함수이다.

그림 1은 히스토그램 스케일링의 효과를 보여주기 위한 예시이다. 그림 1에서는 기존의 어두운 영상을 보다 밝게 보여주기 위하여 전체 구간을 늘리는 히스토그램 스트레칭 기법을 사용하였다. 만약 원본 영상인 그림 1-(a)의 히스토그램 분포가 어두운 밝기 값에만 분포하지 않고 255에 근접한 밝기 값이 존재했다면, 그림 1-(b)와 같은 밝은 영상을 획득할 수 없을 것이다. 즉 히스토그램 스케일링은 영상의 최대 밝기 값과 최소 밝기 값에 따라 기대할 수 있는 효과의 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

2.2 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화는 영상의 히스토그램을 균등한 분포로 평평하게 펼치는 것이라고 볼 수 있다. 이를 적용하기 위해서는 확률 이론과 미분/적분 이론을 활용하여야 한다. 본 논문에서는 확률 이론을 통해 히스토그램 누적분포함수 (CDF)를 활용하는데 초점을 맞췄다.

히스토그램 평활화는 크게 4단계로 나눌 수 있다 [5]. 첫 번째 단계에서는 영상의 히스토그램을 생성하고, 두 번째 단계에서 각 밝기 값의 확률 분포와 히스토그램의 CDF를 구한다. 이후 세 번째 단계에서 누적 히스토그램을 정규화하고 네 번째 단계에서는 이 변화된 누적 히스토그램에 최대 밝기 값을 곱하여 수치화를 한다. 히스토그램 평활화의 세 번째 단계와 네 번째 단계는 아래의 식으로 표현할 수 있다.

$$T(r_k) = s_k = R \left[\frac{L}{WH} \sum_{j=0}^k n_j \right], k = 0, 1, 2, \dots, L \quad (2)$$

여기서 r_k 는 입력 영상의 픽셀 명암 값이며, n_j 는 r_k 밝기의 픽셀 개수이다. L 은 최대 밝기 값을 의미하고 W 는 영상의 전체 가로 픽셀 개수, H 는 영상의 전체 세로 픽셀 개수를 나타내고 있다. 즉 WH 는 영상의 전체 픽셀 개수이며, 정규화를 위해 나누어주는 것이다.

그림 2는 히스토그램 평활화의 한계점을 보여주기 위한 예시이다. 원본 영상인 그림 2-(a)와 평활화를 한 그림 2-(b)에서 관찰 할 수 있듯이, 영상의 히스토그램을 균등한 분포로 만드는 것이 바람직하지 않다는 것을 알 수 있다. 특히, 강아지의 얼굴과 배 부분이 흐릿해지는 것으로 히스토그램 평활화의 단점인 밝기 변화가 거의 없었던 부분에서 품질이 저하되는 단점을 확인했다.

3. 제안하는 알고리즘

3.1 히스토그램 스케일링

기존 히스토그램 스케일링 알고리즘에서 발생했던 최대 밝기 값과 최소 밝기 값 의존성을 해결하기 위해 강조하고 싶은 구역을 설정하고 구역마다 히스토그램 스케일링을 이용하는 알고리즘을 제안한다. 구역마다 히스토그램 스케일링을 한다면 각 구역을 원하는 대로 범위를 줄이거나 늘릴 수 있다. 아래의 식은 식 (1)을 변형시켜 나누어진 구역을 각각 늘리거나 줄이는 효과를 얻을 수 있었다.

$$O(x,y) = R \left[\frac{A_b - A_a}{B_b - B_a} (I(x,y) - B_a) \right] + A_a \quad (3)$$

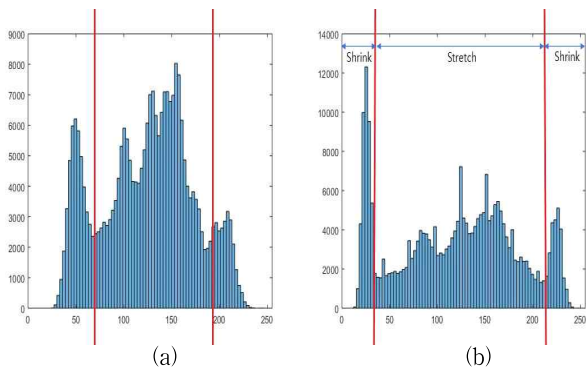


그림 3. 히스토그램 예시 (a) 스케일링 전 (b) 스케일링 후.

식 (3)에서 B_b 는 설정한 구역의 최댓값이며 B_a 는 설정한 구역의 최솟값이다. A_b 는 변형한 구역의 최댓값이며 A_a 는 변형한 구역의 최솟값을 나타낸다. 즉, 식 (3)을 각 구역마다 적용시켜 히스토그램 스케일링을 진행하면 된다.

그림 3은 제안하는 알고리즘을 히스토그램 상에서 어떤 구역을 늘리고 줄이는지 보여주기 위한 예시이다. 그림 3-(a)는 구역을 나누기 전의 히스토그램으로써 제안된 알고리즘을 거치면 그림 3-(b)의 형태로 변화하게 된다.

3.2 히스토그램 평활화

제안하는 알고리즘에서 구역을 나누어 히스토그램 평활화를 하기 위해서, 식(2)에서 나오는 기존의 히스토그램 평활화의 식을 변형했다. 히스토그램 스케일링과 다르게 구역을 변형시킬 필요는 없지만, 히스토그램 평활화하기 전에 구역을 나누는 것은 동일하다.

$$s_k = R \left[\frac{l_A}{S_A} \sum_{j=0}^k n_j \right] + A_{\min}, k = 0, 1, 2, \dots, l_A \quad (4)$$

여기서 A_{\min} 은 A구역의 최솟값을 나타내며, l_A 는 히스토그램 x축 상의 A구역 길이를 의미한다. S_A 는 해당하는 x축 값에 해당하는 전체 사진에서의 픽셀 수를 의미한다.

그림 4는 제안하는 알고리즘을 적용하기 전과 적용한 후의 히스토그램 CDF를 나타낸다. 그림 4-(a)는 원본사진의 히스토그램 CDF를 나타내며, 빨간색 줄은 구역을 나누는 것을 의미한다. 그림 4-(b)는 구역을 나누는 후에 제안된 알고리즘인 구역마다 히스토그램 평활화를 처리한 히스토그램 CDF를 나타내고 있다. 그림 4-(b)에서 볼 수 있듯이 나누어진 구역이 3개이므로 기울기가 다른 직선 3개를 관찰 할 수 있다.

4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 기존의 히스토그램 처리 기법과 제안하는 히스토그램 처리 기법의 성능을 비교하기 위해 각각 다른 특징을 가진 512x512 크기의 8 비트 표준 영상 (Lena)와 1024x1024 크기의 8 비트 표준 영상 (Light)를 사용하였다. 실험은 Window 10 64비트 운영체제 및 Intel Core i5-8250U CPU @ 1.60GHz 의 PC 환경에서 MATLAB R2017b를 이용하여 수행하였다. 또한 실험 결과를 분석하기 위해서 주관적 지표인 블라인드 테스트를 20명을 대상으로 진행하였다.

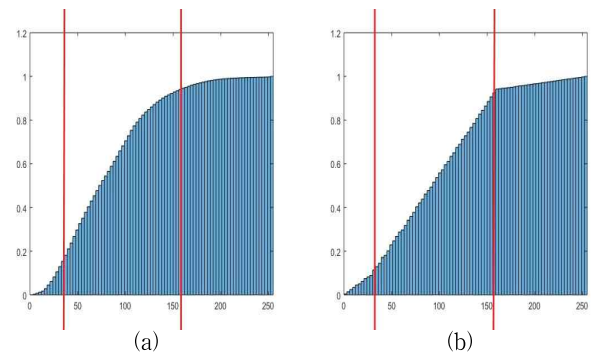


그림 4. 히스토그램 CDF 예시 (a) 히스토그램 평활화 하기 전 (b) 구역 마다 제시된 히스토그램 평활화를 한 모습.

4.1 히스토그램 스케일링

히스토그램 스케일링에서는 기존 방법의 단점을 보완했다는 것을 보이기 위해 1024x1024 크기의 8비트 표준 영상 (Light)를 사용하였다. 그림 5는 사진의 이미지와 이미지의 히스토그램을 원본, 기존의 히스토그램 스케일링 알고리즘을 적용한 이미지, 제안한 히스토그램 스케일링 알고리즘을 적용한 이미지 순으로 출력한 것이다. 그림 5-(a), (b)에서 볼 수 있듯이 명암의 최댓값과 최솟값이 이미 명암을 표현하는 값 (0 ~ 255)에 근접하다면 기존의 히스토그램 스케일링 방법으로는 개선된 효과를 볼 수 없게 된다. (그림 5-(c), (d))

이와 반대로 제안된 히스토그램 스케일링 방법에서는 중간 밝기 부분을 줄이기 위해 범위를 늘리고, 어두운 부분과 밝은 부분의 범위를 줄여 해당 부분을 강조하는 효과를 얻어낼 수 있었다 (그림 5-(e), (f)). 실제로 블라인드테스트를 한 인원 (20명) 중 13명이 개선된 히스토그램 스케일링을 적용한 사진이 더 선명하다고 평가했다. 대표적인 이유는 광원에서 나오는 빛이 줄어들어, 눈부심 효과가 적어졌다는 이유를 꼽았다.

4.2 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화에서는 512x512 크기의 8비트 표준 영상 (Lena)를 사용하였다. 아래의 그림은 사진의 이미지와 이미지의 히스토그램, CDF를 원본, 기존의 히스토그램 평활화 알고리즘, 제안한 히스토그램 평활화 알고리즘 순으로 출력한 것이다. 각각의 이미지를 비교하였을 때, 크게 차이가 나는 점은 그림 6-(b)가 그림 6-(a)와 6-(c)보다 상대적으로 더 밝고 진한 명암을 나타내고 있다는 점이다. 또한, 그림 6-(b)의 오른쪽 윗부분과 아랫부분에서 관찰할 수 있듯이 원본에서 나타나는 줄무늬가 뚜렷해지지 않는 단점이 관찰된다.

그에 반해 그림 6-(c)에서는 원본의 줄무늬가 그림 6-(b)처럼 없어지는 것이 아닌 그대로 나타나고 있다는 것을 볼 수 있다. 실제로 20명을 대상으로 한 설문조사에서는 원본이 선명하다는 인원이 5명, 기존의 히스토그램 평활화 방법이 4명, 제안된 히스토그램 평활화 방법이 11명으로 조사결과를 얻었다. 대표적인 이유로 그림 6-(b)는 너무 밝거나 너무 어두운 부분이 있어 선택되지 않는다는 점과 그림 6-(b)에서 보이지 않던 명암이 그림 6-(c)에서 보인다는 점으로 인해 그림 6-(c)가 많은 사람들의 표를 얻었다.

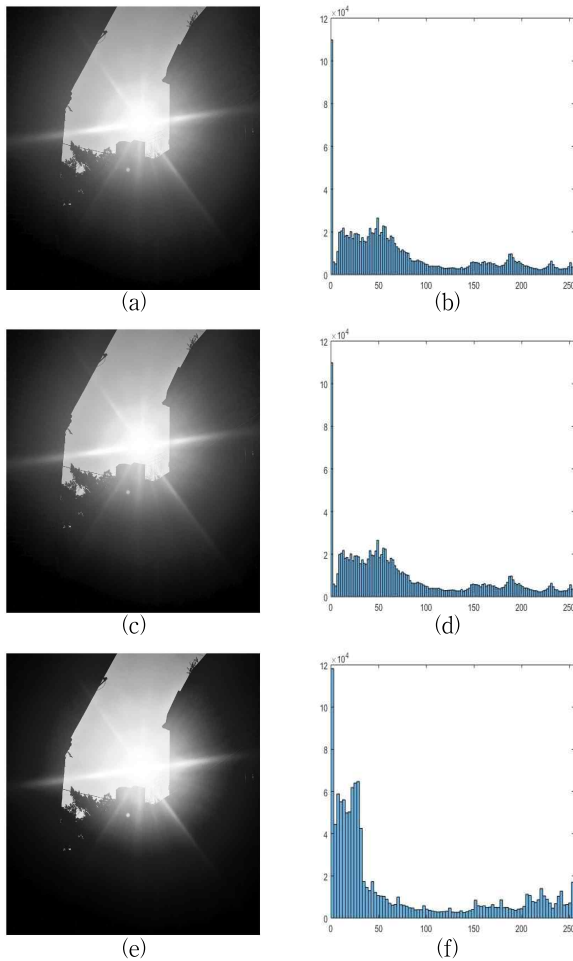


그림 5. 히스토그램 스케일링 비교 (a), (b) 원본 영상 및 히스토그램 (c), (d) 기존 히스토그램 스케일링 한 영상 및 히스토그램 (e), (f) 제안하는 히스토그램 스케일링 한 영상 및 히스토그램.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 히스토그램 처리 기법에서 나타난 단점을 해결하기 위해 구역을 나누어 히스토그램 처리 기법을 하는 알고리즘을 제안하였다. 먼저 제안된 히스토그램 스케일링에서는 기존의 히스토그램 스케일링에서 가지고 있는 명암 값의 범위가 넓어 기대만큼의 효과를 얻을 수 없을 때를 해결하기 위해 일련의 과정을 거쳤다. 또한 제안된 히스토그램 평활화는 기존의 히스토그램 평활화에서 없어지거나 흐려지는 부분을 보완하기 위하여 고안하였다. 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘은 기존의 히스토그램 처리 기법의 단점을 극복하고 보다 선명한 이미지를 획득할 수 있다는 점을 확인할 수 있었다.

더 연구해야할 점으로는 각 영상마다 구역을 나누는 기준을 만들어 보다 더 나은 영상을 획득하도록 하는 것이다. 이 부분이 더 추가된다면, 본 논문에서 제안된 알고리즘이 영상 처리의 다양한 분야에 활용될 수 있을 것이다.

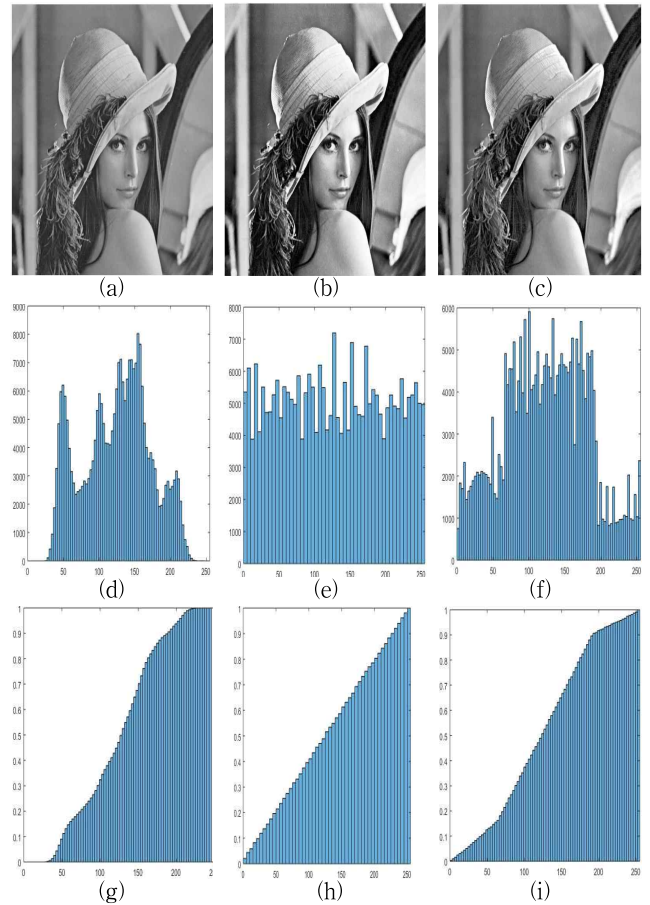


그림 6. 히스토그램 평활화 비교 (a), (b), (c) 원본 영상 및 기존 히스토그램 평활화를 한 영상, 제안하는 히스토그램 평활화를 한 영상 (d), (e), (f) 3가지의 영상에 대한 히스토그램 (g), (h), (i) 3가지의 영상에 대한 히스토그램 CDF.

참고문헌

- [1] J. Kwon and J. Hong, "Extraction of design elements and sensibility factors influencing on preference and purchase for digital cameras," *The Korean Society for Emotion and Sensibility*, Vol. 11, No. 2, pp. 285-292, 2008.
- [2] Rafael C. Gonzalez, and Richard E. Woods, *Digital image processing 4th edition, global edition*, pp. 133-153, 2018.
- [3] J. Lee and S. Hong, "Bi-Histogram Equalization based on Differential Compression Method for Preserving the Trend of Natural Mean Brightness," *The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers*, Vol. 19, No. 4, pp. 453-467, 2014.
- [4] A. Erhan and I. Fuat, "Image Enhancement by Local Histogram Stretching," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 11, No. 5, pp. 376-385, 1981
- [5] D. Coltuc, P. Bolon, and Chassery, "Exact Histogram Specification," *IEEE Trans. Image Process*, Vol. 15, No. 5, pp. 1143-1152, 2006.