

논문 2007-44SP-3-10

# 국부 통계치를 활용한 서양금석문 영상향상

(Image Enhancement for Western Epigraphy Using Local Statistics)

황재호\*

(JaeHo Hwang)

## 요약

국부 통계치에 근거한 서양금석문 영상향상 기법을 고안한다. 영상데이터는 배경과 정보의 두 영역으로 구분한다. 통계 및 함수적 분석을 통해 서양금석문 영상 대부분이 가우스 회색도분포임을 규명하고 분포 및 영역특성을 고려한 모델을 구현한다. 모델을 대상으로 국부정규화처리 알고리즘을 수식화하고 파라미터를 추출하며 이동창에서의 기능과 특성을 논의한다. 파라미터와 이동창의 크기를 조정하여 화소 회색도의 공간 분포를 변형하고 영역을 선별한다. 이 때 국부통계치는 알고리즘을 실현하는 유용한 근거로 활용된다. 알고리즘 적용에 의해 영역의 잡음과 불규칙한 분포 상태가 평활되는 동시에 영역 사이의 회색도 격차를 증대시켜 영상을 향상한다. 실험결과 제안된 방식이 기존의 영상향상 기법보다 우수한 효과가 있음을 보여준다.

## Abstract

In this paper, we investigate an enhancement method for Western epigraphic images, which is based on local statistics. Image data is partitioned into two regions, background and information. Statistical and functional analyses are proceeded for image modeling. The Western epigraphic images, for the most part, have shown the Gaussian distribution. It is clarified that each region can be differentiated statistically. The local normalization process algorithm is designed on this model. The parameter is extracted and its properties are verified with the size of moving window. The spatial gray-level distribution is modified and regions are differentiated by adjusting parameter and the size of moving window. Local statistics are utilized for realization of the enhancement, so that difference between regions can be enhanced and noise or speckles of region can be smoothed. Experimental results are presented to show the superiority of the proposed algorithm over the conventional methods.

**Keywords :** Image Enhancement, Western Epigraphic Image, Local Statistics, Region, Local Normalization,

## I. 서론

텍스트영상으로부터 배경을 배제하고 문자나 문양의 텍스트만을 추출하기 위해서는 영역적 접근이 필요하다. 텍스트 원영상은 정보영역과 배경영역으로 양분되어 있다. 시각적으로는 영역간 분할 구도를 갖고 있으나 실제로는 배경인 전체영상에 텍스트가 합성된 형태이다. 즉 배경영역은 단일 회색도(gray intensity)를 유지하면서 텍스트와 차별된다. 이에 비해 텍스트는 배경과는 극단적인 회색도를 갖고 있거나 일정 범위의 히스토그램 회색도분포 -이하 회색도분포- 군집에 의한 기하

학적 구도를 형성한다. 그리고 그들 사이의 경계부에 에지가 존재하여 시각적으로 텍스트만을 부각시킨다. 반면에 영상입력 과정의 오류나 오염, 훼손, 기후나 환경 영향에 의한 탈색 및 잡음 혼합 등으로 관측영상에서는 회색도 혼재와 분포의 불규칙성이 발생한다. 원영상에서의 영역고유 특성을 일부 또는 전체적으로 상실함에 따라 영역 사이의 경계가 붕괴되고 회색도 분포의 불규칙성이 영상 전체 또는 국부적으로 발생한다.

텍스트 추출의 궁극적인 지향은 이와 같은 영상을 본래의 영역 특성으로 복귀시키는 것이라 할 수 있다. 배경영역으로 판별되는 부분은 단일 회색도를 갖게 하고 텍스트 부분은 그와는 차별된 회색도 부여나 제한된 회색도 범위를 갖게 함이다. 이를 위해서 영역분할로 직접 접근하든지 아니면 명암대비(contrast) 이득의 차별

\* 정회원, 한밭대학교 전자공학과

(Dept. of Electronic Eng., Hanbat Nat'l Univ.)

접수일자: 2006년9월25일, 수정완료일: 2007년4월3일

적용이나 화소군집의 인접성(neighborhood) 평가라는 우회적 방법을 사용해야한다. 여기에는 크게 나누어 히스토그램처리, 공간필터 그리고 확률통계처리의 세 가지 기법이 있다.

첫째로 히스토그램처리는 초기부터 채택되어온 방식으로 사용 목적에 따라 전체처리와 국부적응처리로 나누어진다. 문턱치 분할(threshold segmentation), 선형 명암대비스트레칭(linear contrast stretching)과 히스토그램 균등화는 전자에 해당하는 방식이다. 간단하고 영상 본래의 회색도분포 기본유형을 유지하는 장점이 있으나 잡음의 과향상(over enhancement)이나 미세부분 처리 한계라는 단점이 있다. 미세부분의 상세화(sharpening)는 전체처리보다 후자의 국부처리(local process)가 효과적이다. 대표적인 기법으로 AHE(adaptive histogram equalization)나 AHE의 한계를 명암대비로 보완한 CLAHE(contrast limited AHE) 방식이 있다<sup>[1-3]</sup>. 그러나 이들 기법들은 배경영역의 상세화와 잡음의 과향상이라는 단점과 함께 에지부분에서의 고이득에 따른 고주파성분의 강화로 파문현상(ringing effect)을 발생한다<sup>[4]</sup>.

둘째는 공간필터 처리이다. 마스크(mask)를 적용하여 공간영역과 주파수영역에서 평활화와 사프닝을 수행한다<sup>[3]</sup>. 영상을 일률적으로 평활시키든지 미분처리를 통해 에지를 추출함에는 효과가 있으나 필터의 주파수 대역에서 벗어난 회색도변화 처리나 배경과 텍스트영역의 선별에는 역부족이다.

셋째는 국부처리를 기본으로 하는 확률통계적 접근이다. 이동창(moving window) 화소군(叢素群)의 인접성을 통계적으로 계산하고 현재고려중인화소(current pixel)의 영역귀속이나 회색도조정을 확률적으로 결정한다. 화소들 사이의 통계 내지는 확률적 상관성을 근간으로 하므로 화소들 사이의 통계적 인접특성이 우수한 영상으로부터 미세부분을 강조하는 경우 히스토그램 처리에서 흔히 발생하는 과향상이나 파문현상이 없을 뿐만 아니라 공간필터링에 따른 회색도처리의 주파수적 한계도 제거된다<sup>[5,6,17]</sup>.

금석문영상과 같은 텍스트 관측영상의 경우 영역 자체에는 저주파 성분 그리고 에지나 미세부분에는 고주파 성분이 나타난다. 영상향상은 이들 구역별 주파수 특성을 고려해서 진행되어야 한다. 그러기 위해서는 첫째나 두 번째의 히스토그램처리나 공간 필터보다는 세 번째의 확률통계적 국부처리가 유리하다. 왜냐하면 앞의 두 방법이 화소와 영역에 대해 확률적이고 일률적인

데 반해 후자는 화소군 사이의 인접성에 의해 영역과 구역을 판별하고 해당 구간에 선별적 이득을 적용할 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 후자의 방식을 보완 개선하여 금석문영상에 적용한다. 미세조정의 필요가 있는 구간이나 구역에서는 회색도조정폭을 증가하고 배경 영역이나 문자 정보가 있는 획(stroke) 영역은 평활시켜 잡음이나 회색도변화 요소를 억제한다. 영역이나 구역의 판별은 이동창에서 이루어진다. 이동창의 국부통계치를 활용하여 판별 기준과 선별처리 알고리즘 조정인자를 조정한다.

원영상의 공간적 형태를 추정하여 영상을 향상하기 위해 금석문영상을 모델링한다. 서양금석문영상들을 무작위로 표본 추출하여 전체와 영역 및 구간별 회색도분포특성을 분석한다. 영역은 배경과 문자 획 부분으로 구분하고 획 부분은 다시 빛의 반사 형태에 따라 그림자 부분과 밝은 부분으로 나눈다. 이들 구간의 회색도분포 관련 확률통계치를 산출하고 특성을 추출하여 영상을 모델링한다. 이와 같이 얻은 영상 모델을 대상으로 국부평균과 국부표준편차를 활용하여 국부정규화처리(local normalization process) 알고리즘을 설계한다. 조정인자를 선정하고 그 특성을 고찰한다.

## II. 영상 분석과 모델링

라틴 및 그리스 금석학과 이집트 금석학으로 대별되는 서양금석학은 현대에 이르러 고고학 분야의 디지털화에 힘입어 정보과학의 한 분야로 자리매김하고 있다<sup>[7-13]</sup>. 문자나 문양을 비롯한 텍스트 구성 요소들이 영상 자료화되고 체계적으로 정리되어 데이터베이스화 되며 기타 자료들과 연계하여 정보화 분야의 한 축을 이루고 있다. 그러나 다른 여타 역사적 문헌 자료들이 연이어 디지털화되고 문자인식 연구의 한 분야로 부상하고 있는 데 반해 서양금석문은 금석학 자료의 방대함과 중요성에도 불구하고 시각적 판독의 용이함 때문에 문자인식이나 영상처리 연구로부터 다소 소외되어 있는 실정이다.

서양금석문은 동양의 그것과는 달리 문자나 문양을 새겨 넣는 매체가 주로 대리석이나 석회암이다. 더욱이 표면을 매끄럽게 처리한 후 전통적 기법인 삼각음각법(三角陰刻法)으로 명각(銘刻)하기 때문에<sup>[7]</sup> 특별한 조명 처리나 본을 뜨지 않는다 하더라도 자연 채광 하에서 얻은 영상만으로도 판독이 용이하다. 그 이유는 알파벳이라는 단순한 문자 획 덕분이기도 하겠으나 일단은 단

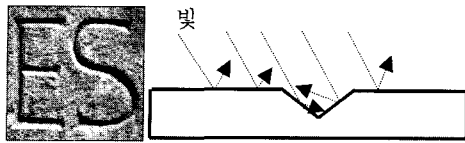


그림 1. 삼각음각표면의 빛의 반사  
Fig. 1. Light reflection on the triangular sculptured surface.

일회색도 처리되는 텍스트영상의 배경과 함께 그림 1에서 보는 바와 같이 삼각음각에 따른 명암부가 문자 획부분을 선명하게 한다는 점에 있다.

이러한 특성을 고려하여 서양금석문영상을 향상하는 것은 결국 배경부분과 텍스트 구역의 회색도 차별을 극대화함이라 할 수 있다. 이를 위해 대상영상의 분석과 모델링이 선행되어야한다.

1. 영상 분석

금석문영상의 영역별 회색도분포를 분석한다. 먼저 배경 부분만의 특성을 분석하기 위해 서로 다른 여러 금석문 가운데 배경부분 석판(石板) 샘플(본 저자가 직접 수집한 영상임)을 무작위로 그림 2와 같이 회색조영상으로 표본 추출한다.

그림 2 샘플영상들의 히스토그램을 구하고 식 (1)의 가우스(Gauss) 함수로 부합(fitting)을 실시한다.

$$g(n) = c_1 \exp \left\{ - \left( \frac{n - c_2}{c_3} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

여기서  $c_1, c_2, c_3$ 은 함수 형태를 결정하는 계수이고  $n=1,2, \dots, 256$  로서 회색도의 개수이다.

함수부합에 따른 오차의 정도는 식 (2)의 최소자승오

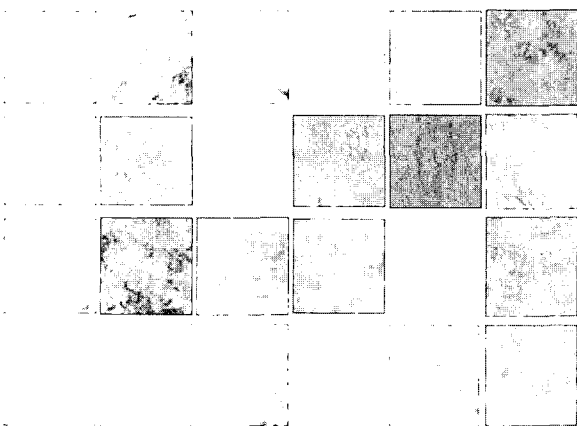


그림 2. 배경영상 샘플들  
Fig. 2. Background Image samples.

표 1. 그림 2 샘플영상  $e_r$ 들의 평균과 표준편차  
Table 1. Mean and standard deviation of  $e_r$  of fig. 2 samples.

$e_r$ 값들의 평균	$e_r$ 값들의 표준편차
0.9970	$1.81 \times 10^{-16}$

차합(least square error summation)  $e_r$ 을 사용한다<sup>[14]</sup>.

$$e_r = 1 - \frac{\| H_s - G \|^2}{\| H_s - \mu_g \|^2} \quad (2)$$

여기서  $H_s$ 는 샘플영상의 히스토그램,  $g(n)$ 의 행렬을  $G$ , ( $H_s, G \in R^{1 \times 256}$ ) 그리고  $\mu_g = \text{mean}(H_s)$ 이다.  $e_r$ 이 1이면 완전부합이고 1에 가까울수록 부합 정도가 높다.

표 1에 그림 2 샘플영상들의  $e_r$ 을 계산하여 그 평균과 표준편차를 보였다.

표 1의 결과에서 금석문영상 배경영역이 거의 완벽하게 가우스 분포를 하고 있음을 확인할 수 있다.

다음은 그림 1에서 제시한 바와 같이 영상을 다음의 세 구역으로 나눈다.

- i) 구역 1: 배경영역(background region)
- ii) 구역 2: 문자획 그림자영역(stroke shadow region)
- iii) 구역 3: 문자획 밝은 영역(stroke light region)

이들 구역에 관한 영상 데이터를 수작업에 의해 수집한 후 각각에 대한 회색도분포특성을 구한다. 사례연구 대상영상은 그림 3이다. 구역 1은 배경부분(화소수: 3,248), 구역 2는 문자 획의 우측 구간(화소수: 3,161), 구역 3은 그 좌측 구간(화소수: 3,038)이다.

그림 4는 그림 3의 확률분포함수(probability density function, pdf) 분석 결과이다. 그림 4-(a)는 영상 전체의 pdf이고 그림 (b)는 세 구역 각각의 pdf이다. 전체 영상의 pdf에서는 세 구역 특성이 함께 나타나므로 화소 개수가 상대적으로 적은 구역 2와 3의 특성은 확률적으로 파묻힌다. 반면에 이들 구역들의 화소들을 별도로



그림 3. 구역 분석용 샘플 영상  
Fig. 3. Sample image for section analysis.

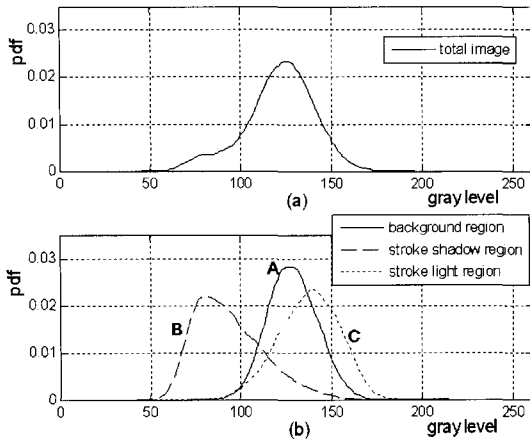


그림 4. 전체 및 각 구역 분할 pdf 특성  
Fig. 4. Pdf analysis of total and sections.

로 균질화하여 각각의 pdf를 구한 그림 (b)결과에서는 각 구역의 특성이 분명하게 나타난다. 이 때 각 pdf 곡선의 적분값은 1이다. 세 구역은 상당히 넓은 범위에 걸쳐 회색도를 공유하고 있다.

여기서 그림 4-(b)의 곡선 A는 구역 1, 곡선 B는 구역 2 그리고 곡선 C는 구역 3에 해당한다. 곡선 A는 표 1의 결과가 보여주듯이 가우스 분포를 하고 있으며 곡선 B와 C는 가우스 함수가 좌우로 밀려서 나타난다. 이로써 본래 석판이 갖고 있는 가우스 회색도분포가 명각 과정을 거치면서 빛의 반사 상태에 의해 그 분포형태를 유지하면서 중심과 함께 좌우로 이동함을 알 수 있다. 또한 구역간 회색도분포 범위의 공유 구간이 상당히 커서 구역 1과 3에서는 구역 3의 그것이 회색조 백색 구간으로 약간 밀리는 것을 제외하고는 그 차이가 미소하다. 문턱치 산출을 비롯한 구역간 경계 구분이 회색도에 의존할 수 없음을 보여준다.

분석 결과를 정리한다. 서양금석문 석판은 영상데이터 상에서 가우스분포를 하고 있으며 명각과정에 따른 문자획 영역 또한 가우스 분포이다. 영역간 구분이 회색도차나 그 미분값에 의해 의존하지 않는다. 명각부의 두 구역은 배경영역과 넓은 범위에서 회색도를 공유하고 배경영역의 분포를 좌우로 이동시켜 명암부(明暗部)를 교차시킴으로 시각적 차별화에 의해 정보영역을 부각시킨다. 이것이 판독이 용이했던 이유이다. 이러한 특성 때문에 회색도분포에 근거한 히스토그램처리나 회색도차 변화에 의한 공간필터 처리는 영역을 구분함에 현실적으로 어렵다.

배경영역의 회색도분포는 문자 획 영역에서 형태변화를 야기한다. 분포양상은 가우스함수로서 동일함으로 이의 형태변화에 따른 특징점들로 그림 4-(b) 곡선 A,

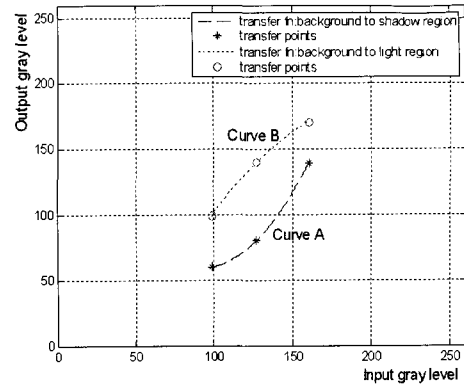


그림 5. 영역간 회색도분포 전달특성곡선  
Fig. 5. Transfer curves between regions.

B, C 각각에서 pdf값이 0 이 되는 가로축 좌우측 두 지점과 max(pdf)을 만족하는 가로축 지점을 구하고, 이들 세 점에 함수부합을 실시하여 전달특성을 산출한다. pdf곡선 A를 중심으로 곡선 B와 C의 회색도변환 전달특성을 그림 5에 보였다.

그림 5에서 곡선 A는 구역 1에 대한 구역 2, 곡선 B는 구역 1에 대한 구역 3의 회색도변환 전달특성곡선이다. 이 때 특징점들의 연결은 2차 함수( $y=ax^2+bx+c$ )를 사용하였다. 계수 {a, b, c}는 곡선 A에서 {0.018, -3.29, 212.2} 그리고 곡선 B는 {-0.0075, 3.10, -132.7}이다.

## 2. 영상 모델링

제 II 장 1절의 영상분석 결과에서 배경영역의 회색도분포가 문자 획의 두 영역에서 비선형 전달 특성을 보인다. 디지털영상이 공간좌표  $(i, j)$ 에서,  $(i=1,2,\dots, n_1, j=1,2,\dots, n_2)$   $n$ (개)의 화소( $n=n_1 \times n_2$ )로 구성되고 화소가  $x_{ij}$ 일 때, 금석문영상  $X=\{x_{ij}\}$ 는 식 (3)과 같이 영역들의 합성이다.

$$X = R_b \cup R_{ss} \cup R_{sl} \tag{3}$$

여기서  $R_b, R_{ss}, R_{sl}$ 은 각각 배경, 문자 획 그림자 및 문자 획 밝은 영역이다.

화소  $\{x_{ij}\}$  가운데 식 (3)의 영역들에 속하는 공간좌표 배열상의 화소군과 그들 화소들의 회색도군(灰색度群)을 각각  $\{b_{ij}, h_b\}, \{ss_{ij}, h_{ss}\}$  및  $\{sl_{ij}, h_{sl}\}$ , ( $b_{ij} \in R_b, ss_{ij} \in R_{ss}, sl_{ij} \in R_{sl}$ )라 할 때, 영역 사이의 회색도변환은 식 (4)와 같다.

$$h_{ss} = f_{12}h_b ; h_{sl} = f_{13}h_b \tag{4}$$

여기서  $f_{12}$ 와  $f_{13}$ 는 영역  $R_b$ 의 회색도에 대한 영역

$R_{ss}$ 와  $R_{sl}$ 의 회색도변환 전달함수이다. 이의 산출은 본 논문에서 제시하고 있는 바와 같은 오프라인 분석에 의존하며 대상으로 하고 있는 각 금석문영상의 영역특성에 따라 선형 또는 비선형 형태가 된다.

### III. 국부통계치를 활용한 영상향상

영상 X는 화소  $x_{ij}$ 와 그 화소들의 회색도  $g_{ij}$ 로 되어 있다. 2차 공간  $(i, j)$ 에서 현재고려중인화소를 중심으로 화소개수  $k$ , 회색도분포  $g_w = \{g_l\}$ , ( $l=1, 2, \dots, k$ )인 이동창  $W_{ij}$ 를 구성한다. 이동창을 전체 화소  $(i, j)$ 에 순차적으로 적용하면서 이동창에서 산출한 통계치들은 필터 설계와 영역판별 및 회색도조정의 변수로 활용한다<sup>[5,6,15]</sup>. 각각의 이동창은 자신이 진행하고 있는 구역이나 영역의 화소들에 관한 실시간 정보를 담고 있기 때문에 이 과정에서 얻은 통계치들은 그들 화소 상호간의 유사성과 차별성 및 분포를 가능하는 근거이다. 그 특성에 부합하도록 알고리즘의 파라미터 값을 조정하여 영상을 재구성할 수 있다. 이 때 알고리즘의 처리 효과는 이동창의 형태와 크기 및 파라미터 선정에 의존한다. 본 연구에서는 식 (5)와 (6)의 국부평균(local mean)과 국부 표준편차(local standard deviation)를 활용한다.

$$\bar{g}_w = \text{mean}(g_w) = \frac{1}{k} \sum_l g_l \quad (5)$$

$$\sigma_w = \left[ \frac{1}{k} \sum_l (g_l - \bar{g}_w)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

#### 1. 국부정규화처리

영상의 정규화처리는 인간의 시각인지가 주변회색도들과의 관계나 저고주파분리에 의존한다는 점을 착안하여 고안된 기법이다<sup>[16]</sup>. 인간은 현재고려중인화소의 회색도를 주변 화소들의 국부평균치로 인지하는 동시에 저주파영역을 평균하여 평활하고 고주파부분을 이와 차별하고 그 정도로 특징을 추출하거나 판별한다. 국부정규화는 이를 응용하여 일단 영상 내에 설정된 이동창의 국부구역에서 식 (7)과 같이 현재고려중인화소와 국부평균과의 회색도차를 계산한다.

$$c_{ij} = g_{ij} - \bar{g}_w \quad (7)$$

여기서  $c_{ij}$ 는 이동창의 크기와 그 평균에 따라 변동한다. 이 때 평균이 같고 회색도분포가 다른 경우 동일

한 결과를 갖기 때문에 그 자체로는 회색도분포 특성이 고려되어있지 않다. 국부구역에서의 주파수 상태는 화소군의 표준편차에 의존한다<sup>[16]</sup>. 저주파 구역은 고주파 구역에 비해 상대적으로 낮은 표준편차값을 보인다. 이동창의 표준편차  $\sigma_w$ 가 크면 회색도분포폭이 증가하여 고주파성분이 많은 것으로 인식하고 반대로 작으면 저주파 구역으로 간주한다. 텍스트영상에서는 영역과 에지의 주파수 특성이 저,고주파로 양분되므로  $\sigma_w$ 는 구역 판별 요소로 유용하다. 식 (7)에  $\sigma_w$ 를 적용하여 정규화한다.

$$d_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sigma_w} \quad (8)$$

식 (8)은 각 이동창에서 현재고려중인화소와 그 주변화소군과의 통계적 상관관계에 의해 출력회색도  $d_{ij}$ 의 상대적 값을 결정한다.  $\sigma_w$ 의 크기는 정규화의 규모를 결정한다. 이 때 식 (8)의 정규화 정도를 식 (9)와 같이 조정한다.

$$d'_{ij} = \frac{c_{ij}}{(\sigma_w)^\gamma}, \quad \gamma \geq 0 \quad (9)$$

여기서  $d'_{ij}$ 는 출력회색도이고  $\gamma$ 에 의해 가변한다.

식 (9)는  $d'_{ij} = f(g_{ij}, \bar{g}_w, \sigma_w, \gamma)$  인 4 개의 변수를 갖는 함수이다. 이를 다음의 몇 가지 경우로 나누어 고찰한다.

경우 1:  $\gamma$ 가 고정이고  $\bar{g}_w, \sigma_w$ 이 일정

동일 영역 내에 이동창이 진행되는 경우이다.  $d'_{ij} = a_0 g_{ij} + b_0$ , ( $a_0, b_0$ : 상수,  $a_0 = 1/(\sigma_w)^\gamma$ ,  $b_0 = -\bar{g}_w/(\sigma_w)^\gamma$ ) 로서 출력회색도는 현재고려중인화소 회색도에 선형 비례한다.

경우 2:  $g_{ij}, \bar{g}_w, \sigma_w$ 가 일정

크기가 일정한 동일 이동창에서  $\gamma$ 가 가변인 경우이다.  $d'_{ij} = a_1/b_1^\gamma$ , ( $a_1, b_1$ : 상수,  $a_1 = g_{ij} - \bar{g}_w$ ,  $b_1 = \sigma_w$ ) 로서  $\gamma$ 에 의한 출력회색도  $d'_{ij}$ 의 관계가 지수함수이다.

경우 3:  $\gamma$ 가 고정이고 이동창의 크기가 가변

이동창 크기 변화에 의해 영역간  $\sigma_w$ 와  $\bar{g}_w$ 의 변화를 통한 회색도차이 효과가 나타난다.

경우 3을 그림 6의 예를 통해 규명한다. 그림 6-(a)의

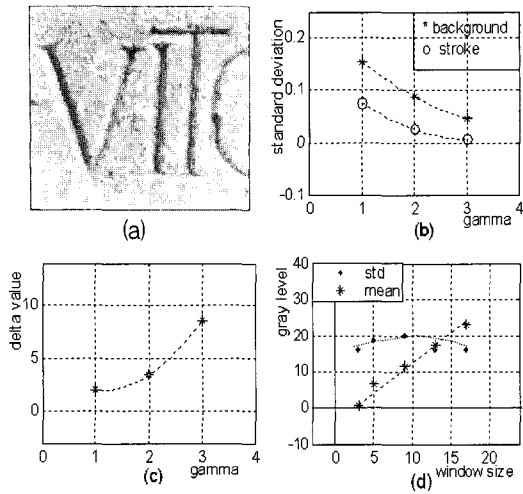


그림 6. 국부정규화와  $\gamma$  및 이동창 크기  
Fig. 6. Local normalization and  $\gamma$  and window size.

서양금석문영상을 국부정규화처리 후 배경과 정보의 두 영역에서  $\gamma$  와 이동창 크기에 따른 통계치를 상호 비교한다. 그림 6-(a)는 대상영상이고 그림 (b)와 (c)는 이동창 크기 (5X5)에서  $\gamma=1, 2, 3$  에 따른 영역의 표준편차 와 그 상대치  $\delta$  ( $\delta$ =배경영역표준편차/정보영역표준편차)의 변화 추이이다. 그림 (d)는  $\gamma=1.2$  에서 이동창 크기 변화(3X3, 5X5, 9X9, 13X13, 17X17)에 따른 두 영역 사이의 표준편차와 평균의 차이에 관한 변화 추이이다.

그림 6의 결과 (a)와 (b)에서 표준편차와  $\delta$ 값이  $\gamma$ 에 따라 경우 2에서 고찰한 바와 같이 거칠게나마 지수함수 형태의 변화특성을 보인다. 그 값이 클수록 두 영역 모두 표준편차가 감소하나(그림 (b))  $\delta$ 증가에 따라 영역 사이의 상대적 편차는 증가한다(그림 (c)). 반면에 작을수록 상승폭이 증가하여 회색도분포 범위가 넓어진다. 그리고 이동창의 크기 증가시 영역간 표준편차 차이는 큰 변화가 보이지 않으나 회색도평균 차이는 크게 상승한다(그림 (d)).

2. 영상향상

제 III 장 1절에서 고찰한 바와 같이  $\gamma$  와 이동창 크기는 국부정규화처리 된 영상 화질을 결정하는 인자이다. 국부정규화처리시  $\gamma$  와 이동창 크기에 따라 영역간 표준편차와 회색도분포의 변화가 발생한다.  $\gamma$  를 증가시키면 영역 사이의 표준편차 차이가 커져서 표준편차에 의한 영역분할 격차를 벌릴 수 있으나 평활화와 전체 영상의 회색도분포 폭 감소로 전체적인 영역 식별이 어려워진다. 이에 비해  $\gamma$  를 감소시키면 두 영

역 사이의 회색도분포폭 차이와 전체영상 회색도폭 증가를 도모할 수 있다. 그리고 이동창 크기의 증가는 각 영역의 회색도분포폭 차이에는 별 영향을 미치지 못하나 영역 사이의 회색도분포 평균의 차이를 큰 폭으로 이격시킨다.

따라서  $\gamma$  를 감소시켜 전체 영상의 평활화를 방지하는 동시에 영역의 회색도분포 폭 차이에 의한 영역분할을 기하고, 이에 더하여 이동창 크기를 크게 하여 영역간 회색도를 이격시켜 서양금석문 영상 속에 내재된 영역들을 선택적으로 차별함으로 영상 향상 효과를 높일 수 있다. 여기서 영상향상의 수치적 결과 비교는 식 (10)의 영역 사이의 중복도<sup>[18]</sup>로 판별한다.

$$k_s = \frac{\sum C_j}{S_R n C_2} \tag{10}$$

여기서  $S_R$ 는 영상  $X = \bigcup R_i, i=1,2,\dots, n.$  ( $R_i$ : 영역 또는 구역)인 각 영역의 히스토그램  $H_{R_i}$  에서 영역  $R_r \cap R_s \neq \emptyset, (r \neq s, r, s \leq n)$ 을 만족하는 영역쌍이  $m$ (개), ( $m \leq n C_2$ )에 대하여  $\sum H_{R_{-1}} = \sum H_{R_{-2}} = \dots = S_R$ 로 정규화(Normalize)시킨 값이다.  $C_j$ 는 히스토그램 상에서 중복구간이 존재하는 영역쌍의 중복색도 빈도의 합  $C_j = \sum \min(H_{R_r}, H_{R_s}), j=1,2,\dots,m,$  이다.  $k_s$  값이 작으면 영역간 회색도분포의 이격이 커서 영상향상이 증대하고, 반대로 크면 회색도분포의 중복 부분이 커져서 영역판별에 따른 영상향상효과가 떨어진다.

IV. 실험 및 고찰

제안된 방법의 성능 평가를 위하여 300X290 크기의 그림 7-(a)와 같은 회색조 JPEG 영상을 사용하였다. 그림 7-(b)는  $\gamma=0.07$ , 이동창 크기 (15x15)에서 식 (9)에

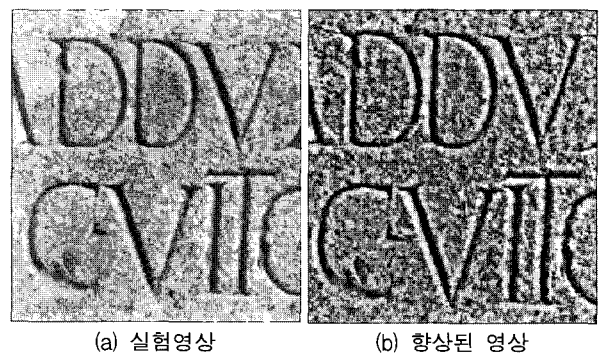


그림 7. 실험영상과 향상된 영상  
Fig. 7. Image for experiment and the enhanced result.

표 2. 영상처리전후의 중복도비교

Table 2. Comparison of overlapping factor between before and after process.

중복도(%) 구역	영상처리전(그림 7(a))	영상처리후(그림 7(b))
구역 1과 2	27.52	21.13
구역 1과 3	72.54	11.61
구역 2와 3	23.49	1.3

표 3.  $\gamma$ 와 이동창 크기 값

Table 3. Data of  $\gamma$  and window size.

(0.3, 3×3)	(0.3, 7×7)	(0.3, 11×11)
(1.6, 3×3)	(1.6, 7×7)	(1.6, 11×11)
(2.4, 3×3)	(2.4, 7×7)	(2.4, 11×11)

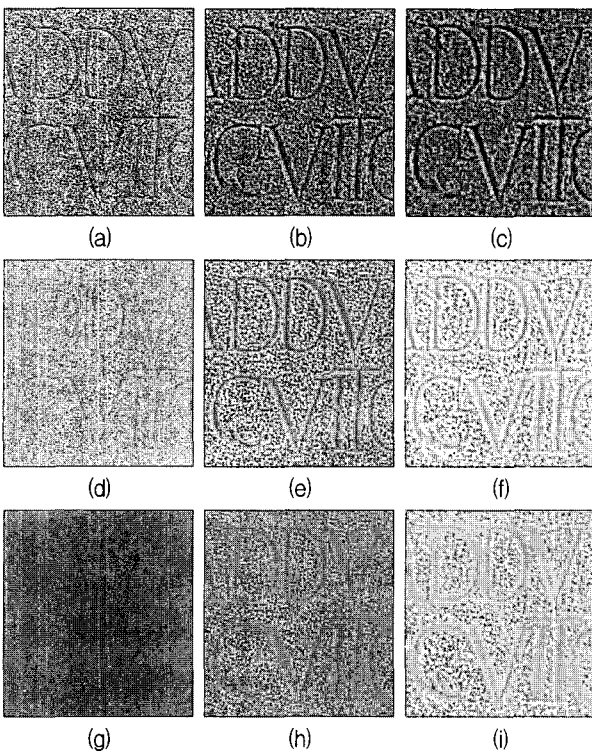


그림 8. 국부정규화처리 결과

Fig. 8. Results for local normalization process.

의해 국부정규화처리한 결과이다. 처리전후의 영상향상 효과를 중복도  $k_s$ (%)로 표 2에 정리하였다.

표 2의 결과에서 영상처리 이후 문자획 밝은 영역이 문자획 그림자영역 및 배경영역과의 사이에 차별화 정도가 상대적으로 증가함으로써 영상향상 효과가 증대하였음을 알 수 있다.

$\gamma$ 와 이동창 크기 변화(표 3)에 따른 실험으로 영상



(a) 정규화처리 (b) 전체 스트레칭 (c) AHE

그림 9. 기존의 정규화처리와 전체 및 국부영상향상 결과

Fig. 9. Results from conventional normalization process, global and local image enhancement.

처리 효과를 살펴본다.

그림 8은 표 3에 근거하여 식 (9)에 의해 국부정규화 처리한 결과이다. 아래로 갈수록  $\gamma$ 가 증가하고 우측으로 갈수록 이동창 크기가 증가한다.

고찰:  $\gamma$ 가 커질수록 평활화가 가속되며 이동창 크기 증가에 따라 영역 사이의 회색도 구분이 명확해진다.  $\gamma$ 를 감소시키면서 이동창 크기를 증가시키면 영상 향상 효과가 상승함을 알 수 있다.

그림 9는 대상영상을 기존의 정규화필터와 전체 및 국부영상향상기법으로 처리한 것이다. 전체영상처리는 스트레칭기법 그리고 국부영상향상기법으로는 AHE를 사용하였다.

고찰: 기존의 정규화처리로는 영역구분이 어렵다. 스트레칭기법과 AHE는 문자 획 부분을 선명하게 하는 효과는 있으나 배경영역에서 과향상을 발생하였다.

종합적인 고찰: 그림 7-(b)에서 보는 바와 같이, 기존의 방식과는 달리, 배경영역이 일관된 회색도로 처리되고 있으며 아울러 대상영상에서는 미약하던 정보영역의 문자 획 그림자 부분과 밝은 부분이 되살아난다.

## V. 결론

국부 통계치에 근거하여 영상을 국부정규화함으로 서양금석문 영상에 내재되어 있던 영역들을 차별적으로 선별하여 향상시키는 기법을 고안하였다. 영상을 통계 및 함수적으로 분석하여 가우스분포임을 규명하였고 영역 사이의 회색도변화 특성을 파악하여 이를 모델링하였다. 영상데이터는 배경과 정보의 두 영역으로 구분되며 영역들 서로 통계적으로 선별 가능성을 밝혔다.

영상향상 기법을 위해 명암대비를 조정하는 국부정규화 처리알고리즘을 개발하였다. 여기서 국부표준편차 관련 인자  $\gamma$ 와 이동창 크기는 영역간 회색도분포 이격과 식별을 조정한다.  $\gamma$ 를 감소시키고 이동창 크기를 상대적으로 크게 함으로 배경영역이 일관된 회색도로 평활화되고 영역 사이의 회색도차가 벌어지는 동시에 문자 획 부분의 기하학적 구도가 선명해지는 영상향상 효과를 높일 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [2] K. Zuiderveld, *Contrast limited adaptive histogram equalization*, Graphics gems IV, Academic Press Professional, Inc., San Diego, CA, 1994.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing. Reading*, 2nd ed., New Jersey, Addison-Wesley, 2002.
- [4] T. L. Ji, M. K. Sundareshan, and H. Roehrig, "Adaptive image contrast enhancement based on human visual properties," IEEE Trans. Medical Imaging, Vol. 13, no. 4, pp. 573 - 586, Dec. 1994.
- [5] D. C. Chang and W. R. Wu, "Image contrast enhancement based on a histogram transformation of local standard deviation," IEEE Trans. Medical Imaging, Vol. 17, no. 4, pp. 518-531, Aug. 1998.
- [6] D. Zheng, J. Wang, and Z. Xiao, "Image enhancement based on local standard deviation," Journal of Info. and Comptu. Sci., Vol. 2, no. 2, pp. 429-437, 2005.
- [7] J. D. Sandys, *Latin epigraphy, an introduction to the study of Latin inscriptions*, 2'nd Ed. Ares Publi., p.1, Chicago, 1927.
- [8] <http://www.caaconference.org/>
- [9] <http://www.csad.ox.ac.uk/>
- [10] <http://www.univ.trieste.it/~epilab/>
- [11] <http://www.epigraphische-datenbank-heidelberg.de/>
- [12] <http://gsm.nricp.go.kr/>
- [13] <http://www.beilin-museum.com/index1.htm>
- [14] C. Daniel and F. S. Wood, *Fitting Equations to Data*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [15] X. Z. Sun and A. N. Venetsanopoulos, "Adaptive schemes for noise filtering and edge detection by use of local statistics," IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. 35, no. 1, pp. 57-69, Jan.

1988.

- [16] S. C. Pei and C. N. Lin, "Image normalization for pattern recognition," Image Vision Comput., Vol. 13, no. 10, pp. 711 - 723, Dec. 1995.
- [17] 황재호, "변형된 ICM 방식에 의한 영역판별", 전자공학회논문지 제 43권 SP편, 제5호, 37-44쪽, 2006년 9월
- [18] 황재호, 김원식, "순차적 층위군집(層位群集)판별에 의한 경동맥 내중막 두께 측정", 전자공학회논문지 제 43권 SC편, 제5호, 89-100쪽, 2006년 9월

## 저 자 소 개



황 재 호(정회원)

1982년 2월 아주대학교  
전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 서울대학교 대학원  
전기공학과 졸업  
(공학석사)

1994년 2월 서울대학교 대학원  
전기공학과 졸업  
(공학박사)

1982년~1992년 전력연구원 부장대리

1992년~현재 한밭대학교 전자공학과 교수

<주관심분야: 영상신호처리, 비전, DSP, 멀티미디어>