

## 영상의 그림자 영역 경계 검출 및 복원 연구

### Extracting Shadow area and recovering of image

최연웅<sup>1)</sup>, 전재용<sup>2)</sup>, 박정남<sup>3)</sup>, 조기성<sup>4)</sup>

Choi, Yun Woong · Jeon, Jae Yong · Park, Jung Nam · Cho, Gi Sung

<sup>1)</sup> 전북대학교 공업기술연구센터 연구원(E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

<sup>2)</sup> 전북대학교 토목공학과 박사과정(E-mail:gisrs@chonbuk.ac.kr)

<sup>3)</sup> 순천제일대학 토목과 교수(E-mail:jnpark@suncheon.ac.kr)

<sup>4)</sup> 전북대학교 토목공학과 교수·공업기술연구센터 연구원(E-mail:gscho@chonbuk.ac.kr)

#### 요 지(Abstract)

Nowadays the aerial photos is using to get the information around our spatial environment and it increases by geometric progression in many fields. The aerial photos need in a simple object such as cartography and ground cover classification and also in a social objects such as the city plan, environment, disaster, transportation etc. However, the shadow, which includes when taking the aerial photos, makes a trouble to interpret the ground information, and also users, who need the photos in their field tasks, have restriction. This study, for removing the shadow, uses the single image and the image without the source of image and taking situation. Also, this study present clustering algorithm based on HIS color model that use Hue, Saturation and Intensity, especially this study used I(intensity) to extract shadow area from image. And finally by filtering in Fourier frequency domain creates the intrinsic image which recovers the 3-D color information and removes the shadow.

#### 1. 서 론

오늘날 항공기나 인공위성 등에 탑재된 정밀한 촬영센서들과 지상의 고정밀 카메라를 이용한 광범위의 대용량 영상의 취득이 가능해졌을 뿐만 아니라 취득된 영상의 수요 및 사용이 획기적으로 증가하고 있다. 그러나, 취득영상으로부터 얻을 수 있는 정보는 소요정확도를 만족시키지 못하거나 촬영조건 등에 따라 일정하지 않으며(Hall,1997), 영상 취득과정에서 나타나는 그림자는 원영상의 영상 정보를 훼손함으로써 영상이 가지고 있는 정확한 정보를 판독하는데 어려움을 주고 실제 활용하는데 제한을 주고 있는 실정이다.

영상에서 나타나는 그림자는 촬영하는 센서보다 낮게 위치하고 있는 구름에 의해서 발생하는 그림자와 건물이나 나무 등과 같은 지상의 객체들에 의해서 발생하는 그림자로 크게 구분할 수 있으며(Rossi, 1994), 2000년대 초까지 대부분의 선행연구는 기상적 영향으로 발생하는 구름의 그림자 제거에 관하여 중점적으로 이루어졌으나, 지상의 지형과 건물 등에 의해 발생하는 그림자의 제거에 관

한 연구는 상대적으로 미진한 실정이다(Paul, 2004). 특히 기존의 연구들은 그림자 영역의 추출에 있어서 임의적인 그림자 영역의 화소값 추출기법을 사용하거나 태양의 고도각과 LIDAR 자료, 수치지도 등의 다중 자료원을 이용한 방법을 활용하고 있으며, 그림자 영역의 복원에 있어서도 동일한 지역의 다른 영상을 이용하여 그림자가 발생된 지역을 대체하거나 그림자가 발생하지 않은 주변 지역과의 화소값 차이를 이용하여 처리하고 있다.

본 연구에서는 영상으로부터 그림자를 제거하기 앞서 필수적으로 선행되는 그림자영역 탐지를 위하여 영상내 그림자 영역의 화소값 특성을 이용하였다. 특히, 일반적인 컬러모델 중의 하나이며 색상요소(Hue), 채도요소(Saturation), 명암요소(Intensity)를 사용하는 HSI 컬러모델을 이용하였으며 영상처리에 있어 색상요소 및 채도요소만을 이용하여 명암요소의 영향을 둔감시키는 경우 그림자의 영향을 감소시킬 수 있다는 사실(전병태, 1994)에 착안하여 HSI모델의 각 요소 중 명암요소에 대한 특성을 이용하였다. 또한, 유사한 명암요소들을 군집화하는 알고리즘을 제시하여 영상내

유사 명암요소를 갖는 화소들을 군집화 함으로써 그림자 영역으로 추정되는 그룹을 추출하고 그림자 경계를 추출하였으며, 추출된 그림자 경계 영상 및 원 영상에 대한 RGB 영상으로부터 푸리에 변환을 수행한 후 원영상의 RGB 컬러 정보를 복원 함으로써 그림자를 제거하는 방법을 제시하였다.

## 2. 컬러모델

### 2.1 RGB 컬러모델

우리 눈은 망막의 추상체에서 세가지 시 색소가 흥분함에 따라 색을 감지하게 된다. 이들 시 색소들은 각각 파장이 약 630nm(적색), 530nm(녹색), 450nm(청색)일 때 가장 민감하게 반응하기 때문에 이 세가지 주파수의 세기를 비교함으로써 모든 색상을 출력한다는 삼중자극이론(tri-stimulus theory)에 근거하고 있다. RGB 컬러 모델은 그림 1과 같이 눈에 보이는 색의 모델링에 있어 이들 세가지 색을 3차원 x, y, z 축에 놓고 각 축에 나타난 값의 크기에 따라 색을 정의하며 삼원색(R, G, B)끼리 합하여 또다른 색을 표현하기 때문에 가산모델(additive model)이라고 한다(전도홍,2005).

RGB 컬러 모델은 컴퓨터 그래픽 시스템의 설계를 간단하게 하지만 각 컬러 요소들간의 상호관계가 크기 때문에 많은 영상처리 알고리즘에서는 RGB 컬러모델 보다는 HSI 컬러모델을 이용하게 되며 히스토그램 평활화 기법과 같은 영상처리 기법에서는 식 (1)에 의하여 RGB 컬러를 1차원적인 명암도 등급으로 변환하여 사용한다.

$$\text{명암도} = 0.333R + 0.333G + 0.333B \quad (1)$$

### 2.2 CMY/CMYK 컬러모델

RGB 컬러모델이 빛의 합성에 의한 모델인 반면 CMY 컬러모델은 빛이 입사되어 물체 표면에 반사되었을 때의 색에 관한 모델로써 RGB 컬러모델을 인쇄에 적용하면 원래의 색을 완벽하게 표현해주지 못하는 단점을 보완하기 위하여 개발된 방식으로 주로 인쇄목적에 사용된다. 청록색(Cyan), 자홍색(Magenta), 노랑색(Yellow)을 기본색으로 하며, RGB 컬러모델과는 달리 빼기연산에 의하여 필요한 색을 구성함으로써 감산모델(subtractive model)이라고 한다. CMY 컬러모델은 그림 2에서와 같이 RGB 컬러 공간과는 반대공간이며 각각의

컬로요소들이 서로 보색관계를 이루고 있기 때문에 식 (2)와 같은 방법으로 변환이 가능하다. 단, W는 RGB 컬러모델에서의 백색광 [1,1,1] 이다.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W \\ W \\ W \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 2.3 HSI 컬러모델

색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)라는 세가지 특성들이 컬러를 설명하는데 사용되기 때문에 이와 대응되는 컬러모델을 HSI라고 하며, 영상처리 분야에서 다양한 형태로 적용되고 있다. HSI는 그림 3과 같이 원통모양의 좌표계로 모형화되어 있으며 색상은  $0^\circ \sim 360^\circ$ 의 범위를 갖는 각  $\theta$ 로, 채도는 0~1까지의 원통반지름, 명도는 0인 경우 검정색을 1인 경우 흰색을 나타낸다. 또한, RGB 컬러모델은 식(3)과 같은 방법으로 HSI 컬러모델로 변환이 가능하다.

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{3}(R+G+B) \\ S &= 1 - \frac{3}{(R+G+B)}[\min(R,G,B)] \\ H &= \cos^{-1} \left( \frac{\frac{1}{2}(R-G) + (R-B)}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

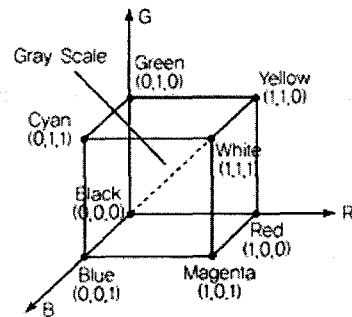


그림 1. RGB 컬러 모델

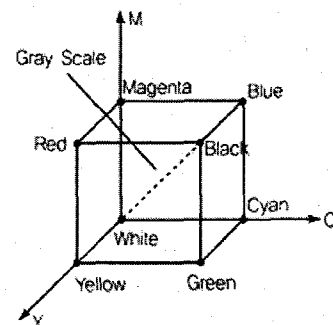


그림 2. CMY/CMYK 컬러모델

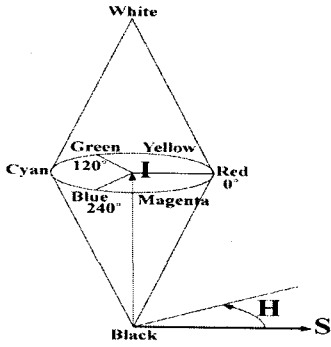


그림 3. HSI 컬러모델

### 3. 명암요소 군집화 알고리즘

군집화 알고리즘은 그림 4와 같은 과정을 통하여 각각의 화소를 기준으로 각 화소들의 명암 값을 이용하여 주변에 인접한 유사한 명도 값을 가진 화소들을 모두 하나의 그룹으로 묶어주는 과정을 수행하며, 모든 화소들에 그룹이 형성되면 각 그룹에서 명도 값의 평균을 비교하여 그림자로 예상되는 값을 가진 그룹을 그림자 화소 그룹으로 분류하였다.

제시된 알고리즘은 기본적으로는 입력화소를 중심으로 설정되는 3×3 혹은 그 이상의 크기를 갖는 마스크(mask)를 이용하여 입력화소와 주변 화소와의 연산을 통해 입력 화소의 값을 변경하는 회전기법을 이용하였다.

### 4. 영상복원

대부분의 신호처리는 주파수 영역으로 알려진 수학적 공간에 이루어진다. 주파수 영역에서 데이터를 표현하기 위해서 사용되는 방법 중 가장 많이

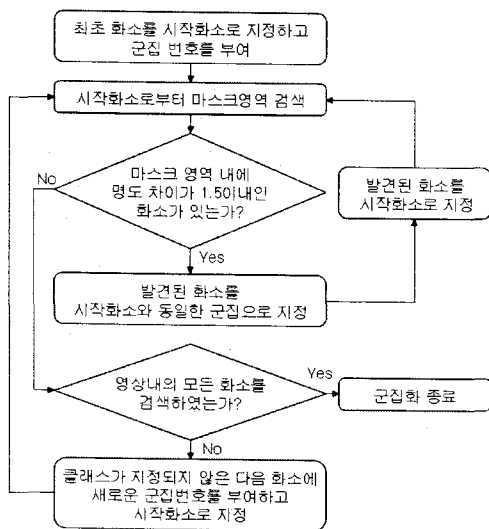


그림 4. 군집화 알고리즘 개요

알려진 것이 푸리에 변환(Fourier Transformation)이다. 임의의 주기적인 신호는 연속된 사인곡선의 조합으로 표현될 수 있다는 이론으로(Fourier, 1807), 영상처리에 있어서 푸리에 변환은 영상의 개선, 영상 복원, 영상데이터 압축등에 이용되고 있다.

본 연구에서는 푸리에 변환을 통하여 그림자 영역의 화소값을 복원하는 과정을 수행한다. 영상의 공간 주파수는 화소값의 변화율을 의미하고 고주파수는 영상을 네 부분으로 나누는 축의 주변에 집중되어 있으며, 모서리 부분에서는 보다 낮은 주파수를 갖는다.

일반적으로 열화된 영상을 복원하기 위한 가장 간단한 방법은 식 (4)를 추정하고  $\bar{F}(u,v)$ 의 역 푸리에 변환을 수행하는 것으로 이 방법을 역 필터링(inverse filtering)이라고 한다(유현중 외, 2004).

$$\bar{F}(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} \quad (4)$$

여기서,  $G(u,v)$ 는 열화된 영상에 대한 푸리에 변환이며,  $H(u,v)$ 는 열화함수를 나타낸다.

전형적인 역 필터링 구현방법은 식 (4)에 의한  $\bar{F}(u,v)$ 를 형성하고 그 역을 구하는 주파수 범위를 원점 근처로 제한하는 것이다. 다시 말해서, 원 영상에서 그림자와 같은 잡음성분 등의 화소들은 푸리에 변환의 영역에서 모서리 근처에 나타나며 일반적인 화소값은 원점 근처에서 형성됨을 이용하여 그림자 경계 마스크에 의해 제거된 그림자 영역에 대하여 주파수 범위를 원점 근처로 제한하여 복원값을 추정한다.

### 5. 알고리즘 적용

연구에 적용된 전체 알고리즘은 그림 5와 같은

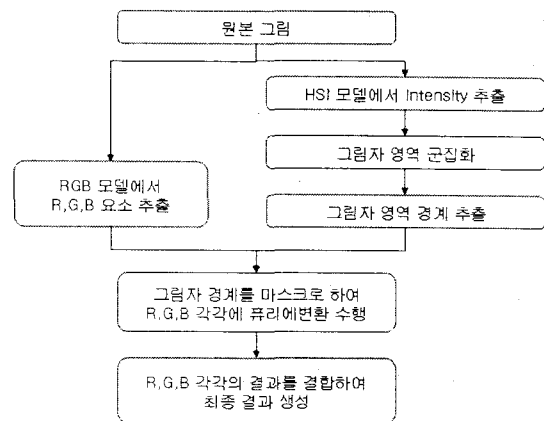


그림 5. 전체 알고리즘 수행과정

과정을 통하여 수행되었으며, 그림 6은 연구에 사용된 원 영상(RGB 컬러모델) 및 식 (3)에 의하여 HSI 컬러모델로 변환하여 각 H, S, I 요소별로

표현한 결과이다. 또한, 그림 7은 알고리즘 적용 결과를 나타내고 있으며 각각 원 영상을 HSI 컬러모델에서의 명도요소를 기준으로한 군집화 결

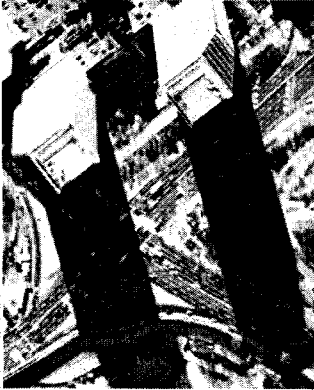

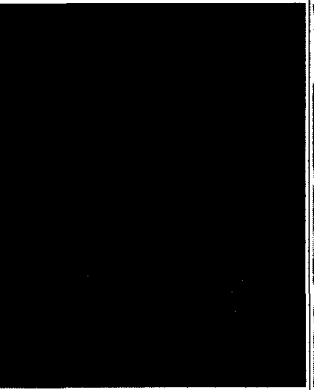

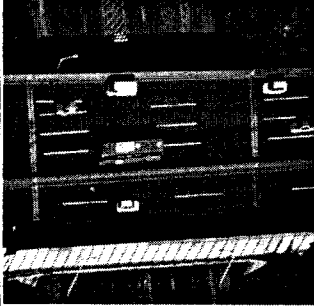
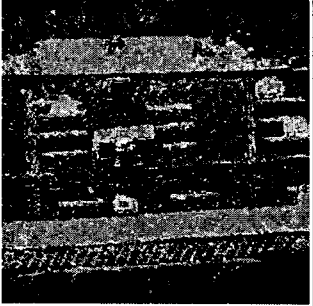
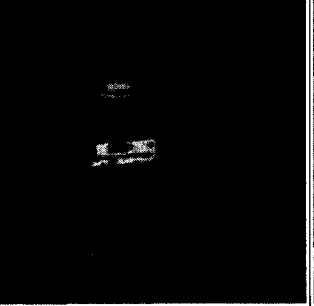
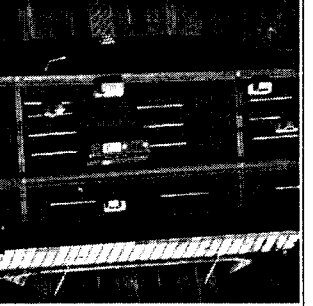
원영상	HSI 컬러모델		
	색상(Hue)	채도(Saturation)	명도(Intensity)
			
			

그림 6. 원영상(RGB) 및 HSI영상





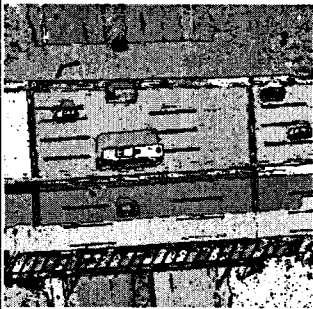
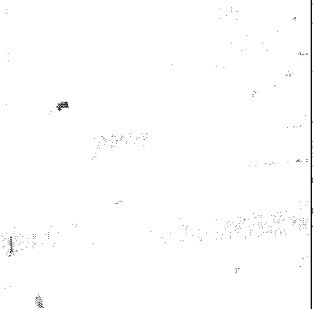
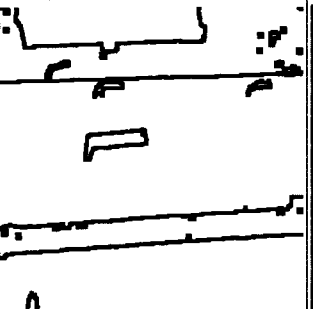
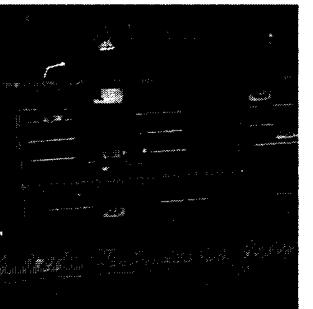
군집화 결과	그림자 그룹 추출	그림자 경계 추출	복원 결과
			
			

그림 7. 알고리즘 적용결과

과, 그림자 그룹 추출결과, 그림자 경계 추출결과 및 퓨리어 변환을 통하여 그림자 영역을 복원한 결과를 나타낸다.

## 5. 결론

본 연구에서는 영상으로부터 그림자를 제거하기 앞서 필수적으로 선행되는 그림자영역 탐지를 위하여 영상내 그림자 영역의 화소값 특성을 이용하여 지상의 지형과 건물 등에 의해 발생하는 그림자를 대상으로 자료원이 다른 보조자료 없이 단일 영상만을 사용하여 항공 영상에서 그림자 경계를 추출하고 그림자 지역을 복원하였다. 특히, 일반적인 컬러모델 중의 하나이며 색상요소(Hue), 채도요소(Saturation), 명암요소(Intensity)을 사용하는 HSI 컬러모델을 이용하였으며 HSI모델의 각 요소 중 명암요소에 대한 특성을 이용하였다. 또한, 영상처리 알고리즘에서 적용되는 회선기법을 응용하여 HSI 컬러모델에서 유사한 명암을 갖는 화소들을 군집화하는 알고리즘을 제시하여 그림자 경계를 추출하였으며, 추출된 그림자 경계 영상 및 원영상에 대한 RGB 영상으로부터 퓨리어 변환을 수행한 후 원영상의 RGB 컬러 정보를 복원함으로써 그림자를 제거하는 방법을 제시하였다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-11180-0) 지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

김종근, 송철호, 이종선, 조동섭, 2002, 컴퓨터 그래픽스, 웅보출판사

- 민근식, 1996, 디지털 컬러의 세계, 성안당
- 박성운, 1993, 영상으로부터 조명의 방향 추출과 물체의 형상복구, 부산대학교 대학원 석사학위논문
- 유현중, 김태우, 2004, 디지털영상처리, 아이티씨, pp.150-180.
- 전도홍, 2005, 컴퓨터 그래픽스 이론, 정익사
- 전병태, 1994, 훼손된 차량 번호판 영상의 혼합적 이치와 방법, 전자공학회논문지, 제31권, 제10호, pp. 1550-1559
- 홍동표, 우운택, 2002, 컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법, 2002 한국신호처리학회 학술발표회 논문집, pp. 299-302
- Brian V. Funt, Mark S. Drew, Michael Brockington, 1992, Recovering Shading from Color Images, ECCV 92 Second European Conference on Computer Vision, pp. 124-132
- Ioannis Pitas, 1993, Digital Image Processing Algorithm, pp. 231-239.
- Mark S. Drew, Graham D. Finlayson, 2003, Recovery of Chromaticity Image Free from Shadows via Illumination Invariance, ICCV 03 Workshop on Color and Photometric Methods in Computer Vision, pp. 32-39
- Paul, M. D. (2005), Shadow Analysis in High-Resolution Satellite Imagery of Urban Areas, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.71, No.2, pp.169-177.
- Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 1993, Digital Image Processing, pp. 416-429.
- Randy Crane, 1997, A simplified approach to Image Processing, pp. 17-22, 212-223.