

HSI 컬러모델 및 명도 군집화를 이용한 영상에서의 그림자영역 추출 Shadowing Area Detection in Image by HSI Color Model and Intensity Clustering

최연웅¹⁾ · 장영운²⁾ · 박정남³⁾ · 조기성⁴⁾

Choi, Yun Woong · Jang, Young Woon · Park, Jung Nam · Cho, Gi Sung

Abstract

The shadows, which is generated when acquiring data using optical sensor, mutilates consistency of brightness for same objects in the images. Hence, it makes a trouble to interpret the ground information. This study is focused on detecting the shadowing area in the images. And only single image is used without any other data which is acquired from different source. Also, This study presents the method using HSI color model, especially, using I(intensity) information, and the intensity clustering algorithm. Then, we illuminate the effects of shadow by FFT(Fast Fourier Transform).

Keywords : Aerial photo, Shadow area detection, HSI color model, clustering

초 록

광학센서를 이용한 자료취득과정 중 발생하는 그림자는 영상내 동일 지물에 대한 밝기값의 지속성을 훼손하여 영상에 의한 지상 정보를 해석함에 있어 방해요소로 작용한다. 본 연구에서는 영상정보의 활용에 있어 그림자 영역을 추출하고 그림자에 의한 영상 왜곡을 제거하기 위한 기법에 관한 연구로써 자료원이 다른 보조자료의 활용을 배제하고 단일 컬러 영상으로부터 도심지의 지상 객체에 의한 그림자를 제거하기 위하여 HSI 컬러모델의 명도(intensity) 정보를 이용하여 그림자 영역을 추출하였으며 푸리에 변환에 의한 그림자 영역 복원기법을 적용함으로써 영상에서의 그림자 영향을 제거하였다.

핵심어 : 항공영상, 그림자영역추출, HSI컬러모델, 군집화

1. 서 론

GIS분야의 발전과 더불어 항공기 및 인공위성의 광학 센서에 의한 정사영상지도의 활용성이 증가함에 따라 래스터 자료의 활용성이 크게 증가하고 있다. 래스터 형식의 지형자료는 항공기나 인공위성 등에 탑재된 고급의 정밀한 촬영센서들과 지상의 고정밀 카메라를 활용함으로써 넓은 범위의 대용량 영상과 같은 다양한 자료취득이 가능하게 되었으나 상당수의 경우 촬영 조건 등에 따라

불완전하거나 정밀하지 못한 경우가 많다(Varshney, 1997 ; Hall 등, 1997 ; Pohl 등, 1998).

특히, 광학센서를 이용하여 취득되는 항공영상은 활용빈도가 높은 자료임에도 불구하고 영상취득과정 중 발생하는 그림자는 동일 지물에 대한 밝기값의 지속성(consistency)을 훼손하는 주된 원인이 된다. 그림자는 원영상의 영상정보를 훼손하여 영상이 갖는 고유정보를 해석하는 과정에서 제약요소로 작용하며 변형된 색상으로 인하여 대상물에 대한 정확한 이해 및 대상체의 영상정보

1) 연결저자 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 시간강사(E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

2) 전북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail:cloud311@chonbuk.ac.kr)

3) 순천제일대학교 토목과 교수(E-mail:jnpark@suncheon.ac.kr)

4) 정회원 · 전북대학교 공과대학토목공학과 교수·공업기술연구센터(E-mail:gscho@chonbuk.ac.kr)

활용을 어렵게 한다.

대부분의 영상에서 나타나는 그림자는 촬영하는 센서보다 낮게 위치하고 있는 구름에 의해서 발생하는 그림자와 건물이나 나무 등과 같은 지상의 객체들에 의해서 발생하는 그림자로 크게 구분할 수 있다(Rossi, 1994). 2000년대 초까지 대부분의 선행연구는 기상적 영향으로 발생하는 구름의 그림자 제거에 관하여 중점적으로 이루어졌으며 촬영 조건을 적절히 조정함으로써 제거할 수 있었으나, 지상의 객체에 의한 그림자 특히 도심지의 밀집된 건물에 의해 발생된 그림자 제거에 관한 연구는 상대적으로 미진한 실정이다(Paul, 2005).

본 연구는 영상정보의 활용에 있어 광학 센서를 활용한 영상의 취득과정에서 나타나는 그림자 영역의 추출 및 그림자에 의한 영상 왜곡 제거 기법에 관한 연구로서 자료원이 다른 보조자료의 활용을 배제하고 단일 컬러 영상으로부터 도심지의 지상 객체에 의한 그림자를 제거하였다. 그림자 영역 추출은 저자가 본 학회 학술발표회를 통하여 소개한 바 있는 HSI 컬러모델의 명도(Intensity) 정보를 이용한 기법(최연용 외, 2007)을 적용하고, 정용주 외(2006)에서 제시된 바 있는 퓨리어 변환에 의한 그림자 영역 복원기법을 적용함으로써 영상에서의 그림자 영향을 제거하였다. 추가적으로 그림자 영역에서 HSI 컬러요소의 분포를 분석하여 그림자 영향의 복원 전후 영상의 특성을 제시하였다.

2. HSI 컬러모델

2.1 영상구성요소 및 광원이론

광원은 빛을 내는 물체라고 정의할 수 있으며 자연광원으로는 태양, 인공광원에는 전등, 네온사인, 발광 다이오드 등이 있으며 달과 같이 태양빛을 받아 반사하는 물체도 광원에 속한다.

대부분의 광원에서는 다양한 파장의 빛이 섞여서 나온다. 이때 광원이 방출하는 파장별 세기 분포를 분광복사곡선이라 한다. 태양빛은 가시영역 전체의 빛을 고루 방출하므로 직선형태의 분광복사곡선을 나타내지만, 형광등은 불연속적인 파장 분포를 지니며 상대적으로 단파장과 중간 파장 영역의 빛이 우세하기 때문에 약간 푸른 백색을 띠는 것처럼 광원에 따라 다른 분광복사곡선을 갖는다.

또한 광원에 의해 산란된 빛을 반사하는 물질들은 각각 분자 구조가 다르고 이에 따라 고유한 흡수 파장 영역을

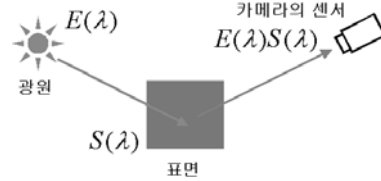


그림 1. 영상의 취득 원리

지니고 있기 때문에 결과적으로 특정한 광원 내에서 보이는 물체의 색상은 광원의 빛과 물체와의 파장에 따른 선택적인 상호작용에 의하여 다르게 나타난다.

그림 1과 같이 영상의 화소에 형성되는 RGB 컬러는 파장 λ 에서 표면 분광 반사 함수(surface spectral reflectance function) $S(\lambda)$ 를 갖는 표면에 광원에 의한 분광력 분포(spectral power distribution) $E(\lambda)$ 가 작용하여 일정한 감광도 함수(camera sensor sensitivity function)를 가지는 카메라 센서를 통하여 구성되며 식(1)은 R, G, B 값들의 함수를 나타낸다(정용주, 2006).

$$\begin{aligned} R &= \int R(\lambda)E(\lambda)S(\lambda)d\lambda \\ G &= \int G(\lambda)E(\lambda)S(\lambda)d\lambda \\ B &= \int B(\lambda)E(\lambda)S(\lambda)d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

2.2 컬러모델

흑백 영상은 각 픽셀의 밝기만으로 영상을 표현할 수 있으나 컬러 영상에서는 다양한 표현 방법이 요구된다. 컬러모델이란 광원에 의하여 반사된 대상체의 색상을 특정한 구성을 통하여 표현하는 것으로 컬러들과 다른 컬러들간의 관계를 표현하는 방법이다. 현재 컬러 모니터와 같이 빛을 이용해서 색을 표현할 때는 빛의 삼원색을 이용한 RGB 컬러 모델을, 컬러 프린터에서는 색의 삼원색을 이용한 CMY 컬러 모델을 이용한다(최형일 등, 1999). 이외에도 색상, 명도, 채도의 혼합으로 색을 나타내는 HSI 컬러 모델 및 CIE, YIQ 등 다양한 컬러모델이 존재하나 본 연구에서는 HSI 컬러모델을 이용하였다.

2.2.1 RGB 컬러모델

RGB 컬러 모델은 빛의 삼원색인 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue)을 이용하여 색을 표현하는 것으로, 일반적으로 R, G, B의 각 성분을 8비트로 표현하는 방식을 트루

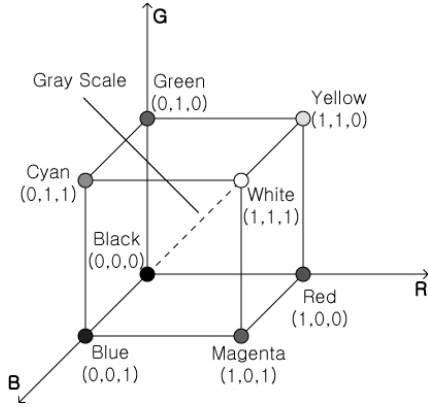


그림 2. RGB 컬러 모델

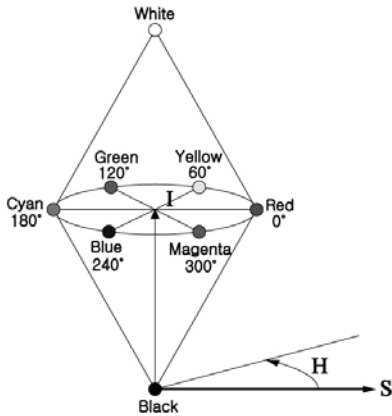


그림 3. HSI 컬러 모델

컬러(true color)라하고 빛은 혼합할수록 밝아지기 때문에 가산혼합(Additive color mixing)이라 한다. RGB 컬러 모델은 그림 2와 같이 세가지 색을 3차원 x, y, z 축에 놓고 각 축에 나타난 값의 크기에 따라 색을 정의하며 좌표점 (0, 0, 0)은 검은색, (1, 1, 1)은 흰색을 나타내며 (0, 0, 0) 및 (1, 1, 1)을 연결하는 대각선상의 모든 점들은 R, G, B 각각의 비율이 동일한 회색등급을 나타낸다(김종근 등, 2000).

2.2.2 HSI 컬러모델

HSI 컬러모델은 색도(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)라는 세가지 특징을 컬러를 설명하는데 사용하는 컬러모델로서 H와 S는 컬러정보를 갖고 있으며 색도 H는 가시광선의 특정 파장으로 관측자에 의해 인지되는 컬러로 빨강, 노랑, 파랑 등의 색채정보를 갖는다. 또한, 채도 S는 순도라고 할 수 있으며 백색광이 섞인 정도이며

명도 I는 밝기값을 나타낸다.

HSI 컬러공간은 그림 3과 같이 이중원뿔모양의 원통좌표계(cylindrical coordinate system)로 표현이 가능하며, 색도는 0°~360°의 범위를 갖는 각 θ 로, 채도는 0~1까지의 원통반지름, 명도는 원추의 중심점에서 상하 높이로써 0인 경우 검정색을 1인 경우 흰색을 나타낸다. 만약 점이 수평면에 있다고 가정하면 원뿔의 축으로부터 점까지 평면에서 벡터를 정의할 수 있기 때문에 채도는 이 벡터의 길이로 나타낼 수 있으며 채도가 강할수록 그 컬러는 명도에 따라 흰색/회색/검정색이 된다. 또한, 색도의 조절은 각도에 따라 0°에서는 빨강색, 120°에서는 녹색, 240°에서는 파랑색, 그리고 360°에서는 다시 빨강색으로 변하게 된다(김종근 등, 2000).

식 (2)는 RGB 공간에서 HSI로 변환을 나타낸다. 단, B가 G보다 클 경우, $H=360^\circ-H$ 로 계산한다(Randy, 1997).

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)] \quad (2)$$

$$H = \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R + G)^2 + (R - G)(G - B)}} \right)$$

또한, HSI 컬러모델에서 RGB 컬러모델로 변환하기 위한 처리는 컬러영역의 존재 위치에 따라 달라지며, r, g, b 값들은 R, G, B의 값으로 정규화 된다.

RG 영역($0^\circ \leq H \leq 120^\circ$)에서, GB영역($120^\circ \leq H \leq 240^\circ$)에서, BR영역($240^\circ \leq H \leq 360^\circ$)에서 각각 식 (3), 식 (4), 식 (5)와 같이 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{3}(1 - S) \\ r &= \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\ g &= 1 - (r + b) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} H &= H - 120^\circ \\ g &= \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\ r &= \frac{1}{3}(1 - S) \\ b &= 1 - (r + g) \end{aligned} \quad (4)$$



(a) 영상(1)



(b) 영상(2)



(c) 영상(3)

그림 4. 적용 영상

$$\begin{aligned}
 H &= H - 120^\circ \\
 g &= \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\
 r &= \frac{1}{3} (1 - S) \\
 b &= 1 - (g + b)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

인간이 색을 구분할 때의 판단기준은 어떤 색상인가(Hue), 얼마나 선명한 색인가(Saturation), 얼마나 밝은 색인가(Brightness)이기 때문에 RGB나 CMYK 컬러 모델이 인간의 신경계가 생물학적으로 빛을 감지하는 방법을 통해 구성되었다고 한다면 HSI 컬러 모델은 인간이 감성적으로 색을 받아들이는 방법과 가장 가깝게 구성되었다고 할 수 있다.

또한, RGB 컬러 모델은 컴퓨터 그래픽스 시스템의 설계를 간단하게 하는 반면 RGB 컬러 모델을 구성하는 R(빨강), G(초록) 및 B(파랑)의 컬러요소들 간의 상호관계가 크기 때문에 컴퓨터 비전 등의 다양한 응용분야에서는 HSI 컬러모델을 이용한다. 다시 말해서, 각 컬러요소들 간의 상호관계가 큰 RGB 컬러 모델에서는 어떤 컬러를 만들기 위하여 각 컬러 요소들 간의 성분비를 알고 있어야 하는 반면 HSI 컬러공간에서는 어떤 컬러를 만들기 위하여 단지 채도(S) 또는 명도(I)를 변경함으로써 조절이 가능하다.

특히, 이운석(2000)은 HSI 컬러모델의 색상요소(Hue)와 채도요소(Saturation)만을 이용하여 명암요소(Intensity)의 영향을 둔감시킴으로써 영상의 그림자에 독립적인 결과를 얻는 장점을 이용하여 영상으로부터 자동차 번호판 영역을 추출하는 연구를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 이러한 HSI 컬러모델의 명암요소(I)와 그림자의 관계를 이용하여 영상의 그림자 영역을 추출하였다.

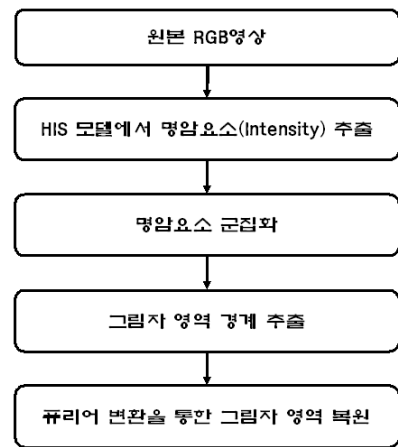


그림 5. 연구흐름도

3. 적용 및 고찰

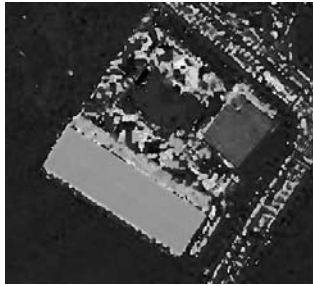
3.1 적용대상 영상 및 연구내용

본 연구는 CCD 카메라를 이용하여 취득된 그림 4와 같은 항공사진을 이용하여 그림 5와 같은 과정을 통하여 수행하였다. 또한, 영상내에 존재하는 정보만을 사용하기 위해 영상 외에 대상지역에 대한 보조자료는 사용하지 않았다.

3.2 HSI 컬러모델 변환

본 연구에서는 HSI 컬러모델의 명도요소만을 활용하기 위하여 RGB 컬러 모델로 표현된 원영상을 식(2)를 이용하여 HSI 컬러모델로 변환하였으며 그림 6, 그림 7 및 그림 8과 같이 원본 영상에 대한 HSI 컬러모델에서의 색도, 채도 및 명도요소에 대한 영상을 취득하였다.

또한 그림 9는 그림 4(b) 영상에서 시각적으로 확인이



(a) 색도(Hue)

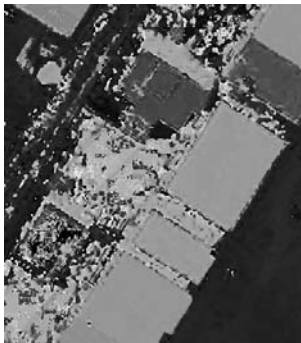


(b) 채도(Saturation)

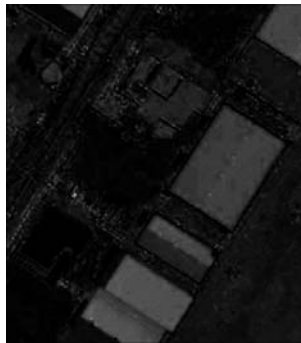


(c) 명도(Intensity)

그림 6. 영상(1)에 대한 HSI 컬러모델의 컬러요소



(a) 색도(Hue)

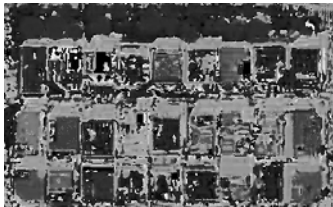


(b) 채도(Saturation)



(c) 명도(Intensity)

그림 7. 영상(2)에 대한 HSI 컬러모델의 컬러요소



(a) 색도(Hue)

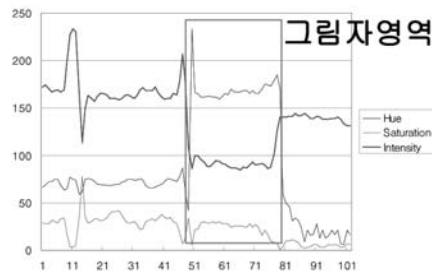


(b) 채도(Saturation)

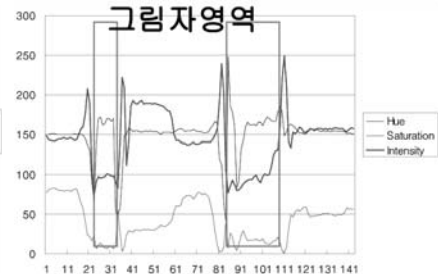


(c) 명도(Intensity)

그림 8. 영상(3)에 대한 HSI 컬러모델의 컬러요소



(a) A 지역



(b) B 지역

그림 9. 그림 4(b) 영상의 일부지역에 대한 HIS 컬러요소 분포

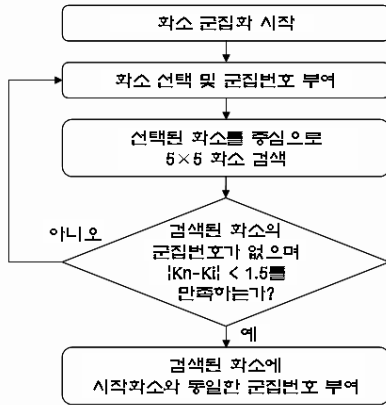


그림 10. 군집화 알고리즘 흐름도

가능한 그림자영역을 포함한 부분에 대한 HSI 컬러모델의 각 컬러요소들의 분포를 나타낸다.

A 지역의 그림자 영역에서 색도(H)의 분포가 급격한 변화를 보이고 있으나, B 지역에서는 채도(S)의 분포와 같이 그림자 영역에서 특이한 분포를 나타내지 않고 있으나, 명도(I)요소의 분포는 A, B지역의 그림자 영역에서 특이한 형태를 나타내고 있음을 확인할 수 있어 HSI 컬러요소 중 명도(I)요소가 영상의 그림자 분포와 관련이 있음을 알 수 있다.

3.3 명암요소 군집화 알고리즘

군집화 방식은 그림 10과 같은 과정을 반복함으로써 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.

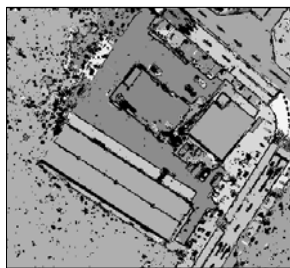
제시된 알고리즘은 기본적으로는 입력화소를 중심으로 설정되는 3x3 혹은 그 이상의 크기를 갖는 마스크(mask)를 이용하여 입력화소와 주변 화소와의 연산을 통해 입력화소의 값을 변경하는 회선기법을 이용하였으며 본 연구에서는 경험적으로 마스크 크기를 5x5로 적용하였고, 명도값을 군집화 하기위한 최대 명도 차이를 ± 1.5 로 정의함으로써 최대 3까지의 차이를 나타내는 화소들을 같은 군집으로 간주하였다.

3.4 그림자 군집 결정 및 그림자 영역 추출

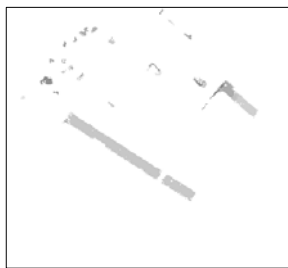
명암도에 의해 군집화된 결과로부터 그림자 군집을 결정하기 위하여 본 연구에서는 명백하게 그림자로 판별되는 지역의 명도(I)값을 표본으로 추출함으로써 그림자 군집으로 추정되는 군집을 결정하였다.

또한, 군집화의 결과로부터 경계를 검출함으로써 그림자 영역을 추출하였다. 그러나, 그림자 군집 추출결과 객체의 크기가 작은 미소군집들은 오차로 간주하고 삭제하였으며 영상의 경계검출 알고리즘 중의 하나인 Canny 경계검출기(Canny, 1986)를 활용하여 그림자 영역을 추출하였다.

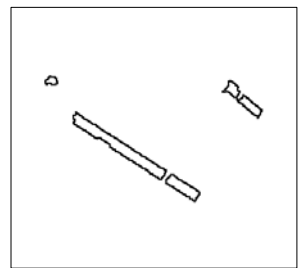
그림 11, 그림 12 및 그림 13은 각각의 영상에서 명도값으로 군집화를 하고 그중에서 그림자 영역을 검출하여 경계를 추출한 결과로서 본 연구에서 제안하고 있는 명암값의 군집화 알고리즘이 그림자 군집을 정확하게 추출하고 있음을 확인할 수 있으며, 매우 명확한 그림자 영역 추출 결과를 나타내었다. 그러나, 그림 13은 상대적으로 넓은 지역을 포함하고 있는 영상으로써 밀집된 건물 및 건물 주변의 가로수 등 영상에 포함된 객체들의 구조가 복잡하게 분포하고 있다. 따라서 명확한 군집을 구분하지 못하였으며 결과적으로 명확한 그림자 영역을 추출하지 못함으로써 본 연구에서 적용된 다른 영상에 비하여 상대



(a) 명암요소 군집화

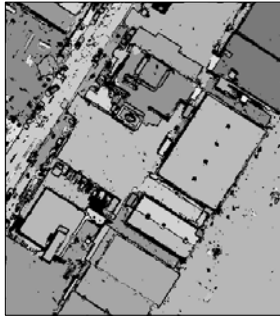


(b) 군집 추출

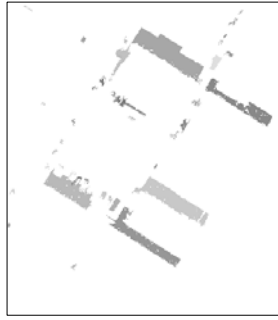


(c) 경계 추출

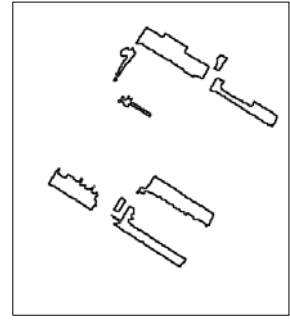
그림 11. 영상(1)의 경계 추출 과정



(a) 명암요소 군집화

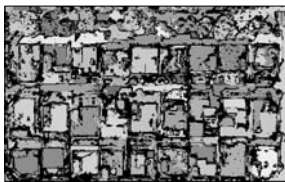


(b) 군집 추출

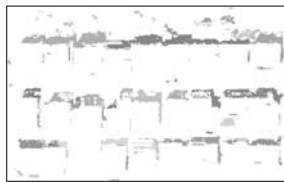


(c) 경계 추출

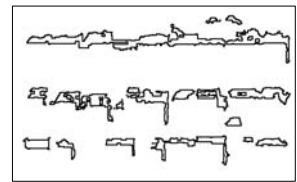
그림 12. 영상(2)의 경계 추출 과정



(a) 명암요소 군집화



(b) 군집 추출



(c) 경계 추출

그림 13. 영상(3)의 경계 추출 과정

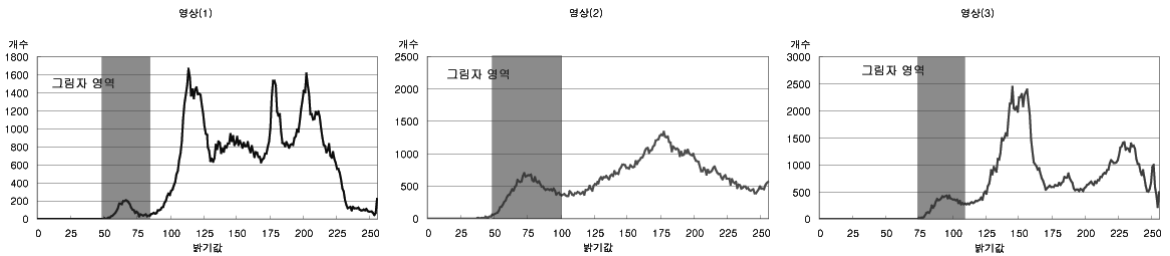


그림 14. 명암요소 히스토그램 및 추출된 그림자 군집의 명암요소 분포

적으로 좋지 않은 결과를 보이고 있다.

그림 14는 적용영상들의 명도값 히스토그램으로써 그림자 영역으로 표시된 부분은 표본으로 추출된 군집들의 명도값 분포를 표시하고 있다. 그림자 영역으로 추출된 군집들의 명암값 분포가 다른 지역에 비하여 상대적으로 낮은 명도값을 나타내고 있어 시각적으로도 영상에서 다른 지역에 비하여 어둡게 나타나는 그림자 영역의 특성을 정확하게 반영하고 있다.

3.5 영상에서의 그림자 제거

본 연구에서는 정용주 외(2006)에서 제시된 바 있는 푸리에 변환에 의한 그림자 영역 복원기법을 적용하여 앞서 추출된 그림자 경계를 이용함으로써 그림자 영역을 복원 하였으며 그림 15와 같은 그림자가 제거된 영상을 생성 하였다.

적용된 모든 영상들에서 푸리에 공간에서의 평활화 과정에 의하여 영상의 전체적인 밝기가 약간 어두워진 결과를 보이고 있으나, 전반적으로 매우 우수한 그림자 제거 결과를 나타내고 있다. 그러나, 명도(I)값 군집화 과정 이후 그림자 군집추출 과정에서 영상내 자동차 등과 같이 작은 객체들에 의해 생성된 군집은 그림자 경계추출과정에서 고려하지 않았기 때문에 그림자 제거 결과에서도 자동차 등에 의해 발생된 그림자들은 제거되지 않는 결과를 나타내고 있다.

또한, 그림 16은 그림 4(b) 영상에 대한 그림자제거 결과 영상인 그림 15(b)의 일부지역에 대한 HSI 컬러모델의 각 컬러요소들의 분포를 나타낸다.

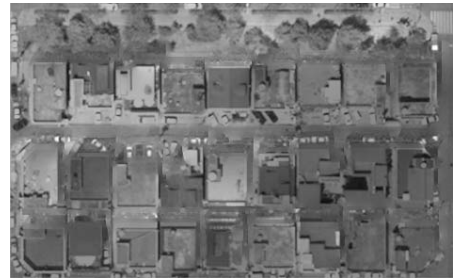
A, B 지역에서 영상의 밝기가 어두워진 결과를 반영하여 전체적으로 원본 영상에 비하여 명도(I)요소가 낮게



(a) 영상(1)

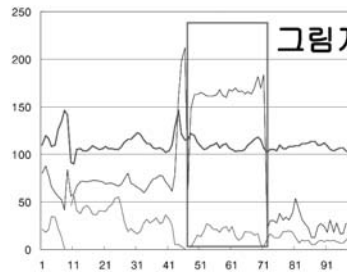


(b) 영상(2)

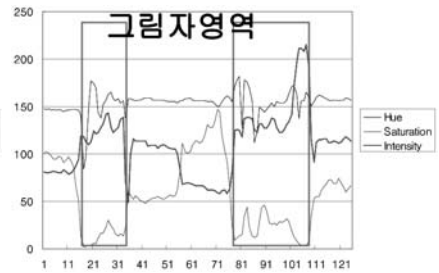


(c) 영상(3)

그림 15. 푸리에 변환에 의한 영상복원결과



(a) A 지역



(b) B 지역

그림 16. 복원된 영상에 대한 HSI 컬러요소 분포

나타났으며 채도(S)요소는 전반적으로 다소 높게 나타나 선명해지는 효과를 보이고 있으나 원본 영상의 색도(H) 요소는 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타나 영상 복원 후에도 원본 영상의 고유한 색상정보는 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 영상정보의 활용에 있어 광학 센서를 활용한 영상의 취득과정에서 나타나는 그림자 영역의 추출기법에 관한 연구로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 그림자와 HSI 컬러요소간의 관계를 이용하여 대상지역에 관한 다른 보조 자료의 활용을 배제하고 단일 컬러영상으로부터 그림자 영역을 추출하였다.

둘째, HSI 컬러모델의 명암요소를 군집화 알고리즘을 제시하고 명암요소 군집화를 통한 그림자 영역 및 그림자 경계를 추출하였으며 푸리에 변환을 통하여 영상을 복원하였다.

셋째, 복원된 영상에서의 HSI 컬러요소는 명도 및 채도가 각각 낮거나 높게 나타나 원본 영상에 비하여 다소 어

둑고 선명해졌으나, 색도요소는 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타나 영상복원 후에도 원본 영상의 고유한 색상 정보는 크게 변하지 않는 것으로 나타났다.

감사의 글

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

참고문헌

김종근, 송철호, 이종선, 조동섭 (2000), 컴퓨터그래픽스, 응보출판사, pp. 121-123, pp. 130-133.
 이운석 (2000), 동적 색채 분포 정보에 기반한 자동차 번호판 영역 추출, 석사학위논문, 서울시립대학교.
 정용주 (2006), 엔트로피 최소화를 이용한 영상에서의 그림자 영역 제거 기법 연구, 석사학위논문, 전북대학교.
 정용주, 장영운, 최연웅, 조기성 (2006), 항공영상에서 그림자 경계 탐색 및 복원 기법 연구, 한국측량학회지, 제24권, 제4호, pp.327-334.
 최연웅, 전재용, 박정남, 조기성 (2007), 영상의 그림자 영역 경계 검출 및 복원 연구, 한국측량학회 2007년도 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 169-173.

- 최형일, 이근수, 이양원 (1999), 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사, pp.13-29.
- Canny, J. (1986), A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 8, pp. 679-698.
- Hall, D. L. and J. Llinas (1997), An introduction to multisensor data fusion, *Proceedings of IEEE*, vol. 85, no. 1, pp. 16-23.
- Pohl, C. and j. L Van Genderen (1998), Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods, and applications, *International Journal of remote Sensing*, vol. 19, no. 5, pp. 823-854.
- 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.
- Rossi, R. E., J. L. Dungan and L.R. beck (1994), Kriging in the shadows: Geostatistical interpolation for remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, vol. 49, no. 1, pp. 32-40
- Randy Crane (1996), A Simplified Approach to Image Processing, *Prentice Hall PTR*, pp. 17-22, pp. 212-223.
- Varchney, P. K. (1997), Multisensor data fusion, *Electronics and Communication Engineering Journal*, vol. 9, no. 6, pp. 245-253.

(접수일 2008. 4. 13, 심사일 2008. 5. 19, 심사완료일 2008. 8. 20)