

항공영상에서 그림자 경계 탐색 및 복원 기법 연구

A Study for Introducing a Method of Detecting and Recovering the Shadow Edge from Aerial Photos

정용주¹⁾ · 장영운²⁾ · 최연웅³⁾ · 조기성⁴⁾

Jung, Yong Ju · Jang, Young Woon · Choi, Yun Woong · Cho, Gi Sung

Abstract

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 a restriction. Generally the shadow occurs by the building and surface topography, and the detail cause is by changing of the illumination in an area. For removing the shadow this study uses the single image and processes the image without the source of image and taking situation. Also, applying the entropy minimization method it generates the 1-D gray-scale invariant image for creating the shadow edge mask and using the Canny edge detection creates the shadow edge mask, and finally by filtering in Fourier frequency domain creates the intrinsic image which recovers the 3-D color information and removes the shadow.

Keywords : Aerial Photos, Shadow, Entropy Minimization, Invariant Images, Intrinsic Images

초 록

항공 영상은 지도 제작과 지상 피복 분류와 같은 간단한 목적뿐만 아니라 도시계획, 환경, 재난, 교통 등과 같은 사회적인 목적에서 필수적이다. 그러나 영상이 취득될 때 간섭되는 그림자는 지상 정보를 해석하는데 방해요소로 작용하고, 자신의 업무 및 연구에 사용하려는 사용자에게 제한적인 요인으로 작용한다. 일반적으로 그림자는 건물과 표면 지형 등에 의해 발생하며 세부적인 원인으로 이러한 지형에 의한 광원의 변화에 의해 생성된다. 본 연구는 그림자를 제거하기 위하여 단일 영상만을 사용하며 영상의 원 출처 및 촬영상태의 사전 정보 없이 처리하였다. 또한 그림자 경계 마스크를 제작하기 위하여 엔트로피 최소화 기법을 사용한 1차원 흑백 불변 영상(invariant images)과 Canny 경계 검출법을 적용하였으며, 최종적으로 푸리에(Fourier) 주파수 공간에서의 필터링을 통한 고유 영상(intrinsic images)을 제작함으로써 3차원의 컬러 정보를 복원하고 그림자를 제거하였다.

핵심어 : 항공 영상, 그림자, 엔트로피 최소화, 불변 영상, 고유 영상

1. 서 론

오늘날 항공기나 인공위성 등에 탑재된 정밀한 촬영센서들과 지상의 고정밀 카메라를 이용한 광범위의 대용량 영상의 취득이 가능해졌을 뿐만 아니라 취득된 영상의 수

요 및 사용이 획기적으로 증가하고 있다.

그러나, 영상의 취득과정에서 필수적으로 나타나는 그림자는 원영상의 영상 정보를 훼손함으로써 영상이 가지고 있는 정확한 정보를 판독하는데 어려움을 주는 실정이며 영상내의 정보를 파악하여 업무에 활용하고자 하는 사

1) 정회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 석사(E-mail:jongyj25@paran.com)

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

3) 연결저자 · 정회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 박사(E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

4) 정회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수·공업기술연구원 연구원(E-mail:gscho@chonbuk.ac.kr)

용자에게 해결해야 할 커다란 문제로 대두되고 있다. 그러나, 현재까지 그림자 제거를 위한 연구들은 기상 영향으로 발생하는 구름의 그림자 제거 위주로 이루어져 왔으며(Shu 등, 1990; Cheevasuvit 등, 1992; Lui 등, 1993; Leblon 등, 1996; Wang 등, 1999) 지상의 지형과 건물 등에 의해 발생하는 그림자의 제거에 관한 연구는 상대적으로 미진한 실정이다. 특히 기존의 연구들은 그림자 영역의 추출에 있어서 임의적인 그림자 영역의 화소값 추출 기법을 사용하거나 태양의 고도각과 LIDAR 자료, 수치지도 등의 다중 자료원을 이용한 방법을 활용하고 있으며, 그림자 영역의 복원에 있어서도 동일한 지역의 다른 영상을 이용하여 그림자가 발생한 지역을 대체하거나 그림자가 발생하지 않은 주변 지역과의 화소값 차이를 이용하여 처리하고 있다(홍동표, 2002; 윤공현, 2004; Giles, 2001; Rau, 2002; Paul, 2005).

본 연구에서는 영상의 그림자 제거를 위하여 자료원이 다른 보조자료나 영상의 출처 및 촬영상태 등의 사전 정보 없이 단일 영상만을 사용하였다. 특히, 그림자 영역 검출을 위하여 그림자 경계선을 추출함에 있어 컬러 영상의 1차원 불변영상을 이용하였으며, 불변영상 생성을 위한 최적의 투영각 산출을 위해 엔트로피 최소화 이론을 적용하였다. 또한, 추출된 그림자 경계마스크에 대하여 푸리에 변환을 수행하여 그림자 지역을 복원함으로써 보다 객관적인 그림자 영역 추출 및 복원기법을 제시하였다.

2. 엔트로피 이론

엔트로피는 물리학적 용어로서, 양자역학의 혼재 상태에서 혼돈의 양을 측정하는 것으로 그 특성은 통계적이며 확률적이고, 이론적으로는 물질계가 흡수하는 열량과 절대온도와의 비로 정의된다.

엔트로피를 정보와 연관시키면 정보의 저장은 엔트로피를 감소시키는 작용을 한다. 정보는 특정시기에 특정 목적을 위하여 필요한 자료이거나 무지의 양과 불확실성의 범위를 감소시키기 위하여 시스템에 의해 선택된 자료라 할 수 있다. 따라서 분리된 시스템이거나 또는 균일한 환경 속에 있는 시스템은 엔트로피가 증가된다(최연웅, 2005).

엔트로피 이론은 적용하는 분야에 따라 열역학적 엔트로피, 통계적 엔트로피, 정보이론적 엔트로피로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 Shannon에 의하여 정의된 정

보이론적 관점에서의 엔트로피 이론을 적용하였다.

정보이론적 관점에서의 엔트로피는 Shannon에 의하여 식 (1)과 같이 정의되었다(Shannon, 1948).

$$E = - \sum_{i=1}^n p_i \log(p_i) \quad (1)$$

단, p_i 는 사건 i 가 발생할 확률이며,

$$\sum_{k=1}^n p_k = 1, \quad 0 \leq p_i \leq 1$$

이다. 따라서, 엔트로피는 확률에 관한 함수로서 그림 1과 같이 확률이 50%일때 최대값을 갖는 형태의 그래프로 표현된다.

또한, Pun(1980)는 Shannon의 엔트로피 이론을 식 (2)와 같은 방법으로 영상에서의 엔트로피를 정의하는데 사용하였다.

$$E = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{M \times N} \quad (2)$$

여기서, p_i 는 영상에서 나타나는 명암도 i 에 대한 확률이고, L 은 최고 명암도, n_i 는 i 의 명암도를 갖는 셀의 개수, $M \times N$ 은 영상의 크기이다.

3. 불변 영상

그림 2는 광원 요소의 감소에 따른 그림자 지역의 발생

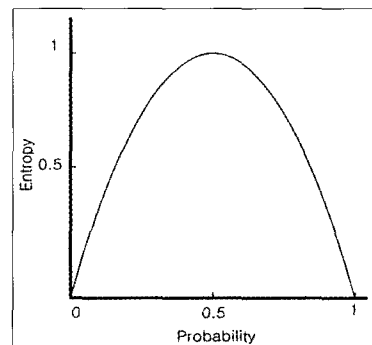


그림 1. Shannon의 엔트로피 분포

원인을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 일반적인 공간에서 건물이나 객체에 의해 광원이 차단되지 않았을 때 태양에서 도달하는 직접적인 태양광과 공기 중에 산란되어 발생하는 산란광의 두 가지 광원요소가 작용한다. 그러나 건물과 같은 객체에 의해서 태양광의 요소가 차단되었을 경우 산란광만 작용하여 그림 2와 같이 그림자가 발생하게 된다.

즉, 그림자의 발생은 광원의 감소에 의한 작용이며 영상에서 그림자를 제거하기 위해서는 광원의 영향을 제거해야 한다. Finlayson(2004)은 광원의 영향을 제거하고 영상내의 속성 정보만을 가지고 있는 영상을 불변영상(invariant images)이라 정의하였으며 광원의 영향을 제거하기 위해서 식 (3)을 이용하여 3차원 (R, G, B) 화소값을 2차원 (x₁, x₂)의 색도 공간(chromaticity space)으로 변환하고 이를 다시 1차원으로 투영하여 그림자가 제거되는 1차원의 불변 영상을 구성하였다.

$$x_1 = R/G, \quad x_2 = B/G \quad (3)$$

여기서 R, G, B는 영상에서 추출된 각 화소의 파장대별

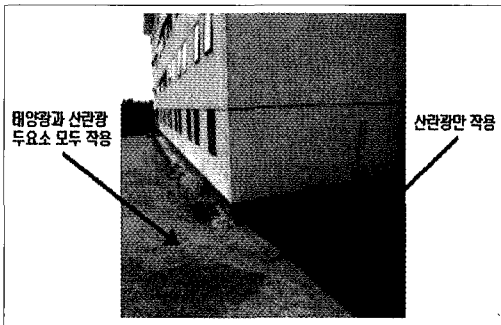


그림 2. 그림자의 발생

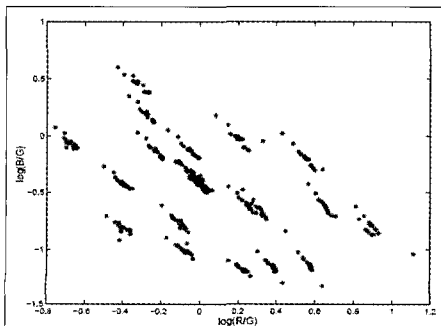


그림 3. 2차원 색도 대수값의 그래프

값을 나타낸다.

그림 3은 3차원의 R, G, B 값들을 다시 2차원의 색도값으로 변환 전 결과에 대수(logarithm)를 취하여 플로팅한 결과이며 직선 형태의 일정한 분포를 나타냄을 알 수 있다.

그림 3과 같이 구성된 값들은 식 (4)를 통하여 1차원 스칼라량으로 투영된다.

$$T = x'_1 \cos(\theta) + x'_2 \sin(\theta) \quad (4)$$

단, $x'_1 = \log x_1$, $x'_2 = \log x_2$ 이고, θ 는 1°에서 180°까지의 투영각도를 나타내며, θ 를 조정함으로써 광원의 효과를 제거한 불변영상을 생성하게 된다.

식 (4)에 의해 구성된 180개의 스칼라량에 대한 엔트로피를 계산하면 그림 4와 같은 그래프로 나타낼 수 있으며 엔트로피가 최소가 되는 θ 를 찾을 수 있다.

그림 5와 그림 6은 3차원 원영상 화소값을 식 (3)에 의하여 2차원 색도 값으로 변환하고 이를 다시 1차원 불변 영상으로 투영하는 예를 나타낸다. 그림 5에서와 같이 직선 형태의 일정한 분포를 나타내는 2차원 색도값을 분포 방향에 최대한 직각인 방향으로 투영하는 경우 투영된 값들의 분포는 그림 6에 비하여 균집화 되는 형태를 나타내게 된다. 따라서 임의의 값에 대한 불확실성의 범위가 작

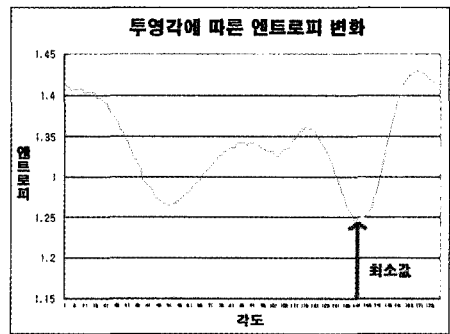


그림 4. 엔트로피 그래프

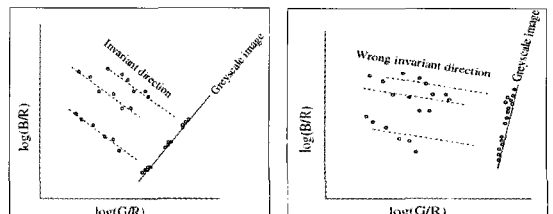


그림 5. 불변영상 구성 예(Right) 그림 6. 불변영상 구성 예(Wrong)

아지고 결과적으로 엔트로피는 낮아지게 된다. 그러나 그림 6에서와 같이 투영각도가 다른 경우 투영된 색도값들은 이산적으로 분포하게 되고 따라서 불확실성의 범위가 증가함으로써 높은 엔트로피 값을 나타내게 된다. 불변영상은 2차원 색도값이 최적의 투영각에서 1차원 스칼라값으로 투영되었을 때 생성되며 최적의 투영각은 엔트로피가 최소가 되는 각도에서 나타난다.

또한, 엔트로피는 확률에 관한 함수로서 본 연구에서는 확률 값의 추출을 위해서 히스토그램을 구성하였다.

표본 n 개에 대한 히스토그램을 작성하기 위한 일반적인 절차는 다음과 같다(김승환 외, 1995). 첫째, 자료의 최대값과 최소값을 찾아 자료의 범위를 구한다. 둘째, 자료의 크기를 고려하여 5개 이상의 계급의 개수를 정하고, 적당한 계급구간의 폭을 정한다. 일반적으로 자료의 범위 및 계급의 개수보다 조금 크게 계급의 폭을 정한다. 셋째, 정해진 계급의 개수와 폭을 이용하여 서로 중복되지 않는 동일한 계급구간의 폭을 정한다. 넷째, 각 계급에 속하는 도수와 상대도수를 구한다. 마지막으로 각 계급구간에 도수 혹은 상대도수의 높이로 구성하여 완성한다.

그러나, 영상에서는 그림자뿐만 아니라 잡음의 성분들이 존재하며 이는 확률값의 추출을 위한 히스토그램 구성에 있어서 예상하지 못한 오류의 요소로 작용하게 된다. 따라서 본 연구에서는 오차의 영향을 줄이기 위해 상위 5%, 하위 5%의 값들을 각각 배제하고 히스토그램을 구성하였다.

또한 히스토그램을 구성하기 위한 구간(interval)의 크기는 Scott(1979)에 의해 제안된 식 (5)를 이용하였다.

$$h = 3.5\sigma(\text{projected data})n^{1/3} \quad (5)$$

여기서 σ 는 앞에서 산출된 1차원 불변 스칼라량들의 표준편차를 나타낸다.

4. 그림자 경계 추출

본 연구에서는 그림자 경계를 나타내는 그림자 경계 마스크를 구성하기 위하여 Canny 경계 검출법 및 수리형태학적(mathematical morphology) 연산을 수행하였으며 불변 영상에서 추출된 경계 및 원 영상에서 추출된 경계와의 XOR 연산을 통해 원 영상에서만 나타나는 경계를 그림자 경계로 정의하여 그림자 경계 마스크를 구성하였다. 즉, 원영상에서는 그림자의 경계가 존재하지만 불변영상

에서는 그림자 영향을 제거하였으므로 그림자를 제외한 경계만이 추출되며 이 두가지 경계를 두 영상에서 서로 같지 않은 경계는 그림자 경계라는 XOR 연산을 도입하여 그림자 경계를 추출하였다.

불변영상과 원영상 사이의 그림자 경계를 비교하고 추출하기 위해서 사용된 Canny 경계 검출기(Canny, 1986)는 영상의 잡음을 줄이기 위해서 규정된 표준 편차 σ 의 가우시안 필터로 식 (6) 및 식 (7)을 이용하여 지역적 기울기 및 경계방향을 계산함으로써 수행된다.

$$g(x, y) = [G_{x2} + G_{y2}] \quad (6)$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (7)$$

이때 사용될 수 있는 지역적 기울기의 계산방법은 Sobel, Prewitt, Roberts 검출기등을 사용하며, 경계점은 강도가 기울기 방향에서 지역 최대값인 점으로 정의된다.

그러나, Canny 경계검출법으로 추출된 경계는 불완전하고 잡음 등이 포함되어 경계점들이 연결되어 있지 않으며 (Finlayson 등, 2001) 이를 보완하기 위하여 수리형태학적 연산자를 이용하였다.

수리형태학이란 영상에서 영상내 물체 혹은 영역의 형태에 근거한 처리를 가하여 해석에 필요한 새로운 영상을 생성하는 각종 이론 및 알고리즘으로 합집합과 교집합 이론에 기초를 두고 있으며, 침식(erosion)연산과 팽창(dilation)연산을 이용한다.

식 (8)과 식 (9)는 각각 영상에서의 침식연산 및 팽창연산에 관한 기본 식을 나타내며, 그림 7에서와 같이 침식

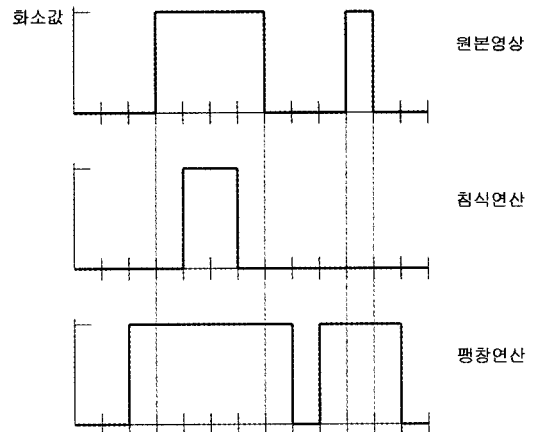


그림 7. 침식 및 팽창연산의 원리

연산은 영역을 감소시킴으로써 고립된 점과 같은 영상의 잡음 등을 제거하는 효과가 있으며, 팽창연산을 통하여 영역을 증가시킴으로써 불완전하게 추출된 경계선들을 연결시키는 효과를 얻을 수 있다(최현웅, 2005).

$$R(x, y) = \text{Min}\{A(x+i, y+j) - B(i, j)\} \quad (8)$$

$$R(x, y) = \text{Max}\{A(x+i, y+j) + B(i, j)\} \quad (9)$$

5. 영상 복원

대부분의 신호처리는 주파수 영역으로 알려진 수학적 공간에 이루어진다. 주파수 영역에서 데이터를 표현하기 위해서 사용되는 방법 중 가장 많이 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 의미하며 고주파수는 영상을 네 부분으로 나누는 축의 주변에 집중되어 있으며, 모서리 부분에서는 보다 낮은 주파수를 갖는다. 영상 주파수를 만드는 가장 기본적인 목적은 데이터를 필터링하기 위해서이다. 물론 영상 공간영역에서의 필터링이 가능하며 본 연구에서는 주파수 영역에서 열화된 영상 즉 그림자의 경계가 제거되었으나 경계값들이 손실되었기 때문에 이 영역에 대한 복원을 위해 주파수 영역에서 필터링을 실시한다.

일반적으로 열화된 영상을 복원하기 위한 가장 간단한 방법은 식 (10)을 추정하고 $\bar{F}(u, v)$ 의 역 푸리에 변환을 수행하는 것으로 이 방법을 역 필터링(inverse filtering)이라고 한다(유현중 외, 2004).

$$\bar{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} \quad (10)$$

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

전형적인 역 필터링 구현방법은 식 (10)에 의한 $\bar{F}(u, v)$ 를 형성하고 그 역을 구하는 주파수 범위를 원점 근처로 제한하는 것이다. 다시 말해서, 잡음성분 등의 화소들은 푸리에 변환의 영역에서 모서리 근처에 나타나며 일반적

인 화소값은 원점 근처에서 형성됨을 이용하여 그림자 경계 마스크에 의해 제거된 그림자 영역에 대하여 주파수 범위를 원점 근처로 제한하여 복원값을 추정한다. 이때 추정되는 값들은 허수의 의미로 추정되기 때문에 의사 역(pseudoinverse) 필터링이라 하며, 의사 해를 산정하는 다양하게 변형된 방법들 중 본 연구에서는 식 (11)을 이용하였다(Yair Weiss, 2001).

$$r = g \times \sum_n f_n^r \times S_n(x, y) \quad (11)$$

여기서 r 은 복원될 영상이고 g 는 의사 역의 해이며 f_n 과 f_n^r 은 1차 미분 필터로써 x, y 방향에 대하여 $[0 -1 1]$ 의 값을 사용하고 $S_n(x, y)$ 는 원영상의 파장대별 지수값($\log R, \log G, \log B$)으로 그림자 경계에서는 0이 된다. 이 때 g 는 다음 식 (12)를 만족하며 상수값은 편미분을 수행하는 프 외송 방정식을 만족하는 값을 산출한다.

$$\sum_n g \times (f_n^r \times f_n) = constant \quad (12)$$

이렇게 추정된 값을 다시 역 푸리에 변환으로 영상 공간으로 되돌려 최종적인 고유영상을 구성하게 된다.

고유 영상(intrinsic images)은 Barrow(1981)에 의해 제시된 개념으로써 본 연구에서는 그림자가 제거된 1차원의 흑백 불변영상을 다시 원영상의 컬러 파장대로 복원하여 구성되는 영상을 의미한다. 즉, 원영상과 같은 3차원의 컬러 정보를 가지며 그림자가 제거된 영상을 의미하게 된다. 고유영상은 본 연구에서 최종적으로 구성되는 결과물이며 흑백영상으로 파악하기 힘든 항공영상의 지상 정보들을 파악하기 위하여 컬러를 복원한 영상을 나타낸다.

6. 적용 및 고찰

6.1 원영상 및 엔트로피계산 결과

연구에서 사용된 영상은 항공영상 내에서 그림자의 영향이 현저히 드러나는 부분을 선택하였으며 그림 8 및 그림 9와 같다. 그림 8의 영상은 그림자가 발생한 건물 주위가 비교적 화소값의 변화가 적은 농지로 구성되어 있으며 그림자 영역과 주변과의 차이가 명확하게 구분된다. 그림 9의 영상은 도로에서 그림자가 발생한 경우로써 도로의 상하 교차에 의한 그림자 발생뿐만 아니라 도로위에

진행 중인 차량에 의해서도 그림자가 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 그림자 영역과 도로부의 화소값 차이가 적으며 모두 검정색 계열로 구성되어 있어 그림자 영역의 분리 효과를 확인할 수 있다.

그림 10은 원영상 (a)에 대해서 식 (3)을 이용하여 산출된 x_1 및 x_2 의 값을 플로팅한 예이며 앞서 설명한바와 같이 이는 일정한 방향으로 값들이 플로팅 되며 이에 대하여 직각으로 불변영상을 구성하기 위한 일정한 투영 방향을 산출 할 수 있음을 알 수 있다.

그림 10에서와 같이 일정한 방향으로 투영을 하여 불변영상을 구성할 수 있으며 이 때 결정되어야 할 투영방향은 엔트로피 최소화 이론을 적용하여 산출하였다.

그림 11 및 그림 12는 각각 원영상 (a), (b)에 대하여 계산된 엔트로피 값들을 나타낸다. 그림에서 각각의 각도에서 엔트로피의 값들이 일정한 곡선 형태로 나타나다가 특정 각도에서 급격히 낮아지는 것을 알 수 있으며 각각 171° 및 170° 에서 엔트로피가 최소가 되었다. 이 때 산출된 각도를 이용하여 불변영상을 구성하는데 사용하였다.



그림 8. 원영상(a)

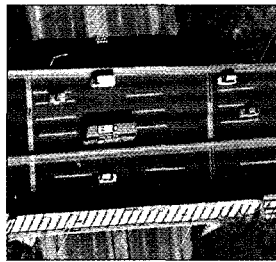


그림 9. 원영상(b)

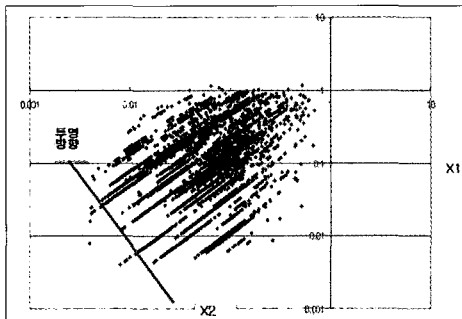


그림 10. 2차원 색도 대수 그래프(영상(a))

6.2 불변 영상 및 그림자 경계 마스크

6.1절에서 결정된 투영각도를 이용하여 구성된 불변영상은 다음 그림 13 및 그림 14와 같다. 각각 171° 와 170° 를 식 (4)에 대입함으로써 산출된 값을 이용하여 구성된 영상으로써 광원효과가 제거되어 그림자영역이 제거되었으며 건물과 차량 같은 영상내의 구성요소들은 여전히 존재하고 있음을 알 수 있다.

그림 15 및 그림 16은 원영상 및 불변영상의 경계를 추

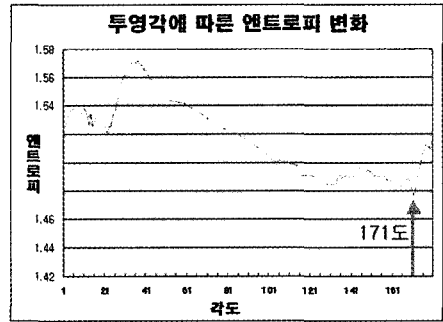


그림 11. (a)영상의 엔트로피(171°)

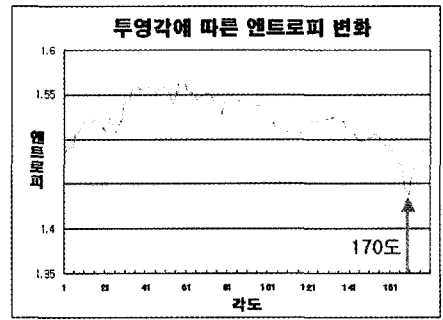


그림 12. (b)영상의 엔트로피(170°)



그림 13. (a)의 불변영상

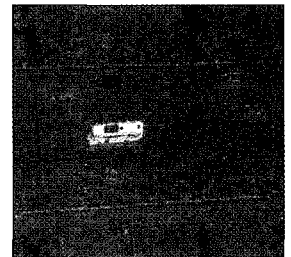


그림 14. (b)의 불변영상

출한 결과이다. 각각의 영상에 대하여 Canny 경계 검출기를 사용하여 추출된 경계이며 상당히 많은 공통적인 경계가 있으나 일부 그림자 영역에 대하여 원영상에서만 존재하고 있는 경계가 있음을 볼 수 있다.

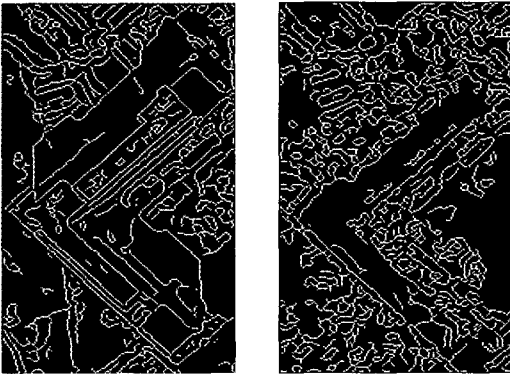
그림 17 및 그림 18은 원영상과 불변영상의 경계 검출 결과로부터 XOR 연산 과정을 통하여 생성된 그림자 경

계 마스크로써 원영상에서 존재하는 경계와 불변영상에 존재하지 않는 경계 즉 원영상에서만 존재하는 그림자의 경계만을 추출하여 구성하였다.

그러나, 경계검출 알고리즘에 의하여 생성된 경계선에는 잡음과 같은 작은 경계들이 다수 포함되어 있으며 추출된 대부분의 경계선들 또한 연속적이지 못한 결과를 보인다. 따라서 수리형태학적 기법인 침식연산을 통하여 작은 경계들을 제거하였으며, 추후 푸리에 변환에 사용되는 경계 마스크를 보다 완전하게 구성하기 위하여, 확장연산을 통하여 연속적이지 못한 경계를 연결하였다. 그러나, 확장연산은 연속적이지 못한 경계선을 서로 연결해줌과 동시에 추출된 경계선을 두껍게 만드는 결과를 나타냈다.

6.3 고유 영상

본 연구에서 얻어진 최종의 고유 영상은 다음 그림 19 및 그림 20과 같다. 고유영상의 구성은 원영상을 R, G, B 파장대별로 구분하여 푸리에 변환을 실시하였으며 각 3가지밴드의 복원영상을 다시 병합하여 구성함으로써 그림자가 제거된 고유영상을 구성하였다. 특히 그림 20에서 같이 도로와 그림자의 화소값이 시각적으로 같은 색상을 가지고 있었지만 그 복원효과를 상당히 볼 수 있음을 보여 주고 있다. 그러나, 건물의 모서리 부분이나 차량의 모서리 부분 등이 일부 훼손된 결과를 나타낸다. 이는 그림자 경계가 정확하게 추출되지 않았거나, 앞서 그림자 경계 마스크의 구성과정에서 그림자 경계가 두꺼워짐으로써 발생하는 오류로 판단되며 따라서 그림자 경계의 정확한 추출이 고유영상을 구성하는데 있어서 결정적인 영향으로 작용함을 알 수 있다.



원영상 불변영상
그림 15. (a)영상에 대한 경계추출 결과



원영상 불변영상
그림 16. (b)영상에 대한 경계추출 결과

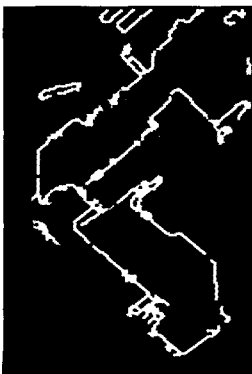


그림 17. 영상 (a)의 그림자 경계 마스크

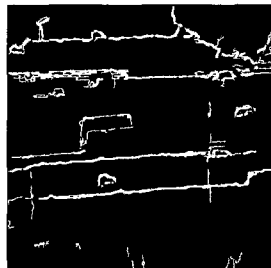


그림 18. 영상 (b)의 그림자 경계 마스크

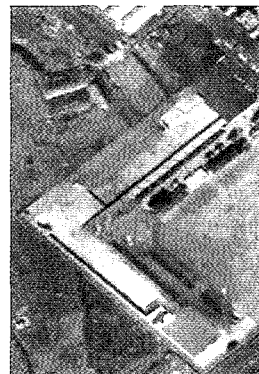


그림 19. (a)의 고유영상



그림 20. (b)의 고유영상

7. 결 론

본 연구는 자료원이 다른 보조자료나 영상의 출처 및 촬영상태 등의 사전 정보 없이 단일 영상만을 사용하여 항공 영상에서 그림자 경계를 추출하고 그림자 지역을 복원하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 엔트로피 최소화 이론을 적용한 그림자가 제거된 불변영상에서의 경계와 원영상에서 경계를 XOR 연산을 통하여 그림자 경계 마스크를 구성함으로써 그림자 경계를 추출할 수 있었다.

둘째, 단순한 화소값 보정 혹은 영역 대체를 통한 그림자 영역의 복원 기법과는 차별적으로 푸리에 변환을 통한 영상 복원을 수행하였으며 그림자가 제거된 컬러 고유영상을 구성할 수 있었다.

마지막으로, 그림자 경계에 대한 경계추출결과의 품질이 그림자를 제거한 고유영상의 품질에 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 명확한 경계추출 알고리즘에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

김승환, 전홍석 (1995), 최적히스토그램의 구현, 한국통계학회 95년도 추계학술발표회 논문집, pp. 74-82.
유현중, 김태우 (2004), 디지털영상처리, 아이티씨, pp. 150-180.
윤공현 (2004), 다중자료원을 이용한 원격탐측 영상의 그림자 효과 보정 및 영상융합의 적용, 박사학위 논문, 연세대학교.
최연웅 (2005), LiDAR 자료로부터 Entropy 이론을 이용한 건물 추출기법 연구, 박사학위논문, 전북대학교.
홍동표, 우운택 (2002), 컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리기법, 한국신호처리학회.
Barrow, H. G. (1981), Scene Modeling: A Structural Basis for Image Description, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 12, pp. 407-425.

Canny, J. (1986), A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, pp. 679-698.
Cheevasuvit, F., Dejhan, K., Tanapanpanich, T. and Lisawadiratanakul, D. (1992), Cloud Cover and Cloud Shadow Removing Based on 2-Dimensional Histogram, *13th Asian Conference on Remote Sensing*, pp. 141-146.
Giles, P. T. (2001), Remote Sensing and cast shadows in mountainous terrain, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 67, No.7, pp. 833-839.
Scott, W. D. (1992), *Multivariate Density Estimation*, A Wiley-Interscience Publication.
Finlayson, G. D., Drew, M. S. and Lu, C. (2004), *Intrinsic Images by Entropy Minimization*, ECCV 2004, pp. 582-595.
Graham, D. F. and Hordley, S. D. (2001), *Color Constancy at a Pixel*, Optical Society of America, Vol. 18, No. 2, pp. 253-264.
Leblon, B., Gallant, L. and Granberg, H. (1996), *Effects of shadowing types on ground-measured visible and near-infrared shadow reflectances*, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 58, No. 3, pp. 322-328.
Lui, J. G. and Moore, J. M. (1993), Cloud shadow suppression technique for enhancement of airborne thematic mapper imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 59, No. 8, pp. 1287-1291.
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.
Pun, T. (1980), A New Method for Grey Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram, *Signal Process*, Vol. 2, No. 3, pp. 223-237.
Rau, J. Y., Chen, N. Y., and Chen, L. C. (2002), True orthophoto generation of built-up areas using multi-view images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 68, No. 6, pp. 581-588.
Shannon, C. E. (1948), A Mathematical Theory of Communication, *Bell System Technical Journal*, Vol.27, pp. 379-423.
Shu, J. S., and Freeman, H. (1990), Cloud Shadow removal from aerial photographs, *Pattern Recognition*, Vol. 23, No. 6, pp. 647-656.
Wang, B., Ono, A., Muramatsu, K. and Fujiwara, N. (1999), Automated detection and removal of clouds and their shadows from Landsat TM images, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E82D(2), pp. 453-460.
Weiss, Y. (2001), *Deriving Intrinsic Images from Image Sequences*, ICCV 2001, pp. 68-75.

(접수일 2006. 9. 8, 심사일 2006. 9. 26, 심사완료일 2006. 10. 20)