

디지털 카메라를 활용한 컬러 지상영상의 분광학적 특성 분석 †

Analysis of the spectroscopic characteristics of Ground color images using a digital camera

고 인 철* · 서 수 영

Ko, InChul* · Seo, SuYoung

준회원, 경북대학교 공간정보학과 석사과정*

교신저자 정회원, 경북대학교 토목공학과/공간정보학과 조교수

k_ich@knu.ac.kr · syseo@knu.ac.kr

요 약

DSLR 카메라를 이용하여 획득한 지상 디지털 영상자료는 지상 사진 측량, 공간모델링에 활용할 수 있다. 지상 디지털 영상에서 각 화소의 명암도는 영상을 결정하는 가장 중요한 매개변수(parameter)이다. 따라서 좀 더 명확한 명암도의 수치 자료를 획득하고 활용하기 위하여 디지털 카메라의 분광학적 특성과 파라미터를 추정해볼 필요가 있다. 본 연구에서는 Sony DSC-F828 DSLR 카메라로 연속촬영(프레임속도 0.38초)을 통하여 얻은 7장의 같은 디지털 컬러 사진으로부터 각각 RGB 밴드의 명암도 값을 추출하여 프레임 간 화소별 명암도 차이를 확인하고, 각 컬러 밴드에 대한 각 화소의 통계학적인 분석을 통하여 분광학적인 특성의 프레임별, 화소별, 밴드별 변화와 그에 따른 상관관계에 대하여 추정해 보는 것을 목적으로 한다.

Abstract

Ground digital image data obtained by using DSLR camera can be used to the ground photogrammetry and spatial modeling. Intensity of each pixel in digital video images is the most important parameter to generate digital image. Therefore, it is needed to estimate the parameters and spectral characteristics of digital cameras in order to take more definite intensity data. In this study, using the Sony DSC-F828 DSLR camera, seven digital images are obtained by the continuous shooting. (frame rate, 0.38 seconds). And then extract the value of the intensity from RGB band of each digital color photographs to confirm difference of intensity between frames. The purpose of this study is to confirm spectral characteristics and changes and to estimate correlation through the analysis of statistical in each pixel of R, G, B band.

1. 서론

컬러 디지털 사진에서 각 RGB 밴드의 명암도 값은 그 영상을 나타내는 가장 중요한 요소이므로 디지털 영상 처리, 사진

측량, 공간 모델링에서 아주 큰 의미를 가진다. 따라서 디지털영상의 좀 더 의미 있는 활용을 위하여 디지털 카메라의 분광학적 특성을 분석하고 파라미터를 추정

† 이 논문은 공간정보 전문 인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

해볼 필요가 있다. 본 연구에서는 Sony DSC-F828 DSLR 카메라로 연속촬영(프레임속도 0.38초)을 통하여 얻은 7장의 같은 디지털 컬러 사진으로부터 각각 RGB 밴드의 명암도 값을 추출하여 프레임 간의 화소별 명암도 차이를 확인하고 각 컬러 밴드에 대한 각 화소의 통계학적인 분석을 통하여 분광학적인 특성 파라미터의 프레임별, 화소별, 밴드별 변화와 그에 따른 상관관계에 대하여 추정해 보는 것을 목적으로 하였다. 연속촬영에 의한 샘플 영상 획득에 있어서 환경적인 요소는 모두 같다고 가정을 하였으며 모든 연구 과정은 Matlab을 이용하여 진행하였다.

2. 샘플 영상의 획득과 히스토그램 분석

샘플 영상은 경북대학교 공대12호관 앞 테니스장을 촬영하여 획득하였다. 본 영상의 공간해상도는 2592*1944로 너무 크므로 <그림 1>과 같이 각 프레임의 같은 좌표에서 50*50영상을 잘라 사용하였다.

샘플 영상에서 각각 프레임 마다 RGB 평면을 분리하고 각 RGB 밴드에 대하여 히스토그램을 그려보았다. <그림 2> Red 밴드에 대한 히스토그램 결과이다. 7장의 샘플 영상은 그냥 사람의 눈으로 보기에는 거의 같은 영상처럼 보인다. 하지만 히스토그램을 그려본 결과 각각 샘플 사진 명암도의 전체적인 분포는 비슷하나 RGB의 모든 컬러 밴드에서 확실히 차이가 있음을 확인하였다.



그림1. 경북대학교 테니스장의 샘플영상

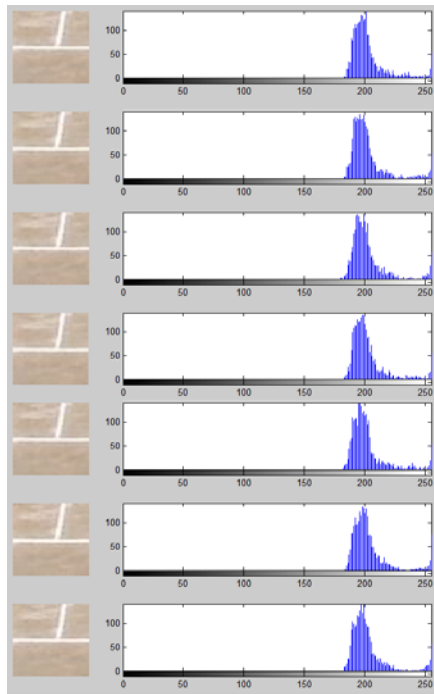


그림2. 7장 샘플의 Red 밴드에 대한 히스토그램

<그림 3>은 각 프레임 별 같은 화소의 명암도 값 비교를 위한 그래프를 나타낸 것이다. 비교의 편의를 위하여 3*3의 9화소에 대한 값만 나타내었다. X축은 프레임을 나타내며 Y축은 명암도 값이다. 이 그래프에서 보면 각 화소마다 명암도의 차이는 명확히 나타난다. 하지만 전체적으로 볼 때 프레임 간 어떠한 규칙성이나 경향성은 없어 보인다. 각 RGB 밴드에 대

한 그래프를 비교해보면 전체적인 그래프의 형태는 비슷해 보인다. 이를 볼 때 색의 3요소인 색상, 명도, 채도 중 색상에서는 차이가 없는 것 같다. 좀 더 확실한 정보를 얻기 위하여 통계학적인 분석을 해 보았다.

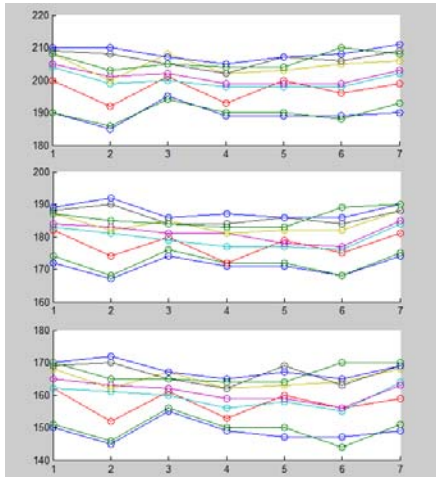


그림 3. 프레임 별 같은 화소의 명암도 값 (위에서부터 Red, Green, Blue 밴드)

3. 각 RGB 컬러 밴드 별 각 화소에 대한 통계학적 분석

다음의 수식들을 이용하여 각 화소별로 평균, 분산, 표준 편차를 구해 보았다.

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \text{< 수식 1 >}$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\mu} - y_i)^2}{n-1} \quad \text{< 수식 2 >}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\mu} - y_i)^2}{n-1}} \quad \text{< 수식 3 >}$$

<수식1>은 평균을 구하는 수식으로 n은 프레임 수이고 y_i 는 각 픽셀의 명암도 값을 나타낸다. 본 연구에서는 7이 된다. <수식2>는 분산을 구하는 수식이며 <수식

3>은 표준편차의 수식이다. 수식에서 $\hat{\mu}$ 은 추정치를 의미한다.

<그림 5>는 RGB 밴드의 표준편차의 이미지 영상을 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 원 영상에서 균질한 부분에서의 표준편차는 5이하 인 것을 볼 수 있는데 흰색 라인 부분은 큰 편차를 보였다. 이는 영상에서 경계가 되는 부분에서 프레임 간 편차가 커진 것이라 볼 수 있다. 이것은 카메라 연속촬영 시 발생하는 약간의 기계적인 흔들림에 의해 발생한 오차 때문이라 판단된다. 실험을 할 때는 연속 촬영을 하여 이런 기계적인 흔들림 요인이 거의 없을 것이라 가정을 하였지만 생각보다 큰 오차를 보였다. <그림4>는 흔들림에 의한 오차를 알아보기 위해 R밴드에서 첫 번째와 두 번째 영상의 차이를 나타낸 것이다. 이를 원 영상과 비교해보면 오차의 범위는 $\pm 0.5\text{Pixel}$ 이하라고 판단된다. 이 부분에 대해서는 이후 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 각각의 RGB 밴드의 표준편차를 비교해보면 R과 B에서 보다는 G에서 전체적으로 편차가 적은 것으로 나타났다.

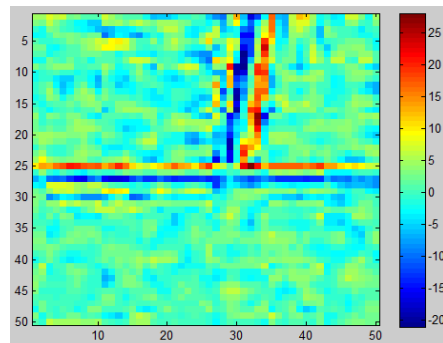


그림4. R밴드에서 첫 번째와 두 번째 영상의 차이

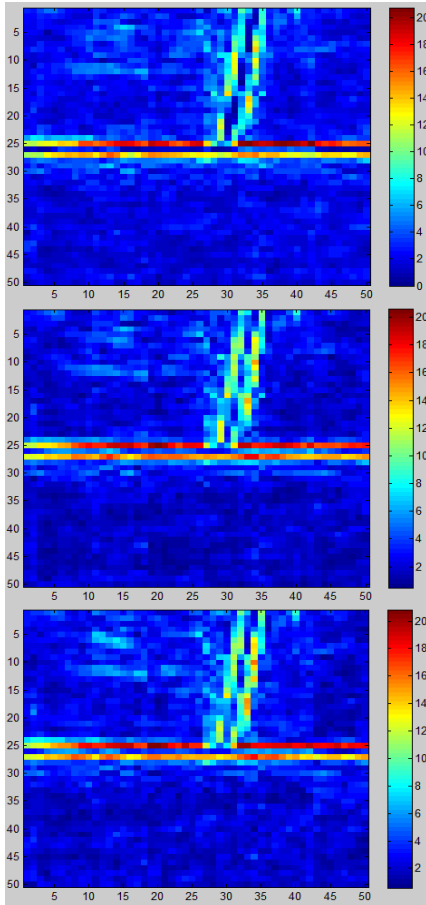


그림 5. 프레임 간 RGB 각 밴드의 표준편차 이미지 (위에서부터 RGB)

4. 상관관계 분석

4-1. 근린화소 간 상관관계

$$Cov_{(i,j)} = \frac{\sum_{b=1}^n (I_b - \mu_i)(I_b - \mu_j)}{n-1} \quad < \text{수식 4} >$$

$$Corr_{(i,j)} = \frac{Cov_{(i,j)}}{\sigma_i \sigma_j} \quad < \text{수식 5} >$$

<수식4>는 공분산(Covariance)을 구하는 수식이고, <수식5>는 상관계수(Correlation coefficient)를 구하는 수식이다. (i, j)는 각각 서로 다른 화소를 나타내며 b는 프레임수를 나타낸다.

<그림6>은 화소 간 공분산을 구한 것으

로 R밴드에서 (3,3)의 화소와 (1,1)에서 (5,5)까지의 5*5 행렬에 해당하는 화소 간 공분산과 상관계수를 나타낸 것이다.

<그림7>은 상관 계수이미지를 나타낸 것으로 <그림 6>에서 구한 공분산을 활용하여 R밴드에서 (3,3)의 화소와 R밴드 전체 화소와의 상관 계수를 나타낸 것이다.

1.6667	1.0000	3.1667	2.0000	4.0000
2.5000	1.8333	5.0000	1.6667	0.5000
2.1667	2.1667	7.0000	5.1667	2.8333
1.1667	1.8333	6.6667	6.5000	4.3333
0.1667	-0.5000	3.1667	0.1667	-1.3333

그림 6. R밴드에서 (3,3) 화소와의 공분산

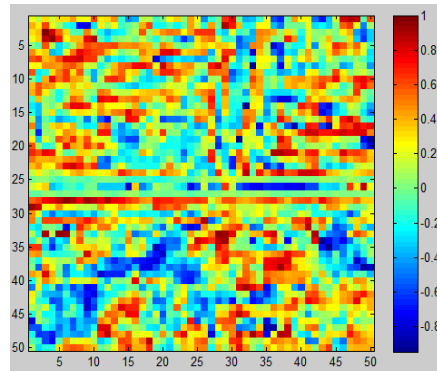


그림 7. R밴드에서 (3,3) 화소와의 상관계수

4-2. RGB밴드 간 상관관계

<그림8>는 각 RGB 밴드 간 공분산을 나타낸 그림으로 (1,1)에서 (5,5)까지의 5*5 에 해당하는 화소의 공분산을 나타낸 것이다. <그림9>은 RGB 밴드 간 상관 계수를 나타낸 이미지로 전체적으로 상관관계가 높게 나타났다. 특히 이미지에서 경계 부분이 거의 1에 가깝게 나타났으며 이는 기계적인 흔들림에 의한 것으로 판단된다.

6.3333	8.1429	12.8095	21.0000	24.0952
6.4286	5.6190	6.4286	7.6190	12.4524
4.8095	3.8333	6.5000	5.6667	4.6429
2.0000	1.3571	6.5476	4.4524	2.6190
2.6905	2.6667	2.5714	0.2143	2.0714
R과 G밴드 간의 공분산				
8.9286	9.2143	14.1429	19.6667	22.9048
6.0714	6.5000	7.5952	7.2857	10.8571
7.1905	4.3810	7.3333	6.0000	3.9048
2.5000	1.5952	5.3333	4.5238	2.4048
3.7381	4.6429	0	0.3333	4.5476
R과 B밴드 간의 공분산				
6.8333	11.5476	14.2857	20.8095	26.0476
9.8810	8.3333	7.3095	8.5714	15.9286
7.0952	5.5000	7.9762	6.8571	7.0714
3.2619	1.5714	6.0000	4.0238	1.7381
2.0476	3.1667	1.5000	2.3333	4.7143
G와 B밴드 간의 공분산				

그림8. RGB 밴드 간 공분산

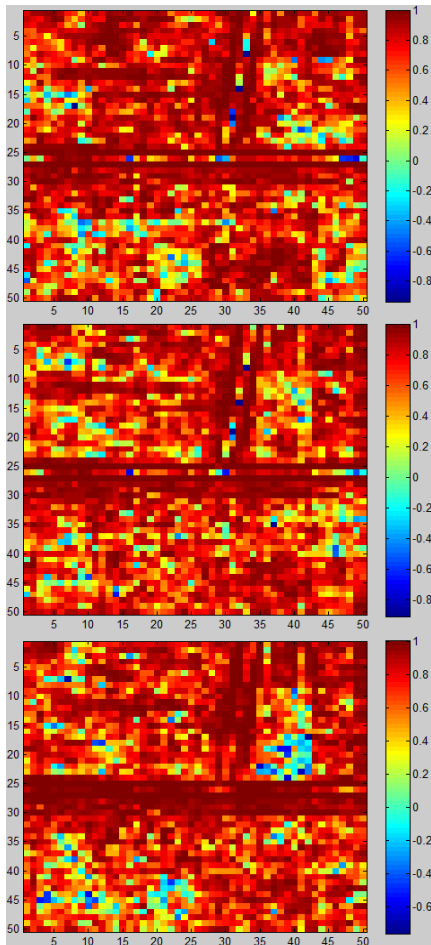


그림9. RGB 밴드 간 상관 계수 이미지 (위에서부터 RG, RB, GB 간 상관계수)

5. 실외 영상과 실내 영상 비교를 통한 분석

본 연구에서는 최초 연구지역을 실외로 선정하여 연구 결과 분석하였다. 하지만 실외 영상 분석 결과 주변 환경의 영향을 적게 받고 변인의 통계가 비교적 용이한 실내 영상에 대한 분석과 이를 통한 실외 영상과의 비교가 필요하다고 판단하였다.

실내 영상 분석을 위하여 경북대학교 공대2호관 내 공간정보시스템연구실에서 연속촬영 하여 <그림10>과 같은 영상 7프레임을 얻었으며 그림의 사각 점선 부분을 추출하여 7개의 샘플을 수집하였다.



그림10. 실내 영상 이미지

7장의 실내 영상으로 동일한 연구를 진행하여 결과를 분석하였다. <그림11은> 실내사진의 Red 밴드 히스토그램을 나타낸 것이다. 프레임 간 값의 차이는 분명히 존재하지만 실외 영상처럼 거의 비슷한 형태를 가지고 있었다.

<그림12>는 실내사진의 프레임 별 같은 화소의 명암도 값으로 3*3의 9 픽셀에 대하여 나타내었다. RGB 밴드의 그래프 형태의 동일성이 실외 사진 보다 뚜렷하게 나타난 것을 확인 할 수 있었다.

<그림13>과 <그림14>는 각각 R밴드에서 첫 번째와 두 번째 영상의 차이와 프레임 간 RGB 각 밴드의 표준편차 이미지를 나타낸 것으로 실외 사진에서 나타났던 영상내의 경계 부분에서 나타났던 오차가 실내 사진에서는 거의 나타나지 않았다. 이는 실외 촬영 시에는 20m이상의 거리

에서 촬영을 하여 작은 픽셀 내에 경계가 나타난 반면 실내 촬영은 3m 내에서 이루어져 경계가 여러 픽셀에 걸쳐 나타나 오차의 영향을 더 적게 받았을 것으로 예상된다. 또한 실외에서는 완벽히 통제하지 못한 주변 환경을 실내에서는 거의 동일하게 통제가 가능 하였으며 카메라 Mounting에 있어서도 좀 더 안정적인 환경이 될 수 있었기 때문이라 판단된다.

<그림14>의 표준편차의 경우 실외 사진에서와 같이 G밴드에서 가장 적게 나타났으며 B밴드에서 다른 밴드에 비하여 크게 나타났으며, 전체적으로 볼 때 대부분의 영역에서 약 2.5이하로 실외보다 적었다.

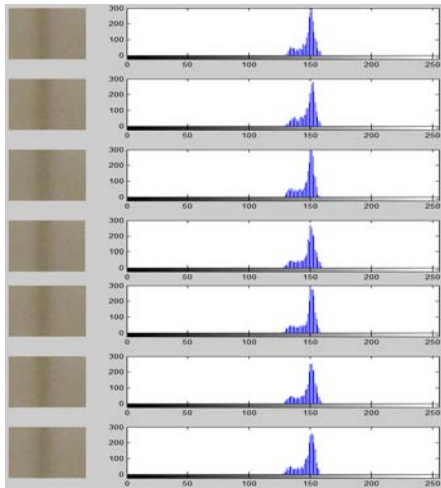


그림 11. 실내사진 샘플과 Red 밴드 히스토그램

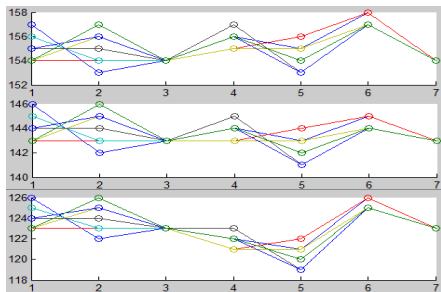


그림12. 실내사진 프레임 별 같은 화소의 명암도 값 (위에서부터 R, G, B밴드)

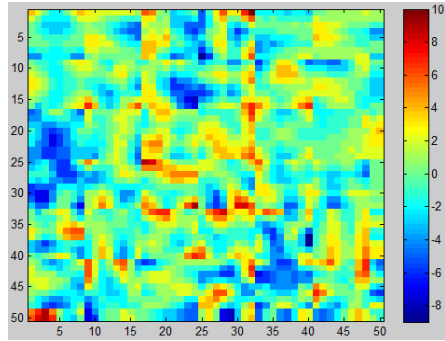


그림13. R밴드에서 첫 번째와 두 번째 영상의 차이

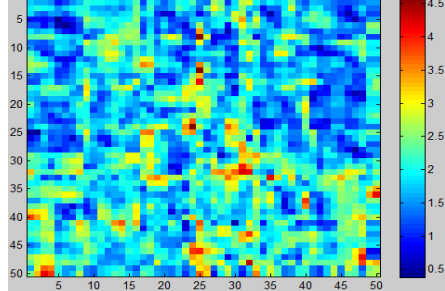
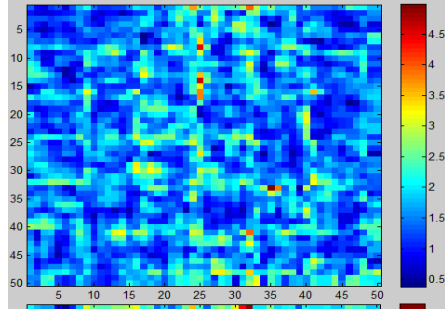
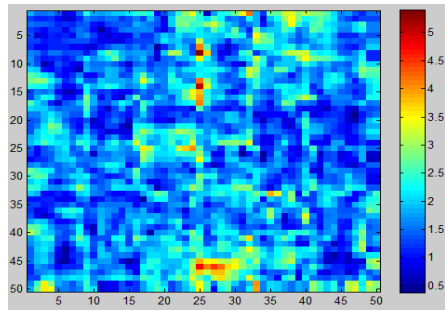


그림 14. 프레임 간 각 RGB 밴드의 표준편차 이미지 (위에서부터 RGB)

<그림15>는 밴드 간 상관계수 이미지를 나타낸 것으로 각 밴드간 상관관계는 대체적으로 높게 나온 편이었으며 특히 부

본 부분에서 국부적으로 높게 나타나는 현상이 보였다. 이 부분은 좀 더 분석을 해볼 필요가 있을 것으로 판단한다.

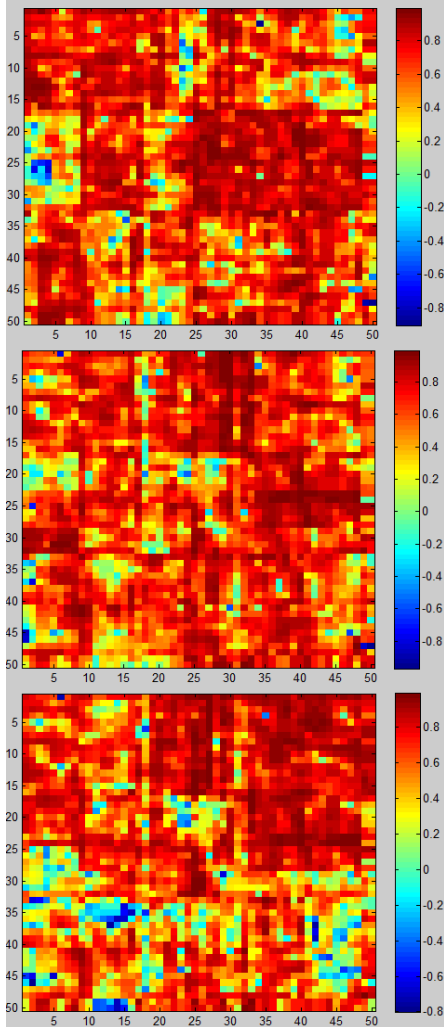


그림15. RGB 밴드 간 상관 계수 이미지 (위에서부터 RG, RB, GB 간 상관계수)

6. 결론

본 연구는 Sony DSC-F828 DSLR 카메라로 연속촬영 한 7장의 지상 디지털 영상으로부터 디지털 카메라의 분광학적 파라미터를 추정해보고 그 특징을 알아보기 위해서 진행되었다.

연사촬영한 각각의 사진으로부터 샘플

영상을 수집하여 히스토그램 분석과 프레임별 같은 화소의 명암도 값 비교 결과 RGB 컬러 밴드 별로 각 프레임 간 명암도의 차이는 확연히 있었으나 프레임 간의 트렌드 변화나 어떤 규칙성은 뚜렷하게 나타나지 않았다. 하지만 각 RGB 밴드에 대한 그래프를 비교해보면 전체적인 그래프의 형태는 비슷해 보였으며 각 화소에 대한 표준편차 그래프 역시 RGB 밴드가 거의 비슷한 형태의 그래프가 나온 점으로 보아 색의 3요소 중 색상의 차이는 크지 않은 것 같다는 결론을 내렸다. 이는 카메라에 의한 색상 표현의 오차는 거의 없다고 판단되어진다. 따라서 각 화소의 색도 값의 차이는 연속 촬영 시 환경의 미세한 변화로 인한 Random error에 의한 것으로 생각되어진다. 이러한 Random error에 의한 오차는 디지털 영상처리 기법의 가우시안 필터처리를 통하여 줄일 수 있을 것이다. 또한 카메라 셔터가 열리고 닫히는 순간의 기계적인 동작으로 인한 Systemic error도 있을 것이라 판단된다. 하지만 실내에서 실시한 연구 결과에서는 이러한 오차가 현저히 줄어든 것을 볼 수 있었다. 따라서 이러한 점에서 실외에서 발생하는 여러 환경적 요인의 확실한 통제 방안과 특히 카메라 촬영 시 발생하는 미세한 카메라의 떨림 같은 기계적으로 발생하는 오차를 없앨 수 있는 방안을 강구하여 추가적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서와 같은 방법을 통하여 얻어진 분광학적인 특성의 결과는 디지털 카메라를 통한 공간정보 획득과 지상사진 측량 시 좀 더 정확한 결과를 얻는데 이용될 수 있을 것이며, 특히 이미지 내 패치 간 경계면 추출, 이미지 분할 등에 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing

- 2nd Edition “ 하영호, 남재영,
이용주, 이철희 공역
- [2] Charles D. Ghilani, Paul R. Wolf
“Adjustment Computations Fourth
Edition“ WILEY,
- [3] SONY DSC-F828 Manual