

## 영상 정합을 위한 컬러 항공사진의 밴드 특성에 관한 연구

### A Study of Band Characteristic of Color Aerial Photos for Image Matching

김진광 · 이호남 · 황철수  
Kim, Jin Kwang · Lee, Ho Nam · Hwang, Chul Sue

중앙항공업주식회사 지리정보연구소 책임연구원(E-mail:jeff2kim@chollian.net)  
중앙항공업주식회사 지리정보연구소 연구소장(E-mail:yhnhan@chollian.net)  
경희대학교 지리학과 부교수(E-mail:hcs@khu.ac.kr)

#### Abstract

This study is for analyzing best band in image matching using correlation coefficient of left and right images of stereo image pair, for red, green, blue band images separated from color aerial photo and gray image converted from the same color aerial photo image. The image matching is applied to construct Digital Elevation Model(DEM) or terrain data. The correlation coefficients and variation by change of pixel patch size are computed from pixel patches of which sizes are 11 X 11 ~ 101 X 101. Consequently, the correlation coefficient in red band image is highest. The lowest is in blue band. Therefore, to construct terrain data using image matching, the red band image is preferable. As the size of pixel patch is growing, the correlation coefficient is increasing. But increasing rate declines from 51 X 51 image patch size and above. It is proved that the smaller pixel patch size than 51 X 51 is applied to construct terrain data using image matching.

#### 1. 서론

지도문서의 하나인 영상지도는 원격탐사로 얻어진 컬러항공사진이나 위성영상을 배경으로하고 있으며, 이러한 영상은 수치표고자료에 의한 정사화된 영상을 사용하게 된다.

수치표고모형을 생성하기 위한 대표적인 방법으로 수치지도를 이용하는 방법과 영상정합기법을 이용하여 수치표고모형을 생성할 수 있다. 영상정합기법에 의한 수치표고모형 생성 방법은 입체위성영상 또는 항공사진을 이용하는 방법이 있으며 컬러항공사진의 경우 스캐너에서 3개의 밴드(RGB)로 스캔된 영상을 사용한다.

따라서 본 연구에서는 밴드별로 분리한 입체영상을 이용하여 입체모델영역 전체에 대하여 패치의 크기별로 각각의 밴드에 대한 상관관계를 분석함으로써 영상정합이 어느 밴드 영상에서 가장 우수한지를 판단하고자 하였다.

#### 2. 상관관계 분석 방법

상관관계는 수치표고모형을 생성할 당시 좌우 입체영상에 대하여 영상정합이 얼마나 잘 이루어 졌는가에 따라 다르게 나타난다. 본 연구에서는 상관계수(Correlation coefficient)를 이용하였으며, 이는 입체영상의 좌우 영상 간 어느 정도의 유사성을 갖는지를 알 수 있는 것이다.

$$r = \frac{S_{LR}}{S_L S_R} \quad (1)$$

여기서,  $S_{LR}$  : 패치영역  $L$ 과  $R$ 의 공분산

$S_L$  : 패치영역  $L$ (기준영역)의 표준편차

$S_R$  : 패치영역  $R$ (정합영역)의 표준편차

상관계수  $r$ 는  $-1 \leq r \leq 1$ 의 값의 범위를 갖는다. 이때 1은 동일한 패턴을,  $-1$ 은 반전된 패턴을 나타내며  $r$ 의 값이 클수록 두 영상간의 유사성이 높다. 좌우 영상간의 상관관계를 확인하는 유사성을 판단하기 위해서는 일정한 크기에 해당하는 패치의 크기에 포함하는 픽셀 값들을 이용하여 계산을 하여야 한다.

패치의 크기와 상관계수 값은 다양하게 사용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 경우의 수를 고려하여 입체모델 영역 내에서 20m 간격의 격자 형태로 좌우 사진 상의 동일한 점을 선정하였다. 이러한 점을 기준으로 패치 크기로 결정한 후 식(1)에 적용하여 밴드별 좌우영상에 대한 상관계수를 구하였다.

### 3. 연구지역과 사용자료

#### 3.1 연구지역

본 연구의 대상지역에 대한 공간적 위치로는 경기도의 일부지역으로 선정하였다. 이 지역은 우리나라의 지형 특성을 잘 나타내는 곳으로 영상정합을 수행할 경우 상호간에 비교·평가하기 위한 지형의 기복이 있는 지역과 평탄지역 등으로 구성되어 있다. 이 지역은 영상정합을 수행할 때 발생할 수 있는 여러 가지 지형 요건을 갖추고 있기 때문에 대표성을 나타낼 수 있으며, 다음과 같은 기준을 통해 연구지역으로 결정하였다.

첫째, 도심지역의 구성요건을 갖추고 있다. 즉, 단독주택 밀집지역, 아파트 지역, 창고 등으로 구성되어 있다.

둘째, 농업지역을 나타내는 논, 밭으로 구성되어 있다.

셋째, 산림지역을 포함하고 있다. 우리나라의 상당 부분이 이와 같이 산림지역으로 구성되어 있고 이러한 지역은 난 개발이 이루어지는 지역을 제외하고는 대부분 울창한 숲으로 구성되어 있다.

#### 3.2 항공사진

연구에 사용된 자료는 대상 지역에 대한 컬러항공사진으로 사진 축척은 1:10,000으로 촬영하였다. 촬영 시기는 2005년 5월 15일이며 60%의 중중복도로 촬영하였다. 연구 대상지역은 남쪽에서 북쪽방향으로 진행하며 촬영하였으며 촬영당시의 비행고도는 1,500m이다.

촬영에 사용한 카메라는 항공사진측량용으로 항공기의 움직임을 보정해주는 FMC 카메라로서 Leica-Geosystems사의 RC30이다. 이 카메라의 검보정은 2002년 10월 8일에 실시하였고 이 당시에 초점 거리는 153.66mm이다.

촬영이 완료되면 현상단계를 거쳐 음화(Negative) 상태의 필름이 되며, 본 연구를 위한 수치사진측량 시스템에서 컬러항공사진을 사용하기 위해서는 수치형태의 영상으로 변환해 주어야 한다. 수치 형태의 영상을 얻기 위해서는 항공사진 전용 스캐너를 사용하게 된다. 본 연구에서는 1200DPI의 공간해상도로 미국의 Leica-Geosystems사 DSW600 스캐너를 이용하였다.

영상정합을 수행하기 위해서 영상을 밴드별로 각각 분리하였으며, 변환된 그레이영상, Red 영상, Green 영상, Blue 영상 등 모두 4개 영상으로 각각 자료의 손실이 없도록 Tiff 포맷으로 저장하였으며 개별 영상의 용량은 약 130MBytes이다.

### 4. 밴드별 상관관계 실험

#### 4.1 영상좌표 위치 선정

촬영된 항공사진 축척 1:10,000의 상관계수를 구하기 위해서는 영상좌표를 획득하여야 한다. 이러한 영상좌표를 획득하기 위하여 그림 1과 같은 입체모델 영역 내에서 20m 간격으로 5,000개의 위치 점에 대한 X, Y, Z좌표를 추출하였다. 이러한 좌표를 추출하기 위해서 먼저 CAD를 사용하여 20m 간격으로 점의 위치를 표시하였다. 이때 각 점에 대한 높이값(Z)이 없으므로 입체모델의 좌우 사진에서 동일한 위치를 선정하기란 어렵다. 따라서 각각의 수평좌표(X, Y)를 수치사진측량시스템에서 입력하여 Floating mark를 원하는 위치로 이동할 수 있도록 하였다. 이때 높이값이 없으므로 좌우 사진상에서는 서로 다른 위치로 X 방향의 시차가 발생하며 Floating mark가 이동하게 된다. 이는 높이값에 의한 영향으로 동일 위치로 할 수 있도록 하기 위해서 입체시를 수행하였다. X 방향의 수평위치는 변함이 없는 상태에서 Foot disk를 이용하여 높이값을 변화시켜 정확한 입체시를 이루도록 하였다. 이렇게 함으로써 좌우 사진

상에서 동일한 위치로 이동할 수 있도록 하였다. 이렇게 이동한 점에 대하여 영상좌표를 파일로 저장할 수 있는데 이러한 기능을 활용하여 상관계수를 구하는데 이용할 수 있도록 하였다

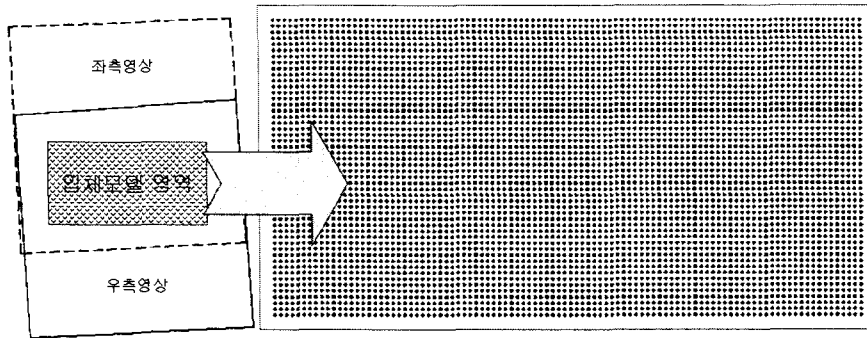


그림 1 입체모델과 수평위치 선정

## 4.2 패치크기의 결정

영상정합을 위한 패치의 크기는 사용 목적과 지형 조건에 따라  $9 \times 9 \sim 41 \times 41$ 로 다양하게 적용할 수 있다. 본 연구에서는 입체영상의 좌우 사진에 대한 유사성의 판단을 기하고자 패치의 크기를 보다 넓게 사용하였다. 상관계수를 계산하기 위한 영상좌표의 지상 간격이 20m 이고 항공사진 영상의 공간해상도가 20cm임을 감안하여 비교하는 영상이 충분히 포함하도록 하고 추출된 영상좌표를 기준으로 주위의 픽셀값을 선택하도록 하였다. 패치의 크기는  $11 \times 11$ 에서  $101 \times 101$ 까지 적용하였다. 각 밴드별 픽셀의 값은 일반적으로 많이 사용하는 8bit 영상으로서 0~255 사이의 값을 갖는다. 따라서 패치 크기에 포함하는 각 픽셀의 값을 선택하고, 계산방법은 식(1)을 이용하여 상관계수를 구하였다.

## 4.3 상관계수의 계산

계산을 하기 위한 5,000개의 점에 해당하는 값은 상용화된 수치사진측량시스템이나 기타 다른 영상처리 프로그램에서는 자동화 할 수 없음에 따라 별도의 프로그램을 작성하였다. 좌우 영상의 패치 크기에 해당하는 픽셀값을 계산하기 위해 각 밴드별 영상을 Raw 형식의 파일로 변환하였고, 영상 픽셀값을 계산할 수 있는 Visual C++로 프로그래밍 하여 5,000개의 영상좌표에 대한 상관계수를 구하였다.

표 1은 패치 크기별 5,000개의 위치에 대한 상관계수 결과를 나타내고 있다. 각 패치 크기에 대한 평균제곱근오차(RMSE; Root Mean Square Error)를 비교해보면 Red 밴드의 상관계수가 가장 높고, Blue 밴드의 상관계수가 가장 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 영상 정합 기법을 이용한 자료 생성시 Blue 밴드의 영상은 사용하지 말아야 한다는 것을 예상할 수 있다.

표 1. 밴드별 상관계수

Patch Size	Gray	Red	Green	Blue
11	0.3028	0.3453	0.2811	0.2292
21	0.3784	0.4273	0.3547	0.3082
31	0.4205	0.4730	0.3962	0.3553
41	0.4478	0.5038	0.4234	0.3894
51	0.4675	0.5257	0.4433	0.4139
61	0.4823	0.5426	0.4580	0.4323
71	0.4940	0.5556	0.4696	0.4470
81	0.5044	0.5668	0.4799	0.4605
91	0.5135	0.5765	0.4889	0.4721
101	0.5211	0.5849	0.4965	0.4822
RMSE	0.4579	0.5152	0.4340	0.4063

그림 2는 각 밴드의 입체영상에 대하여 패치 크기별로 상관계수를 구한 결과를 그래프로 보여주고 있다. 그래프에서 볼 수 있는 것처럼 패치 크기의 변화에 따라 달리 표현되고 있다. 상관계수가 가장 우수

한 밴드는 Red 영상으로서 영상정합을 수행하고자 할 때 Red 밴드 영상의 사용을 적극 고려해야 할 것으로 판단된다. 또한 정량적 지형자료의 생성에 흑백 영상(gray)만을 선호해 오고 있는 상황에서 그 정확도나 2차적인 자료의 생성에서는 Red 영상보다 Gray 영상의 자료의 품질이 떨어질 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

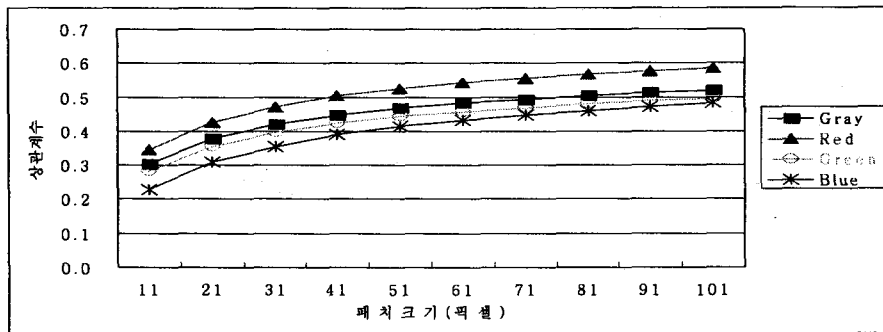


그림 2 패치 크기에 따른 비교

패치 크기에 따른 상관계수 변화에 있어서 패치의 크기가 증가함에 따라 상관계수의 값이 증가함을 알 수 있다. 즉 패치 크기를 증가함으로써 영상정합을 이용한 지형자료의 정확도가 향상될 것이라는 것을 예상할 수 있다. 그러나 광범위한 지역에 대한 지형자료를 생성할 경우 컴퓨터의 성능이나 자료의 양 그리고 정확도의 한계 등을 고려해볼 때 이에 적당한 패치 크기를 결정해야 할 것이다. 즉 그림 6에서 볼 수 있는 것처럼 패치의 크기를 증가함에 따라 상관계수의 결과가 높게 나타나다가 41×41과 51×51의 경우에서부터 그 증가율은 떨어지고 있다. 따라서 이러한 패치의 크기는 지형의 특성과 지형자료의 사용 목적을 고려하여 결정해야 할 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 최근 활용성과 사용자의 요구가 증가되고 있는 컬러항공사진을 이용하는 데 있어서 영상정합에 의한 지형자료를 생성하고자 할 경우 각 영상 밴드별 패치의 크기에 따른 상관계수를 구함으로써 컬러영상의 밴드 특성을 분석한 것이다. 이러한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 컬러항공사진의 상관관수를 계산하여 비교한 결과 Red 영상의 상관계수가 가장 높게 남으로써 영상정합이 가장 우수한 것으로 나타났다.

둘째, 수치표고모형과 같은 지형자료만을 생성하고자 할 경우 흑백과 컬러항공사진 촬영에 따른 비용을 감안하여 정확도가 우선시되는 상황에서는 컬러항공사진을 촬영하여 Red 영상만을 분류하여 지형자료를 생성하는 것을 고려해야 할 것이다.

셋째, 소규모 지역인 경우 패치의 크기를 확대하여 지형자료를 생성함으로써 정확도 향상을 기대할 수 있을 것이며, 대규모 지역인 경우에는 지형의 특성과 사용 목적에 따라 적당한 패치 크기를 결정해야 할 것이다.

컬러 항공사진에 대한 수요가 증가하고 있고 정사영상에 대한 제작 요구가 늘어남에 따라 정확도가 높은 지형자료의 획득은 필수적으로 해결해야 할 과제이다. 따라서 컬러항공사진영상으로부터 지형자료를 생성하고자 할 경우 각각의 영상밴드별로 분류하지 않고 직접 컬러영상으로부터 정확도가 높은 지형자료를 생성할 수 있도록 하는 연구가 지속되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 국토지리정보원 (2002), 『영상지도제작에관한작업규정』
- 이현직 (2000), 『항공사진의 자동독취에 관한 최적화 방안에 대한 연구』, 국토지리정보원
- Baltsavias, E. and Zhang, C. (2003), Automated Updating of Road Databases from Aerial Imagery, *Institute of Geodesy and Photogrammetry*, Vol. 6(iss. 3-4), pp.199-213
- Niederost, M. (2001), Automated Update of Building Information in Maps using Color Aerial Imagery, *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*