

위성영상을 이용한 춘천지역의 3차원 입체영상지도 생성에 관한 연구

연 상 호¹

A Study on the Stereo Image Map Generation of
Chuncheon Area using Satellite Overlay Images

Sang-Ho Yeon¹

요 약

인공위성영상은 일반지도에 비해 많은 정보를 포함하고 있다. 위성에 탑재된 센서를 이용하여 수집하는 영상은 대부분 디지털 이미지로서 고가의 컴퓨터영상처리장비에 의하여 처리 분석해야만 한다. SPOT2-3호에서 수집한 강원도 춘천지역의 중복영상으로부터 자동으로 수치 표고모델을 작성함으로써 다양한 영상정보의 활용과 함께 입체영상지도제작 및 분석이 가능해지고 있다. 본 연구에서는 SPOT(60×60km)의 춘천지역을 대상으로 한눈에 영상을 재현할 수 있도록 고해상도의 인공위성 영상자료를 처리하여 영상지도를 제작하기 위한 DEM(digital elevation model)을 만들어 입체감을 가진 다 방향의 조감도를 작성하고자 하였다. 3차원 영상지도제작의 효율적인 방법을 모색하여 기존의 방법을 크게 개선하면서 경제적인 새로운 개념의 위성영상지도의 제작 및 활용가능성을 모색하였다.

주요어: 인공위성영상, 센서, SPOT, 수치 표고모델, 3차원 영상지도

ABSTRACT

Satellite remote sensing images have much more information compared to a paper map. But these images are generally handled as particular image format gained from optical sensor, and must be processed and analyzed by computer with high priced digital image processing system. For the extraction of digital elevation model(DEM) from satellite image, we used the overlay image by SPOT-3 of Chuncheon area at the Kangwon province. According to the image condition, the precious geometric correction, the bundle adjustment for ortho-image generation and the stereo image mapping by several technical approaches were processed. So that we developed the methods of automatic DEM extraction and efficient stereo image map generation which can improve the digital image processing steps. Also, we applied the multiple direction bird-eye view image for modeling and analysis using the remotely sensed overlay images with high resolution.

KEYWORDS: Satellite Image, Sensor, SPOT, DEM, 3D Image Map

2000년 11월 15일 접수 Received on November 15, 2000

¹ 세명대학교 건설공학부 토목공학과 (yshsmu@semyung.ac.kr) Dept. of Civil Engineering, Semyung University

서 론

유럽에서는 프랑스를 중심으로 여러 국가가 협력하여 SPOT위성을 발사하여 활용 중에 있으며 현재까지 3개의 위성이 발사되어 활동 중에 있다. 특히 최근에는 IKONOS와 같은 고해상도의 위성자료가 일반에게 공개되고 있어 이의 활용은 국가적으로도 매우 유용한 것으로 판단되고 있다. 위성자료를 이용하여 지도를 작성하거나 수정하는 기술의 일부는 공개되어 있고 그 소프트웨어가 일부 상품화되어 있으며, 일반적으로 수치 모델(DSM : digital surface model)의 형태, 또는 이것을 지형의 특성으로 국한한 수치지형 모델(DEM : digital elevation model)의 형태로 되어 있다. 그러나 이에 관한 일련의 작업이 매우 복잡하고 사람과 컴퓨터가 같이 작업을 해야하는 등의 많은 연구의 여지를 남겨놓고 있다. 수치지형표고 모델은 무인 비행체의 지형추적 항법장치, 국토개발, 환경관리 등의 많은 분야에서 활용될 수 있으며, 기타의 여러 가지 목적으로 활용도가 높다고 할 수 있다.

본 연구에서는 위성의 원격 탐지된 입체영상 도입이 가능한 SPOT위성영상을 이용하여 정확한 3차원 위성영상 지도제작을 위한 위성영상의 처리에 관한 사항을 중심으로 다루었다.

연구내용 및 방법

1. 연구내용

지표면의 정보를 표현하는 가장 일반적인 방법은 지도에 의한 표현방법이라 할 수 있으며 그 중 지형도가 지상의 지형지물을 표시하는 대표적인 방법으로서 주로 이용되고 있다. 그러나, 지형도만으로 그 지역의 형상에 대한 현장감이나 입체감을 느끼기란 매우 어렵기 때문에 이를 보완하기 위한 수단으로서 정사투영 영상이 이용된다.

일반적으로 영상은 카메라 렌즈의 중심으로 투영되어 얻어지기 때문에 지형의 기복에

따른 변위가 포함되어 있으며, 촬영당시의 카메라 자세에 의한 피사체의 왜곡이 존재하게 된다. 또한 인공위성에 탑재되는 센서의 공간 해상력이 갈수록 좋아져서, 이미 프랑스에서 쏘아 올린 SPOT위성은 공간해상력이 10m까지 향상되었으며 센서의 관측각을 조정하여 중복된 입체영상을 얻을 수 있게 되었다. 따라서 컴퓨터를 이용하여 인공위성 데이터로부터 표고추출 및 이에 의한 등고선 작성 가능성이 커졌으므로 인공위성 데이터를 이용하여 정사투영 영상지도를 제작하게 될 경우 시간과 비용을 절감 할 수 있을 것이다(연상호, 2000).

본 연구에서는 현재의 인공위성 중 SPOT위성으로부터 관측 수집된 입체의 수치영상 데이터를 이용하여 정사투영 영상을 생성하는 기술을 개발하고자 하였다. 그리고 정사투영 영상 생성과정에서 필요한 SPOT위성의 보조 데이터 좌표체계는 WGS84의 측지좌표체계로 구성되어 있지만 국내의 측지좌표체계는 Bessel 타원체를 기준으로 TOKYO Datum에 의해 형성되어 있기 때문에, 이러한 이질적인 측지좌표계 사이의 변환모델 정립을 위한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 SPOT 위성의 HRV 센서에 의해 취득된 수치데이터를 이용하여 정사투영 영상을 제작하는 기본과정과 관련프로그램을 개발하고자 검토되었다. 즉 SPOT 위성영상을 이용한 정사투영 영상 생성과 DEM의 자동추출에 의한 3차원 입체영상을 제작하여 분석하는 제반 방법을 비교 검토하여 최적의 방법과 분석방안을 제시하는 것으로 하였다.

구체적으로는 SPOT 위성 데이터를 이용한 수치 표고모델 제작의 기술개발을 수행하고, 이후 수치 표고모델을 이용하여 정사투영 영상을 생성하는 알고리즘을 개발하며, 시범작업을 통하여 그 타당성을 검증해 보았다.

2. 연구방법

본 연구에서는 사용 데이터의 분석에 의한 수치적 미분편위 수정에 의하여 정확한 위치의

영상지도가 될 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 정사투영 영상제작을 위해, 화상 데이터 수집 당시 SPOT 위성 위치와 자세를 나타내는 외부표정요소 함수를 입력값으로 사용하였으며 제작된 정사투영 영상의 정확도 평가를 위해서 6,000화소×6,000화소의 전체 화상에서 현저한 점 20개의 동일 좌표를 찾아 지형도에서 확인 후 검사점 자료로 활용하였다. 본 연구에서 사용된 SPOT 화상은 전처리 수준 level 1A인 CCT 수치 데이터로서, 1995년 3월 28일에 관측 수집된 입체화상이다. 입체화상에서 구한 외부표정요소 함수를 미분편위 수정에서의 입력값으로 활용하였으며, 우측영상을 미분편위 수정의 입력영상으로 사용하여 정사투영 영상을 제작하였다. 수치적 미분편위 수정에는 영상데이터와 지상좌표간의 기하학적인 상관관계가 필요한데, 상관관계는 공선 조건식에 의해 표현되며 여기에는 영상데이터 취득 당시 SPOT 위성의 위치 및 자세요소인 외부표정요소가 필요하다. 본 위성에 사용된 외부표정요소는 번들 조정법에 의해 결정되었는데, 번들 조정법은 다수의 기준점에 대하여 투영중심과 영상상의 점, 지상의 대상물이 일직선상에 있다는 공선조건을 사용하여 각 영상의 외부표정요소를 동시에 결정하는 방법으로 그 조정 능력이 뛰어난 것으로 평가되고 있다(안철호 등, 1992). SPOT 영상은 각 라인별로 중심투영을 이루므로 각각의 라인에 대하여 항공영상과 같이 6개의 외부표정요소($\omega_L, \Phi_L, \chi_L, X_L, Y_L, Z_L$)가 존재한다. 이때, 영상 및 지상좌표계를 정의하면, i SPOT 영상의 L라인 P 영상 상에 존재하는 표정점 j 에 대한 공선조건식은 식 (1)과 같다.

$$x \begin{pmatrix} x \\ 0 \\ -f \end{pmatrix}_{ij} = S \cdot R_L \begin{pmatrix} X - X_L \\ Y - Y_L \\ Z - Z_L \end{pmatrix}_{ij} \quad (1)$$

여기서,

χ : Image X coordinate of orientation points

f : Focus length of SPOT satellite (unit of pixel) $\rightarrow 1082\text{mm}/13\mu\text{m}=83230.769\text{pixel}$

S : Scale

X, Y, Z : Earth coordinates orientation point

j

$\omega_L, \Phi_L, \chi_L, X_L, Y_L, Z_L$: External orientation elements of L line

$R_L = R \chi_L R \Phi_L R \omega_L$: Rotation matrix of L line

$$= \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \Phi_L \cos \chi_L & \frac{\cos \omega_L \sin \chi_L}{\sin \omega_L \sin \Phi_L \cos \chi_L} & \frac{\sin \omega_L \sin \chi_L}{\cos \omega_L \sin \Phi_L \cos \chi_L} \\ -\cos \Phi_L \sin \chi_L & \frac{\cos \omega_L \cos \chi_L}{\sin \omega_L \sin \Phi_L \sin \chi_L} & \frac{\sin \omega_L \cos \chi_L}{\cos \omega_L \sin \Phi_L \sin \chi_L} \\ \sin \Phi_L & -\sin \omega_L \cos \Phi_L & \cos \omega_L \cos \Phi_L \end{bmatrix} \quad (2)$$

식 (3)을 전개하여 표현하면 식 (4)와 같다.

$$X' = -f \frac{M_{11}(X - X_L) + M_{12}(Y - Y_L) + M_{13}(Z - Z_L)}{M_{31}(X - X_L) + M_{32}(Y - Y_L) + M_{33}(Z - Z_L)} \quad (3)$$

$$O = -f \frac{M_{11}(X - X_L) + M_{12}(Y - Y_L) + M_{13}(Z - Z_L)}{M_{31}(X - X_L) + M_{32}(Y - Y_L) + M_{33}(Z - Z_L)} \quad (4)$$

이 조건식으로부터 외부표정요소를 구해야 하는데, SPOT 영상은 6,000개의 라인으로 구성되어 있으므로, 각 라인에 대해 6개씩 총 36,000개의 외부표정요소가 생긴다. 그러나, 이들 표정요소를 모두 직접 구할 수는 없기 때문에, 외부표정요소를 시간 또는 라인의 함수 형태로 단순화하여 모델링하여야 한다.

본 연구에서는 위성의 자세 (ω_L, Φ_L, χ_L)에 대해서는 최대 3차 다항식을, 위성의 위치 (X_L, Y_L, Z_L)에 대해서는 최대 2차 다항식을 적용하여 4가지 경우에 대해 외부표정요소를 구했으며, 각각의 경우에 대해 정사투영 영상을 제작하고 그 정확도를 평가하였다.

3차원 영상지도 생성

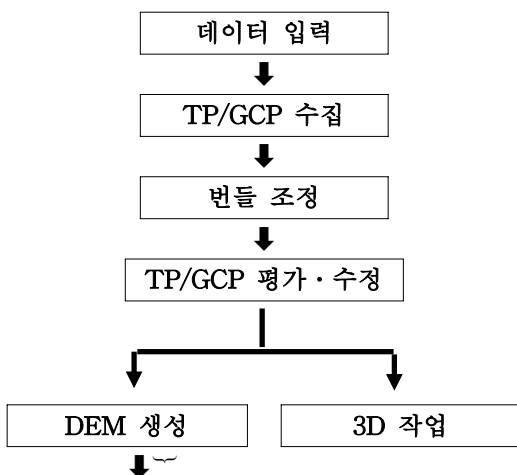
1. 수치 표고모델의 생성

정규격자망은 삼차원 좌표 데이터를 TIN으로 만든 후 TIN으로부터 격자망의 간격이 20m가 되도록 표고를 추출하여 구성할 수 있다. 이러한 수치 표고모델은 정규격자망 데이터를 영상처리 소프트웨어를 이용하여 영상데이터의 형태인 2진 파일의 형태로 변환하여 제작되었다.

최근에는 국립지리원에서 제작한 수치지도의 등고선 파일을 이용하여 TIN을 형성할 수 있으며 여기서 얻은 DEM 값을 영상과 연결하여 3차원 영상을 만들 수 있다. 본 연구에서는 인공위성에서 획득한 좌우 입체영상을 이용하여 자동으로 DEM을 추출할 수 있는 기법을 개발하여 3차원 영상을 제작할 수 있도록 하는 것을 중심으로 하였다.

2. 외부표정요소 결정

SPOT 영상은 투영중심과 위성의 자세가 계속해서 변화하기 때문에, 항공영상과는 달리 지상좌표의 이동에 따라 외부표정요소가 변화하게 된다. 또한 외부표정요소 뿐만 아니라 외부표정요소의 입력값인 라인값도 지상좌표에 따라 변화함으로 지상좌표만으로 그에 대응하는 영상좌표(라인값)와 외부표정요소를 동시에 구할 수는 없다.



Ortho 생성

FIGURE 1. Process of work

따라서, 먼저 지상좌표로부터 영상좌표(라인)의 초기값을 설정하고, 그 라인값으로부터 외부표정요소를 산출한 후, 공선조건식으로부터 영상좌표를 다시 계산하여, 앞에서 설정된 영상좌표와의 차이를 비교하는 반복계산이 필요하다.

라인값의 초기값 설정에는 지상좌표와 영상좌표의 관계를 2차원적으로 고려하는 Affine 변환식을 사용하였으며, 전체 영상으로부터 추출한 8개의 지상기준점을 입력값으로하여 최소제곱법에 의해 Affine변환식의 계수를 결정하였다. 사용된 지상기준점의 좌표는 표 1, 2와 같으며, Affine변환식은 다음 식과 같다.

$$L = 37927.10537 - 0.01388x - 0.09936y$$

외부표정요소가 결정되면, 외부표정요소 함수에 의해 지상좌표에 대응하는 영상좌표가 결정된다. 결정된 영상좌표에 대응하는 화소값을 산출하여 이 값을 수치표고모델의 대응위치에 기록하면 정사투영 영상이 제작된다.

3. 화소값 결정

본 연구에서는 원 SPOT 영상으로부터 정사투영 영상의 화소값을 추출하는 방법으로 최근인 삽입법과 2진 선형 삽입법을 사용하였다.

1:5,000 지형도를 좌표독취하여 만들어진 등고선도를 원영상과 각각의 경우에 대하여 제작된 정사투영 영상에 중첩해 봄으로써 제작된 정사투영 영상의 정확도를 시각적으로 점검하였다. 시각적인 점검 결과 제작된 정사투영 영상이 원영상에 비해 등고선과 더욱 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 특히, 원영상에서는 능선 부근의 지형에서 좌측으로 상당한 정도의 변위가 발생했음을 확인할 수 있으나, 정사투영 영상에서는 그와 같은 변위가 거의 사라졌음을 확인할 수 있었다.

DEM 정보추출 생성 실험

투영설정 단계가 끝나면 프로젝트를 저장한다. 항상 각 단계마다 저장을 선택해 프로젝트를 저장하고, 프로젝트 단계에서 생성한 춘천 Ortho.prj 파일을 사용해 모든 작업을 진행하였다.

1. 동일점 수집하기

동일점(tie point)은 둘 이상의 영상에서 동일한 좌표를 가지는 지점이다. 그림 2에서 사진의 왼쪽은 춘천 Left.pix에서 TP로 선정할 지점의 모습이며, 마우스 포인터가 붉은 십자가로 표시되고 있다. 우측은 춘천 Right.pix 영상의 모습이다. 춘천 Left.pix 영상과 동일한 지점으로 마우스를 이동한 후 충분히 확대해 일치한다고 생각되는 위치에 십자가 표시를 하고 영상이 작동 상태로 변하면서 TP 수집패널의 실행 영상 TP 부분에 춘천 Right.pix 영상의 이름과 좌표가 추가한다. 그리고 나면 새로운 TP가 추가되면서 TP ID가 28로 바뀌게 된다.

2. 지형도를 이용해 GCP 수집하기

춘천시 지역에 대한 1:50,000 지형도와 춘천 Left.pix 영상을 비교해 GCP(지상 기준점)을 수집하였다. 춘천 Left.pix에 대한 GCP 수집을 모두 끝마치면 춘천 Right.pix에 대해서 같은 위치에 GCP를 설정해 DEM 자동 생성에 꼭 필요한 Stereo GCP를 만들어야 한다.

이번 연구에서는 국립지리원에서 제작한 1:50,000 지형도를 참고하여 GCP를 수집하고, 이때 GCP로 선정하기 좋은 위치는 지형도와 비교해 쉽게 위치를 구분할 수 있는 지점으로 하였다. 우선 춘천 Left.pix 영상에서 한 지점을 선택한다. 그 다음은 영상에서 선택한 GCP의 위치를 1:50,000 지형도에서 읽어들이고 그 지점의 위도, 경도, 고도 값을 입력한다. 1:50,000 지형도의 등고선 간격은 주곡선이 20m, 간곡선이 10m이다. 지형도에서 값을 읽어들이고 GCP 수집 패널의 지상 확인점의 위치를 입력한 후 승인버튼을 누르면 ID 번호가 G0003인 GCP가 Accepted Points 부분에 추가되면서 세 번째 GCP가 수집되게 된다. 이 때 Point ID가 G0004로 바뀌면서 다음 GCP 선택을 기다리게 된다. 작업을 끝냈으면 Ortho-Engine SE_RE 주 패널의 File 메뉴에서 Save를 선택

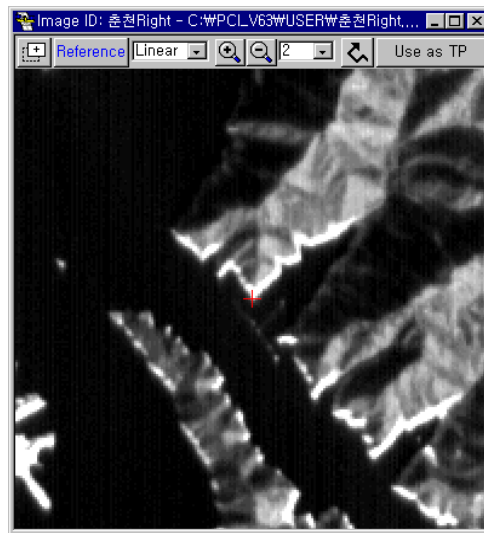


FIGURE 2. Position of tie point.

해 프로젝트 파일을 저장한다. 만약 저장을 하지 않고 작업을 끝내면 수집된 GCP 정보가

모두 사라져버리게 되므로 주의한다. 이와 같은 방법으로 춘천 Left.pix 영상에 대해 GCP

TABLE 1. The results of matching points for ortho image generation of Chuncheon area. (Image 춘천 Left)

GCP ID	Status	Elev (m)	Image X (P)	Image Y (L)
G0001	Active	120.0000 +/- 10.0000	2868.0000 +/- 0.1000	1285.0000 +/- 0.1000
G0002	Active	210.0000 +/- 10.0000	5077.0000 +/- 0.1000	1495.0000 +/- 0.1000
G0003	Active	170.0000 +/- 10.0000	4929.0000 +/- 0.1000	3757.0000 +/- 0.1000
G0004	Active	80.0000 +/- 10.0000	2908.5000 +/- 0.1000	3533.0000 +/- 0.1000
G0005	Active	100.0000 +/- 10.0000	2995.0000 +/- 0.1000	2348.0000 +/- 0.1000
G0006	Active	660.0000 +/- 10.0000	5004.5000 +/- 0.1000	2729.0000 +/- 0.1000
G0007	Active	330.0000 +/- 10.0000	4181.5000 +/- 0.1000	1273.0000 +/- 0.1000
G0008	Active	290.0000 +/- 10.0000	3978.5000 +/- 0.1000	3636.5000 +/- 0.1000
G0009	Active	130.0000 +/- 10.0000	3860.0000 +/- 0.1000	2147.5000 +/- 0.1000
G0010	Active	140.0000 +/- 10.0000	3889.5000 +/- 0.1000	2795.0000 +/- 0.1000
G0011	Active	190.0000 +/- 10.0000	2671.5000 +/- 0.1000	2011.0000 +/- 0.1000
G0012	Active	220.0000 +/- 10.0000	3955.0000 +/- 0.1000	1589.0000 +/- 0.1000
G0013	Active	290.0000 +/- 10.0000	4074.5000 +/- 0.1000	3218.0000 +/- 0.1000
G0014	Active	100.0000 +/- 10.0000	3418.5000 +/- 0.1000	2559.0000 +/- 0.1000
G0015	Active	130.0000 +/- 10.0000	3645.0000 +/- 0.1000	1592.0000 +/- 0.1000
G0016	Active	60.0000 +/- 10.0000	3393.0000 +/- 0.1000	2152.5000 +/- 0.1000
G0017	Active	530.0000 +/- 10.0000	4835.5000 +/- 0.1000	2980.0000 +/- 0.1000
G0018	Active	460.0000 +/- 10.0000	4645.0000 +/- 0.1000	1807.0000 +/- 0.1000
G0019	Active	120.0000 +/- 10.0000	3200.0000 +/- 0.1000	1611.0000 +/- 0.1000
G0020	Active	100.0000 +/- 10.0000	3081.5000 +/- 0.1000	2999.5000 +/- 0.1000

TABLE 2. The results of matching points for ortho image generation of Chuncheon area. (Image 춘천 Right)

GCP ID	Status	Elev (m)	Image X (P)	Image Y (L)
G0001	Active	120.0000 +/- 10.0000	2327.0000 +/- 0.1000	1399.0000 +/- 0.1000
G0002	Active	210.0000 +/- 10.0000	4597.0000 +/- 0.1000	1502.0000 +/- 0.1000
G0003	Active	170.0000 +/- 10.0000	4534.0000 +/- 0.1000	3767.0000 +/- 0.1000
G0004	Active	80.0000 +/- 10.0000	2455.0000 +/- 0.1000	3641.0000 +/- 0.1000
G0005	Active	100.0000 +/- 10.0000	2498.0000 +/- 0.1000	2457.0000 +/- 0.1000
G0006	Active	660.0000 +/- 10.0000	4594.0000 +/- 0.1000	2738.0000 +/- 0.1000
G0007	Active	330.0000 +/- 10.0000	3681.0000 +/- 0.1000	1323.0000 +/- 0.1000
G0008	Active	290.0000 +/- 10.0000	3565.0000 +/- 0.1000	3693.0000 +/- 0.1000
G0009	Active	130.0000 +/- 10.0000	3377.0000 +/- 0.1000	2214.0000 +/- 0.1000
G0010	Active	140.0000 +/- 10.0000	3433.0000 +/- 0.1000	2859.0000 +/- 0.1000
G0011	Active	190.0000 +/- 10.0000	2158.0000 +/- 0.1000	2136.0000 +/- 0.1000
G0012	Active	220.0000 +/- 10.0000	3456.0000 +/- 0.1000	1651.0000 +/- 0.1000
G0013	Active	290.0000 +/- 10.0000	3646.0000 +/- 0.1000	3271.0000 +/- 0.1000
G0014	Active	100.0000 +/- 10.0000	2940.0000 +/- 0.1000	2646.0000 +/- 0.1000
G0015	Active	130.0000 +/- 10.0000	3135.0000 +/- 0.1000	1669.0000 +/- 0.1000
G0016	Active	60.0000 +/- 10.0000	2896.0000 +/- 0.1000	2242.0000 +/- 0.1000
G0017	Active	530.0000 +/- 10.0000	4425.0000 +/- 0.1000	2997.0000 +/- 0.1000
G0018	Active	460.0000 +/- 10.0000	4182.0000 +/- 0.1000	1835.0000 +/- 0.1000
G0019	Active	120.0000 +/- 10.0000	2680.0000 +/- 0.1000	1710.0000 +/- 0.1000
G0020	Active	100.0000 +/- 10.0000	2612.0000 +/- 0.1000	3102.0000 +/- 0.1000

를 20개 수집하였다.

3. 번들 조정작업 결과

두 영상에 대한 Stereo GCP를 모두 수집했으면 번들 조정 계산을 하는 과정으로 넘어간다. Processing step에서 Model calculations 단계를 선택한 후, Perform bundle adjustment 아이콘을 누르면 번들 조정 계산이 이루어진다.

번들 조정은 모든 프로젝트 영상을 고려하는, 외부 표정 계산을 수행하는데 이용되는 방법이다. 이 단계를 실행하기 전에, 적어도 1개 이상의 GCP가 입력되어야 하며, 만약 1개의 GCP만 수집되었다면 프로젝트 scale이 주어진다. GCP 1개는 수학적으로 최소의 필요조건일 뿐이며, 보다 정확한 결과를 얻으려면 보다 많은 GCP를 수집해야한다.

다음은 두 영상에 대한 GCP와 TP의 RMS 오차의 내용이다(표 3, 4).

TABLE 3. The results of RMSE for GCPs

Residual Units: Image Pixels		Residual Info for 2 Images	
GCPs : 40	X RMS : 0.26	Y RMS : 0.26	
Check Points: 0	X RMS	Y RMS	
Tie Points: 28	X RMS : 0.05	Y RMS : 0.32	
RMS (x, y) for worst 5% of points in list: 0.54, 0.67			

TABLE 4. The results of RMSE for tie points

Residual Units: Image Pixels		Residual Info for 2 Images	
GCPs : 40	X RMS : 0.26	Y RMS : 0.26	
Check Points: 0	X RMS	Y RMS	
Tie Points : 28	X RMS : 0.05	Y RMS : 0.32	
RMS (x, y) for worst 5% of points in list: 0.21, 1.89			

입체영상을 이용한 자동 DEM 생성

1. 에피폴라 영상 생성과정

입체 영상을 이용해 자동으로 DEM을 생성하는 첫 번째 과정은 에피폴라 영상을 만드는 것이다. 입체화를 위한 처리단계의 첫 번째 아

이콘을 눌러 에피폴라 영상생성 패널을 열고 실행하여 새로운 영상의 생성이 끝났으면 프로젝트를 저장한 다음 실제 DEM 생성하게 된다.

2. 자동 DEM 추출방법

자동 DEM 추출패널을 이용하여 입체 쌍 선정부분을 보면 앞부분에서 생성된 에피폴라 영상이 등록돼 있는 것을 볼 수 있다. 자동 DEM 추출패널의 매개변수를 다음과 같이 설정하고 DEM을 실행하면 자동으로 DEM을 생성할 수 있다

Minimum Elevation: -10 Maximum Elevation: 1500
 Failure Value: -100 Background Value: -150
 DEM Resolution: Full DEM Detail : High

최소, 최대 고도는 지형도에서 조사해 설정하였다.

최종 입체영상 생성 및 분석평가

3-D 작업을 하기 위해서는 에피폴라 영상이 필요하며, 이 에피폴라 영상은 DEM 생성 작업에서도 필요한데, 그 이유는 스테레오 영상 사이의 y-방향 오차를 줄여주기 때문이다. 본 연구에서도 중복영상의 DEM 생성 작업에서 만든 에피폴라 영상을 이용하였으며, 에피폴라 생성 후에 3-D 보기작업을 실행하였다. 이를 위하여 3-D 입체쌍 패널을 이용하고, 투영쌍 보기와 입체쌍 보기에서 사용자는 3-D 윈도우에 표시될 왼쪽, 오른쪽 영상을 선택한다. 투영쌍보기창은 프로젝트에 들어있는 모든 영상의 중심 위치를 보여주게 된다. 이 윈도우에서 청색 십자(춘천 Left.pix)로 표시된 부분을 마우스로 선택하면 적색의 사각형이 오른쪽 입체 쌍 창에 표시된다. 왼쪽 창에서 춘천 Left.pix를 선택했으면, 오른쪽 입체 Pair Detail 창에서 청색 십자 표시를 선택하고 입체 Pair Detail 창의 아래 부분에 있는 에피폴라 Image를 선택하여 처리하게 된다(그림 3).

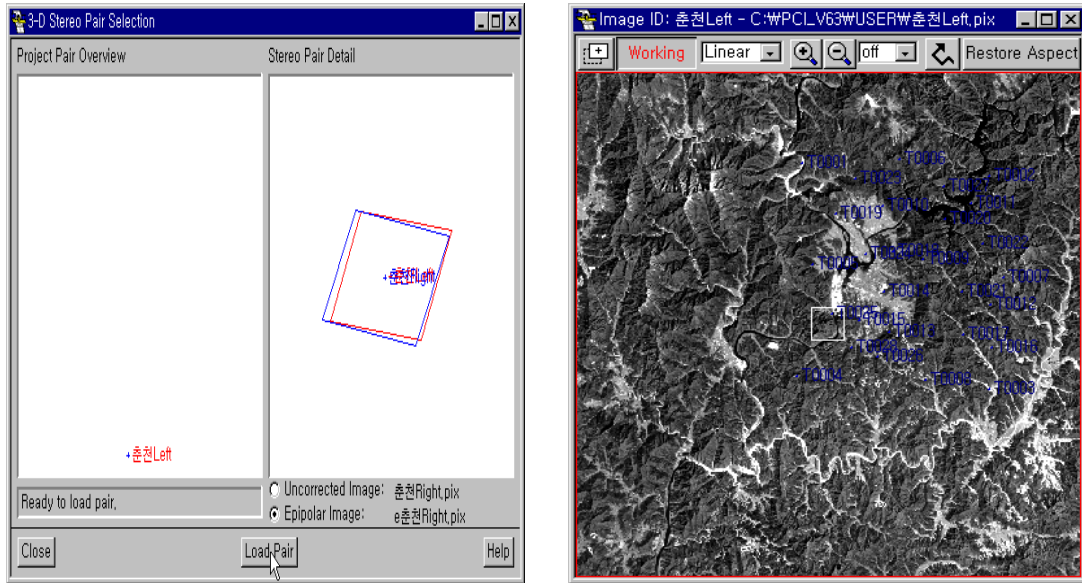


FIGURE 3. The results of epipolar image for stereo matching.

일반적으로, 제작된 정사투영 영상의 정확도는 현저한 대상물을 검사점으로 하여 이들의 평균 제곱근 오차를 구하여 평가한다. 이 과정은 먼저 현저한 지형지물의 영상좌표와 지상좌표를 관측하여, 두 좌표들 간의 관계식을 만들어, 이 관계식을 사용하여 영상좌표들로부터 지상좌표를 계산한다. 그리고 계산된 지상좌표와 관측된 지상좌표를 비교하여 전체 검사점에 대한 평균 제곱근 오차를 구한다. 그러나 본 연구에서는 수치 표고모델의 제약에 따라, 연구대상지역을 60km×60km의 산악지역으로 제한하였기 때문에, 검사점으로 사용할 수 있는 현저한 지형지물의 수가 제작된 정사투영 영상의 정확도를 평가하기에 충분하지 못했다. 따라서 기 제작된 정사투영 영상의 정확도를 평가하는데 대신하여, 정사투영 영상 제작에 사용된 알고리즘의 정확도를 평가함으로써 본 연구의 전체적인 결과를 평가하였다. 전체 영상으로부터 추출한 20개의 검사점 좌표를 기준점과 매칭점으로 설정하였다. 정확도의 평가는 본 연구에서 사용된 미분편위 수정

알고리즘을 이용하여 외부표정요소의 각 경우에 대하여 검사점의 영상좌표를 계산한 후, 계산된 영상좌표와 관측된 영상좌표를 비교하여 평균제곱근 오차(RMSE)를 계산함으로써 이루어졌다. NATO A급 지도의 정확도 표준은 현저한 대상 지형지물의 90%이상이 지도 축척에서 참위치(true position)의 0.5mm이내에 그려져야 한다고 규정된다. 이와 같은 정확도는 미국무성의 국가지도정확도표준과 캐나다의 A급 지도 등에도 채용되고 있다.(연상호와 이진덕, 2000)

정확도 평가를 위해 선정된 조사점의 오차가 가우스 분포를 따른다고 가정하면, 이와 같은 정확도는 평균 제곱근 오차로 환산할 때, 1:50,000 지도에서는 지상거리 16.5m가 되고, 1:25,000지도에서는 지상거리 8.2m가 되는 것으로 발표된바 있다.

본 연구의 결과는 각각의 경우에 대해 약간씩 차이가 나기는 하지만, 모든 경우에 대해 1:50,000 지형도의 소요 정확도를 충족시키는 수준이다. 영상좌표의 관측시에 포함되는 관측

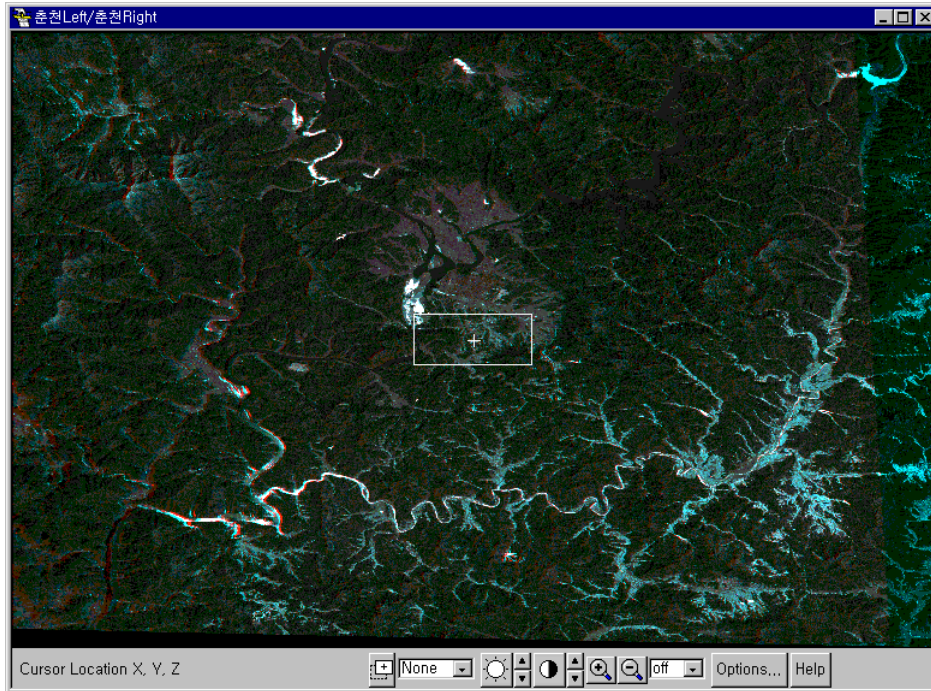


FIGURE 4. The result of Chuncheon city showed as 3-Dimension Images.

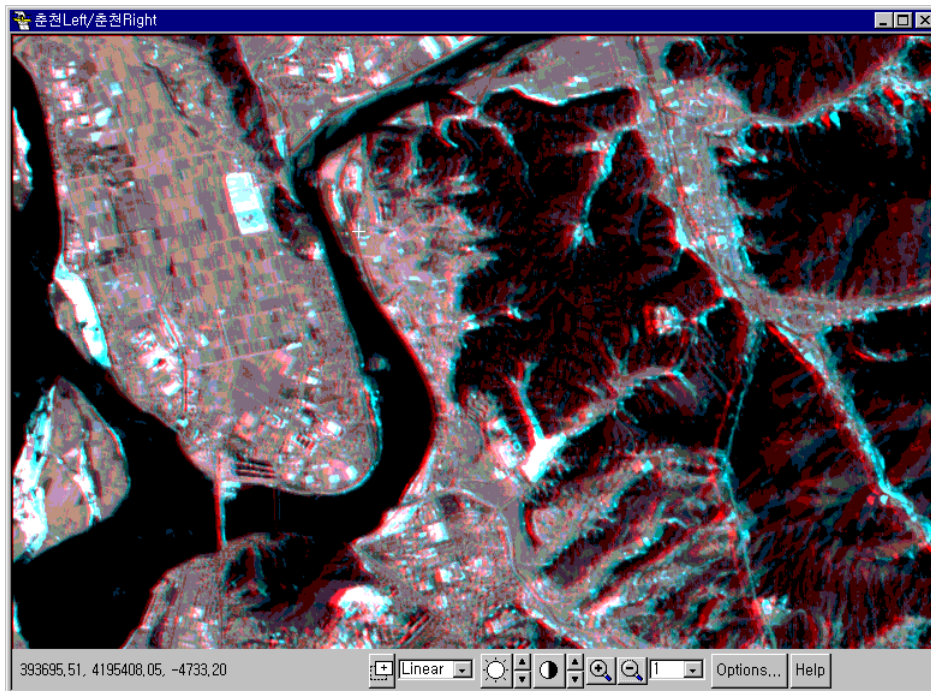


FIGURE 5. The result of expanded as stereo image of a partial Chuncheon area.

오차를 고려하더라도, 본 연구에서 사용된 미분편위 수정 알고리즘은 1:50,000 축척의 영상 지도 제작에 충분한 정확도를 지니고 있다고 할 수 있다. 정사투영 영상의 정확도는 입력값인 외부표정요소와 수치 표고모델의 정확도에 따라 크게 좌우된다. 그러므로, 대축척 지도의 정확도를 만족시키는 정사투영 영상을 제작하기 위해서는 원영상의 해상력(화소 크기)과 입력값의 정확도를 개선해야 할 것이다. 본 연구에서는 매우 한정된 지역을 대상으로 하여 1매의 정사투영 영상을 제작하였으나 정사투영 영상을 실제적으로 이용하기 위해서는 인접정사투영 영상을 접합해야 하는데, 이 때 다른 시기에 상이한 방법에 의해 수집된 자료는 영상간에 방사적 특성이 불일치하게 된다. 이러한 문제를 해결하여 현재 사용되고 있는 지형도의 크기와 일치하는 정사투영 영상 지도를 제작하는 방안에 관한 연구도 계속되어야 할 것이다.

결 론

1. 인공위성 입체영상에서의 DEM 자동추출은 미분편위 수정에 의한 외부표정요소를 결정 한 다음 6개의 인자가 정확하게 보정된 후에 GCP와 TP를 설정하는 것이 최우선적으로 선행되어야 한다.
2. 입체영상에서의 에피폴라형성에 의한 자동추출은 지형도에서의 최소치와 표고의 최대치를 사전에 조사하여 기본 값으로 설정되어야 한다.
3. 정사투영 영상의 형성은 추출된 DEM의 매칭지역을 정확히 두 개의 영상이 일치할 수 있도록 공간을 충분히 확보해야 하며, 관측자 시점이 지면과 수직이 될 수 있는 조건을 사전에 검토해 두는 것이 좋다.
4. SPOT영상을 이용한 DEM추출과 정사투영 영상의 생성은 아직 그 정확도에서 많은

문제점을 가지고 있으나 대체적으로 1:50,000의 영상지도제작에서는 많은 효율성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- 신동석, 곽성희, 김탁근. 1999. 우리별 3호 영상의 복사학적 보정 알고리즘. 한국지리정보학회 2(2):9-14.
- 안철호, 연상호. 1991. 리모트센싱과 GIS 통합 및 그 적용기법에 관한 연구. 한국측지학회지 9(1):97-111.
- 안철호, 연상호, 박병욱, 이병길. 1992. 인공위성 데이터를 이용한 정사사진투영 제작에 관한 연구. 한국측지학회지 10(1):1-7.
- 연상호. 2000. 수치정사사진제작을 위한 DEM 생성 및 추출기법에 관한 실험적 연구. 한국지리정보학회 춘계학술발표논문집:159-166.
- 연상호, 이진덕. 2000. RADARSAT 위성영상의 DEM 추출연구. 한국지리정보학회 추계학술발표논문집:122-133.
- 이진덕, 연상호, 유재엽, 김성길. 1999. LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용변화 검출. 한국지리정보학회지 2(1):73-83. **KAGIS**