

# 위성영상을 이용한 정사투영사진지도 제작에 관한 연구

이석균\*, ○정수\*, 김원대\*, 조홍석\*\*

## 1. 서론

정사투영사진지도는 영상의 형태를 갖추고 있어서 지형에 대한 현장감이나 입체감을 판독하기에 매우 유용한 동시에 영상 내에서 거리, 각도, 지형지물의 수평위치 및 표고, 면적 등의 정보를 취득할 수 있으므로 향후 지형도의 발전된 형태로 이용될 가능성이 매우 크다. 또한, 수치형태의 정사투영사진지도는 GIS의 지형정보자료로서 직접 이용될 수 있고 각종 계획이나 관리에 있어서 시각적 효과와 정확도를 동시에 확보할 수 있으므로 그 유용성이 크다.

정사투영사진지도는 대상지역에 대하여 사진기나 주사기에 의해 취득된 영상과 수치표고모형을 이용하여 제작된다. 따라서, 사진기나 주사기에 의해 취득된 영상과 수치표고모형의 정확도가 최종적인 정사투영영상의 정확도를 결정한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 최근에 국내 사진측량분야에서 활발히 다루어지고 있는 SPOT 위성영상 중 전처리 수준 1A의 수치영상을 이용하여 수치표고모형을 제작하고 이를 이용하여 SPOT 위성영상에 대한 수치미분편위수정을 수행함으로써 정사투영영상을 생성하였다. 그리고 정사투영영상에 수치표고모형으로 부터 제작된 등고선도를 중첩시키므로써 단순한 형태의 정사투영사진지도를 제작하기 위한 연구를 수행하였다.

## 2. 연구내용

본 연구에서 SPOT 위성영상으로 부터 정사투영사진지도를 제작하기 위해 수행된 연구과정은 그림 2.1과 같이 수행되었다.

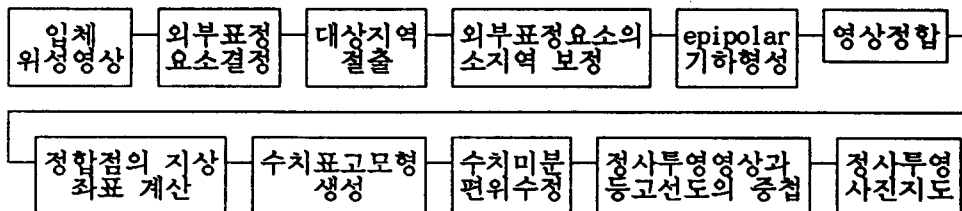


그림 2.1 정사투영영상 사진지도 제작 과정

### 2.1 SPOT 위성영상의 외부표정요소 결정

SPOT 위성영상으로 부터 수치표고모형을 생성하기 위해서는 우선 두 입체영상에 대한 외부표정요소가 결정되어야 한다. SPOT 위성영상은 영상의 취득방법이 일반 항공사진과는 다르게 위성의 이동에 따라 영상 내의 한 라인씩을 주사하는

\* 연세대학교 토목공학과 박사과정

\*\* 연세대학교 토목공학과 석사과정

방식에 의하여 이루어지므로 각 주사선마다 외부표정요소가 다르게 나타난다. 그러므로 SPOT 위성영상의 외부표정요소는 주사선에 의한 함수로 표현하는 것이 일반적이다. 그러나 이는 엄밀한 의미에서 말하면 간접적인 해석방법이며, 영상 내의 소지역에서의 외부표정요소의 변화를 무시하는 경향이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여, 전체 영상에 대해서 지상기준점의 관측자료를 이용한 외부표정요소를 산정한 다음 이를 대상지역에 대해 1:5,000 지형도에서 취득한 보조기준점을 이용하여 보정하여 연구에 적용하는 방안을 연구하였다.

따라서 본 연구에서의 외부표정요소는 다음과 같은 함수로 표현된다.

$$E_i = f(E_0, \Delta E_1, \Delta E_2)$$

여기서,  $E_i$ 는 임의의 주사선에서의 외부표정요소이며  $E_0$ 는 영상의 중심에서의 외부표정요소,  $\Delta E_1$ 은 임의의 주사선에 대한 외부표정요소의 보정량,  $\Delta E_2$ 는 소지역에 대한 보정량이다.

## 2.2 epipolar 기하상태

수치영상으로 부터 수치표고모형을 생성하기 위해서는 좌우 영상에 대한 공액점을 결정하여야 한다. 수치영상 전체에 대하여 농액점을 결정하는 것은 육안으로는 불가능하며 따라서 영상정합방법에 의해 전체영상소에 대하여 공액점을 결정하게 된다. 영상정합방법은 좌우 영상의 계조값(gray level) 분포를 비교하여 정합점을 결정하므로, 좌우 영상의 횡방향에 대한 배열요소가 외부표정요소의 카이에 의해 다르게 된다면 정합의 정확도나 수행속도가 매우 저하된다. 따라서 두 영상의 횡방향에 대한 배열상태가 가급적 일치하도록 영상재배열(image resampling)을 수행하여야 하며 이를 epipolar 기하상태의 형성이라고 한다.

본 연구에서는 좌측영상에 대하여 우측영상을 재배열하는 방법에 의하여 epipolar 기하상태를 형성하였다.

## 2.3 영상정합

영상정합 방법에는 표준상관계수법(standard correlation coefficient method), 최소제곱정합법(least square matching method), 특징기준정합법(feature based matching method) 등이 있으나 본 연구에서는 적용이 간편하고 속도가 빠른 표준상관계수법을 적용하였다. 표준상관계수법은 정합기준영역의 계조값 분포와 탐색영역에서의 각 점들의 계조값 분포 간의 상관성을 분석하여 가장 상관성이 높은 점을 정합점으로 선택하므로 정합기준영역의 크기 및 탐색영역의 크기에 의해 속도와 정확도가 좌우된다. 따라서 본 연구에서는 탐색영역을 예측하기 위한 예측모형식 적용하고자 이에 대한 연구를 수행하여 3차 다항식에 의한 예측모형식을 결정하고 이 예측모형식의 기준점들에 대한 잔차값을 분석하여 탐색영역의 크기를 최소화함으로써, 영상정합의 정확도와 속도를 향상시키고자 하였다. 기준영역의 크기에 대해서는 영상전체에 일정한 간격으로 분포된 기준점에 대하여 실험적으로 영상정합을 수행한 다음에 상관계수의 평균값이 가장 높은 기준영역의 크기를 결정하였다.

## 2.4 지상좌표의 계산 및 수치표고모형 생성

정합이 수행되면 외부표정요소값을 이용하여 각 정합점 마다 지상좌표를 계산할 수 있다. 정합점의 지상좌표는 공선조건식을 선형화하여 최소제곱법에 의해 잔차가 최소화되도록 반복계산하므로써 계산할 수 있으나 이는 많은 시간이 소요되며 계산과정도 복잡하게 된다. 또한 벡터 해석에 의한 선형적 해법의 경우는

간략법으로서 그 계산과정이 단순하고 수행 속도가 빠르지만 외부표정요소의 정확도에 매우 민감하여 외부표정요소의 오차에 의한 정오차가 크게 누적될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 벡터해석에 의하여 계산된 지상좌표를 가상적인 모형 좌표로 간주하고 이에 대해 지형도에서 취득한 대상지역의 기준점을 이용하여 절대표정을 수행하므로써 지상좌표를 취득하는 독립모형법(independent model triangulation: IMT) 개념을 도입하였다.

각 정합점에 대하여 지상좌표가 결정되면, 이에 보간법을 적용하여 일정한 격자 간격의 수치표고모형을 생성할 수 있다. 본 연구에서는 거리경중법(inverse distance weight method)을 적용하여 일차적인 보간을 실시하므로써 격자형의 수치표고모형을 생성하였으며, 격자형 수치표고모형 상의 이상표고를 소거하므로써 수치표고모형의 정확도를 향상시키고자 하였다.

이상표고의 소거 방법은 수치표고모형 전체에 대하여 한 격자의 표고값과 그 주위의 표고의 평균값의 차를 계산한 다음, 이에 대한 평균값을 계산하여 그 절대값을 1 $\sigma$ 로 정하고 3 $\sigma$ 에 해당하는 값을 한계값으로 설정하므로써 임의의 표고값과 주변 표고의 평균값의 차가 한계값을 초과할 경우는 이상표고로 간주하여 주변의 평균값으로 표고값을 대치하는 방법을 적용하였다.

### 2.5 수치미분편위수정

수치미분편위수정은 수치표고모형을 기준으로 하여 원영상을 재배열하여 정사투영영상을 생성하는 과정으로서 이를 위해서는 수치표고모형의 각 격자점에 대한 영상좌표값을 계산하는 과정이 요구된다. 즉, 지상좌표계산의 역방법에 의한 계산이 이루어져야 한다고 할 수 있다.

SPOT 위성사진의 경우는 외부표정요소가 주사선에 따라 변화하고 또한 본 연구에서는 소지역에 따른 외부표정요소의 보정을 수행하였으므로, 공선조건식의 적용에 의해 선형적으로 영상좌표를 결정하는 것이 곤란하다. 따라서 초기값을 결정된 다음에 반복계산에 의하여 영상좌표를 계산하는 방법을 적용하여 수치표고모형 상의 각 격자점에 대한 영상좌표를 계산하였고 이를 이용하여 수치미분편위수정을 수행하므로써 정사투영영상을 생성하였다.

### 2.6 정사투영사진지도의 제작

수치미분편위수정에 의해 생성된 정사투영영상이 생성되면 여기에 수치표고모형으로 부터 생성된 등고선도를 중첩시키므로써 최종적인 정사투영사진지도를 제작할 수 있다.

## 3. 연구결과분석

### 3.1 사용자료 및 대상지역

본 연구에 이용된 영상자료는 SPOT 위성영상 자료 중의 전처리 수준 1A의 수치영상으로서 좌측영상은 1987년 11월 29일에 주사되었으며 우측영상은 1987년 11월 30일에 주사되었고 주사시의 태양각은 거의 유사하다. 좌우영상의 주사시의 경사각은 각각 5° 37' 과 26° 10' 이며 기선고도비는 약 0.57이다.

전체 영상에 나타난 지역은 대전을 중심으로한 인근지역으로서 약 60 km x 60 km를 포함한다.

본 연구의 대상지역은 대전 남쪽지역으로서 약 3.5 km x 3.5 km의 도시와 야산이 혼재된 지역을 선택하였으며 그에 맞게 좌측영상에서는 440 pixel x 440 pixel로 대상지역을 절취하였고 우측영상에서는 영상정합 시의 편차를 고려하여 약간 크게하여 600 pixel x 600 pixel로 대상지역을 포함하여 절취하였다.

### 3.2 결과분석

SPOT 위성의 수치영상자료를 이용하여 본 연구의 연구대상지역에 대한 수치표고모형을 생성한 결과 1:5,000 축척의 지형도에서 추출한 수치표고모형과 비교할 때, 50 m x 50 m 간격의 전체 격자에 대한 평균제곱근오차는 이상표고소거 전에는 12.89 m로, 이상표고 소거 후에는 12.48 m로 나타났다. 따라서 본 연구의 결과로 얻어진 수치표고모형의 정확도는 1:25,000 축척의 지형도의 주곡선이 10 m 임을 비추어 볼 때 이에는 미치지 못하지만 다소 근접한 정확도의 수치표고모형이 생성되었음을 알 수 있다. 이 수치표고모형을 대상지역의 좌측영상과 연계시켜 정사투영영상을 생성하고 수치표고모형으로부터 등고선도를 추출하여 중첩시키므로써 최종적인 정사투영사진지도가 제작되었다. 본 연구에서 제작된 정사투영사진지도는 대상영역이 3.5 km x 3.5 km이며, 한 영상소당 10 m x 10 m의 해상력을 갖는다. 등고선 간격은 10 m이며 TM 좌표계에 의하여 좌표계 표시를 하였으며 정확도는 수치표고모형의 정확도에 비추어 볼 때 1:25,000에 근접하다고 평가할 수 있다.

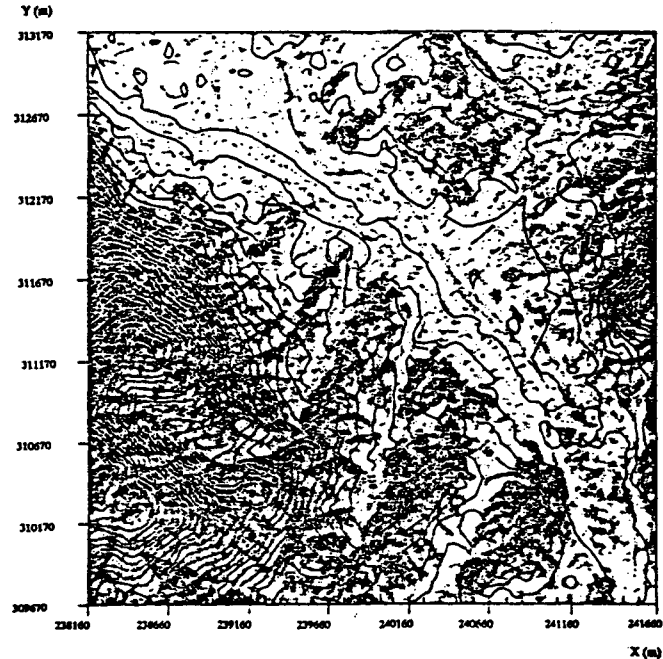


그림 3.1 본 연구에서 제작된 정사투영사진지도

### 4. 결 론

본 연구에서는 SPOT 위성영상의 전처리 수준 1A인 수치영상자료를 이용하여 정사투영사진지도를 제작하기 위한 연구를 수행한 결과 1:25,000 축척의 정확도에 근접한 수치표고모형을 생성할 수 있었으며, 이를 수치미분편위수정법에 적용시켜 정사투영영상을 생성한 다음, 등고선도를 중첩시켜 단순한 형태의 정사투영사진지도를 제작할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 기초연구과제(과제번호 90-4-4)의 지원을 받아 수행되었으며, 국방과학연구소의 연구지원에 깊은 감사를 드립니다.