

항공사진 이미지 데이터베이스 구축방안

강영옥*, 안재영**, 김은모***

A Comprehensive Study On Construction of Digital Image Database Using Airphoto

Youngok Kang, Jae-Young Ahn, Un-Mo Kim

요 약

서울시를 비롯한 대도시지역에서 무허가건물 관리를 위해 촬영된 항공사진은 지형지물의 변동상황을 주기적으로 파악할 수 있는 귀중한 자료로서 항공사진 관리의 효율성을 기하고, 1:1,000 수치지형도와 함께 지형에 대한 이해를 도모하며, 벡터자료에 비해 쉽게 갱신될 수 있는 자료로서 널리 활용될 수 있는 방안의 연구가 필요하였다. 본 연구에서는 서울시의 1:5,000 항공사진을 1,000dpi로 스캐닝한 후 항공사진에 위치만 보정한 단계로부터 수치정사사진 제작에 이르기까지 단계별로 항공사진 이미지 데이터를 실험제작 하였으며, 이를 근간으로 항공사진을 이용한 이미지 데이터베이스 제작에 관한 기술적, 경제적 가능성을 점검하고 향후 구축방향을 제안하였다.

ABSTRACT: Airphotos taken for the management of unauthorized houses in large cities like Seoul are very important material for understanding periodic change of topography. A research on construction of digital database using airphoto are required for the efficient management of existing airphotos, for the easy and better understanding of topography together with 1:1,000 digital topographic map, and for the easy updating of topographic data. Digital data using 1:5,000 scale airphoto scanned 1,000 dpi has been experimentally constructed from georeferenced images to orthorectified images. The technical and economical possibilities for the construction of digital database using airphoto have been checked based on the experimentation and future direction of how to make digital database using existing airphoto has been suggested.

1. 서 론

서울시를 비롯한 대도시지역에서는 무허가 건물

관리를 목적으로 대축척의 항공사진을 촬영해왔다. 특히 서울시의 경우 항공사진 제작은 주택재개발과에서 1971년부터 1:5,000 축척으로 1년에 2번씩 제

* 서울시정개발연구원 지리정보연구센터 실장(Center for GIS, Seoul Development Institute; San 4-5, Yejang-Dong, Jung-Gu, Seoul 100-200, Korea, Tel:(02)726-1181)

** (주) 텐타인터랙티브 기술부 팀장 (Tel:(02)942-8996)

*** (주)지오원 연구원 (Tel:017-257-3508)

자해 왔으며 현재 약 10만매의 사진을 보유하고 있다. 항공사진은 대외비로 분류되어 활용이 매우 제한적이거나 도시계획관련업무, 소송업무, 단속업무 등에 활용되고 있으며, 주기적 변동사항을 파악할 수 있는 귀중한 자료라 할 수 있다. 특히 국가지리정보체계 구축사업(NGIS)의 일환으로 제작하고 있는 1:1,000 수치지형도는 1:5,000 항공사진을 해석도화하여 벡터자료로 제작한 것으로 GIS 구축사업에 있어 우리보다 앞선 선진국에서는 이러한 항공사진에 위치정보를 넣고, 항공사진 기복변위를 제거한 정사사진 및 이를 수치 자료화한 수치정사사진을 제작·활용하고 있다. 이러한 수치정사사진은 일반 지도와 같이 사진상에서의 면적, 거리의 계산이 용이하고, 벡터자료에 비해 현황에 대한 이해가 빠르며, 제작 및 갱신이 용이하여 GIS를 추진하는 외국에 있어 GIS의 기본데이터(framework data)로서 활용분야가 넓어지고 있다.

항공사진을 이용한 수치정사사진의 제작 및 활용이 활발한 것은 사실이나 기존에 촬영된 항공사진을 수치정사사진으로 제작하는 것이 기술적, 경제적으로 타당성이 있는가는 검토되어야 할 것이다. 즉 1:5,000의 대축척으로 제작되는 항공사진에 대해 과연 어떤 방법으로 제작되는 것이 바람직한지에 대한 연구가 필요하다. 본 연구의 목적은 기존에 촬영된 항공사진 관리의 효율성을 제공하고, 항공사진을 1:1,000 수치지형도를 보완하는 하나의 자료층으로서 활용하며, 기존의 항공사진을 활용해 왔던 부서의 업무 효율성 증진을 위해 항공사진 구축방안을 모색해 보고자 한다.

항공사진을 이용한 이미지 데이터베이스 제작의 가능성을 점검해보기 위해 서울시 일부 실험지역에 대해 단계별로 항공사진 이미지데이터를 제작해 보았다. 항공사진 이미지 데이터의 제작은 서울시의 1:5,000 항공사진을 1,000dpi로 스캐닝한 후 항공사진에 위치만 보정한 데이터, 위치보정후 모자이크

제작까지 한 데이터, 지형만을 대상으로 위치보정 및 편위수정한 수치정사사진, 건물높이까지 보정한 수치정사사진을 제작하였다. 위치보정 단계의 데이터 제작은 ERDAS Imagine 8.3 및 OrthoMAX, ERMapper 5.5를 이용하였으며, 수치정사사진 제작은 ERDAS Imagine 8.3 및 OrthoMAX, Leica SOCET SET을 사용하였다.¹⁾ 실험연구 대상지역은 종로구 종로 3·4가동, 중구 을지로 3·4·5가동, 충무로 4·5가동, 필동, 장충동 일부지역으로 하였으며, 1996년 11월에 촬영된 항공사진을 사용하였다.

II. 수치정사사진의 개념 및 외국의 항공사진 및 수치정사사진 제공현황

1. 수치정사사진의 개념

항공사진의 이미지가 지도와 근본적으로 차이는 나는 것은 투영방식 때문이다. 지도는 정사투영인데 비해 사진은 렌즈의 중심을 통한 중심투영으로 투영의 중심점에서는 지도와 같이 정사의 형태를 띠지만 중심에서 멀어질수록 외곽으로 지형지물의 상이 높게 된다. 그리고 사진의 투영에서는 평행선이 어느 한 지점에서 만나게 되는데 지형의 기복이 없는 경우는 정사투영인 지도와 별차이가 없지만 지형의 기복이 있는 경우는 지도와 다르게 나타난다. 이렇게 지형의 기복에 따라서 이미지의 차이가 나타나는 것을 편위(displacement)라고 한다.

항공사진의 축척은 카메라의 초점거리와 비행기의 지상으로부터의 고도와와의 비율로서 정의된다. 사진상의 거의 모든 점에서 경사와 높이의 변화로 인하여 카메라 초점과의 거리가 다르게 되므로 모든 점들의 축척이 같지가 않다. 따라서, 항공사진은 영상 전체에 대하여 일정한 축척을 가지고 있지 않

1) Leica SOCET SET을 이용한 수치정사사진의 제작은 (주)중앙항업의 협조를 받았다.

기 때문에 편위 제거 과정을 거치지 않는다면 특정 지물에 대하여 거리나 각도를 측정하는 것, 또는 정확한 위치를 추출하는 것에 사용되는 것이 불가능하다. 이러한 항공사진은 위치좌표보정(Georeference)과 정사보정을 했는지에 따라 세 가지로 분류할 수 있는데, 그 관계는 다음의 <표 1>과 같다.

표 1. 보정유무에 따른 사진영상의 종류

	Georeferenced	Orthorectified
Uncontrolled images	×	×
Semi-controlled images	○	×
Fully controlled images	○	○

출처: URISA, 1997, Digital Orthophotos: Mapping with Desktop Software, Workshop Manual

이렇게 항공사진상에 나타나는 편위를 제거함으로써, 사진상에 나타나는 상이 일반지도에서 보는 것처럼 사진상의 모든 점에서 축척이 일정하도록 만든 사진을 정사사진(Orthophoto)이라 하며, 이 사진을 컴퓨터에서 사용이 가능한 데이터로 만든 것을 수치정사사진(Digital Orthophoto)이라 한다.

2. 수치정사사진의 활용

수치정사사진은 지형도의 성격을 가지고 있으며, 사진의 형태를 하고 있으므로 토목공학, 측량학, 지형학, 지질학, 임학, 농학, 군사 분야 등 여러 분야에서 사용될 수 있다. 최근에는 GIS/LIS 분야에서 새로운 기본도의 형태로 재발견되고 있는데 수치정사사진의 활용분야를 정리해보면 다음과 같다.

- system linework의 정확도를 측정하거나 head-up 디지털이징을 이용해 선 데이터를 갱신하거나 영상으로부터 더 상세한 정보를 획득할 수 있다.
- 거리, 면적, 사면경사, 위치 등의 정확한 측정

이 가능하다.

- 기존의 GIS 데이터에서 누락되거나 소축적으로 일반화되어 생략된 지형지물 등의 표현이 가능하다.
- 기존의 인쇄된 지도는 제작에 많은 시간 및 비용이 소요되기 때문에 현재 사용되고 있는 지도들의 갱신이 제대로 이루어지지 않고 있는 문제점이 있으나, 정사보정된 수치이미지 데이터를 사용하게 되면 이 데이터를 바탕으로 벡터데이터의 갱신작업이 수월해진다.
- 정사보정된 수치이미지데이터는 주기적으로 작업이 가능하고 생성하는 시간이 오래 걸리지 않기 때문에 그때 그때 변화하는 현황의 모습(새로운 도로망의 건설, 건물의 생성과 소멸, 토지이용의 변화)들을 볼 수 있으며, 이러한 수치정사보정 이미지를 기본도로 하여 원하는 벡터데이터를 중첩하여 이용하거나 생성할 수 있다.

3. 수치정사사진 제작 과정

수치정사사진을 만들기 위해 필요한 자료원(Source data)으로는 항공사진, 지상기준점, 비행기 카메라 정보, 스캐너, 고도자료(DEM 또는 DTM)가 필요하며 수치정사사진을 제작하는 일반적인 과정은 <그림 2>와 같다. (URISA, 1997)

4. 외국의 항공사진 및 수치정사사진 제공현황 비교

국내에서 국가지리정보체계 구축사업(NGIS)으로 제공하고 있는 데이터인 1:1,000 및 1:5,000 수치지형도 및 각종 주제도는 모두 벡터자료이나 외국의 경우 항공사진, 수치정사사진 그리고 인공위성 영상 등 래스터데이터 또한 국가에서 제공하는 프레임워크 데이터로서 중요한 정보가 되고 있다.2) 미국의 USGS, 호주의 AUSLIG, 일본의 GSI에서 판매하

2) 프레임워크 데이터의 개념 및 국가별 프레임워크 데이터 유형에 대해서는 강영욱(1998) 참조

표 2. 외국의 항공사진 및 정사사진 제공현황

	항공사진	(수치)정사사진
미 국 (USGS)	<ul style="list-style-type: none"> · NAPP <ul style="list-style-type: none"> - 축척 1:40,000 컬러 적외선사진과 흑백사진 - 9" x 9" 사진의 2~4배 확대사진 · NHAP <ul style="list-style-type: none"> - 축척 1:58,000 컬러적외선사진 - 축척 1:80,000 흑백사진 · NAPP, NHAP 이외의 여러 연방기관의 다양한 축척의 사진 	<ul style="list-style-type: none"> · 해상도(지상해상도) <ul style="list-style-type: none"> - DOQQ: 1m x 1m - DOQQ: 2m x 2m · 정확도 <ul style="list-style-type: none"> - DOQQ: 1/12,000 지도의 수평정확도 - DOQQ: 1/24,000 지도의 수평정확도 · 항공사진축척 <ul style="list-style-type: none"> - DOQQ: 1/40,000 - DOQQ: 1/80,000 · 범위 <ul style="list-style-type: none"> - DOQQ: 1/4 구획(3.75') - DOQQ: 표준구획(7.50') - 잉여폭: 최소 50m~ 최대 300m · Scanning 해상도 <ul style="list-style-type: none"> - 1,000dpi(25μm) · Data Format <ul style="list-style-type: none"> - BIP (Band-interleaved by pixel), JPEG format with Metadata · 제공되는 Data Media <ul style="list-style-type: none"> - 8mm tape, CD-ROM, 9-track tape, 3,480 catridge tape
호 주 (AUSLIC)	<ul style="list-style-type: none"> · 흑백항공사진 <ul style="list-style-type: none"> - 밀착인화사진 (230 x 230mm) - 투명양화필름 - A4 size(part photo) 2, 3, 4, 5배 확대 (whole photo) · 컬러항공사진 <ul style="list-style-type: none"> - 컬러 밀착인화사진 (230 x 230mm) - 투명양화필름 - A4 size (part photo), 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5배확대(wholephoto) 	<ul style="list-style-type: none"> · 흑백 모자이크 정사 사진지도 <ul style="list-style-type: none"> - 축척 1:100,000 (760mm x 610mm) · 컬러 모자이크 정사 사진지도
일 본 (GSI)	<ul style="list-style-type: none"> · 항공사진 (230 x 230mm) <ul style="list-style-type: none"> - 2, 3, 4배확대, 부분확대 사진 - 컬러 항공사진 - 흑백 항공사진 · 양화필름 · 35mmMicrofilm · Color Slide · 사진지도 	

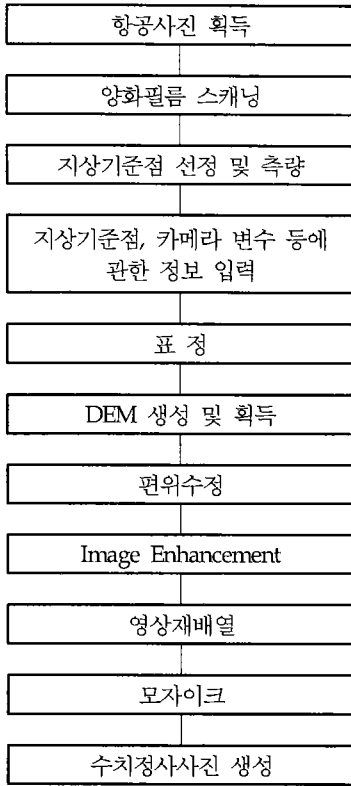


그림 2. 수치정사사진 제작 과정

고 있는 항공사진과 정사사진은 <표 2>와 같다. 아래 표에서 볼 수 있듯이 미국에서는 항공사진, 수치정사사진 등을 제작하여 보급하고 있으며, 호주에서는 항공사진과 모자이크한 정사사진을 제작하여 보급하고는 있지만 아직까지는 수치정사사진을 제작하여 보급하지는 않고 있다. 일본의 경우 항공사진이나 항공사진과 벡터자료를 혼합한 사진지도는 제공되고 있으나 정사사진은 아직까지 제공하지 않는 것으로 나타났다. 미국의 경우 수치정사영상은 GIS를 활용하는 여러 업무에서 하나의 기본자료층으로서 널리 활용되고 있으며, 우리나라에서는 청주시에서 도시종합정보시스템 구축시 항공사진의 위치보정후 모자이크를 작성하고 이를 다시 1:1,000 수치지형도 도판크기에 맞게 재단하여 도시계획 업무에 활용하고 있다.

III. 위치만을 보정시킨 항공사진 이미지 데이터 제작

위치만을 보정시킨 항공사진 이미지 데이터의 제작은 작업과정상으로는 항공사진 획득→양화필름 스캐닝→표정(수평기준점만 입력)→영상의 지형보정→모자이크 제작의 단계를 거치게 된다. 위치보정 과정만을 거친 항공사진 데이터는 항공사진 이미지에 지상좌표계를 입력시키기 때문에 지상좌표와 연관시켜 볼 수는 있으나 항공사진 자체가 중심투영방법이기 때문에 생기는 방사왜곡이나 기복변위는 제거되지 않아 사진의 중심에서는 상이 위에서 본 것처럼 나타나지만 사진의 외곽으로 갈수록 지형지물이 바깥으로 굽는 현상이 나타나게 된다. 위치만을 보정시킨 항공사진 이미지 데이터 제작시 중요요소는 지상기준점(Ground Control Point)의 선정과 지형보정방법의 선택, 그리고 위치보정된 항공사진의 모자이크를 어떻게 제작하는 가이다.

1. 지상기준점의 선정

본 연구에서는 항공사진 양화필름 스캐닝 자료를 1:1,000 수치지형도와 중첩하여 사용한다는 가정하에 항공사진상에서 지상기준점을 잡는 위치와 선정방법에 대하여 살펴보았다. 대상이 되는 항공사진은 1996년 11월에 촬영된 33코스 14번, 15번, 16번 사진을 이용하였다. 33코스 14번 지역은 도심부의 건물이 밀집된 지역이며, 15번 지역은 도심의 建物密集地域과 남산이 혼재하는 지역, 그리고 16번 지역은 남산이 사진의 2/3이상을 차지하는 지역이다.

일반적으로 지상기준점은 사진 한 장 전체에 걸쳐 골고루 분포하는 것이 좋으며, 지상기준점을 잡는 위치는 1:1,000 수치지형도 데이터로부터 지상좌표값을 취득하여 이미지에 등록하여야 하기 때문에 이미지상에서 경계가 뚜렷이 나타날 수 있는 부분을 기준으로 하며, 고층건물의 경우 사진 외곽에서

높는 현상이 나타나기 때문에 가능한 바닥을 기준으로 하여 선정하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 지상기준점은 대개 도로시설물(횡단보도, 주·정차 금지구역 등)이나, 건물모서리 등을 선정하였다. 사진 중심부근에 건물이 밀집되어 건물의 바닥모서리가 보이지 않을 경우에는 건물지붕 모서리를 기준으로 지상기준점을 선정하였고, 고저차가 심한 구릉지역이나 산악지역에서는 고저차를 가장 최소화 할 수 있는 지표면 근처에 지상기준점을 선정하였다. 실험지역의 항공사진상에 지상기준점을

선정한 예는 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 나타나 있다.

2. 지형보정방법의 선택

지상기준점을 선택하여 입력한 후에는 스캐닝된 영상을 지도좌표계를 갖는 영상으로서의 지형보정 과정을 거치게 된다. 이 과정에서의 영상변환은 크게 2가지 단계를 고려해 볼 수 있다. 첫 번째는 어떠한 변환방법을 사용할 것인가와 두 번째는 몇 차원의 방정식을 선택할 것인가의 문제이다.



그림 3. 14번 항공사진의 지상기준점 선정 예

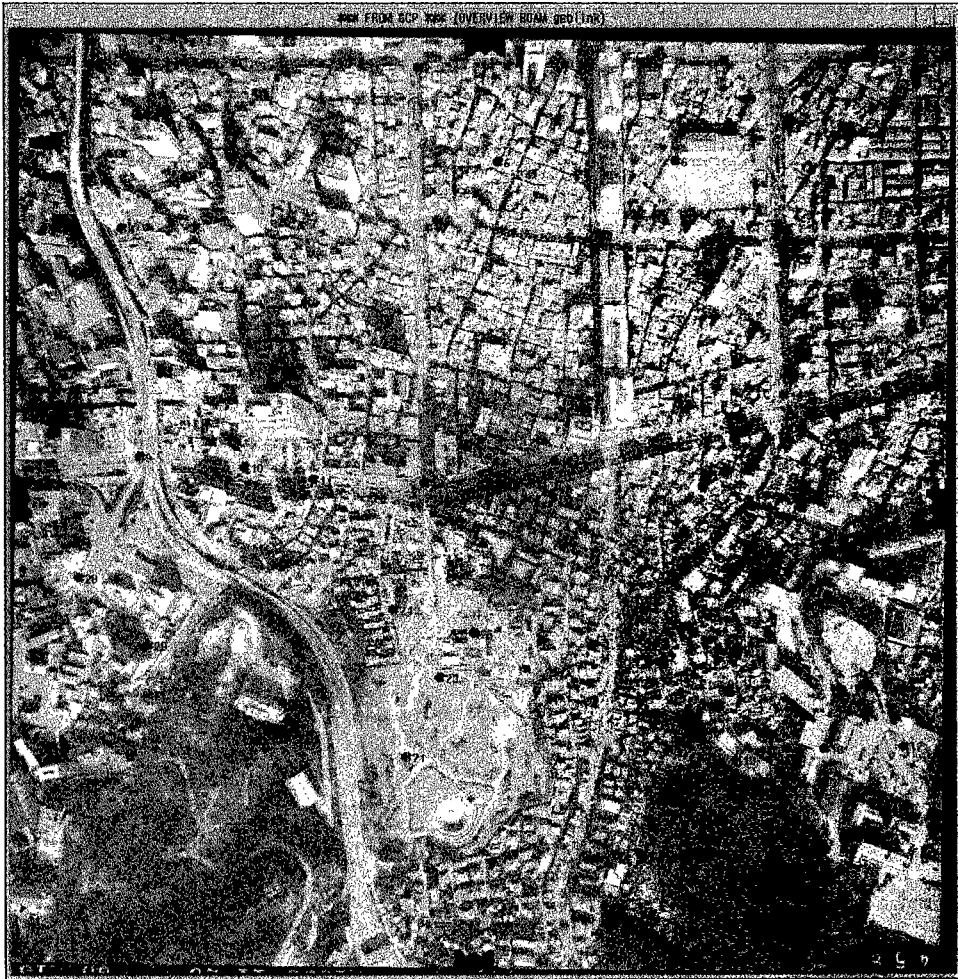


그림 4. 15번 항공사진의 지상기준점 선정 예

1) 지형보정방법의 선택

지형보정의 방법으로는 영상을 회전(rotation)하는 방법, 영상전체에 대해 알고있는 지도 좌표계로 변환시키는 Map to Map Transformation방법, 그리고 지상기준점을 입력하여 변환하는 Control Point Rectification 방법이 있다.³⁾ 이러한 방법 가운데 본 연구에서 사용할 수 있는 방법은 Control Point Rectification 방법이며, 이 방법은 크게

Polynomial Rectification과 Delauny Triangle (Triangulation) Rectification으로 분류된다. Polynomial 변환은 좌표계를 모르거나 좌표가 없는 이미지를 알고 있는 투영으로 변환할 때 사용되며, Georeferencing, Geocoding 이라고도 한다. Polynomial 변환은 흔히 Polynomial Warping 이라고도 하며 전체적인 이미지의 왜곡을 줄여주지만 지역적 왜곡을 해결하진 못한다. 반면 Triangulation

3) ER-mapper 5.0 Reference(1995), pp 388-389.

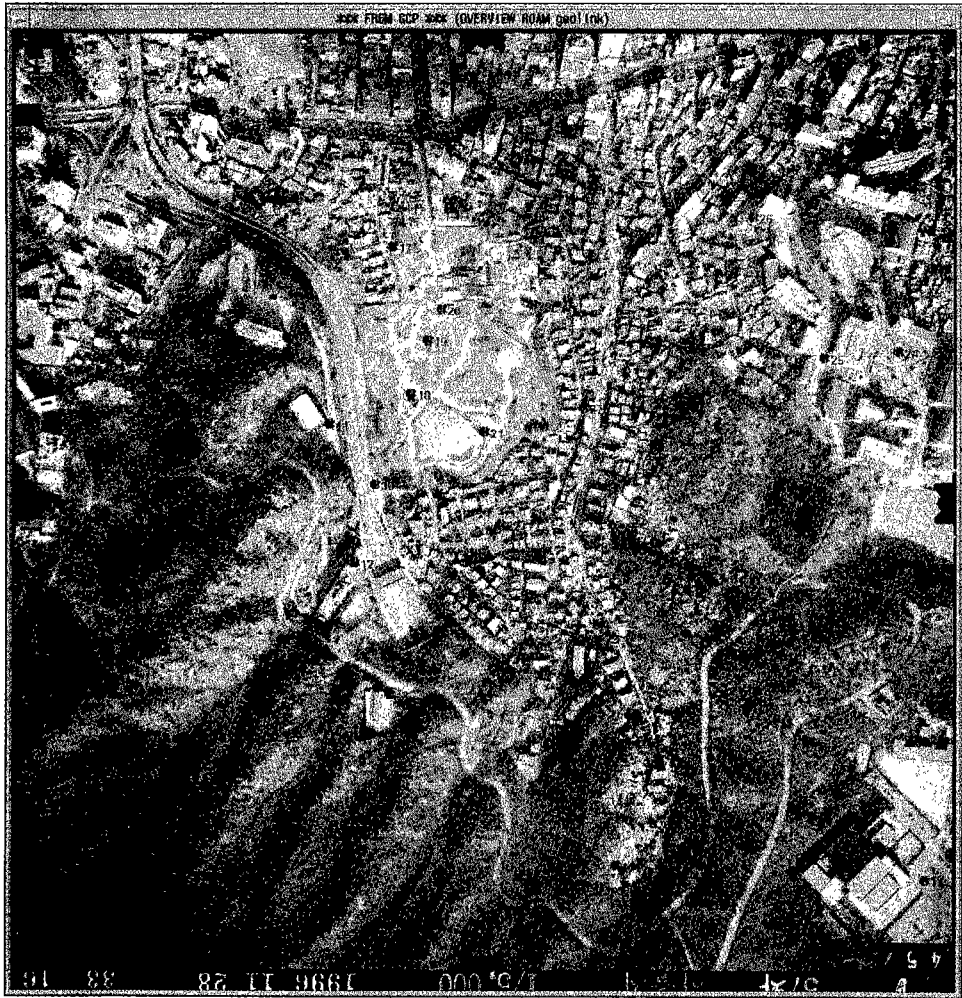


그림 5. 16번 항공사진의 지상기준점 선정 예

변환은 스캐닝된 이미지에서 흔히 발생하는 이미지의 왜곡을 줄이는데 사용하기 때문에, 스캐닝하여 생성된 이미지의 지역적 왜곡을 줄이는데 주로 사용된다. 따라서 본 연구에서는 지상기준점 선정에 의해 전체 영상에 대한 지형보정을 수행하여야 하기 때문에 Polynominal Rectification 방법을 사용하였다.

2) 변환 방정식의 선택

지형보정방법을 선택한 후 변환방정식에 있어

선형변환(1차원)을 할 것인지 비선형변환(2차원 이상)을 할 것인지를 선택할 수 있다. 차원의 선택은 이론적으로는 1차원에서 10차원 이상의 이미지 변환차원이 있을 수 있으나, ER-Mapper에서는 linear(1차원), quadrangle(2차원), cubic(3차원) 변환방정식의 선택이 가능하며, 디폴트로 제공되는 것은 1차원 변환이다. 선형변환이란 단순히 축적 변경이나 회전만을 요구하는 경우이며 변환방정식은 선형방정식(1차원 방정식)이 된다. 이미지를 지도투영에 맞추는 변환과정은 일반적으로 스케일 변화와 이미

지 좌표를 지도투영에 맞추는 것을 포함한다.

3) RMS error를 기준으로 한 지상기준점 개수와 지형보정방정식의 선택

지상기준점 선정, 그리고 변환방법의 선택문제를 생각하면서 고려되어야 할 사항은 위치보정된 영상에서 위치정확도 향상을 위해 지상기준점의 개수는 얼마를 할 것이며, 변환방정식은 몇 차원을 선택할 것인가의 문제이다. 이 문제에 있어 연고자 하는 해답은 이미지상에서 뚜렷이 판단할 수 있는 픽셀의 위치가 위치보정과정을 거친 후에도 입력한 지상좌표값을 갖게 되는 것이 가장 좋으며, 위치보

정후 평균 제곱근 오차의 값이 작게 나올수록, 다시 말해 점들의 RMS error가 작게 나올수록 좋은 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서 항공사진 1장당 지상기준점은 15개로부터 5개씩 증가시켜 30개까지 선정해보았으며, 변환방정식은 1차와 2차 방정식을 각각 적용하여 보았다. 항공사진 1장당 RMS error를 구한 결과는 <표 3>과 같다.

지상기준점 개수에 따른 RMS error의 변화는 일반적으로 지상기준점 개수를 늘릴수록 RMS error는 작아지는 것으로 나타났으나 사진상에 산악지역이 포함된 지역의 경우 지상기준점 개수를 늘릴수록 RMS error가 감소되지 않는 것으로 나

표 3. 사진 1장당 RMS error (단위 m)

항공사진	변환방정식	기준점의 개수(point)			
		15	20	25	30
33코스 14번	1차	2.61	2.31	2.14	1.97
	2차	2.50	2.20	2.08	1.77
33코스 15번	1차	10.30	10.25	10.24	10.15
	2차	6.51	5.66	5.72	5.47
33코스 16번	1차	11.46	13.34	12.43	10.56
	2차	7.03	9.18	6.72	5.84

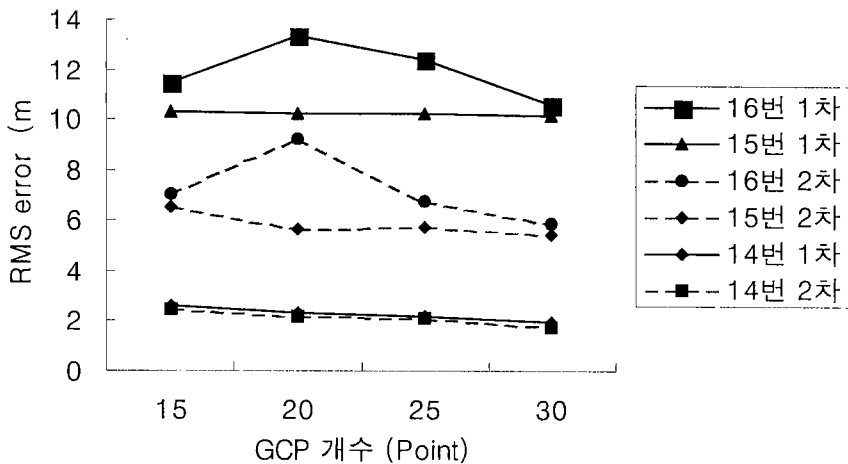


그림 6. 그래프로 본 RMS error

타났다. 그러나 모든 경우에 지상기준점의 개수가 30개일 경우 RMS error 값이 작게 나타났음을 알 수 있고, 1차 방정식 보다는 2차 방정식으로 변환했을때가 RMS error가 더 작게 나타났다. 33코스 14번 사진이 15번 사진이나 16번 사진보다 RMS error가 작은 것은 산악지역이 포함된 15번, 16번 사진보다 고저차에 따른 기본변위(起伏變位)량이 작기 때문인 것으로 생각된다. 기본변위는 중심투영으로 인한 항공사진 피사체의 고저차가 있을 경우에 사진상의 기하학적 왜곡으로 이미지에 상의 거리의 오차가 생기기 때문에 발생한다. 고저차가 심한 지역에서는 기본적으로 고저차에 따른 기본변위를 가지기 때문에 산악지역이 많은 지역은 평지보다 이미지 보정후에도 영상의 RMS error가 크게 된다.

변환방정식 선택에 따른 RMS error의 차이는 <표 4>와 같다. 33코스 14번 사진은 비교적 평탄한 지역이고, 33코스 15번 사진은 남산지역과 도시밀집지역이 혼재한 지역이며, 33코스 16번 사진은 산악지역이 넓은 지역이다. 평탄한 지역에서는 1차 변환방정식과 2차 변환방정식 적용에 따른 RMS error의 차이가 20cm 이하로 나타났지만 산악이 포함된 지역에서는 보통 3~5m의 RMS error의 차이를 나타냈다. 평탄지역에서는 1차나 2차 변환방정식에 따른 RMS error의 차이가 심하지 않지만, 산악이 포함된 지역에서는 2차 변환방정식을 선택하는 것이 RMS error를 크게 줄일 수 있는 것으로 판단되었다.

표 4. 변환방정식별(1차와 2차간) RMS error (단위 m)

	15point	20point	25point	30point
33코스 14번	0.9	0.11	0.6	0.20
33코스 15번	3.79	4.59	4.52	4.68
33코스 16번	4.43	4.16	5.71	4.72

결론적으로 지상기준점을 선정하여 위치보정한

항공사진 이미지를 제작할 때는 항공사진 1매당 30개 이상의 지상기준점과 Polynomial Rectification 방법에 의한 2차 변환방정식을 사용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 지상기준점 개수를 30개로 정하고 Polynomial Rectification 방법에 의한 2차 변환방정식으로 위치보정한 후 지상기준점들의 RMS error를 살펴보면 14번 항공사진에서는 1.77m, 15번 항공사진에서는 5.47m, 16번 항공사진에서는 5.84m로 나타났다. 이것은 위치보정된 항공사진과 1:1,000 수치지형도를 중첩하는 경우 사진상의 이미지와 벡터자료간의 차이가 평균적으로 14번, 15번, 16번 항공사진에서 각각 1.77m, 5.47m, 5.84m로 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 측량학적으로 지도상에서 0.3~0.4mm의 허용오차를 갖는다고 보았을 때 1:1,000 수치지형도는 지상거리 30~40cm의 허용오차가 있다고 보게 되는데 이러한 기준에 따르면 14번 사진의 경우는 1:5,000정도의 수평정확도, 15번, 16번 사진의 경우는 1:15,000정도의 수평정확도를 갖는다고 볼 수 있다. 그러나 지상기준점을 선정하여 위치보정만 한 항공사진은 항공사진 특성상 중심으로부터 외곽으로 갈수록 변위가 심해지기 때문에 RMS error 값도 항공사진 1장에서 전체적으로 균일하게 나타나는 것이 아니라 중심으로부터 외곽으로 갈수록 더 크게 나타났다 (<그림 7>, <그림 8>참조).

3. MOSAIC 제작

항공사진 모자이크는 대규모 지역에 연속적인 자료를 만들기 위해 필요하다. 특히 항공사진 제공에 있어 위치보정만을 하여 제공하는 경우 항공사진이 갖고 있는 편위 때문에 사진의 중심에서 외곽으로 갈수록 상이 높은 현상이 발생하는데 모자이크 작업시 이러한 현상을 최소화하도록 작업하는 것이 필요하다. 항공사진은 촬영진행 방향으로 60%, 입체코스간 30%의 중복도를 갖도록 제작되기 때문에 모자이크시 사진의 중심부분을 중심으로 작업을