

GIS 資料源(地形圖)의 正確性 研究*

성정창**

< 차 례 >

I. 서론

- 1. 연구목적
- 2. 연구방법

II. 자료구축

- III. 정확성 검토
- IV. 결론

主要語 : 지리정보시스템, 자료원, 정확성, 국가기본도, 오차.

I. 서론

1. 연구목적

지리정보시스템(GIS)의 공간자료(spatial data)는 항공사진의 도화나 실측과 같은 일차적 방법과 기존의 지도나 문서를 이용한 이차적 방법으로 획득된다. 그런데 일차적 방법으로 자료를 구축하는 데에는 많은 비용과 시간이 소모된다. 따라서 우리나라에서는 국가기본도, 항해도, 도표 그리고 여러 주제도를 디지털라이저(digitizer)나 스캐너(scanner)와 같은 장비를 이용하여 수치화하는 이차적 방법으로 대부분의 공간자료를 구축하고 있다.

GIS를 이용한 공간분석(spatial analysis)은 수치적으로 이루어지며 매우 높은 정밀성을 갖는다. 그러나 높은 정밀성을 보장하는 지리정보시스템으로 분석했다고 하여, 분석의 결과가 반드시 정확한 것은 아니다. 즉, GIS 시스템으로 입력되는 자료가 신뢰할만하지 못하다면, 그리고 분석절차에 문제가 있다면 얻어지는 결과는 믿을 수 없을 것이다.

이 연구에서는 보다 나은 결과를 얻기 위한 기본 조건인 입력 자료원의 위치정확성을 살펴보았

다. 특히 GIS 자료원으로 흔히 사용되는 지형도를 이용하여 얻은 공간자료의 위치정확성을 실측자료와 비교하였다. 그리고 이차적 자료원을 사용하는데 대한 대안으로 항공사진을 이용하여 공간자료를 구축할 때의 위치정확성을 살펴보았다.

2. 연구방법

자료의 정확성(accuracy)이란 두가지 의미를 갖는다. 종이지도나 수치지도에 사용되는 경우에는, 어떤 값이 특정 기준값이나 허용치에 포함되는 정도를 의미한다. 한편, 자료취득장치에 사용되는 경우에는, 실제값을 획득하는 정도 혹은 실제값과의 차이를 의미한다(Berry, 1993). 자료의 정확성과 혼동하기 쉬운 말이 자료의 정밀도(precision)다. 자료의 정밀도는 자료가 어느 정도까지 정밀한 수치로 표현되어 있는가를 의미하며, 작업자의 숙련이나 기구의 성능 또는 방법의 질 등 전반적인 작업의 성능을 의미한다(안철호, 최재화, 1993).

정확성은 GIS 자료가 갖는 다섯가지 질적 특성들 중의 일부에 해당한다. 다섯가지 질적 특성은 다음과 같다. 첫째는 자료의 위치정확성(positional

* 본 논문은 필자의 석사논문 가운데 일부를 요약한 것임. 논문을 지도하여 주신 유근배 선생님께 감사드린다.

** 서울대학교 대학원 석사과정 졸업

accuracy)이다. 위치정확성은 실제위치와 검증하고자 하는 지점의 위치가 어느 정도 일치하는가를 의미한다. 둘째는 자료의 속성정확성(attribute accuracy)이다. 이것은 수치지형모델(digital elevation model)의 표고와 같은 연속적인 속성값이나 범주로 나뉘어진 자료의 정확성을 의미한다. 범주화된 자료의 정확성은 주로 오분류행렬(misclassification matrix)을 이용하여 KAPPA 지수¹⁾를 산출하여 알 수 있는데, 인공위성화상의 분류정확성 검사에 흔히 쓰인다. 셋째는 자료의 논리적 일치성(logical consistence)이다. 자료의 논리적 일치성은 자료의 내부구조가 얼마나 논리적으로 연결되어 있는가를 의미하는데, 좁게는 위상관계(topology)의 형성이 정확한가를 의미한다. 넷째는 자료의 온전성(completeness)이다. 이것은 자료가 내포하는 표현항목(item) 개수의 많고 적음을 의미한다. 일반적으로 아날로그 지도의 경우에는 표현하고자 하는 자료의 개수가 종이의 면적에 의하여 제한을 받게 되나 수치지도의 경우에는 그러한 제약이 거의 없다. 참고로 우리나라의 1/5,000 기본도에 표현되는 도식의 수는 난외주기를 포함하여 164²⁾개인 반면, 수치지도에서는 세분류를 기준으로 726³⁾개나 된다. 마지막으로 자료의 계보(lineage)다. 계보는 자료추출과정과 관련된 문제로서 이용된 자료원의 종류, 자료원이 수치화된 방법, 자료가 수집된 시기, 자료를 수집한 기관에 대한 신뢰도, 그리고 자료 수집 단계 등에 관한 내용을 의미한다. 이것은 자료의 정확성에 관한 좋은 지시자가 된다.

이 연구에서 알아보하고자 하는 위치정확성은 위치오차를 측정해서 파악할 수 있다. 위치오차는 비교하고자 하는 자료가 기준자료와 좌표평면상에서 일치하지 않는 정도를 의미한다. 위치오차는 측량, 제도, 인쇄 그리고 좌표변환 등의 각 과정에서 발생한다. 위치오차의 허용범위는 일반적으로 지형도의 경우, 도상거리 0.3-0.6mm로 규정되기도 한다(안철호, 최재화, 1993). 한편, 원자료에서 명확하게 위치를 알 수 있는 경우 이외에, 원자료 자체가 토양이나 식생 및 기후의 漸移地帶와 같이 구분이 모호하기 때문에 발생하는 위치오차도 있

을 수 있다(유근배, 1990).

위치오차를 측정하기 위해서는 위치를 명확하게 나타내어주는 사상(feature)들이 이용된다. 그러한 사상들에는 건물의 모서리, 탑, 교차로 등이 있다. 그런데 지도에 표현되는 사상은 지도의 미관과 지도의 내용을 명확하게 전달하기 위하여 지도 내에서 조금씩 움직일 수 있다⁴⁾. 따라서 위치오차를 측정할 때에는 측정하고자 하는 사상의 위치가 옮겨져서 표현됐는가를 사전에 검토해 보아야만 한다.

위치오차를 측정하는 방법은 매우 다양하다. 위치오차를 측정하는 방법을 점, 선, 면 사상별로 구분하여 살펴보면, 우선 점사상(point feature)에 대한 위치오차는 비교의 기준이 되는 점 사상과 비교하고자 하는 점 사상간의 거리가 된다. 선 사상(line feature)의 위치오차는 밝혀내기 힘들다. 단순하게 선사상의 양 끝 점만을 이용하면 물론 분석하기에는 쉽겠으나 선 사상 전체의 오차를 말하여 주지 못한다. 일반적으로 선 사상에 대하여 면적방법(the area method), 선사상에서 중간점 좌표를 이용하는 방법(generated point method), 엘실론 거리(epsilon distance)를 이용하는 방법(perkal's method) 등이 이용되고 있다. 면 사상(area feature)이 갖는 위치오차 역시 측정하기 어렵다. 흔히, 면사상의 오차는 면적 비교와 면 사상내 속성 값의 정확성을 중심으로 연구되어지고 있다. 그러나 면 사상의 정확성을 나타낼 수 있는 여러모델은 아직 미흡한 편이며 계속적인 연구가 요구되고 있다.

이 연구에서는 정확성 측정을 위한 기준치로 steel tape, 테오도라이트 그리고 레벨을 이용하여 얻은 실측값을 사용하여 대축척 지도로 흔히 사용되는 1/5,000 지형도의 위치정확성을 살펴보았다. 자료구축 방법과 과정은 <표 1>과 같다.

II. 자료구축

연구대상 지역은 서울대학교와 관악산 일부였다. 위치오차의 측정은 서울대학교 건물의 모서리,

표 1. 연구방법

1 단계 : 자 료 구 축		
실 측	지 도	항 공 사 진
삼각측량	디지털이정	기준점 선정
측량정확성 검토	변환 (transformation)	표정, 도화
위치좌표추출	위치좌표추출	위치좌표추출

2 단계 : 오 차 분 석

도로의 교차점, 삼각점을 대상으로 실시하였다. 실측시 서울대학교 경위도 원점(37도 27분 8.6242초, 126도 57분 7.587초)과 보점(37도 27분 8.7787초, 126도 57분, 13.709초)이 측량기준점으로 이용되었다. 실측은 데오드라이트(20"독)를 이용하여 8월 10일부터 8월 30일 사이의 맑은 날에 이루어졌고, 측량의 정확성을 높이기 위하여 3배각을 읽은 후, 평균하여 측량각을 구하였다.

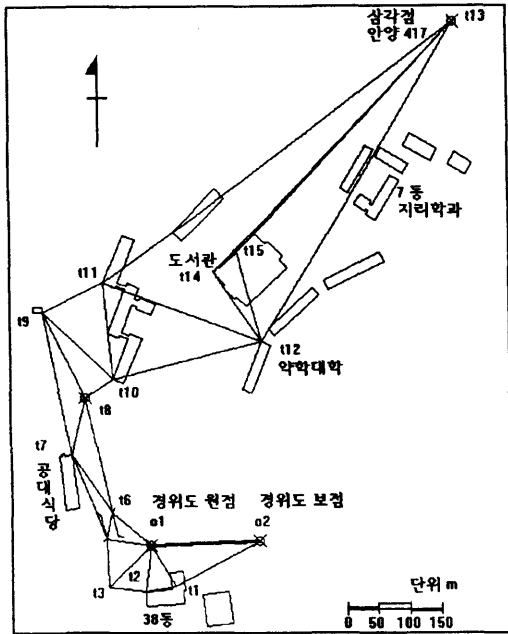


그림 1. 위치측량 삼각망

위치자료는 삼각측량을 실시한 후 내업을 통하여 구하여졌다. 위치좌표를 구하기 위한 삼각망은 총 14개의 삼각형으로 이루어졌으며 <그림 1>과 같다. 측량의 정확성을 알아보기 위한 검기선의 길이는 서울대학교 도서관 옥상위에서 100m 길이의 steel tape을 이용하여 측정되었다. 실측된 검기선의 길이는 48.925m였다. steel tape은 온도나 장력에 의하여 변형될 수 있다. 따라서 steel tape으로 측정한 검기선은 여러 보정의 과정을 거쳐게 된다. steel tape의 보정에는 정수(正數)의 보정, 온도보정, 장력보정, 처짐보정, 경사보정 그리고 평균해면으로의 보정 등이 있다. 본 연구에서 사용된 검기선의 위치는 건물의 옥상이었기 때문에 처짐이나 경사의 문제가 그리 심각히 대두되지 않았다. 검기선 측정시 온도는 22도 전후로써 표준 온도(15°C)를 고려할 경우, 4.1mm의 보정량이 필요하다. steel tape의 처짐이 없었기에 장력보정은 문제가 없었다. 이들 보정량을 전체적으로 고려할 경우 검기선의 보정량은 검기선 길이의 1/40,000 정도로써 실측의 오차에 거의 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다. 이 연구에서는 검기선의 보정을 고려하지 않았다.

이 연구에서는 측량의 정확성을 알아보기 위하여 삼각형의 폐합차가 허용한도 이내에 있는가를 살펴 본 후에, 실측한 검기선과 계산으로 구해진 검기선의 차이를 살펴보았다. 폐합차의 허용한도는 다음의 식을 이용하여 계산된다(안철호, 1993).

$$\text{폐합차의 제한치} = \pm 2 \times \sqrt{\frac{3}{n}} \times m_1$$

; n = 對回數,

m₁ = 정밀도(20"讀 경우 ±10"정도)

이 연구의 경우 폐합차의 허용한도는 ±20" 정도였으며, 측량에 따른 삼각형의 폐합차는 -8.3~10.0으로 폐합차의 허용한도에 모두 포함되었다. 따라서 삼각형의 각을 이용하여 각 조건 조정을 실시한 후 방위각과 각 변장을 구하여 각 점의 위치를 계산하였다.

계산된 검기선(t14t15)의 길이는 49.012m였다.

따라서 검기선 변장의 폐합차는 0.087m(대략 1/6,000)이다. 이 결과는 1등 정밀삼각측량의 요구 정밀도에는 미달하지만 연구목적에는 부합된다고 보고 실측결과를 그대로 사용하였다. 연구에 사용된 항공사진 및 양화 필름의 사양은 아래와 같다.

표 2. 항공사진 및 양화 필름 사양

측 척	1/5,000
촬영년도	1986
중 복 도	60(30)%
초점거리	152.4mm
사진크기	23cmx23cm
비행고도	960m
사진매수	1 모델
용 도	1/3,000도화

도화(plotting or restitution)란 항공사진의 표정이 끝난 후에 지형의 세부 현황을 그려내는 것을 의미한다. 사진오차를 제외하고 도화에 따른 오차는 도화기 자체가 갖는 오차와 도화 작업에 따른 오차로 나누어 질 수 있다. 그런데 도화기 자체의 오차보다는 도화사의 숙련도, 기능의 수준 및 개인의 습성에 의하여 발생하는 오차의 양이 도화 성과의 질에 더욱 큰 영향을 미친다(최재화, 1986). 따라서 도화사의 경력이 많을수록 도화 성과의 질은 좋아진다(안철호, 1971). 한편 도화하는 대상과 도화축척은 도화사의 경력 못지 않게 도화 성과에 중요한 영향을 미친다. 도화에 따른 오차를 원인별로 구분하여 정확하게 규정하기란 힘들기 때문에, 흔히 특정의 도화결과에 대한 오차의 추정치를 사용하게 된다. 성과 조사에 의하여 경험적으로 만들어지는 이 값은 대축척 도화의 경우 평면 위치오차를 도상 0.2mm로 제한 하는 것이 타당하다고 제시(최재화, 1986)되고 있다. 이로 미루어볼 때, 항공사진의 도화자료가 갖는 오차의 범위는 0.6m로 사료된다.

이 연구에서는 1987년에 수정되고 1992년에 인쇄된 1/5,000 지형도를 이용하였다. 지형도 디지털 작업은 PC ARC/INFO의 ADS 모듈(module)을 이용하여 실시되었으며, 입력자료의 정확성을 향상시키기 위하여 tic과 건물의 입력

에는 확대경(5x)을 사용하였다. tic의 입력에는 도곽에 표시된 4 개의 경위도 교차점이 이용되었다. 사상(feature)을 입력할 때에는 snap distance 와 weed distance를 0(zero)으로 설정함으로써 미세한 차이라도 기록될 수 있도록 하였다. 입력 작업은 대학원 석사과정생 두 명에 의하여 실시되었다. 입력자 개인별 오차의 정도는 다음과 같았다.

표 3. 디지털이징 오차

입 력 자	A	B
최소	0.0005	0.0006
최대	0.0047	0.0115
평균	0.0022	0.0049
표준편차	0.0010	0.0030

디지털이징이 된 지도는 좌표 및 축척변환과정(transformation)을 거쳐서 실세계의 좌표와 일치된다. 이 과정에서는 지구타원체에 대한 규정에서부터 좌표변환 프로그램의 종류에 이르기까지 다양한 원인에 의하여 오차가 개입된다. 본 연구에서 사용한 지구타원체는 우리나라가 현재 채택하고 있는 Bessel 타원체다. 한편 연구지역이 지구 타원체의 곡률에 영향을 받을 정도로 넓지 않으므로 타원체에 관한 규정으로 인하여 발생하는 오차는 무시해도 될 정도라고 보았다. 좌표 변환은 PC ARC/INFO의 AFFINE 변환방식을 이용하여 이루어졌다. 좌표변환과정에서 발생한 오차의 양은 다음과 같다.

표 4. 좌표변환 오차

측 척	도엽번호	1차입력	2차입력
1/5,000	018	0.0040	0.0068
	019	0.0153	0.0152
	028	0.0054	0.0053
	029	0.0121	0.0088

위 <표 4>에서 보듯이 1차 입력시 평균자승오차가 상당히 높게 나타났다. 새로운 지도를 구하여 2차로 입력하여 시험한 결과도 1차의 결과와 유사하게 나타났다. 자료 입력자의 디지털이징 오차가 대략 0.001~0.003 인치인 점과 오차의 범위

(range)가 0.008 인치 정도임을 생각할 때, 이런 결과가 나타나는 이유는 tic의 위치선정, tic의 수, 변환함수식, 지도의 도곽표시 그리고 디지털화 오차 등에 문제가 있기 때문인 것으로 여겨지며, 더욱 정확한 것은 많은 지도를 대상으로 좀 더 세밀히 연구되어야 할 것으로 본다.

그리고 y 축 방향으로의 오차는 항공사진보다 지도에서 더 크게 나타난다.

III. 정확성 검토

위치정확성은 주로 통계적 방법으로 표현된다. 위치정확성을 표현하는 첫째 방법은 오차들의 '평균' 값을 이용하는 것이다. 이 방법은 이례지점(outliers)에 의하여 영향을 많이 받으며, 평균이 '0'인 경우 분포 상태를 짐작하기 곤란하다는 단점이 있다. 그러나 충분히 많은 수의 표본을 사용하고 분포의 패턴이 보완된다면, 계통적오차(systematic error)를 파악할 수 있다. 둘째는 오차의 '평균에러(mean error)'를 이용하는 방법으로, 오차의 50%가 존재하는 범위를 알려준다. 셋째는 흔히 사용되는 '평균자승오차(RMS error)'를 이용하는 방법으로, 오차값이 갖는 부호의 영향을 제거해주면서 오차의 분포를 더 분명하게 표현해 준다. ASPRS의 오차 규정⁵⁾은 주로 평균자승오차를 이용하여 표현되었다. 넷째는 '표준편차'를 이용하는 방법이다. 이 방법은 오차가 정규분포한다고 가정했을 때 오차의 분산에 대한 이해를 높여 준다. 이 외에도, 자료구축의 각 단계에서 발생하는 오차의 양을 안다는 것을 전제로, 각 단계별 오차를 제공하여 더한 후 제곱근을 구하여 오차의 추정치로 사용하는 방법과 에러모델을 이용하여 오차를 표현하는 방법이 있다. 이 연구에서는記述統計量을 중심으로 오차의 정도를 알아보았다.

각 자료별 위치좌표로부터 구하여진 위치오차는 <표 5>와 같으며 오차의 분포는 <그림 2>와 같다. x,y 축 방향의 오차를 살펴보면, x 축 방향의 평균자승오차가 0.20 ~ 0.83mm 범위에 있고, y 축 방향으로로는 0.27 ~ 1.56mm 정도의 오차가 있음을 알 수 있다. 이것으로 미루어보면 y 축 방향으로의 위치오차가 2 ~ 3배 정도 큼을 알 수 있다.

표 5. 위치오차

단위:도상거리(mm)

구분	1/3,000항공사진			1/5,000지도		
	x	y	거리	x	y	거리
1	0.34	0.13	0.37	0.29	-1.13	1.17
2	1.44	-0.48	1.52	1.49	-1.08	1.84
3	-1.60	-0.89	1.83	-0.64	3.15	3.21
4	-0.38	-0.05	0.38	1.32	0.29	1.35
5	-0.36	-0.80	0.87	0.57	-1.55	1.65
6	0.12	-1.02	1.02	-0.49	-0.09	0.50
7	0.03	-1.06	1.06	0.29	0.80	0.85
8	-0.93	-0.81	1.43	0.36	-0.81	0.88
9	-0.19	-0.20	0.28	0.75	2.37	2.49
10	0.39	0.01	0.39	0.62	0.29	0.69
MIN	-1.60	-1.08	0.28	-0.64	-1.55	0.50
MAX	1.44	0.13	1.83	1.49	3.15	3.21
AVG	-0.11	-0.54	0.91	0.45	0.23	1.46
STD	0.77	0.46	0.52	0.64	1.46	0.81
RMS	0.82	0.75	1.11	0.83	1.56	1.77

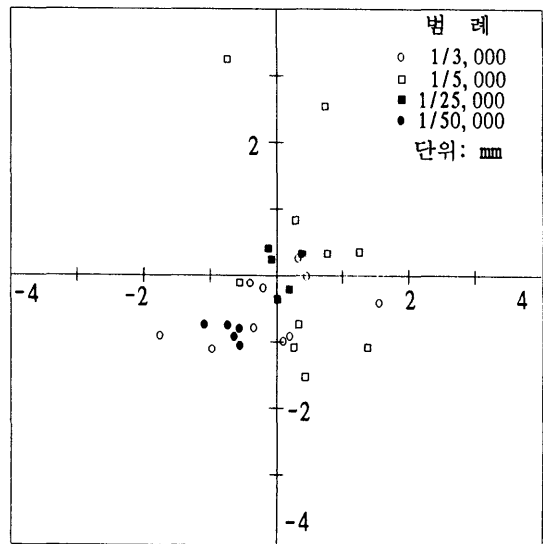


그림 2. 위치오차의 분포

두 자료의 평균자승오차는 비슷하게 나타났다. 그러나 오차의 범위(range)와 평균 및 표준편차는 항공사진에서 더 작게 나타났다. 특히 항공사진을 이용하여 구축한 자료의 평균과 표준편차 값은 지도자료의 절반 정도로 나타났다.

다음은 위치정확성의 기준을 살펴보고, 두 자료 원으로부터 구축된 자료가 요구되는 기준에 얼마나 부합하는가를 살펴보았다. 우리나라에서는 GIS 자료의 정확성에 관한 기준이 모호하다. 따라서 이 연구에서는 각 단계별로 제시되고 있는 허용오차를 고려하여 최종 결과물의 오차를 구한 후, 실제 나타난 오차와 비교하였다. 그리고 외국의 정확성 기준과도 비교하여 보았다.

우선 우리나라에서 항공사진 도화기준을 살펴보면, 평면기준점의 설치 때 발생할 수 있는 오차의 한계는 $\pm 0.2\text{mm}$ 이내, 묘사에 의한 오차의 한계는 0.4mm 로 규정하고 있다. 따라서 항공사진 자체의 변형이나 왜곡을 무시하면 항공사진 도화에 따른 오차는 0.447mm 이내가 된다. 한편 지도를 자료 원으로 이용하는 경우에는 제도에 의한 오차, 기호의 강조에 따른 오차, 그리고 재판인쇄에 의한 오차가 개입된다. 이들 요소를 모두 고려하면 지도의 디지털이징에 의하여 구축된 자료의 오차는 0.837mm 정도가 된다.

한편 미국의 The Bureau of Budget에서 1941년에 제정되고 1943과 1947년에 개정된 National Map Accuracy Standards(NMAS)는 $1/20,000$ 이상 축척 지도의 경우 잘 정의된 점의 90%가 0.5mm ($1/50$ 인치) 이내에 포함되어야 하며, $1/20,000$ 보다 작은 축척 지도의 경우 역시 잘 정의된 점의 90%가 0.8mm ($1/30$ 인치)이내에 포함되어야 한다고 규정하고 있다. NMAS는 $1/20,000$ 을 기준으로 정확성의 정도를 정하기 때문에 대축척 지도나 매우 작은 소축척 지도에의 활용은 사실상 힘들다.

따라서 이들 지도에 적용할 수 있는 지도 정확성의 기준이 제정되었는데, EMAS(Engineering Map Accuracy Standards)를 예로 들 수 있다. 이 기준은 점점하는 점의 수를 20개 이상으로 제한하며, 단측 t 검정과 단측 χ^2 검정(95%의 신뢰도)을 통하여 정확성의 여부를 판단한다(Burtch and

Thapa, 1990).

각 자료원별 오차의 양과 기준과의 비교 결과는 <표 6>과 같다. 항공사진을 이용하여 구축한 자료의 경우 40% 정도가 NMAS에서 규정하는 0.5mm 의 허용치 안에 포함되었고, $1/5,000$ 지도를 이용하여 구축한 자료의 경우 상대적으로 오차가 컸다. 그러나 이들 자료는 모두 요구되는 위치정확성 기준에 많이 미달하였다.

표 6. 위치오차 비교

자료원	지도제작기준/결과	NMAS(기준/결과)
항공사진	0.45mm / 1.06mm	0.5mm/40%(4/10)
지형도	0.84mm / 1.67mm	0.5mm/10%(1/10)

$1/5,000$ 지도의 정확성이 떨어지는 이유는 국가 기본도⁶⁾인 $1/25,000$ 지도가 24년(1967~1990년)에 걸쳐 제작과 수정이 완료됨으로써 상대적으로 그 질이 양호할 수 있는 반면 $1/5,000$ 지도는 아직도 제작 중에 있으므로 오차가 크게 나타나는 것으로 여겨진다. 또한 $1/5,000$ 지도를 제작하는데 사용되는 $1/20,000$ 항공사진의 표정(orientation)을 위한 기준점이 부족한 것도 $1/5,000$ 지도의 질을 나쁘게 하는 이유 중의 하나라고 판단된다. 실제로 본 연구에서 $1/20,000$ 항공사진을 이용하여 축척 $1/5,000$ 의 수치지도를 얻으려고 하였으나, 항공사진에 나타나는 지상 기준점의 성과물이 2 개밖에 없었기 때문에 $1/20,000$ 항공사진을 이용한 도화가 불가능하였다. 항공사진의 표정에는 최소 4 개 이상의 기준점을 필요로 한다. 부족한 부분에 대하여 $1/37,500$ 항공사진으로부터 이기(離記)하여 사용할 수는 있겠으나 그 때 많은 오차가 개입될 수 있다.

한편 항공사진의 도화자료는 $1/5,000$ 지도보다는 정확하였으나 요구 정확성에는 미치지 못하였다. 이것은 크게 두 가지 원인에 기인한다. 첫째는 $1/5,000$ 항공사진 자체의 문제이고, 둘째는 작업과정상의 문제다. 이 중 첫째 원인이 더욱 심각하게 작용한 것으로 보인다. 왜냐하면, 연구에 사용된 $1/5,000$ 항공사진의 경우 국립지리원과 같은 전문 지도제작기관에서 촬영한 것이 아니었기 때

문에 계보 차원의 문제가 제기될 수 있기 때문이다. 이 결과로 볼 때, 대축척 공간자료의 경우 이 연구에서 대안으로 설정한 항공사진을 이용하는 것이 1/5,000 지도를 이용하는 것보다 GIS 데이터 베이스의 신뢰성을 어느 정도(대략 40~50% 정도) 높일 수 있다는 점을 시사⁷⁾해 준다.

IV. 결론

이상의 연구에서 밝혀진 내용은 다음과 같다.

첫째, 자료구축시 지도의 좌표변환(transformation)에 따르는 오차가 크게 나타났다. 디지털화 작업에 따른 오차가 0.001-0.003인치(0.0254-0.0762mm)였던 반면, 지도의 좌표변환에 따르는 오차는 디지털화 오차의 최대 5배(0.0153인치: 0.389mm) 가까이 초과하였다.

둘째, 도상 거리의 평균자승오차로 분석된 위치 오차는 지도가 항공사진보다 크게 나타났다. 특히 지도의 경우 오차의 범위와 평균 및 표준편차의 크기가 항공사진보다 두배 정도 크게 나타났다. 분석에 사용된 자료들은 지도제작 규정과 NMAS 기준을 만족시키지 못하였다. 항공사진은 측정자료의 40%가 NMAS에서 요구하는 위치오차의 허용한도에 들었으며, 지도는 10%가 오차의 허용한도 내에 포함되었다.

< 註 >

1) $KAPPA = (d - q) / (N - q)$

d: 정확하게 분류된 셀(cell)의 총 수(M-Matrix의 대각선 총합)

N: 총 셀의 수

$q = \sum((total_{ri} \times total_{ci})/N)$

(ri,ci는 i번째 행과 열)

2) 도로 및 부속시설(15), 철도 및 부속시설(9), 경계(境界)(3), 건물 및 건물기호(26), 각종목표물(17), 특정지구(7), 수부(水部)(19), 지류(地類)(14), 지형(10).

3) 도로(145), 철도(19), 하천(63), 건물I(133), 건물

II(122), 지류(45), 시설물(75), 지형(43), 행정 및 지역경계(28), 주기(53).

4) 지도의 사상이 부정확하게 표현되는 경우는 ①도로가 건물 등 다른 기호와 접할 시, ②경계기호가 도로,철도,하천 등 단선으로 나타나는 것과 중첩될 때, ③경계기호가 주기 및 독립기호와 교차할 때, ④건물 기호를 건물의 중앙에 위치하여 표현하기가 곤란한 경우, ⑤담 및 울타리가 건물과 접한 경우, ⑥하천에 護岸이 있는 경우, ⑦호안에 건물이나 울타리가 접한 경우, ⑧단선으로 표시하는 하천의 하안에 암석이 노출하는 경우, ⑨송수관 기호가 철도, 울타리 건물 등과 일치하는 경우, ⑩지류계의 기호가 송전선 및 索道の 기호와 합치한 경우이다. 이때에는 0.2mm의 간격을 두고 사상이 표현된다.

5) ASPRS의 오차 규정

축척	RMS에러 제한치(m)
1/50	0.0125
1/100	0.025
1/200	0.05
1/500	0.125
1/1,000	0.25
1/2,000	0.5
1/4,000	1.0
1/5,000	1.25
1/10,000	2.5
1/20,000	5.0

6) 국가기본도의 제작현황(자료원: 國立地理院 면접, 1993)

축척 분모	5,000	25,000	50,000
총 도엽수	17,000	768	239
제작 실적	14,822	768	239
제작 기간	75~97	67~90	73~74
도 락	1'30"	7'30"	15'
등고선간격	5m	10m	20m
색 도	3색	5색	5색
수정 실적	2309	1684	547

7) 이 연구에서는 연구 여건의 한계로 1/3,000 및 1/5,000 축척의 항공사진과 지도에서 10개의 점만을 비교하였다. 점 수의 제한과 분석대상 지도의 한계로 말미암아 오차의 정도를 일반화하기에는 무리가 따르는 것으로 여겨진다. 특히 지도의 제작이나 항공사진의 도화가 특정 기관에 의하여 일

괄적으로 이루어지고 있지 못한 현실을 비추어 볼 때, 일반화의 어려움은 더욱 크다. 오차에 대한 일반화가 이루어지려면 적어도 전국을 대상으로 여러 지역에 걸쳐 많은 점을 검토해야만 할 것이다.

< 參考文獻 >

建設部 國立地理院, 1975, 1/25,000 地形圖 適用을 爲한 圖式規定.

建設部 國立地理院, 1975, 1/5,000 地形圖 適用을 爲한 圖式規定.

建設部 國立地理院, 1975, 1/50,000 地形圖 適用을 爲한 圖式規定.

建設部 國立地理院, 1988, 地圖製作 電算化 基本計劃 樹立.

建設部 國立地理院, 1988, 航空寫眞測量 作業內規.

建設部 國立地理院, 1991, 公公측량의 作業규정 기준에 관한 규칙, 建設部令 第498號(航空寫眞測量改定).

建設部 國立地理院, 1992, 수치지도작성 作業규칙, 건설부령 제500호.

建設部, 1992, 水準測量 作業 規定, 國立地理院內規 第57號.

김용일, 1991, "인공위성 원격탐사 데이터의 분석 정확도 향상에 관한 연구," 서울대학교 도시공학과 박사학위 논문.

박희주, 1987, "항공寫眞 測量에 의한 地形圖 製作의 精度에 關한 研究," 서울대학교 도시공학과 석사학위 논문.

안철호, 1971, "항공사진측량의 세부도화에 있어 기계 및 도화사별 고찰," 大韓土木學會誌 19(3), 32-38.

안철호, 최재화, 1993, 一般測量學, 문운당, 서울.

柳根培, 1990, 地理情報論, 尙潮社, 서울.

유복모, 박운용, 권현, 문두길, 1990, "수치지형모형에 있어 지형의 분석과 조합보간법의 적용에 관한 연구," 韓國測地學會誌 8(2), 53-61.

이규석, 이환용, 서혜진, 1990, "토지정보관리체계의 수치지형정보에 활용되는 보간법에 대한 비교연구," 韓國測地學會誌 8(2), 17-22.

이석찬, 이창경, "연안 해역 음향 측심 자료의 계층적 보간," 韓國測地學會誌 9(1), 63-73.

이석찬, 조규전, 김홍찬, 1986, "곡률변화를 고려한 수치등고선도의 작성에 관한 연구," 韓國測地學會誌 4(1), 72-81.

이석찬, 조규전, 이창경, 최병길, 1990, "비정규삼각망 데이터구조에 의한 수치지형모델의 구성," 韓國測地學會誌 8(2), 1-8.

이석찬, 조규전, 최병길, 1986, "이동평균법과 선형예측법을 이용한 수치지형의 보간에 관한 연구," 韓國測地學會誌 4(1), 58-71.

전영호, 1992, "精密水準測量 作業要領," 測量 33, 13-21.

전영호, 1992, "地圖製圖와 編輯作業 方法," 測量 33, 22-33.

최재화, 1986, "항공사진 측량에서 도화작업의 오차에 대한 연구," 韓國測地學會誌 4(2), 43-58.

최재화, 윤홍식, 이석배, 1992, "FRACTAL 기법에 의한 등고선 생성에 관한 연구," 韓國測地學會誌 10(1), 51-57.

황철수, 1993, "다축척 수치지도 구축을 위한 선형사상의 일반화에 관한 연구," 서울대학교 지리학과 석사학위 논문.

Berry, J.K., 1993, *Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS*, GIS World Inc., Colorado.

Bolstad, P.V., P. Gessler, T. M. Lillesand, 1990, "A Variance Components Analysis of Manually Digitized Map Data," *Surveying and Land Information Systems* 50(3), 201-207.

Burtch, R. and K. Thapa, 1990, "Multipurpose Cadastral Accuracy Standards," *Surveying and Land Information Systems* 50(4), 271-277.

Fernández, R. N., L. G. Fabián, G. Deeds and C. J. Johannsen, 1991, "Accuracy Assessment of Map Coordinate Retrieval," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57(11), 1447-1452.

Fisher, P. F., 1991, "Spaial Data Sources and Data Problem," in Maguire D., M.F. Goodchild

- and D.W. Rhind ed., *Geographical Information Systems*, Longman Scientific & Technical, 175-189.
- Goodchild, M., 1991, "Issues of Quality and Uncertainty," in Muller J.C. ed., *Advances In Cartography*, 113-139.
- Goodchild, M. and S. Gopal ed., 1989, *Accuracy of Spatial Database*, London, Taylor & Francis.
- Lee, J., 1985, "Comparison of Planimetric and Height Accuracy of Digital Maps," *Surveying and Mapping* 45(4), 333-340.
- Lee, J., P. K. Synder and P. F. Fisher, 1992, "Modeling the Effect of Data Errors on Feature Extraction from Digital Elevation Models," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58(10), 1461-1467.
- Masser, I. and M. Blackmore ed., 1991, *Handling Geographical Information: Methodology and Potential Applications*, Longman Scientific & Technical, New York.
- Muller, J. C., 1987, "The Concept of Error in Cartography," *Cartographica* 24(2), 1-15.
- NCGIA, 1990, *Core Curriculum*, University of California, Santa Barbara.
- Ritche, W. M. Wood, R. Wright and D. Tait, 1991, *Surveying and Mapping for Field Scientists*, Longman Scientific & Technical, New York.
- Shearer, J. W., 1990, "The Accuracy of Digital Terrain Models," in Petrie, G. and T. J. M. Kennie ed., *Terrain Modelling: In Surveying and Civil Engineering*, Whittles Publishing, London, 315-336.
- Thapa, K. J. Bossler, 1992, "Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58(6), 834 - 841.
- Vonderohe, A. P., 1986, "Positional Accuracy Standards, Adjustments, and the Multipurpose Cadastre: Some Research Issues," *Surveying and Mapping* 46(2), 131-135.
- Vonderohe, A. P., S. S. Fisher and D. K. Krohn, 1990, "A Positional Comparison of the Results of Two Digital Cadastral Mapping Methods," *Surveying and Land Information Systems* 50(1), 11-24.

The Accuracy of Topographic Maps as GIS Data Sources

Jeongchang Seong*

Summary

There are many accuracy standards for the analog and digital maps, so that map users can estimate the error range in using maps as GIS data sources. In Korea there are not, however, clear map accuracy standards and the quality of the maps has not been tested. The accuracy of the National Topographic Maps(scale: 1/5,000) was tested, and that of the aerial photograph was tested as an alternative to using topographic maps.

Through indirect leveling and local triangulation, survey data were gathered. After digitizing the maps and stereo-plotting the aerial photographs, the digital data were converted into GIS database. And then they were evaluated in terms of vertical and horizontal accuracs.

The major findings were summed up into the followings.

Firstly, digitizing error was 0.001" - 0.003", but the maximum transformation error was 0.0153" which was ca. 5 times greater than digitizing error.

Secondly, error distribution diagram showed not circular but ellipsoidal pattern whose major axis was Y in the X-Y coordinate plane. The error range to Y axis was less than 0.83mm, while to minor X axis it was less than 1.56mm.

Thirdly, although Root Mean Square Errors of the maps and aerial photographs were almost same, error ranges and standard deviations of aerial photographs were much smaller than those of maps. Considering X and Y axes altogather, the Root Mean Square error of the maps was 1.8mm, and that of aerial photographs was 1.1mm.

Fourthly, the RMS error limits made of stereo-plotting and map making processes were 0.5mm for stereoplotting and 0.8mm for map making. Compared with this RMS error limits, the RMS errors of the maps and aerial photographs studied were far from the error limits. Compared with National Map Accuracy Standards(NMAS), the errors drawn from this study didnt satisfy the standards. The NMAS requires that over 90% of the errors of the samples be within 0.5mm. Of all the studied data points only 25% fell in the NMAS. In case of aerial photographs, 40% of the data satisfied the standard, but in maps only 10%.

There can be many reasons for this result. In this study two problems which deteriorate the quality of 1/5,000 scale maps were founded. The one is the organizational problem that, because most of the efforts in map making policy are focused on the 1/25,000 scale maps, 1/5,000 scale maps have comparatively less oportunities for being edited and updated than 1/25,000 scale maps. The other is the problem involved in surveying and selecting of ground control points. 1/5,000 maps are drawn from 1/20,000 aerial photographs.

* Graduate Student, Seoul National University

The Accuracy of Topographic Maps as Gis Data Sources

What makes the problem is that 1/20,000 scale aerial photographs have limited ground control points. For orientation and error estimation of the aerial photographs at least 4 points are needed and 6 points are recommended.

The photographs which were used in this study had only 2 ground control points, which might make stereoplotting difficult and deteriorate the quality of the 1/5,000 scale maps.

From this study, it could be known that before using conventional maps and aerial photographs for building GIS database it is needed to check the accuracy or quality of the data or final products regardless of those scales.

Key words : Geographic Information Systems(GIS), data source, accuracy, base map, error limits.