

인공위성 영상 지형보정을 위한 GCP 획득에 있어서 지도와 GPS의 정확도 비교

The Comparision of Accuracy for GCPs by Maps and GPS in the Purpose of Geometric Correction of Satellite Images

강인준* · 최철웅** · 광재하***

Kang, In Joon* · Choi, Chul Ung** · Kwak, Jae Ha***

要 旨

국토개발에 관한 각종정보, 도시환경 및 토지이용정보, 농수산자원 조사, 지질조사, 수종의 분류, 나무의 생육상태 등의 많은 정보를 수집하고 추출하는데 원격탐사는 중요한 일익을 담당하고 있다. 본 연구는 원격탐사를 수행하는데 영상처리 자료의 위치 정확도를 향상시키기 위하여 실시하는 기하학적 보정을 하는데 있어 지도를 이용하는 방법과 GPS를 이용하는 방법을 서로 비교하여 보다 정확한 인공위성영상의 좌표변환을 위한 것이다. 실제 지형지물에서 GCP를 획득할 때의 문제점과 어려움점에 대하여 개선방안을 찾으려고 하였으며, 향후 전국적인 인공위성 영상 접합을 위한 좌표계에 대한 고려를 고찰해 보았다.

Abstract

Remote Sensing plays an important role when we gather and extract many informations about development of the land, circumstances of urbans, land use, surveying resource and marine, geological survey, classification of trees, and condition of trees. For geometric collection to improve the accuracy of positioning with data in the processing of projection treatment by remote sensing. Authors have compared two methods by maps and GPS. Thereafter authors study exact transmutation of coordinates in the projection of satellite. Authors have tried to gain improvability of difficulties and problems in the real topography, and Authors consider the coordinates system about global superposition by satellite image.

1. 서 론

전국적인 대단위 국토개발에 관한 각종 정보의 수집, 도시의 광역환경 및 토지이용정보의 추출, 토지이용 변화 추이 분석 및 차후 추정, 농수산자원조사, 지질조사, 식생분류, 나무의 생육상태 등을 원격탐사기법으로 확인하고자 할 때 먼저 인공위성영상처리를 위해 방사보정과 지형보정을 해야 한다. 이때 문제점은 인공위성영상의 화소배열을 지도상 좌표체계와 맞추는 과정에서 보다 정확한 지형보정을 위해 필요한 GCP(Ground Control Point) 위치자료를 획득하는 방법의 선정과 전

국 인공위성영상 접합을 위하여 필요한 좌표계 문제에 대한 고려가 필요하였다.

GCP획득은 일반적으로 축척 1:25,000, 1:50,000, 1:10,000 지도 등을 활용하여 획득하고 있으나, 각 기관마다 서로 다른 GCP를 사용하고 있었다. 또한 각 영상마다 필요한 GCP를 체계적으로 정리한 기관이 적어 기존의 GCP자료의 이용이 어려웠다. 따라서 민간용 지도를 사용하여 GCP를 획득하고자 하였는데 현재 시판되고 있는 종이지도의 경우 축척 1:50,000의 경우 1980년 초반과 중반에 촬영 및 현지조사를 재실시하여 1986년에 재수정한 것이고, 축척 1:10,000의 경우 1991년 1월 촬영에 의해 수정한 지도이며, 그리고 축척 1:5,000의 경우 1988년 12월에 촬영 및 수정한 지도였으며 실제 사용한 지도는 축척 1:50,000 지도이다.¹⁾

*부산대학교 토목공학과 부교수

**부산대학교 토목공학과 석사과정

***부산대학교 토목공학과 박사과정

본 연구에서는 이러한 기존의 지도에 있는 내용이 인공 위성 촬영 당시인 1994년 6월을 기준으로 약 3년 정도의 시간적 차이가 있어 인공위성영상과 지도에서의 지형지물의 차이가 있을 것으로 예상하였다. 이를 확인하기 위하여 실제 GCP점에 대한 현장조사를 통하여 이들 지점에 대한 위치정보, 주변의 주요한 지형지물 등의 현장사진을 촬영하였으며, 114-35, 115-34, 115-35지역에 대한 각 GCP점에 대한 GPS수신자료, 인공 위성영상, 지도를 정리하였다.^{2,3,4)}

기존의 지도를 이용하여 GCP를 획득하는 방법과 GPS를 통한 위치자료 획득 방법을 상호비교하므로서 보다 정도가 높은 방법을 채택하고자 하였다. 그리고 기존의 투영방법인 TM, UTM방식을 비교하여 어떠한 투영방법이 전국적 영상접합에 가장 좋은가에 대한 부분적 비교를 실시하였다. 또한 지도에서의 GCP 위치자료의 획득방법과 GPS 수신기를 이용한 위치자료의 획득방법, 획득된 두가지 위치자료값 성과비교, 전국적 영상접합을 위한 좌표계의 설정에 대한 것을 중심으로 고찰하였다.

2. 영상조정 및 GPS 위치결정

2.1. 좌표변환

좌표변환은 그림 1과 같은 과정을 거쳤다. 좌표변환은 영상에 대하여 Helmit, Affine, 의사 Affine, Projection, Second-order Conformal, Polynomials 등의 식에서 어느 공간변환식이 적당한가를 검토한 후 선정하여야 하며, GCP점의 분포를 검토하여 GCP점 사용과 GCP투영좌표계를 검토하여야 한다. 선택된 변환식과 선택된 GCP에 의하여 변환하고, 변환결과인 RMSE값이 1화소 이내인가를 검토하여 1화소 이상이면 변환방식을 재설정하거나 혹은 GCP점을 재설정하여야 한다.⁶⁾ RMS Error가 1화소 이내이면 리샘플링과 보간을 실시하는데 Nearest neighbor, Bi-linear, Cobic convolution 등의 방법중 어떠한 방법을 사용할 것인지를 결정하고, 리샘플링한다면 화소의 크기를 같게 할것인가 혹은 변환할 것인가를 결정하여야 한다.^{6,7,8,9)}

2.2 기하학적 보정

통계적 요인에 의한 기학적 왜곡의 보정에서는 개략적인 보정만을 하기 때문에 비행체의 위치와 자세의 복합적인 움직임에 의한 왜곡과 지형적 요인에 의한 오차

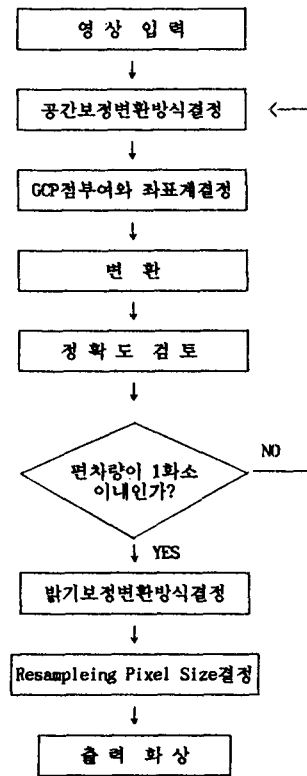


그림 1. 작업처리과정

는 보정되지 않는다. 이러한 보정만으로는 영상은 실제 지도와 차이를 보이게 되고 이러한 오차는 불규칙적으로 일어나기 때문에 지상 기준점과 수학적 모델을 사용하여 보정하여야 한다. 인공위성 영상접합을 위하여 각 영상에 대한 기하학적 공간보간을 하여야 보다 정확한 영상접합이 가능하다.

입력영상화소위치 x', y' 가 지도상에 대응하는 출력영상화소의 위치 x, y 사이의 기하학적 관계를 보정하기 위하여 기하학적 보간(geometric interpolation)을 실시한다. 수학적 모델은 $M(x', y)=(x, y)$ 이며 이것을 고차다항식으로 표현할 수 있다. 이 변환식은 x, y 의 변환값, x, y 의 변환배율, 회전각, 구부러짐(skew)의 6가지의 내용을 가지고 있으며 아래와 같다.

$$x' = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y \quad y' = b_0 + b_1 x + b_2 y \quad (2-1)$$

여기서 α_0, b_0 는 x, y 축 원점좌표이고, $\alpha_1, b_1, \alpha_2, b_2$ 는 축척계수이다.

실제로 사용되는 모델은 식 (2-1)의 함에 따라 다음과 같은 것들이 있다.

$$Q(i,j) = \alpha_1 i + \alpha_2 j + q_3 \quad R(i,j) = b_1 i + b_2 j + r_3 \quad (2-2)$$

$$Q(i, j) = ai + bj + c(i^2 - j^2) + 2dij + e, R(i, j) = -bi + aj + 2cij - d(i^2 - j^2) + f \quad (2-3)$$

$$Q(i,j) = \frac{a_1 j + a_2 j + a_3}{a_7 + a_8 j + 1} \quad R(i,j) = \frac{a_4 i + a_5 j + a_6}{a_7 i + a_8 j + 1} \quad (2-4)$$

여기서 $Q(i, j)$, $R(i, j)$ 는 계산에 의한 출력값이다. 그리고 식 (2-2)는 1차 affine 변환식이고, 식 (2-3)은 2차 affine 변환식이고, 식 (2-4)는 projective 변환식이다.

$$x = Mx' + \sigma_1 \quad y = M_T' \sigma_2 \quad (2-5)$$

$$x' = (M^T M)^{-1} M^T x \quad y' = (M^T M)^{-1} M^T y \quad (2-6)$$

여기서 M 은 변환 matrix, $\sigma_1^2 = [[Mx' - x]]^2$, $\sigma_2^2 = [[My' - y]]^2$ x', y' 는 출력수치영상의 좌표, x, y 는 입력수치영상의 좌표 이다. x', y' 의 정확도를 조사하기 위해서는 RMS_{error} 를 계산한다.

$\Delta x, \Delta y$ 는 계산값과 지도상의 실제좌표간의 차이이다.

$$\Delta x = x - x'' \quad (x'' \text{는 } x \text{ 지도상의 좌표}) \quad (2-7)$$

$$\Delta y = y - y'' \quad (y'' \text{는 } y \text{ 지도상의 좌표}) \quad (2-8)$$

$$r(m) = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (2-9)$$

$$RMS_{error} = \sqrt{\sigma_r(m)n} \quad (2-10)$$

여기서 $n(\text{자유도}) = 2 \times \text{기준점수} - 6$ 이다.⁵⁾

2.3 GPS수신자료의 처리

GPS에 의한 위치 결정 방법은 1점측량과 DGPS가 있다. 본연구에서는 1점측량 방법으로 데이터를 수신하였다. 수신한 데이터는 UTM좌표계에서 Bessel 타원체 투영한 것을 사용하였다. UTM좌표계는 52번지역(원점좌표: 위도 0, 경도 129, 원점좌표: 500 km, 0)에 해당하는 것을 사용하였다. GPS에 의하여 수신된 자료 처리한 통계적 방법은 그림 2과 같다.

수신한 모든 자료값에 대하여 평균값 (\bar{X}, \bar{Y}) 은 식(2-11)에 따라 획득하였다.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

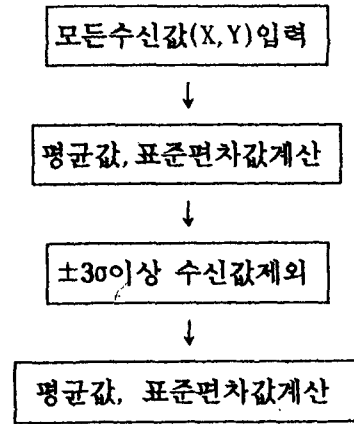


그림 2 작업순서도

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n}{n} \quad (2-11)$$

그리고, 좌표값 (X, Y)에 대한 편차(V_i, V_j)는 식 (2-12)에 따라 계산된다.

$$\bar{X} - X = V_i \quad \bar{Y} - Y = V_j \quad (2-12)$$

편차 (V_i, v_j)에 의한 제곱근오차(σ_x, σ_y) (RMSE (Root mean square error))는 식 (2-13)에 의하여 얻었다.

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{v_i^2 v_i}{n-1}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{v_j^2 v_j}{n-1}} \quad (2-13)$$

일반적으로 관측값의 최대오차는 식 (2-14)이다.

$$E_{max} = 3\sigma \sim 4\sigma \quad (2-14)$$

최대오차를 초과하게 되면 오차(또는 과실)로 간주한다.¹⁰⁾

그러므로 전체 데이터에서 과실부분을 제외한 데이터를 입력하여 재처리하여 평균 및 표준편차를 구하여 사용하였다.

3. 적용예

1994년 12월 26일부터 1995년 3월 5일 까지 115-34, 115-35, 114-35 지역에 대한 GCP 획득을 위하여 4차에

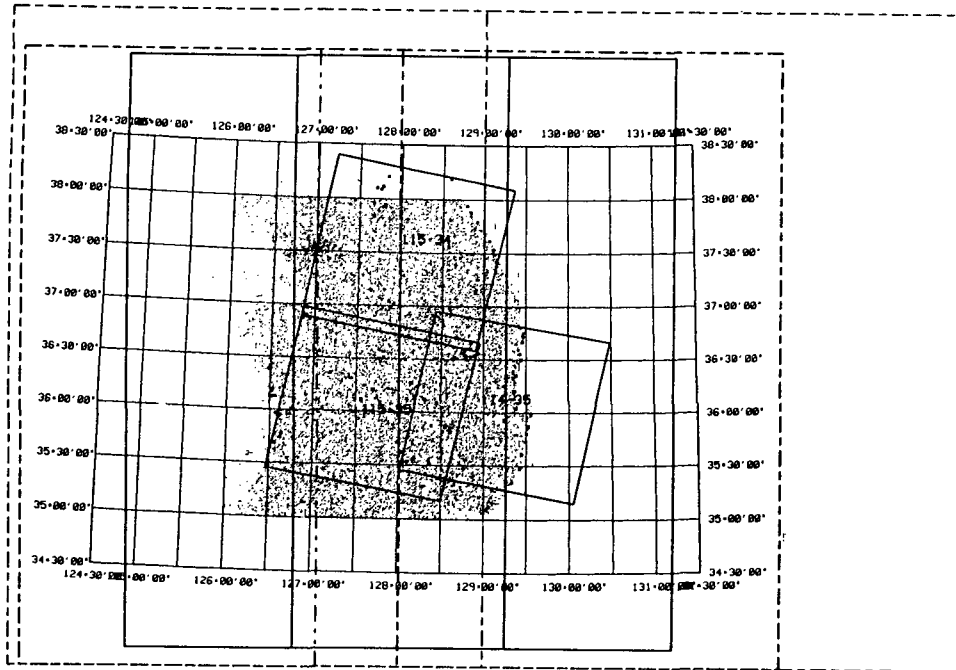


그림 3. 연구지역도

걸쳐 답사를 하였으며, 4차답사까지 총거리는 약 10,000 Km로 약 1개월정도 소요되었다. 총 수신장소는 162개소였으며 그림 3과 같다.

115-35 영상에 있어서 GCP 점 배치는 영상의 4개 모서리로 하였고, 중앙부에도 분포하도록 하였으며 기타 지역은 산악지역으로 특정한 지형지물이 없어 주요한 하천, 댐, 저수지를 중심으로 획득하였다. 115-34 영상에서 해안부가 포함된 모서리지역은 해안선에 따라 GCP를 획득할 수 있도록 하였다. 114-35 영상에 있어서 GCP점의 배치는 영상의 동쪽부 상당부분이 해역으로 해안선을 따라 배치하였으며, 육지부에 있어서도 낙동강의 주요한 교량을 따라 분포시키고자 하였다.

인공위성영상 투영을 위한 좌표계의 선정은 그림 3에서와 같은 위도 38도, 경도 129도의 TM 좌표계(붉은색 실선사각형)를 사용할 경우 115-35 인공위성영상을 투영시 일부지역의 좌표값이 음수로 나타났으며 위도 38도, 경도 127도의 TM좌표계(녹색 실선사각형)를 사용할 경우 114-35인공위성영상을 투영시 일부지역의 좌표값인 400 Km, 1,000 Km 을 넘어 선다. 115-35, 115-34, 114-35 영상에 대하여서만 좌표를 고려하였으나 전국적인 인공위성 영상조정을 할 경우 현재 사용하는 TM 좌표계에 의해서는 모든영상을 1개의 좌표계상

에 투영할 수 없었으며, 투영을 하기 위하여서는 원점 좌표값의 증가가 필요하였다. 위도 0도, 경도 129도의 UTM 좌표계 52번대(보라색 일점쇄선)지역은 전영역이 포함됨으로 UTM 좌표계를 선정하여 투영하였다. 측지학적 데이터는 Tokyo를 선택하였으며 지구타원체는 Bessel 방식을 선정하였다. 수신에 사용한 GPS장비는 2대의 Garmin Survey 2를 이용하였고, 분석에 사용한 컴퓨터 프로그램은 좌표계설정을 위해 Intergraph PM 을 사용하였다.

3.1. GCP 선정

본 연구에 사용된 GCP는 교량, 댐, 저수지, 방조제, 방파제, 하구둑을 이용하였다.

방파제의 경우 콘크리트 재질의 방파제 끝단은 바다와 대비를 이루어 구별이 잘되었으며 조수간만에 의한 영향이 없었으며 주변에 수신정확도를 저하시키는 영향요소가 적어 가장 사용하기에 용이하여 방파제 끝단을 원칙으로 하였다. 방파제 시작점은 조수간만의 영향이 적은 경우와 지도와 영상상에서 동시 정확한 구별이 가능한 지역만을 원칙으로 하였고 부분적으로 굴곡점을 사용한 경우도 있었다.

방조제는 수문(갭문)을 주위로 제방과 수문접합점이

인공위성 영상내에 정확히 구별되고 있었고 현장에서 자료획득이 용이한 경우가 많았으며, 서해안의 경우에는 수문주변을 주로하여 사용하였으며 조수간에 의한 영향이 적어 이를 원칙으로 하였다.

저수지에서는 1995년 2월 경우 1994년의 강수량 저하로 인하여 수위의 저하가 상당하였으며 이에 영향을 받지 않는 곳에 자료를 획득하는 방법으로 여러가지 방법을 시도하였다. 저수지 제방을 중심으로 획득하는 방법과 제방과 식생분리선에서 획득하는 방법을 사용하여 영상내에서 획득하여 본결과 후자의 경우가 영향이 적어 본연구에서는 제방과 식생분리선에서 획득하는 방법을 사용하였다. 일반적으로 댐의 경우 댐의 끝단과 식생분리선에 접근이 용이하지 않는 경우가 많으므로 댐주위에 주요한 구조물 중의 하나인 취수탑을 사용하였다. 안동댐과 임하댐의 취수탑의 경우 직경 40-50 M 정도의 크기로 인공위성영상내에 작은 점으로 표시됨으로 이를 사용하였고 그외의 경우 저수지에서 획득하는 방법으로 하였다.

교량의 경우 강수량의 부족으로 인하여 지도내에서는 임하호수면 위에 존재하는 교량이 영상내에서 없어지는 경향을 나타내는 경우를 제외하고는 자료획득이 용이한 교량의 끝단을 어디로 볼 것인가에 대하여 논의가 있어야 한다. 일반적으로 사용하는 실제 교량 끝단에서 획득하는 방식을 이용하고 있으나 본 연구를 통하여 이러한 방법보다는 식생 분리선을 이용하는 것이 더욱 타당하다고 생각되어 식생 분리선에서 자료를 획득 하였다.

3.2 인공위성 영상내의 GCP 선정

모든 영상 내에서 어떤 화소를 GCP점과 동일한 영

상점인지 문제에서 영상내 화소들은 빛의 간섭현상으로 색혼재 현상이 있다. 예를 들면, 방파제의 경우 사진 1과 같이 실제 방파제의 폭은 약 15 M정도이며 인공위성 영상내에선 1개의 화소크기인 28.5 m보다 작은데 약 2~3개 화소의 폭으로 나타나 어느 곳을 방파제 끝단과 시작점으로 볼 것인가의 문제가 있었다. 이때 본 연구에서는 그 화소들을 분석하여 상대적으로 짙은 색을 가진 것을 방파제 중심선으로 보았으며, 끝단점은 실제 수신장소가 방파제 끝단에 불과 접하는 곳에서 접근가능한 쇄파제 위에서 실시하였으므로 물에 가까운 점을 선택하였다. 그리고 교량의 경우는 사진 2와 같이 교량저변의 수초, 모래, 자갈, 나무, 풀 등에 의하여 빛의 혼재현상이 상당히 많았으며 실제 교량폭은 왕복 2차선 도로교로 약 10 m 정도인데 실제영상에서는 약 2~3화소의 폭을 나타내었다. 이러한 경우 교량의 중심선은 상대적으로 짙은 색을 가진화소를 연결한 선으로 보았다. 영상내에서 교량의 시작점을 실제 지도상에서 시작점과는 상당한 차이가 있었다. 그것은 인공위성영상 내의 시작점과 주변의 상황에 따라 간섭현상에 발생하는 경우가 많았는데 GCP점을 교량의 중앙에서 획득하는 방법, 교량 양끝단에서 수신하는 방법과 교량주변 경계(식생분리선등)선 사용하는 경우에 대하여 비교하였다. 교량중앙은 일부 굴곡부에 있는 교량의 경우 수량의 저하로 인한 중심을 확인하기가 힘든 경우가 있었으며 실제 장대 교량 위에서 중심점에서 GPS수신점을 확인하기 용이하지 않았다. 교량 양끝단에서 수신하는 경우 수신장소를 찾기는 좋았으나 영상내에서 찾기가 어려웠으며, 교량주변의 경계점에 대한 수신방식은 수신점 원근에서 촬영한 사진자료와 주변경과 고려하

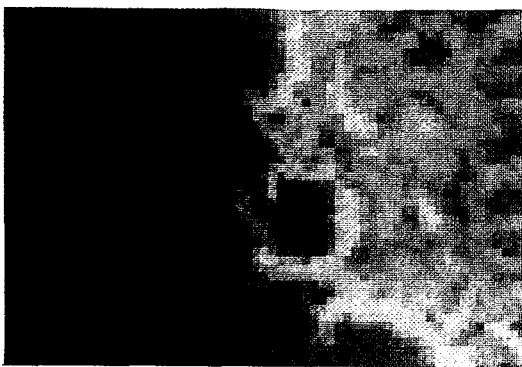


사진 1 방파제의 사진

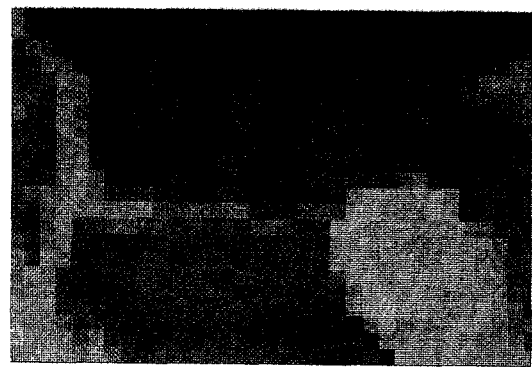


사진 2 교량의 사진

표 1. 사용한 데이터 일람표

지역명	표준편차량 (m)	GPS 번호	GCP(사용여부및 원인)			지도	
			1차	2차	3차	1차2차	
속초	3.75,9.09	1	●	●	●	●	
아산	6.78,10.75	3	●	●	지상불명	●	●
안동	33.48,51.62	8	●	●	●	●	
단양	14.84,10.64	9	●	●	오기	●	
동해 1	13.32,37.42	10	●	●	●	●	●
동해 2	6.92,8.77	11	●	●	●	●	
명주	12.84,18.17	12	●	●	●		
강릉	14.14,20.18	13	●	●	●	●	
주문진	33.93,7.64	14	●	●	●		
양양	12.71,15.73	15	●	●	●		
충주 1	7.26,5.87	16	●	●	●	●	●
충주 2	10.57,9.35	17	●	●	지상불명	●	
충주 3	15.81,14.53	18	●	●	지상불명	●	
충주 4	6.96,9.09	19	●	●	●	●	
충주 5	18.53,10.23	20	●	●	●		
충주 6	21.19,14.12	21	●	●	●		
화천 1	37.28,38.75	22	●	●	●		
화천 2	15.94,35.60	24	●	●	수신불량	●	●
화천 3	6.30,11.00	25	●	●	●	●	●
화천 4	5.81,8.37	26	●	●	●		●
화천 5	23.12,13.55	27	●	●	●		
춘천 1	26.86,24.94	28	●	●	●	●	●
춘천 2	33.77,19.89	29	●	●	●	●	●
춘천 3	11.62,9.07	30	●	●	●	●	●
춘천 4	12.21,14.19	31	●	●	●	●	
춘천 5	50.98,82.74	32	●	●	●	●	●
춘천 6	5.83,26.01	33	●	●	오기		
남양주	9.18,40.20	34	●	오기	측점외		
춘천 7	9.18,25.24	35	●	측점외	●		
미금 1		36	●	●	●		
미금 2	14.17,16.31	37	●	●	측점외		
속초		38	●	측점외	지상불명		
총계		39	32	29	23	19	10

여 뚜렷하게 나타내는 나대지와 색생분리선등을 이용할시 영상내에서 GPS 수신위치확인 및 영상내의 위치 확인면에서 양호하였다.

115-35, 115-34, 114-35 지역에서 1차 affine, 2차 affine, 3차 affine, 4차 fine, 5차 affine, 그리고, Projective 의 6가지 방식으로 각각 시행하였으며, 수신하여 얻은 결과 값 중에서 실용적으로 사용할 수 있는 지역은

162개소이다. 115-35 지역의 경우 GPS로 획득한 값의 지역번호와 좌표변환에 사용한 측점 상호간의 관계와 1차 좌표변환을 위하여 사용한 데이터를 정리하면 표 1과 같다. 1차에는 32개소의 값을 전부사용하여 얻은 결과이며 이중 입력시 오기와 관측불량을 제외하여 2차변환을 실시하였으며 편차량이 많은 점을 제외하여 3차 변환을 실시하였다. 변환결과값은 그림 4와 같다.

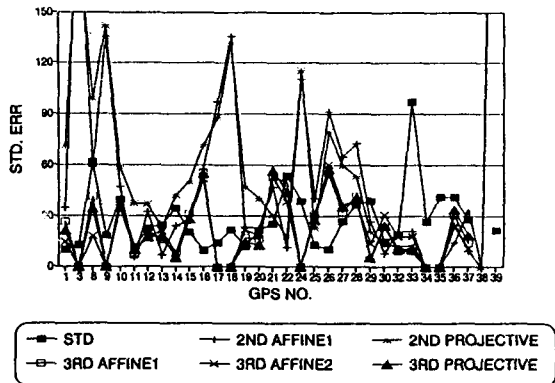


그림 4. 측점별 오차와 편차량

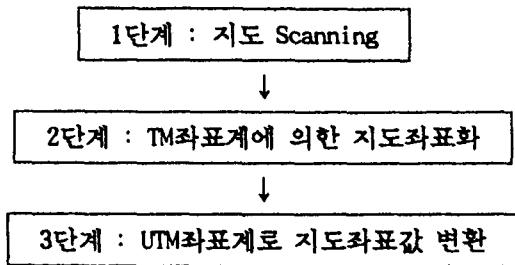


그림 5. 지도에 의한 GCP점 좌표값 획득

3.2 지도에 의한 GCP좌표변환

지도 scanning은 해당지역의 지도를 scanner를 이용하여 축척 1:50,000 지도를 A3크기 400 dpi로 입력한 것이며, scanning 지도들을 기초로 하여 지도의 좌표계인 TM좌표계로 투영하여 변환하는 과정은 지도영상의 6모서리를 이용하여 1st Affine 변환식을 이용 좌표화 하였다. UTM 좌표계값으로의 변환은 TM 좌표계에 의하여 얻은 경위도값을 이용하여 UTM 좌표계상에서 경위도 값을 XY 좌표값으로 변환하는 과정이다. 단계1 오차는 지도작성시 생기는 오차와 scanning을 할 때 발생하는 오차와 scanner 자체의 오차인데 이중 scanning을 할 때 발생하는 오차는 축척 1:50,000 지도 입력시 약 2~3 m 이므로 제외하였다. 단계2 오차는 지도영상을 UTM 좌표계로 투영시 생기는 오차이며, 단계3 오차는 좌표변환된 지도영상에서 GCP 점을 획득할 때 생기는 오차가 생긴다. 본 논문에서는 단계 1에서의 오차를 지도정확도오차라 하였으며, 단계 2에서의 오차를 입력정확도오차라 하였고, 지도에서 좌표값을 읽을 때의 오차를 독취정확도오차라 하였다. 지도정확도오차는 DMA(Defence Map Agency)에서 발표한 수평위치 정

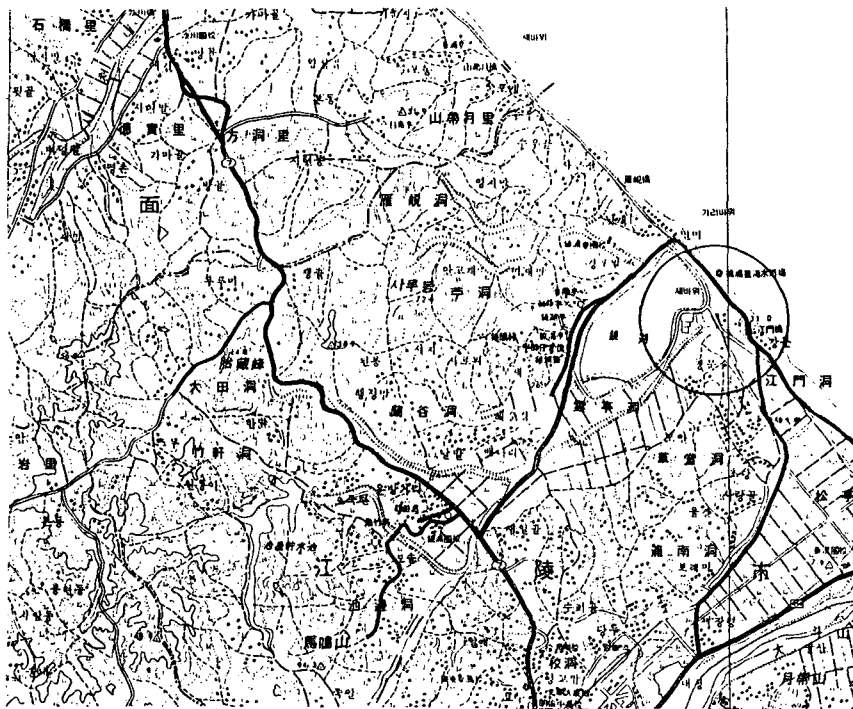


그림 6. 지도에서의 주요한 지상점

표 2. 지도 입력시의 오차 (입력, 지도, 득취정확도 : m)

지역명	입력정확도	지도정확도	득취정확도	총오차량
동해 1	15	100	50	112.8
동해 2	25	100	50	114.6
강릉	12.5	100	50	112.5
아산	12.5	100	50	112.5
충주	7.5	100	50	112.1
화천 1	15	100	50	112.8
단양	30	100	50	115.8
화천 2	2.5	100	50	111.8
안동	10	100	50	112.2
속초	10	100	50	112.2
충주 1	15	100	50	112.8
충주 2	17.5	100	50	113.16
춘천 1	15	100	50	112.8
춘천 2	22.5	100	50	114.0
춘천 3	12.5	100	50	112.5

표 3. 지도와 GPS에 의한 변환 결과

구분	GPS에 의한 결과						지도에 의한 결과			
	1차		2차		3차		1차		2차	
축점수	32		29		23		19		10	
	자유도	오차	자유도	오차	자유도	오차	자유도	오차	자유도	오차
1st affine	58	128.64	52	22.95	40	4.56	32	12.41	14	3.8480
2nd affine	52	1336.69	46	16.56	34	4.41	26	12.15	8	5.1579
3rd affine	44	1207.78	38	18.35	26	3.76	18	11.99	0	1.1036
4th affine	34	396.42	28	21.47	16	4.73	8	6.77		
5th affine	22	89.3010	16	12.67	47.90					
Projective			50	14.82	38	3.30	30	9.12	12	2.9095

밀도 기준의 3단계로 가정시 발생하는 오차량이며¹¹⁾, 입력정확도오차는 좌표변환시 생기는 RMSE를 기준으로 사용하였다. 득취정확도는 보통 사용하는 ±0.3 mm 오차를 사용하지 않았는데 그 이유는 그림 6에서와 같이 지도상에 교량, 댐, 저수지부분이 부호로 과장되게 나타나 있으며 실제로 약 1 mm 내외의 두께로 작성되어 있으므로 1 mm로 가정하여 사용하였다.

표 2는 축척 1:50,000 지도에 대한 환산값이다. 입력정확도에 의한 오차, 지도작성 상의 오차와 읽을 때

의 오차 상호간에는 개별적으로 발생하는 오차로 보아, 우연오차 계산식을 이용하여 총계를 계산하여 나타내었다.

4. 비교고찰

본 연구에서는 GPS를 이용한 방법과 지도를 사용하여 얻은 결과를 비교하였으며 각각을 1st Affine, 2nd Affine, 3rd Affine, 4th Affine, 5th Affine, Projective 변

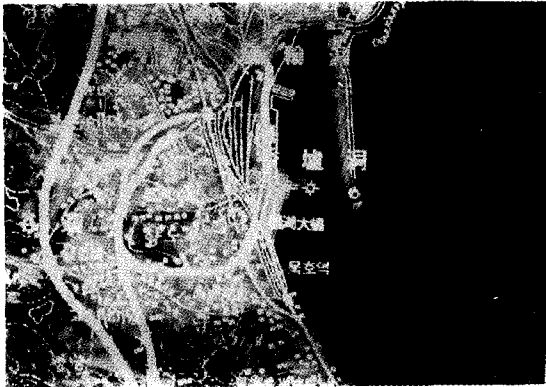


사진 3. GPS와 지도의 상호비교

환을 실시하여 비교하였다. 표 3에 의하면 GPS에 의한 3차에 걸쳐 실행한 방법과 지도에 의한 2차에 걸친 방법을 보면 지도에 의한 방법이 양호하다고 하지만 실제로는 사진 3과 같이 GPS에 의한 것이 더욱 좋은 결과를 가져오고 있다. 그 이유는 GPS와 지도를 사용하여 변환시 동일한 환경 즉, 측정수, 자유도, 측정분포를 비교하지 못하였기 때문인 것으로 생각된다. 그러므로 표 3에서 가장 유사한 측정수 및 자유도인 GPS에 의한 3번째의 변환결과와 지도에 의한 첫번째 변환결과를 보면 GPS를 사용하여 얻은 결과가 측정수가 상대적으로 많은데도 불구하고 보다 정확한 결과를 가져오고 있다. 그 이유는 GPS와 지도에 의한 표준편차값이 상대적으로 적기 때문이고, 지도에 의하여 획득한 값 중에서 서부지역은 경도 127도, 위도 38도 원점을 사용한 지도를 UTM 좌표계로 변환하여 사용하였고 동부지역은 129도, 위도 38도 원점을 사용한 지도를 UTM 좌표계로 변환하여 사용하였는데 이 과정에서 동일한 투영 방법(Transverse Mercator)을 사용하였다고 하더라도 원점좌표가 상이함으로 투영왜곡에 의한 오차가 발생할 수 있었다.³⁾ 동일한 측정수, 자유도, 측정분포가 아니므로 생기는 오류일 수도 있고, GCP 점을 표시할 때 지도에 의한 경우는 인공위성영상 내에서 확인할 때 지도에서 과장되어 표현하고 있어 정확한 교량의 끝단, 저수지의 끝단, 댐의 끝단의 확인이 용이하지 않기 때문에 오차가 발생할 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구에서 정확도 비교방법은 그림 5와 같은 방법을 이용하였다.

본 연구에서 정확도 비교방법은 GPS에 의하여 획득한 GCP를 이용하여 인공위성영상을 UTM 좌표계와

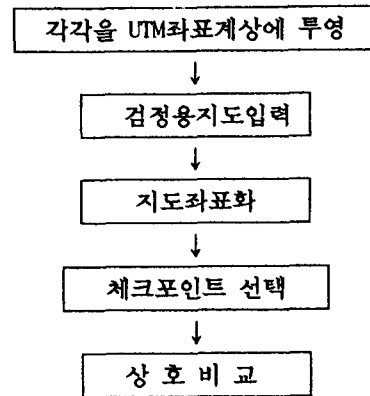


그림 7. 정확도 비교방법

맞추고 지도에서 획득한 GCP를 이용하여 인공위성영상을 UTM 좌표계와 맞춘다. 검정용 지도를 입력하는데 있어 인공위성 영상내 임의의 지역을 선택하는 것을 원칙으로 하였으나 위도 38도, 경도 129도 원점의 TM 좌표값 지도를 이용하였는데 이것은 위도 0도, 경도 129도 원점의 UTM 좌표값 지도를 이용시 위도 38도, 경도 127도 원점의 TM 좌표값 지도보다 투영왜곡이 적기 때문에 위도 38도, 경도 129도 원점의 지도를 Scanner를 이용하여 400 dpi로 입력하여, 지도상의 격자점을 이용하여 UTM 좌표계로 변환은 기존의 지도가 TM 좌표계에 의하여 투영된 지도만 일반인에게 제공됨으로 TM 지도를 UTM 지도로 변환할 필요가 있었기 때문이다. 체크포인트의 선택은 주로 본 연구를 통하여 경험적으로 가장 구별이 용이하였던 방파제를 이용하였으며, 교량, 댐, 저수지는 정확한 시작, 끝점이 용이하지 않았기 때문이고, 방파제를 이용할 때에는 지도와 인공위성영상간에 시간적 차이에 의한 재건설된 방파제가 수정되지 않은 경우가 많았으며, 소규모의 어항은 지도상에 표시되지 않은 경우가 많았으므로 체크포인트선택에 어려움이 많았다. 이를 체크포인트를 이용하여 성과를 상호비교하였다. 체크포인트는 2개소(강원도 묵호항, 강원도 속초항)를 이용하였으며 사진 3은 강원도 동해시 묵호항이며 인공위성영상은 GPS를 이용하여 좌표화한 영상이다. 본 지점은 지도의 시간적 차이로 인한 지도수정이 되지 않은 예의 하나인데 본 지역을 현장답사없이 지도에서 획득한 점(푸른색점)을 이용하여 푸른색 원주변에 인공위성영상이 좌표화 되며 GPS를 이용하여 획득한 점(붉은색점)

을 이용하여 변환하면 붉은색 원주변에 인공위성영상이 좌표화 되었다. GPS에 의하여 얻은 값은 인공위성영상의 방파제 끝단에서 약 1화소(약30 m)이내에 존재하고 있으며 오차원은 약 25 m 정도였으며 지도에 의하여 얻은 값은 인공위성영상의 방파제 끝단에서 약 2~5(60~150 m)화소이내에 존재하며 오차원은 약 35 m 정도로 차이를 보였다. 그러나 본 결과를 TM 좌표로 변환하는 과정의 오차, 지도입력시 발행할 수 있는 오차를 제거하지 않은 상태이다. 일반적으로 지도를 사용하여 GCP를 획득을 할 때 GCP 점에 대한 현장답사를 통하여 지형지물의 변화를 확인하면서 연구를 수행하기는 상당히 어려움으로 지도 자체가 최근에 수정된 것을 이용하여야 하며 대축적 지도를 이용하여야 보다 정확한 자료획득이 가능하며 지도수정의 미비에 의한 오류를 피하려면 많은 지점을 선택후 오차량이 많은 것을 지형변화가 있다고 가정하여 제외하여 나가면서 수행하는 방법과 기존의 검증된 연구성과를 이용하는 방법이 좋을 것 같았다. 본 연구를 통하여 영상, 지도상의 점, 실제점 서로가 동시에 확인 가능한 곳을 획득하는 것은 상당히 어려웠고 힘든 연구였다. 그 이유는 어떤 화소를 실제점과 동일한 점으로 볼 것인지와 또 그화소가 실제점과 동일하다면 화소의 어느부분을 실제점과 동일한 점으로 할 것인지등 많은 의문점이 아직 남아 있다. 기존의 국내 연구의 경우 지도를 이용하여 GCP를 획득하여 보정을 할 경우 0.5~1 화소의 RMS Error를 감안하였는데, 이는 GCP를 획득함에 있어서 사용한 지도의 축척과 축점수 그리고 그 분포에 따라서 정확도는 다르게 나타난다. 그러므로 GCP 획득시 그 목적에 따라 상당한 주의가 요구됨을 알 수 있었다.

5. 결 론

인공위성 영상 지형보정을 위한 GCP 획득에 있어서 지도와 GPS의 정확도 비교를 통하여 다음과 같은 결론

을 얻었다. GPS를 이용하여 GCP를 획득할때 지상점에 실제지도와 비교하여 그 오차가 약 10 m~30 m로 1화소내에 있었으며, 지도를 사용하여 GCP를 획득할 경우에는 약 50 m~100 m 이내에 있어 2화소에 최고 5화소까지 차이가 나타나는 경우가 있었으므로 GCP점 선택시 신중을 기할 필요가 있으며 기존의 TM 지도상에 인공위성영상을 투영할 때 하나의 TM 좌표계에 투영하는데 부분적으로 좌표값이 음수가 발생하는 경우가 있으므로 전국적 인공위성영상접합을 위하여 UTM 좌표가 더 이용함을 알 수 있었다. 그리고, 국가 차원의 정확한 GCP 획득에 대한 연구를 진행어야 하고, GCP 자료를 공개하므로써 인공위성영상의 지형보정에 있어 중복되는 노력을 피하고 유사한 연구에서도 보다 정확한 결과를 가져올 수 있다고 생각된다.

參考文獻

1. 국립지리원, "축척 1:50,000, 축척 1:25,000, 축척 1:10,000, 축척 1:5,000" 지도, 국립지리원도.
2. 환경부, "인공위성영상 115-35지역의 영상조정에 관한 연구", 부산대학교, 1995, pp. 5.
3. 환경부, "인공위성영상 114-35지역의 영상조정에 관한 연구", 부산대학교, 1995, pp. 5.
4. 환경부, "인공위성영상 115-34지역의 영상조정에 관한 연구", 부산대학교, 1995, pp. 5.
5. John R. Jenson, *Introductory Digital Image Processing, Processing*, Prentice-Hall, 1987, pp. 36-45, 102-107.
6. 일본원격탐사학회, "Remote Sensing Note", Nihon Printing Co. LTD, 1993. 5. pp. 174-185
7. Paul M. Mather, "Computer Processing of Remotely Sensed Image", John & Sons, 1987, pp. 125-143.
8. Paul J. Curran, "Principles of Remote Sensing", Longman, 1985, pp. 192-194.
9. Lillesand & Kiffer, "Remote sensing and Image Interpretation 3rd ed", Wiley, 1994, pp. 527-531.
10. 유복모, "측량학원론(1)", 개문사, 1986, pp. 43-44.
11. 이상지, 제 1차 GPS WORKSHOP PROCEEDINGS, 1994, pp. 136-166.