

인공위성 영상처리를 위한 사진접합정확도 향상기법

Improvement of Photogrammetry Image Merging in Satellite Image Processing

강인준* 최철웅**
Kang, In Joon Choi, Chul Ung

要 旨

부산직할시 강서구 대저동지역의 항공사진을 축척 1/1,200 항공측량지도를 이용하여 수치영상접합을 하였다. 공간보간은 2차 affine변환을 하여 TM좌표계로 변환하였고, 강도보간은 양선형보간을 하여 밝기값을 변환하였다. 이를 통하여 항공사진과 인공위성영상을 동일한 좌표계에 배치할 수 있으며 인공위성영상과 항공사진영상을 상호비교하였다. 초기단계에 분류개수 결정, 분류값확득, 여과후 검정과정을 용이하게 할 수 있었고 결과추적 및 추론이 가능하였다.

ABSTRACT

This image of Kangseogu in Pusan, is a digital merge of aerial photos by scale of 1/1,200 map. The merge was carried out 2nd affine and bilinear interpolation. It can improve digital classification to help choose training sites and interpret classification results, and improve visual interpretation, as in this case, by adding detailed information to the multispectral TM data.

1. 서 론

재해위험지도를 만들려면 인공위성영상의 분류값(classification) 및 training field 검정 기법이 필요하다. Landsat TM 위성영상은 SPOT HRV에 비해 공간해상력으로 낮으나 분광해상력이 매우뛰어나 다중분광분류의 기법을 적용할 수 있고, 특히 여러가지 방법으로 지형적 분광반사특성을 보정하기에 유리하다. 항공사진영상 데이터는 공간해상력이 TM, SPOT HRV

등 다른 영상과 비교하여 우수 지상의 작은 물체들도 확인할 수 있으므로 서로 합성한다면 보다 나은 영상 처리를 가질 수 있고 이를 이용하기 위한 연구가 해외에서는 계속적으로 진행 중이다.^{1,2)}

또 이를 활용하여 해상력을 향상 소축척과 중축척 지형도의 제작 및 수치지형모형을 통한 지형Database 구축 등에 활용하기 위한 연구가 진행 중이며 항공사진영상 자동접합기법에 대한 연구도 진행 중이다. 그러나 항공사진 접합기법에서 1차 affine, 2차 affine,

*부산대학교 토목공학과 부교수

** 부산대학교 토목공학과 석사과정

projective에 의한 공간보간(spatial interpolation)기법과 최근치보간(nearest neighbor), 양선형 보간(bilinear interpolation), cubic convolution법에 의한 강도보간(intensity interpolation)에서 기법에 대한 비교 연구가 미흡하다.

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3z \tag{2.1}$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3z$$

여기서 a_0, b_0 는 x, y 축 원점좌표, $a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$ 는 축척 계수이다.

2. 사진접합방법론

사진접합을 위한 각각 사진에 대하여 기하학적 보간을 하여야 하고 합성사진에 합당한 밝기값을 가져야 하는데 이를 위하여 공간보간과 강도보간을 하여야 한다.^{3),4),5)}

실제로 사용되는 모델은 윗식의 항에 따라 다음과 같은 것들이 있다.

$$Q(i,j) = a_{1i} + a_{2j} + c_3 \tag{2.2}$$

$$R(i,j) = b_{1i} + b_{2j} + r_3$$

$$Q(i,j) = a_i + b_j + c(i^2 - j^2) + 2dij + e \tag{2.3}$$

$$R(i,j) = -bi + aj + 2cij - d(i^2 - j^2) + f$$

입력되는 1개의 화소(pixel)의 위치와 크기가 상이함으로써 같은 위치로 변환하기 위하여는 기하학적보정을 하여야 한다. 기하학적보정에는 입력좌표를 원하는 좌표계로 변환 하기위한 공간보간(spatial interpolation)과 공간보간을 마친 결과가 위치와 다르고, 입력 화소가 출력화소와 크기 다른경우 이를 보정하기 위하여 강도보간(intensity interpolation)을 한다.

$$Q(i, j) = \frac{a_1i + a_2j + a_3}{a_7 + a_8j + 1} \tag{2.4}$$

$$R(i, j) = \frac{a_4i + a_5j + a_6}{a_7i + a_8j + 1}$$

2.1 기하학적 보정

통계적 요인에 의한 기하적왜곡의 보정에서는 개략적인 보정만을 하기 때문에 비행체의 위치와 자세의 복잡한 움직임에 의한 왜곡과 지형적 요인에 의한 오차는 보정되지 않는다. 따라서 이러한 보정만으로는 실제영상은 실제 지도와 차이를 보이게 된다.^{3),5)}

여기서 $Q(i,j)$, $R(i,j)$ 는 계산에 의한 출력값이다. 그리고 식(2.2)은 affine변환이고, 식(2.3)은 2차 affine변환이고, 식(2.4)은 projective변환식이다. 지상기준점(GCP; ground control point)로는 가옥의 모서리, 도로와 작은 수로의 교차점, 나무등을 영상과 지도에서 동시에 식별가능한 점이어야 한다. 여기에서 사용된 미지 계수는 최소제곱법을 사용하여 구하며, 다른 점의 좌표는 결정된 계수로 완성된 변환식을 통하여 구한다.

2.1.1. 좌표변환과 공간보간법

입력화소위치(x', y')와 지도상에 대응한 출력화소의 위치(x, y)사이의 기하학적 관계, 이것은 입력영상의 위치(x', y')에 대한 출력영상의 위치(x, y)에 대하여 재배치하여야 하는데 이것을 보정하기 위하여 공간보간법(spatial interpolation)을 실시한다. 수학적 모델은 $M(x', y') = (x, y)$ 이며 이것을 고차다항식을 표현 할수 있다. 이런 오차는 불규칙적으로 일어나므로 지상기준점과 수학적 모델을 사용하여 보정하여야 한다. 이 변환식은 x, y 의 변환값, x, y 의 변환배율, 회전각, 구부러짐(skew)의 6가지의 내용을 갖고 있으며 아래와 같다.

$$x = Mx' + \delta_1 \tag{2.5}$$

$$y = My' + \delta_2$$

$$x' = (M^T M)^{-1} M^T_x \tag{2.6}$$

$$y' = (M^T M)^{-1} M^T_y$$

여기서 M 은 변환matrix, $\delta_1^2 = [(Mx' - x)]^2$, $\delta_2^2 = [(My' - y)]^2$, (x', y') 는 출력수치영상의 좌표, (x, y) 는 입

위해서는 RMS_{error} 를 계산한다.

$\Delta x, \Delta y$ 는 계산값과 지도상의 실제좌표간의 차이이다. 통계적방법으로 기하적왜곡의 보정대하여 개략적인 보정만을 하기 때문에 비행체의 위치와 자세의 복합적인 움직임에 의한 왜곡과 지형적 요인에 의한 오차는 보정되지 않는기 때문에 이러한 보정만으로는 실제영상은 실제 지도와 차이를 보이게 된다.

$$\Delta x = x - x'' \quad (x'' \text{는 } x \text{ 지도상의 좌표}) \quad (2.7)$$

$$\Delta y = y - y'' \quad (y'' \text{는 } y \text{ 지도상의 좌표}) \quad (2.8)$$

$$r(m) = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (2.9)$$

$$RMS_{error} = \sqrt{\sigma_r(m)/n} \quad (2.10)$$

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

이때, RMS_{error} 는 1화소 이내에 들어야 한다.

2.1.2. 강도보간법(intensity interpolation)

공간보간을 통한 기하학적 보정을 하였을 경우 수치영상은 화소값만을 가지고 있게 된다. 즉 각 화소가 자신의 위치만 가지고 있는 수치영상이된다. 이를 수치영상의 최소 수치영상의 화소값에서 원 수치영상의 화소값으로 변환하여야 하고 화소의 밝기값은 결정되어야 한다. 입력화소값과 출력화소값은 1대1로 대응함으로 출력화소의 크기가 차이가 있을 경우 이 사이에서는 보간(interpolation)하여 재배치를 할 필요가 있다.^{3),5)}

화소의 재배치에 사용되는 방법에서 최근치 보간법(nearest neighbor or zero order)은 입력좌표(x',y')를 출력좌표(x,y)에 대하여 가장 가까운 값을 사용하는 방법으로 출력값(x,y)에 대응하는 입력값은 (x',y')이 대응하는 값이 없을 경우 가장 가까운 곳에 있는 값을 사용하는 방법이다. 따라서 입력값이 30미터x30미터일때 출력값이 30미터x30미터가 되는 결점이 있었다. 양선형 보간법(bilinear interpolation)은 인접한 4개 화소값들의 거리에 따른 밝기평균값(bright average)를 택하여 사용하는 방법으로 출력값 (x,y)에

대응하는 입력값은 (x',y')일때 아래의 식을 이용하여 새로운 밝기값(bright value)를 구한다.

$$BV_{wt} = \frac{\sum \frac{Z_k}{D_k^2}}{\sum \frac{1}{D_k^2}} \quad (2.11)$$

여기서 Z_k 는 대응입력주위의 값이고, D_k^2 는 출력값으로 부터의 거리이다. 이를 이용하여 밝기값을 구하면 입력값과 출력값은 각각 다른경우 주변화소와 연관성이 있기때문에 양선형보간식을 사용하였다. cubic convolution은 양선형보간법과 같은 식을 이용하나 입력좌표출력값 인접한 16개 화소들의 밝기값을 이용하여 새로운 밝기값을 구하는 방법이다. 그러므로 많은 시간이 소요되는 단점이 있었다.

3. 적용예

부산직할시 강서구 대저동지역을 약 1.3킬로미터 x 4.1킬로미터크기의 모델지역으로 선정하였으며, 항공사진은 부산시 발행 1/6000 축척의 1005, 1006, 1007, 1008, 1009번영상 88년 11월 22일 촬영한것을 400dpi로 입력하여 중앙부위만을 이용하였고 항공사진측량도는 부산지역번호 8654(표준코드번호:3580425A3)에서 8664(표준코드번호:3590121B3)까지와 8554(표준코드번호:3580425A4)에서 8564(표준코드번호:3590121B4)까지를 90년 10월 19일발행 한것을 사용하였다. 사용된 영상에 있어서 기하학적 왜곡의 보정에서는 개략적인 보정만을 하기 때문에 위성의 위치와 자세의 복합적인 움직임에 의한 왜곡과 지형적 요인에 의한 오차는 보정되지 않았다. 따라서 이러한 보정만을 한 수치영상은 실제의 영상과 차이를 보이게 된다³⁾.

본 영상처리에 있어서는 지상기준점의 보정후 출력수치영상 좌표를 (i,j), 입력수치영상좌표를(k,l)이라고 하면 수학적 모델은 $M(i,j)=(k,l)$ 이며, 이것을 고차다항식으로 표현하여 2차 affine변환으로 사용하였다.

GCP(ground control point)은 인근의 독립기울의 모

서리, 도로와 소하천 접합점, 도로의 교차점등을 사용하였으며 수치영상과 수치영상, 수치영상과 지상, 수치영상과 지도에서 동시에 식별가능한 점을 선별하여 사용하였다.

3.1 기하학적 보정

입력되는 1개의 화소의 위치와 크기가 달라 이를 같은 좌표계에 배치하여 하고 이를 기하학적 보정이라고 한다. 기하학적보정에는 입력좌표를 위한 좌표계로 변환하기 위한 공간보간(Spatial interpolation)와 공간보간을 마친 결과가 그위치가 다르고, 입력화소가 출력화소와 다른기 때문에 이를 보정하기 위하여 강도보간(intensity interpolation)을 하여야 한다. 5)

3.2.1 공간보간법

5장의 사진에 대하여 축척 1/1200을 이용하여 1미터 단위까지 읽어서 사용하였으며 24센티미터x24센티미터의 항공사진을 400dpi로 읽어서 중앙부 12센티미터x12센티미터부분만을 사용하여 1화소의 크기가 38센티미터인 사진당 GCP(ground control point) 는 집의 모서리, 도로와 다리접합점, 독립가옥의 교차점, 도로모서리등을 사용하였으며 각 사진별 사용한 GCP의 갯수는 아래와 같다.

표 3.1 항공사진 접합을 사용된 각각 사진별 GCP점수

사진	1005	1006	1007	1008	1009
GCP점수	7	6	8	10	7

affine, 2차affine, projective로 각각 사진마다 변환을 하였다.

사진 1008의 경우 각 변환방법별로 비교하여 보면 표준편차는 2차 affine > affine > projective 이었고, $\Delta x, \Delta y$ 는 Affine > projective > 2차 affine이다. 이러한 표준편차결과는 식(2.10)을 이용하여 계산할시 식(2.9)에서 얻은 결과를 자유도(n)으로 나누어 일어난 것을 알수 있었다. 그러므로 n을 동일한 값일때 표준편차는

affine > projective > 2차 affine이었다. 따라서 2차 affine변환식을 사용하는 것이 유리하게 나타나서 2차 affine변환을 사용하여 사진 5장을 TM좌표계로 변환하였다. 2차 affine변환을 하여 얻은 결과는 사진 3.1 과 같았다. 사진 3.2에서 보는 바와 같이 흰색 접합부위를 보면 약 1-2미터 사이에서 접합됨을 알수 있었다.

표 3.2 변환식별 편차표

변환방식	1차 affine		2차 affine		projective	
포인트수	10		10		10	
자유도	14		8		12	
표준편차	0.3353		0.4226		0.2911	
1번편차	3.2429	3.6897	-0.1184	-0.0194	-0.1556	0.7682
2번편차	4.6559	-1.4652	0.4048	-0.4186	-0.7041	-0.0427
3번편차	-5.3055	-2.488	-0.6643	0.7181	1.6389	-1.1557
4번편차	-3.5955	-0.5156	0.2570	0.4661	1.2180	-1.3543
5번편차	-2.8188	-0.2466	-0.6499	0.8877	-0.1937	-0.3908
6번편차	-0.9267	-4.0701	1.2292	-2.6544	-1.8140	2.9416
7번편차	-3.2471	0.3402	0.0816	0.5687	0.1382	-0.4124
8번편차	1.9513	-2.4375	-0.4558	-0.5462	0.01531	0.0760
9번편차	3.7729	2.6226	-0.3111	2.1294	-0.6432	-1.7689
10번편차	2.2705	2.3308	0.2270	-1.1316	0.3623	1.3389

3.2.2 강도보간법

최근치보간법을 사용하였을 경우 보간치는 4등분되어 가까운 점의 값을 채택함으로 화소의 크기 나 위치가 다른경우 인근에 가장 가까운 화소의 값을 가져옴으로 정확한 밝기값이 안되었으며 화상의 미세한 이동이 있을수 있었고 각각 화소는 상호간섭에 영향이 있으므로 이를 고려가 없으며, Cubic convolution 방법을 이용하였을 때 주위 16개의 각각 밝기가중값을 이용하여 다른 밝기값을 가지게 됨으로 각각 상호간섭에 대한 고려는 가능하나 처리시간이 다른방법보

다 많은 시간이 소요되어 양선형 보간법을 이용하였다. 양차선형 보간법은 주위 4개의 각각 밝기강도를 이용하여 다른 밝기강도를 가지게 되므로 보다 정밀한 값을 가질수 있었고 화상의 미세한 이동은 없었다. TM좌표계로 2차 affine변환을 하였고 이를 인공영상 위에 사진영상을 1/1200향측도상에서 읽은 좌표값을 각사진영상마다 위와 같은 방법으로 TM좌표계 상에 투영하여 접합하였다. 강도보간은 양선형보간을 하여 접합한 결과는 사진3.1과 같다.



사진 3.3 인공위성영상과 사진영상과 상호 비교



사진 3.1 5장 사진을 접합한 결과

5장의 사진을 접합하여 본 결과 접합부위는 아래 사진의 흰색선 부분이며 이들은 약 1~2미터정도 차이가 있었다.



사진 3.2 접합부 사진

이러한 접합은 사진3.2와 같이 활용하여 Training field 선정및 classification에 효율적으로 활용할수 있었다.

4.결 론

인공위성영상분류에서 그 값의 초기값 분석에서 부터 최종 classmap에 도움이 될수있었으며, 인공위성과 항공사진영상의 접합기술에 대하여 처리하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 첫째, 사진영상과 인공 위성 영상 접합으로 각 픽셀값마다 그 값이 결정되는 원인의 추적 및 추론이 가능하며,
- 둘째, 본 기법을 초기단계에 분류 갯수 구별, 분류값 획득, 여과후 검정 과정, 분류검정과정에 활용할 수 있었으며,
- 셋째, 인공위성영상과 사진영상을 상호 비교 가능함으로 미세한 분류를 실시할수 있었다.

그리고, 기존의 현지답사방식과 본 기법을 병행하여 실시하면 식생, 토지용도에 보다 정확하고 정밀한 지형분류가 가능하다고 생각된다.

참고문헌

1. Peggy Agouris, Toni Schenk, "Automatic Processing of image blocks", ACSM/ASPRS(3) ASPRS Technical Paper, 1993, pp.11-20
2. Peggy Agouris, Anthony Stefanidis, "GIS/LIS '93 ANNAUL CONFERENCE & EXPOSITION", 1993, pp 1 - 9
3. 김용일, "인공위성 원격탐사 데이터의 분석 정확도 향상에 관한 연구", 1991, 서울대학교 박사논문
4. 김용일, "Filter기법에 의한 LANDSAT TM DATA의 분산정확도 향상에 관한 연구", 1988.1, 서울대학교 석사논문
5. John R. Jensen, "Introductory digital image processing", Prentice-Hall,1987, pp104-115
6. Douglas E., Ahl and Steven A. "Comparision of classification techniques for delineating forested wetlands", ACSM/ASPRS(2), ASPRS Technical Paper,1993, pp.1-10
7. Ralph W Klefer, Thomas M. Lillsand, Paul R. Wolf, David F. Mezerara "Delepnent of modular courses for remote sensing, photogrammetry, and LIS/GIS instruction", ACSM/ASPRS(2), ASPRS Technical Paper, 1993, pp.157-170
8. 유복모, 이현직, "전처리 수준에 따른 SPOT 위성 사진의 정확도 분석에 대한 연구", 한국측지학회지 제9권 제1호, 1991, pp83-96
9. 안철호, 연상호, "리모트센싱과 GIS의 통합및 그 적용기법에 관한 연구", "한국측지학회지 제9권 제1호" 1991, pp97-107