

# LANDSAT TM 자료를 사용한 AUTOMATCHING ALGORITHM의 분석 및 천문학 연구 분야로의 제안

박종현·최규홍  
연세대학교 천문대기과학과

조성익·박경윤  
한국과학기술연구원 시스템공학연구소  
(1991년 5월 6일 접수 ; 1991년 6월 8일 수리)

## AN ANALYSIS OF THE AUTOMATCHING USING LANDSAT TM DATA AND ASTRONOMICAL APPROACH

Jong-Hyun Park and Kyu-Hong Choi  
Department of Astronomy and Atmospheric Science  
Yonsei University, Seoul 120-749

and

Seong-Ik Cho and Kyoungyoon Park  
System Engineering Research Institute  
Korea Institute of Science and Technology, Taejeon 305-333  
(Received May 6, 1991 ; Accepted June 8, 1991)

### Abstract

Automatching algorithm is suitable for cross-correlation, which showed correlation surface about maximal correlation coefficient. The size of the window area must be determined empirically, whereas window size generally chosen as a compromise between speed and accuracy. It is possible that epipolar transform prevented from mismatching and decreased search space.

In application of the astronomical fields, automatching algorithm mainly used to planet surface recovery in satellite image.

## I. 서론

원격탐사 자료 분석시 정보 추출을 위하여 여러 가지 기법이 사용되고 있으며, 때로는 동일 지역을 같은 시간에 다른 분광대에서 관측한 자료(multispectral image)간, 또는 동일지역을 같은 관측 기기로 다른 시간에 수집한 자료(multitemporal image)간에 비교 분석해야 될 경우도 있다. 대부분의 경우 각 영상의 동일한 지점들은 2차원적 좌표계에서 서로의 위치가 일치해야 하지만 위치가 일치하지 않는 경우는 영상간의 matching이 필요하게 된다. 영상의 matching은 각 영상에서 같은 위치에 있는 지점을 찾아 일치시키는 작업으로, 과거에는 주로 전문가의 육안 분석에 의존하였으나 컴퓨터를 비롯한 전자공학 분야의 발달로 인하여 점차 컴퓨터와 수치화된 영상(digital image)을 이용하는 automatching방법이 도입되어 이용하는 추세에 있다.

Automatching은 디지털 영상을 컴퓨터로 처리하여 동일 지점을 찾는 처리 과정으로, 천문학 분야에서는 Voyager 등 여러 행성 탐사 위성으로부터 관측된 영상을 이용한 행성 표면 복원 등에 이용되고 있으며, 위성 영상을 이용한 원격탐사에서는 대규모 지도 제작을 위한 위성영상의 mosaic, 자동화된 기하보정, 수치지형표고모델(Digital Elevation Model: DEM) 제작 등에 이용된다. 본 논문에서는 automatching 알고리즘을 LANDSAT TM(Thematic Mapper)영상에 적용하여 분석, 평가하였으며 이들의 천문학 분야로의 적용을 제안하였다.

## II. 적용 알고리즘

### 1. Mean-normalized Similarity(MNS)

Bernstein *et al.*(1983)에 의하면 원형 형상은 일치하는 표본의 대상 지역으로부터 반사된 에너지에 의하여 결정되는 각 행렬 요소값을 가진  $N_P$ 열과  $M_P$ 행의 행렬이다. Matching을 위한 탐색은 window 공간에서  $N_P M_P$ 들을 탐색 공간에서 존재하는  $(N_S - N_P + 1)(M_S - M_P + 1)$ 의 합동 부속영상에서 실행한다. 이 비교평가는 원형과 합동 부속영상 사이의 “차”를 아래와 같이 측정한다.

$$E_1(N, M) = \sum_{n=1}^{N_P} \sum_{m=1}^{M_P} | (p(n, m) - \bar{p}) - (s(N+n-1, M+m-1) - \bar{s}_{NM}) | \dots\dots\dots(2.1)$$

## THE AUTOMATCHING USING LANDSAT TM DATA

여기에서

$$\bar{p} = (1/N_p M_p) \sum_{n=1}^{N_p} \sum_{m=1}^{M_p} p(n, m)$$

$$\bar{s}_{NM} = (1/N_p M_p) \sum_{n=1}^{N_p} \sum_{m=1}^{M_p} s(N+n-1, M+m-1)$$

원형 영상을 일치시키는 좌표( $N_0, M_0$ )를 갖는 특정의 부속영상은  $E_1(N_0, M_0) = 0$ 인, 즉 계산에 의해 얻어진 값이 영(zero)일 때를 일반적으로 이 방법에서는 대상 window와 탐색 공간 사이에 matching이 이루어졌다고 할 수 있다.

### 2. Cross-correlation

Cross-correlation은 상대적으로 작은 기준점을 포함한 대상공간과 보다 큰 탐색공간에서의 똑같은 크기를 갖는 일부분에 일치하는 화소(pixel)로 각 화소의 gray value를 차례로 비교해 가는 방법이다. 이 비교결과로서 두 배열의 유사성 평가인 상관계수가 계산되어지는데(Wolf and Storey, 1988), 즉 moving window 기법을 이용하여 상관계수를 계산하는 데 구하여진 상관계수 중 최대상관계수를 찾으려고 하는 matching 점으로 삼는다.

다분광 cross-correlation은 다음과 같이 정의할 수 있다(Hannah, 1974).

$$R_{ts} = \frac{\sum_i \sum_j (g_{i,j}^t - \bar{g}_i^t)(g_{i,j}^s - \bar{g}_i^s)}{[\sum_i \sum_j (g_{i,j}^t - \bar{g}_i^t)^2 \sum_i \sum_j (g_{i,j}^s - \bar{g}_i^s)^2]^{1/2}} \dots\dots\dots (2.2)$$

여기에서  $R_{ts}$  : 상관 계수  
 $g_i^t, g_i^s$  : 대상 window와 탐색 window에서의 gray values  
 $\bar{g}_i^t, \bar{g}_i^s$  : 대상 window와 각 탐색 window에서의 평균 gray values

를 나타낸다.

### 3. Search space 단축을 통한 부정확 matching 방지

SPOT 위성의 주사기로부터 얻어진 영상 자료는 지구의 자전, 공전, 자전축의 꺾과 위성 궤도의 불평행, 관측기기의 기울기 등과 같은 변화에 따라 epipolar선이 일치하지 않는 스테레오 영상을 얻게 되는데, 따라서 부정확 matching을 방지하는 방법으로 epipolar 변환을 수

행하고 있다(Bolles and Baker, 1990). 두 영상의 epipolar 선을 일치시키기 위해 방향(orientation) 변환과 위치(position) 변환의 두 가지 과정을 수행한다.

#### 4. 사용자료

이 실험에서 사용한 자료는 1984년 10월 11일자의 LANDSAT 5호에서 보내온 자료로서 청주지역을 중심으로 그 주변을 포함하는데, 그 중 오창 비행장을 대상으로 선택하였다(그림 1). 자료정보로 path는 135°, row는 35, sub-scene은 a이고 구름은 0%이다. 그림 1-(a)에서 지상 기준점을 잡아서 그림 1-(b)로 matching시킨 것이다.

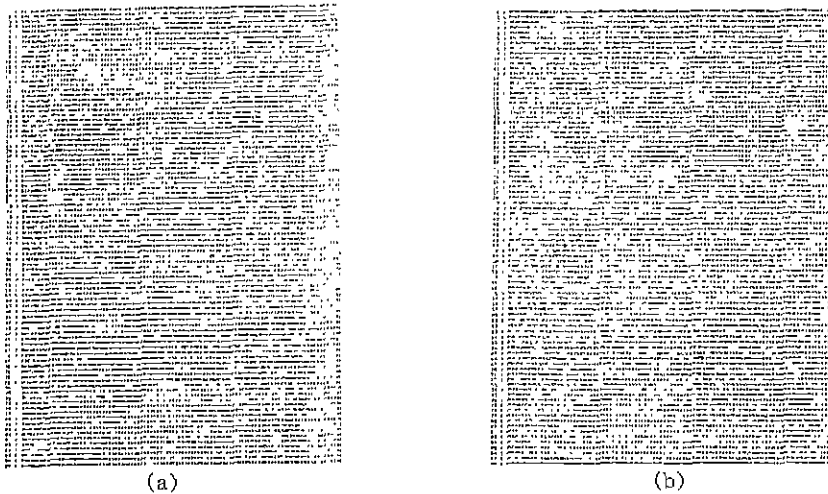


그림 1. 사용 지역

### III. 실험결과

#### 3-1. Window 크기

LANDSAT TM 영상의 100×100 크기의 자료를 위의 두 알고리즘으로 실행시켜 본 결과를 표 1에서 보면 본 실험에 의하여 5×5에서 11×11까지의 window에서는 선정된 지상기준점에 정확히 일치됨을 보여준다.

THE AUTOMATCHING USING LANDSAT TM DATA

표 1. Matching 정확성 비교

window	band	matching 점의 정확성			
		CC	ECC	MNS	EMNS
		(16, 59)	(16, 9)	(16, 59)	(16, 9)
3×3	1	72 82	16 9	64 8	83 8
	2	40 88	89 6	99 7	22 3
	3	57 56	57 6	83 2	24 2
5×5	1	16 59	16 9	98 21	19 5
	2	16 59	16 9	79 28	37 14
	3	16 59	16 9	65 38	73 12
7×7	1	16 59	16 9	29 11	28 12
	2	16 59	16 9	49 14	13 12
	3	16 59	16 9	54 8	7 13
9×9	1	16 59	16 9	65 38	73 11
	2	16 59	16 9	90 54	44 12
	3	16 59	16 9	80 19	61 7
11×11	1	16 59	16 9	57 20	87 7
	2	16 59	16 9	72 43	19 8
	3	16 59	16 9	35 51	46 11

여기서 CC : Cross-correlation, MNS : Mean-normalized similarity,  
ECC : Epipolar 선을 사용한 CC, EMNS : Epipolar 선을 사용한 MNS.

원영상의 크기는 100×100이며, 표 1에서의 (16, 59)는 행번호 16, 열번호 59로 원영상에서 특징점으로 선택한 기준점이다. 그리고 (16, 9)는 행번호 16, 열번호 9로 epipolar 선을 사용했을 때의 기준점이다. 3×3 크기의 window에서는 부정확 matching이 발생하는데, 이것으로 window의 크기가 작으면 왜곡이 많이 포함되어 부정확 matching이 발생한다는 것을 예측할 수 있다. 그러나 지역에 따라, matching 방법에 따라 결과가 달라질 수 있으므로 단정적으로 어느 window가 항상 일정하게 바람직한 결과를 가져온다고는 할 수 없다 하겠다. MNS 방법은 본 실험 지역에서는 matching 기법으로 적절하지 않음을 보여준다.

3-2. 상관 계수

표 2에서 3×3과 13×13은 부정확 matching을 발생하므로 제외시키고 5×5에서 11×11의 window(예를 들면, GCP chip)에서 상관 계수를 보면 모두 0.9 이상임을 알 수 있는데, 이를 근거로 matching 점이라고 판단할 수 있겠다. 그리고 비록 5×5에서의 상관 계수값이 제일 클지라도 여기서는 경험적으로 보아 11×11의 window가 matching을 위하여 가장 적절한 window 크기라고 말할 수 있다.

표 2. 각 window에서의 최대상관계수

window	band	상관계수	
		CC	ECC
5×5	1	0.9557	0.9557
	2	0.9569	0.9569
	3	0.9662	0.9662
7×7	1	0.9141	0.9141
	2	0.9058	0.9058
	3	0.9163	0.9163
9×9	1	0.9171	0.9171
	2	0.9171	0.9171
	3	0.9212	0.9212
11×11	1	0.9286	0.9286
	2	0.9287	0.9287
	3	0.9322	0.9322

그림 2와 그림 3은 적용한 cross-correlation matching 특성의 하나로 보이는데, band 1에서 나타난 최대 상관계수를 정점으로 하여 C는 각 window에서 행을, R은 각 window에서 열을 나타내는데, 최대 상관계수를 정점으로 하여 상하 좌우로 최대값을 중심으로 하여 왜곡 없이 완만한 기울기를 갖는 상관표면(correlation surface)을 보여주고 있고 band 2와 band 3에서도 마찬가지로 결과를 보여준다.

### 3-3. 실행시간

어떤 matching을 선택하느냐 하는 문제는 속도, 정확도, 신뢰도, 유용성 등 여러 가지 조건을 종합해서 결정해야 하겠지만 속도는 중요한 선정의 기준이 될 수 있는데, 표 3과 같이 실험 결과에 따르면 window의 크기가 클수록 시간이 많이 걸린다는 것을 알 수 있으며, 이와 달리 신뢰도에 있어서는 window가 클수록 바람직하다고 판단하여 어느 요소에 중점을 두느냐에 따라 matching 방법을 선택해야겠다. 표 3에서 보듯이 epipolar 변환은 필요 없는 부분의 탐색을 줄여준다.

## IV. 결론 및 추후 연구과제

두 가지 알고리즘을 이용한 실험적 평가로부터 다음의 결론을 내릴 수 있다. 평가지역의

## THE AUTOMATCHING USING LANDSAT TM DATA

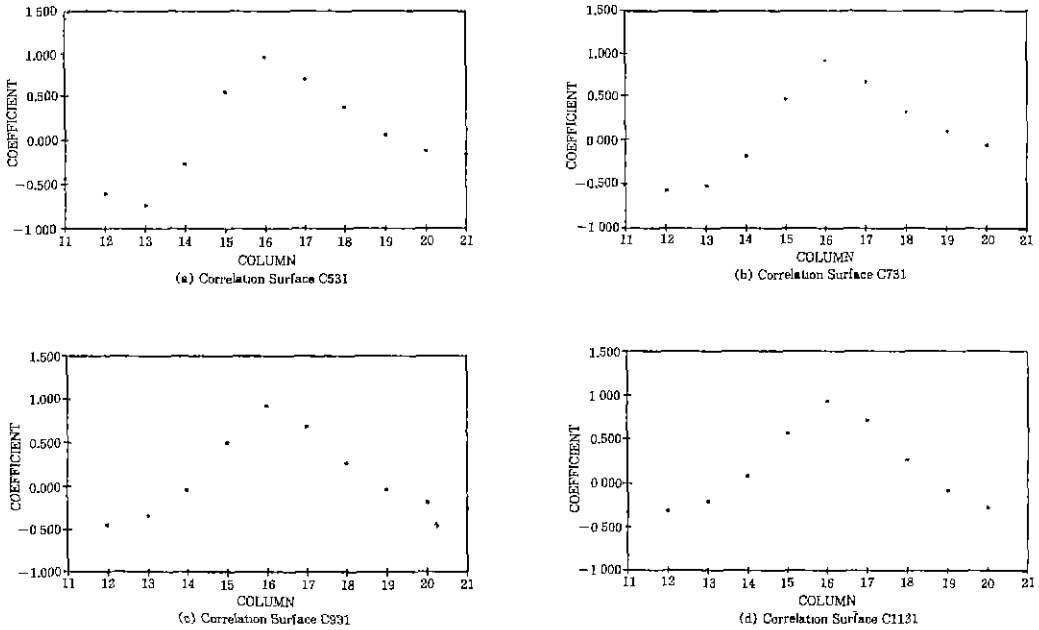


그림 2. 행을 중심으로 한 band 1에서의 각 window의 상관표면

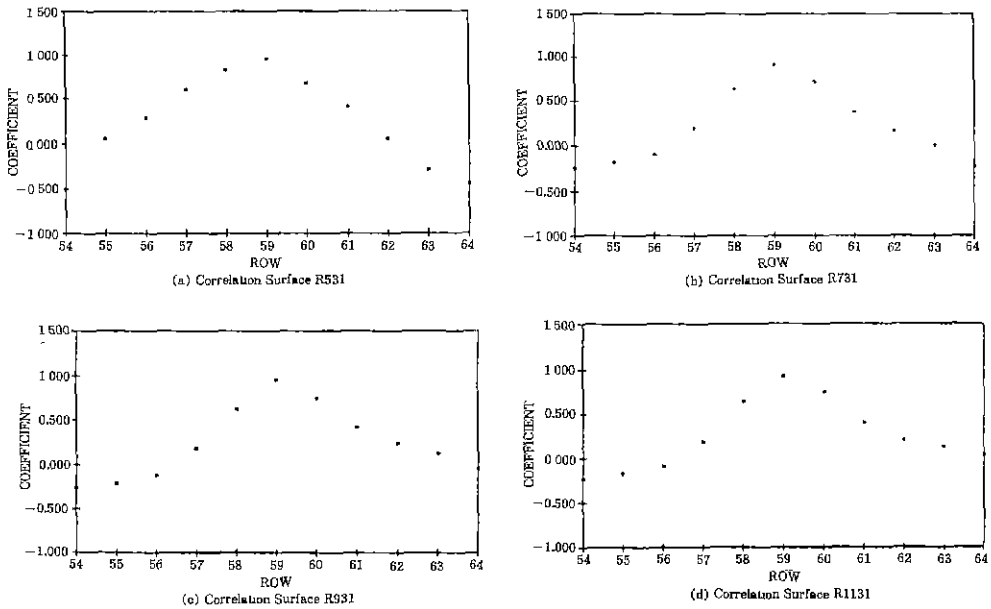


그림 3. 열을 중심으로 한 band 1에서의 각 window의 상관표면

표 3. 실행시간

window	band	실행시간		
		CC	ECC	속도개선효과
5×5	1	396sec	52sec	7.61배
	2	397sec	52sec	7.63배
	3	381sec	51sec	7.47배
7×7	1	390sec	42sec	9.28배
	2	390sec	42sec	9.28배
	3	381sec	42sec	9.07배
9×9	1	476sec	44sec	10.81배
	2	486sec	44sec	11.04배
	3	485sec	44sec	11.02배
11×11	1	580sec	40sec	14.52배
	2	581sec	40sec	14.52배
	3	580sec	40sec	14.52배

matching 방법으로 cross-correlation이 matching의 기법으로 적당하고, Window의 크기는 지역에 따라 경험적으로 결정해야 하며, CC의 특성으로 보이는 상관 표면이 최대 상관 계수 주위에서 완만한 기울기를 갖는 모습으로 나타난다.

LANDSAT TM은  $3.06 \times 10^6$ 개의 화소를 포함하고 있다. 그래서 상관관계를 이용하여 계산할 때는 각 window당 너무 많은 계산시간이 요구된다. 그러므로 Epipolar 변환의 사용은 SPOT뿐 아니라 LANDSAT 자료를 사용할 경우에도 부정확한 matching을 방지하고 탐색공간을 줄여서 시간단축 효과가 있음을 알 수 있다.

원격탐사뿐 아니라 천문학의 연구분야에서도 사용될 수 있으며, 주로 다음과 같은 분야에서 더욱 활용 가능성이 높아지고 있다.

- (1) 행성탐사위성 Voyager와 같은 위성으로부터 보내오는 영상을 이용하여 행성 영상의 Panoramic 사진 합성시에,
- (2) 기준점(Control Point)을 이용하여, 목성의 위성 IO 등의 표면 지도 작성과 같은 연구에 이용할 수 있고,
- (3) 위성 영상을 가지고 행성의 표면복원을 해야 할 필요성이 있을 경우에 이용될 수 있겠다. 추후 연구과제로 다음과 같은 것이 더욱 연구되어야 한다.
  - (1) 적절한 window의 크기로 Rosenholm(1987)은 정확도를 위해  $20 \times 20$ 이 적절하다고 하였으나, 본 논문에서의 실험결과는  $11 \times 11$ 로 나타났다. 더불어 탐색 공간의 크기도 어느 정도가 적절한지의 여부도 더 연구해 보아야 한다.
  - (2) LANDSAT과 SPOT위성의 영상 합성시 해상도의 증가율은 어느 정도인지,



## THE AUTOMATCHING USING LANDSAT TM DATA

- (3) 지상기준점(GCP)을 이용한 기하학적 보정에 automatching 알고리즘의 적용했을 때의 보정의 정확도에 대하여
- (4) Matching의 정확성과 신뢰성은 분리해서 생각하기 어려운데, 그 둘 사이의 분리가 필요하다. 즉, 신뢰성을 위한 새로운 측정방법의 제시가 요구된다.

### 참고문헌

- Bernstein, R., Colby, C., Murphrey, S. W., and Snyder, J. P. 1983, *Manual of Remote Sensing*(ed.) (ASP : Virginia), Vol. I, Ch. 21.
- Bolles, R. C., and Baker H. H. 1990, *Reading Computer Vision*, pp. 26~36.
- Hannah, M. 1974, Ph. D. Thesis, University of Stanford.
- Rosenholm, D. 1987, *Photogramatric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 6, pp. 621~626.
- Wolf, P. R., and Storey, J. C. 1988, *In Proc. of ISPRS 16th Con. Kyoto, Japan, Comm. VII/1*, Vol. 27, No. B10, pp. 274~284.