

사전검수 영역기반 정합법을 활용한 영상좌표 상호등록 Automated Image Co-registration Using Pre-qualified Area Based Matching Technique

김중홍¹⁾ · 허 준²⁾ · 손홍규³⁾

Kim, Jong Hong · Heo, Joon · Sohn, Hong Gyoo

¹⁾연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 (E-mail : kkdevil@hanmail.net)

²⁾연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수 (E-mail : jheo@yonsei.ac.kr)

³⁾연세대학교 사회환경시스템공학부 부교수 (E-mail : sohn@yonsei.ac.kr)

요 지(Abstract)

Image co-registration is the process of overlaying two images of the same scene, one of which represents a reference image, while the other is geometrically transformed to the one. In order to improve efficiency and effectiveness of the co-registration approach, the author proposed a pre-qualified area matching algorithm which is composed of feature extraction with canny operator and area matching algorithm with cross correlation coefficient. For refining matching points, outlier detection using studentized residual was used and iteratively removes outliers at the level of three standard deviation. Throughout the pre-qualification and the refining processes, the computation time was significantly improved and the registration accuracy is enhanced. A prototype of the proposed algorithm was implemented and the performance test of 3 Landsat images of Korea. showed: (1) average RMSE error of the approach was 0.436 pixel (2) the average number of matching points was over 38,475 (3) the average processing time was 489 seconds per image with a regular workstation equipped with a 3 GHz Intel Pentium 4 CPU and 1 Gbytes Ram. The proposed approach achieved robustness, full automation, and time efficiency.

1. 서론

'영상좌표 상호등록(Image co-registration)'이란 기준영상에 취득영상을 중첩시키는 과정으로서 최근 위성영상의 사용이 늘어남에 따라 효율적인 '영상좌표 상호등록'법이 필요한 시점이다. 영상좌표 상호등록'은 크게 '엠틸센서모델'을 이용하는 방법과 수치지도 혹은 기준영상을 사용하여 영상에 좌표를 등록하는 방법 두 가지로 분류된다. 일반적으로 '영상좌표 상호등록'을 수행하는 데는 긴 시간이 소요되지만 최근 컴퓨터 기술의 비약적 발달을 통해 처리시간을 많이 단축시켰다. 하지만 현재 취득되는 위성영상의 규모를 감안하면 이를 처리하기 위한 빠르고 효과적인 '영상좌표 상호등록' 방법이 여전히 필요한 상황이다. 이에 Rignot 등(1991)은 '영상좌표 상호등록' 자동화의 중요성을 인식하고, 필요한 조건 및 처리방법을 제안하였고, Ton 과 Jain(1989)은 최초로 반자동으로 기준점을 선택하여 Landsat 영상을 자동으로 정합하는 방법을 제안하였다. 또한 Flusser와 Suk(1994), Li 등(1995), Dai와 Khorram(1999)등은 형상기반정합법(feature based matching)을 제안하였으나 형상기반정합법의 경우 추출된 형상의 수가 부족하거나 형상들이 영상 전반에 분포하지 않는 경우 '영상좌표 상호등록'시 오류가 발생할 가능성이 있다는 문제가 있다(Chen등, 2003). Kim과 Im(2003)은 영역기반정합법과 과대오차 제거를 위해 RANSAC 알고리즘을 적용한 '영상좌표 상호등록' 법을 제안하였다. 이에 본 연구에서는 NASA GLCF

에서 무료로 제공하는 정사 보정된 Landsat 영상을 기준 영상으로 사용하는 빠르고 효과적인 '영상좌표 상호등록' 방법을 제안하고 한국의 Landsat 영상을 이용하여 테스트를 실시하였다.

2. 배경 이론

2.1 영상 초기화, 경계 및 정합점 추출

'영상 초기화'(Initial Approximation)란 '영상좌표 상호등록' 수행 전에 대상영상을 기준영상에 수 영상소 이내로 일치시키는 과정이다. 이는 영역기반정합법 수행시 탐색영역(Searching Space)의 줄일 수 있으므로 '영상좌표 상호등록'의 효율성을 확보하기 위해 중요한 과정이라고 할 수 있다. 영상 초기화 후 Canny연산자(1986)를 이용해 기준영상에서 경계를 추출하는 사전검수 과정을 거쳐 경계영상을 작성하였고 추출된 경계를 따라 영역기반정합을 수행하여 정합점을 추출하였다.

2.2 매핑함수의 추정 및 과대오차 제거

매핑함수의 추정이란 '영상좌표 상호등록'을 위한 수학적 모델을 선택하는 것으로 본 연구에서는 1차 다항식(affine)을 이용하였다. 하지만 최초로 얻은 정합점등을 이용하는 경우 만족할 만한 정확도를 확보할 수 없으므로 이들 정합점 중에서 과대오차를 제거해야 한다. 본 연구에서 사용된 관측방정식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ X_p \\ Y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_p & y_p & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_p & y_p & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{x1} \\ \varepsilon_{y1} \\ \vdots \\ \varepsilon_{xp} \\ \varepsilon_{yp} \end{bmatrix}$$

$$R_{2P \times 1} = S_{2P \times 6} \cdot M_{6 \times 1} + \varepsilon_{2P \times 1} \quad (1)$$

여기서 R은 대상영상에 분포하는 기준점의 영상좌표, S는 기준영상에 분포하는 정합점의 영상좌표 행렬, P는 정합점 수, I는 단위행렬이다. 또한 x,y는 선형 변환전의 좌표, X와 Y는 변환후의 좌표, 벡터 M은 Affine 계수를 나타낸다. 최소제곱법을 이용한 추정값 M과 잔차 ε 는 다음과 같다.

$$\hat{M} = (S^T S)^{-1} S^T R \quad (2)$$

$$\begin{aligned} e &= R - \hat{R} = R - S\hat{M} \\ &= (I - S(S^T S)^{-1} S^T)R \\ &= (I - H)R \end{aligned} \quad (3)$$

식 2,식 3에 의해 i번째 정합점의 잔차는 식 4와 같은 분포를 따름을 확인할 수 있다.

$$e_i \sim N(0, (1 - h_{ii})\sigma^2) \quad (4)$$

h_{ii} 는 'hat matrix' H의 (i,i) 성분으로서 잔차는 상수값이 아니라 행렬 S의 성분으로 표현됨을 확인할 수 있으며 이는 과대오차를 단순히 잔차의 크기만을 이용하여 제거할 수 없음을 의미한다. 또한 n번째 관측값과 k-parameter에 대한 표준잔차 (Standardized Residual) r_i 는 다음과 같다.

$$r_i = \frac{e_i}{s\sqrt{1-h_{ii}}}, \quad (\text{단 } s = \sqrt{\frac{e^T e}{n-k}}) \quad (5)$$

Lund(1975)는 이 표준잔차의 개략적인 분포를 계산했고, Weisberg(1980)는 이러한 표준잔차를 t-분포를 이용 Studentized Residual로 변환하는 변환식을 제안하였다.

$$t_i = r_i \left(\frac{n-k-1}{n-k-r_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} \sim t(n-k-1) \quad (6)$$

이렇게 통계적으로 의미를 가지는 표준 잔차 혹은 Studentized Residual를 이용하여 과대오차를 제거하면 영상 전체에 걸쳐서 정합점들을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이제까지의 과정을 순서대로 나타내면 그림 1과 같다.

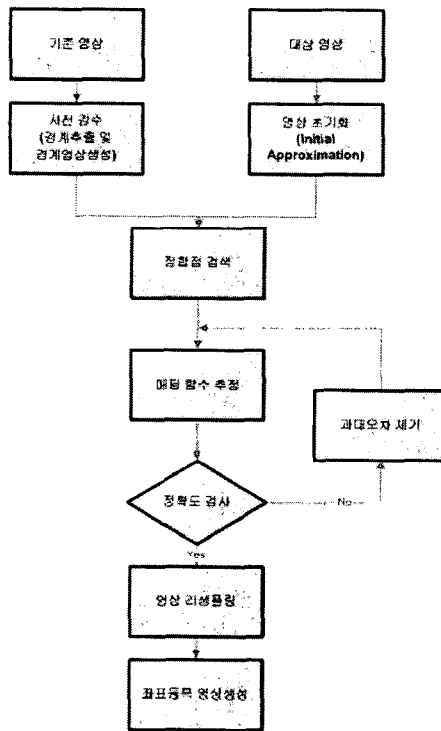


그림 1. '자동 영상좌표 상호등록'의 절차

3. 실험 및 결과분석

제안한 알고리즘을 3개 영상으로 테스트하였다. 연산시간에 영향을 미칠 수 있는 지표 형상을 고려하기 위해 다양한 지역의 영상(중부내륙(p115r35), 강원산간(p115r34) 및 남해안(p115r36))의 영상을 사용하였으며 영상의 제원은 표 1과 같다. 위에서 언급한 대로 기준영상은 NASA GLCF에서 다운로드 받아 사용하였고, 대상영상으로는 ETRI에서 제공받은 영상을 간략하게 기하보정한 영상을 사용하였다.

표 1. 사용된 영상의 제원

Path Row	Sensor	취득일	해상도(m)
115 /34	Landsat ETM+	1999-10-29	28.5×28.5
		2002-03-11	28.5×28.5
115 /35	Landsat ETM+	2000-05-08	28.5×28.5
		2004-04-17	28.5×28.5
115 /36	Landsat ETM+	2000-05-08	28.5×28.5
		2004-04-17	28.5×28.5

테스트 결과는 표 2와 같다. 여기서 중요한 점은 제안한 알고리즘은 '영상좌표 상호등록'과정 도중에 사용자가 일체의 추가 조작을 하지 않았다는 점이며 정합점간 평균제곱근오차는 0.436 영상소로서 이는 모든 Landsat ETM+ 영상에서 사용할 수 있는 수준의 정확도를 확보했다고 할 수 있다. 연산시간은 평균 약 480초가 소요되었으며, 영상에 따라 편차가 있긴 했지만 평균 38,475개의 정합점이 추출되었다. 최장 소요시간은 p115r34 영상으로 806초였고, 최단 연산시간은 p115r36영상으로 282초로 나타났다..

표 2. 테스트 결과

No.	Path/Row	평균제곱근오차 (영상소)	정합점 (개)	시간 (초)
1	P115/R34	0.415	75875	806
2	P115/R35	0.441	29170	380
3	P115/R36	0.452	10380	282
평균		0.436	38475	489

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 사전검수 영역기반 정합법과 studentized 잔차를 이용한 과대오차 제거를 이용하여 '영상좌표 상호등록' 알고리즘을 제안하였고, 프로그램을 작성하여 3쌍의 Landsat 영상을 통해 테스트하였다. 영상이 포함하는 지역의 지형 특성 및 영상의 상태에 따라서 편차는 있었지만, 각 영상의 정합점간 평균제곱근오차는 0.436 영상소, 소요시간은 약 480초로 나타났다. 향후 한국지역외의 영상, 그리고 다른 위성센서의 영상을 확보하여 알고리즘의 타당성을 검증해야 할 것이다. 사용한 영상간의 취득 일자가 3~5

년정도로 비교적 짧기 때문에 10년 정도 취득시기의 차이를 보이는 영상을 이용해서 실험을 해야 할 것이다. 또한 본 프로그램은 선형매핑함수만을 사용할 수 있도록 설정되어 있으므로 기타 공선조건식이나 RPC 등 비선형매핑함수에 대해서도 적용할 수 있도록 해야 할 것이다. 마지막으로 일반적으로 널리 사용되는 경계추출 연산자라고 하더라도 본 알고리즘을 이용한 '영상좌표 상호등록'시 최적의 결과를 보장하지는 않으므로 다른 경계추출 연산자과의 결과를 비교 분석하여 각각의 경우 정확도 및 효율성을 검증해야 할 것이다.

참고문헌

- Canny, J.F. 1986. "A computational approach to edge detection" *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.8, pp. 679-698.
- Chen, H. M., M. K. Arora, and P.K. Varshney, 2003. "Mutual Information-Based Image Registration for Remote Sensing Data", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, No. 18, pp. 3701-3706.
- Dai, X. and S. Khorram, 1998. "A Hierarchical Methodology Framework for Multisource Data Fusion in Vegetation Classification", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 18, pp. 3697-3701.
- Flusser, J. and T. Suk, 1994. "A Moment-Based Approach to Registration of Images with Affine Geometric Distortion", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 32, No. 2, pp. 382-387.
- Kim, T. and Y. Im, 2003. "Automatic Satellite Image Registration by Combination of Matching and Random Sample Consensus", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No. 5, pp. 1111-1117.
- Lund, R.E., 1975. *Tables for an Approximate Test for Outliers in Linear Models*, *Technometrics*, Vol. 17, No. 4, pp. 473-476.
- Maxwell, S., 2004. "Filling Landsat ETM+ SLC-off Gaps Using a Segmentation Model Approach", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 70, No. 10, pp.1109-1111
- Rignot, E., R. Kowk, J. C. Curlander, and S. S. Pang, 1991. "Automated Multisensor Registration: Requirements and Techniques", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 57, No.8, pp.1029-1038.
- Ton, J. and A.K. Jain, 1989. "Registering Landsat Images By Point Matching", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 27, No. 5, pp. 642-651.
- Weisburg, S., 1980. *Applied Linear Regression*, John Wiley, New York.