

## 입체시를 활용한 변화지역 자동 추적 알고리즘 개발

### A Study on the establishment of Korean maritime boundaries

김감래<sup>1)</sup> · 이호남<sup>2)</sup> · 정해진<sup>3)</sup> · 조원우<sup>4)</sup>

Kim, Kam Lae · Lee, Ho nam · Cheong, Hae Jin · Cho, Won Woo

<sup>1)</sup> 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 교수(E-mail : kam@mju.ac.kr)

<sup>2)</sup> 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 박사과정(E-mail : cheonghj@paran.com)

<sup>3)</sup> (주)한국지오매틱스 이사 (E-mail : wwwsky@hanmail.net)

<sup>4)</sup> 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 석사과정(E-mail : jjonu@hanmail.net)

#### 요 지

중중복도 60% 이상, 횡중복도 30% 이상 촬영되어지는 항공영상과 스테레오 촬영이 가능한 위성영상은 도화에 사용되는 입체시를 이용하여 영상(Stereo Aerial Image) 자체를 화면상에 입체적으로 구현하여 건물의 높이 정보 판독 및 해당 지역상에서 년도별 변화지역을 판독하는 일련의 업무 수행에 있어 중요한 자료로 활용하고 있지만 장기간의 작업시간, 작업에 대한 정확성에 취약점을 나타내고 있으며, 이는 행정업무의 효율성 저하요인을 발생하고 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 항공사진 및 위성영상의 촬영상의 특성을 활용하여 영상 매칭 DEM을 활용한 높이정보의 변화와 영상 정합을 통한 변화지역 판독을 자동화 하는 시스템을 구현하였다. 시스템 구현을 위해서 개발 언어로 Visual C++을 사용하였으며, 개발된 알고리즘에 대한 평가 수행을 위해 사용자가 직접 입체 판독 및 분석을 수행할 수 있도록 편광 모니터를 사용하여 판독 시스템을 추가적으로 개발하였다.

#### 1. 서 론

시대의 발전은 지식정보화, 기술 집약화로 대변되는 정보화 사회 기반으로 발전하고 있으며, 이는 기술의 발전뿐만 아니라, 지식정보의 활용성의 증대를 의미하기도 한다. 이러한 시대적 조류는 지리정보 및 기타 산업에 대한 구조적 개편을 요구하고 있으며, 이를 통해 많은 기술 집약형 시스템 및 업무 자동화 시스템의 도입을 유도하고 있다. 이는 항공사진 및 위성영상을 관리하고 이를 통해 판독 및 변화지역 분석 등을 수행하는 행정업무의 자동화 및 효율성 측면에서 도움을 줄 수 있는 시스템의 개발 및 이를 통한 타 분야로의 파생효과 및 사용성의 극대화를 꾀할 수 있는 시스템의 등장은 자연스러운 시대적 조류라 하겠다.

이에 본 연구에서는 위성영상의 기하학적 특성을 이용하여 3차원 좌표 취득을 위한 시스템 개발 및 신규 영상의 영상정합을 통한 변화지역 판독 알고리즘 개발을 통해 신규영상에 대한 변화

지역의 자동 판독을 수행함으로써 행정업무의 효율성 증대 및 시스템의 자동화를 꾀하고자 한다.

#### 2. 동일점 관측을 위한 영상정합 이론 연구

##### 2.1 영상정합의 개념

영상 정합이란 동일한 지역을 촬영한 영상에서 지상의 동일한 지점을 나타내는 정합점을 찾는 과정이다. 일반적으로 영역기반 영상정합은 유사도 함수(similarity function)를 이용해 각 화소의 정합 과정을 수행한다. 영역기반 스테레오 영상 정합에 사용되는 유사도 함수에는 SAD(sum of Absolute Difference), NCC(Normalized Cross Correlation) 등이 있다. SAD는 계산량이 적은 장점이 있지만 radiometric distortion에 약한 단점을 지닌다. 따라서 일반적으로 영상 보정이 되어있지 않는 RAW데이터의 경우 정합의 신뢰성을 보장 받을 수 없다. NCC의 경우 계산량이 많고 영상의 신호대 잡음비에 민감한 단점이 있지만 변이를

정규화시켜 보다 신뢰성 있는 정합 결과를 산출한다.

## 2.2 영상정합을 위한 확장 알고리즘

위에서 설명한 알고리즘(유사도 함수)는 단일점에 적용되는 것으로서 3차원 정보의 추출을 위해서는 영상 전체에 대해 정합점을 구해야 할 필요가 있다.

### (1) 영역 확장 알고리즘

앞서 기술한 단일점에 대한 영상 정합이론의 경우 하나의 영상 점에 대한 정합에 대한 것이다. 같은 영역에 대한 3차원 정보의 계산을 위해서는 영상 상의 점이나 일정 격자점에 대해 상기의 알고리즘을 적용할 필요가 있다.

상기 알고리즘을 적용함에 있어서 순차적으로 모든 영역을 탐색하여 수행하는 방법이 있지만 많이 쓰는 방법 중에 하나의 영역에 대해 확장하여 정합점을 찾아가는 개념이다.

영역 확장 알고리즘은 초기 시작점에 대해 영상 정합을 수행하고, 이웃한 점들로 정합을 점진적으로 확장해 나가는 방법으로, 이와 같은 방법 정합을 수행할 경우 이웃한 점들의 정보를 이용할 수 있어 입체 세그먼트 영상을 활용한 GCP(지상기준점)관측시 일정 면적 안에서 동일 지점에 대한 여러 영역을 탐색할 수 있고 이를 통해 정확한 점을 사용함으로써 정확도를 높일 수 있다. 이러한 영역 확장 알고리즘을 수행하기 위해서는 초기점에 대한 고려가 무엇보다도 중요하다고 하겠다.

### (2) 피라미드 영상 정합 알고리즘

피라미드 매칭 기법은 영상 데이터의 해상도가 높아지고 중복도가 클수록 증가되는 검색영역, 정합 수행속도, 잡음 등의 영향을 줄이기 위해 피라미드 영상을 그림 1과 같이 구성하고, 해상도가 가장 낮은 최상위 단계에서부터 정합을 수행하여 얻은 정합결과를 다음 하위 단계의 초기값으로 설정한다. 이렇게 최소 영상인 최하위단계까지 정합을 실시하여 결과를 얻는 방법이다.

피라미드 영상은 해상도가 높은 하위 단계 영상에 필터링 기법을 도입하여 처리하면 구축할 수 있는데 가급적 원영상의 전체적인 특징을 잘 보존될 수 있는 필터를 도입하여야 한다.

대표적으로 적용되는 필터로는 하위 단계의 주변 4화소 평균값으로부터 상위단계의 화소 값을 산

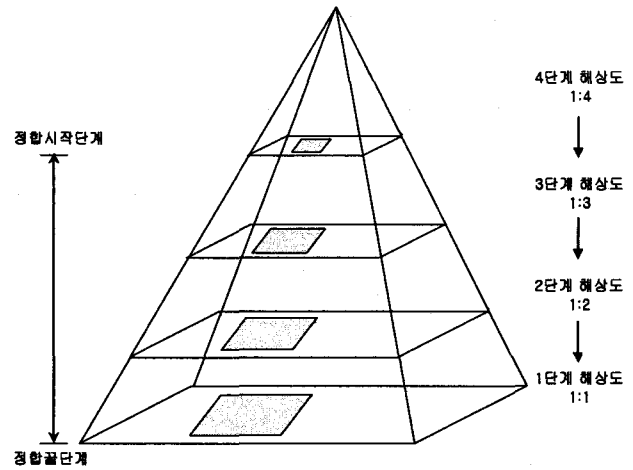


그림 1. 영상피라미드의 원리

출하는 산술평균법과 가우스 함수값에서 화소값을 계산하는 가우시안 필터링 등이 적용된다. 일반적으로 피라미드 영상은 하위 단계에서 상위 단계로 2배만큼씩 해상도가 줄어들므로 영상의 크기는 1/4로 줄어들게 된다. 즉 상위단계로 갈수록 해상도가 좀 더 소축척 영상의 해상도에 가까워지며, 한 화소가 차지하는 지상공간면적은 점점 더 커지게 된다.

따라서 푸쉬브룸 형태의 센서로 촬영된 영상에서 서로 인접하는 화소간의 밝기값 영향을 줄일 수 있으며, 잡음의 영향을 감소시킬 수 있다.

### (3) 에피폴라 기하를 이용한 정합

영상의 기하학적 특성을 포함하는 에피폴라 기하 모델은 Colinearity 모델로부터 유도되었고 다음과 같이 정의된다.

$$y_r = \frac{k_1 x_1 + k_2 y_1 + k_3}{k_4 x_1 + k_5 y_1 + k_6} \sin Q(x_r) + \frac{k_7 x_1 + k_8 y_1 + k_9}{k_4 x_1 + k_5 y_1 + k_6} \cos Q(x_r) \quad (1)$$

여기서  $x_1, y_1$  및  $x_r, y_r$ 은 입체(좌/우) 영상 상에 존재하는 영상상의 좌표값이고,  $k_1 \sim k_9$ 는 상수,  $Q(x_r)$ 은  $x_r$ 에 대한 다항식이다.

## 2.2 좌표추출(Intersection)

인터섹션(Intersection)란 항공영상의 카메라 모델링 과정에서 기인한 용어로 좌우 상응점에 대한 지상기준좌표계 상의 좌표값을 추출하는 과정이다. 이 과정은 지상기준좌표계 상의 좌표값이 아닌 임의의 좌표계(흔히 좌측 카메라좌표계)상의 상대적인 좌표값을 추출하는 상대표정의 과정과는 다르다.

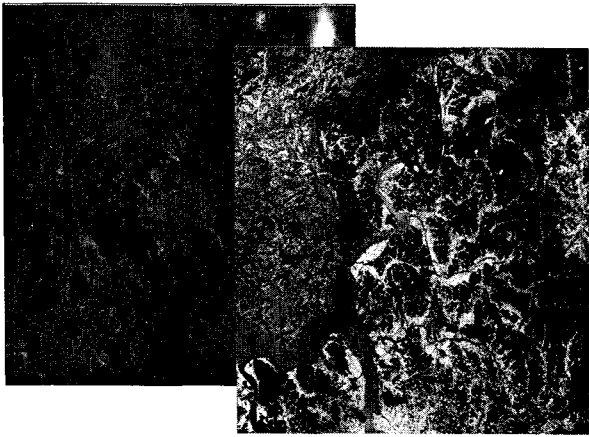


그림 2. SPOT 5와 IKONOS의 위성영상

표 1. 전처리 수준에 따른 위성사진의 주요 제원

제원	SPOT 5		IKONOS	
	좌	우	좌	우
x(mm)	150.0	182.8	173.0	210.0
y(mm)	150.0	150.0	171.4	171.4
사진축척	1/400,000		1/350,000	
초점거리	2072.0(mm)		2370.5(mm)	
1영상소크기	0.025(mm)		0.0285(mm)	

인터섹션(Intersection)은 상응점의 영상좌표로부터 지상기준 좌표계 상의 3차원 좌표를 추출하기 위한 것으로서 앞서 설명한 카메라 모델링 방식에 따라 방식이 다르다. 본 연구에서 사용하는 물리적 센서모델의 절대 표정시 센서 모델링 수행하고 나면 다음과 같이 좌우 영상에 대한 공선조건식 파라미터들을 구할 수 있다.

아래의 식은 편의에 따라 공선조건식으로 변환할 수 있으며 이를 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 f_1(x) &= r_{11}(X-X_0) + r_{21}(Y-Y_0) + r_{31}(Z-Z_0) = 0 \\
 f_2(x) &= (fr_{12} + yr_{13})(X-X_0) + (fr_{22} + yr_{23})(Y-Y_0) \\
 &\quad + (fr_{32} + yr_{33})(Z-Z_0) = 0 \\
 f_1'(x) &= r_{11}'(X-X_0') + r_{21}'(Y-Y_0') \\
 &\quad + r_{31}'(Z-Z_0') = 0 \\
 f_2'(x) &= (fr_{12}' + yr_{13}')(X-X_0') + (fr_{22}' + yr_{23}')(Y-Y_0') \\
 &\quad + (fr_{32}' + yr_{33}')(Z-Z_0') = 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서  $r_{11} \sim r_{33}$ 은 다음과 같이 정의된 좌측 센서모델에 대한 변환행렬이고,  $r_{13}' \sim r_{33}'$ 은 우측 센서모델에 대한 변환행렬로서 이를 정의하면 다음과 같다.

$$R = \begin{vmatrix} \cos\phi\cos\kappa & -\cos\phi\sin\kappa & \sin\phi \\ \cos\omega\sin\kappa + \sin\omega\sin\phi\cos\kappa & \cos\omega\cos\kappa - \sin\omega\sin\phi\sin\kappa & -\sin\omega\cos\phi \\ \sin\omega\sin\kappa - \cos\omega\sin\phi\cos\kappa & \sin\omega\cos\kappa + \cos\omega\sin\phi\sin\kappa & \cos\omega\cos\phi \end{vmatrix}
 \tag{3}$$

위의 방정식을 이용하여 최소자승법에 의하여  $x, y, z$ 를 구할 수 있다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험자료

본 연구에서 이용된 위성사진 자료는 표에 나타난바와 같이 경사각 및 전처리 수준에 따라 형태를 달리하며, 각 전처리 수준의 사진축척에 따라 초점거리 및 1영상소의 크기가 변화한다. 본 연구에서 이용된 위성사진의 주요제원은 표와 같다.

#### 3.2 위성영상 3차원 모델링

3차원 모델링은 촬영 당시의 기하를 재현하는 과정으로 실제 지형과 영상간의 관계를 수학적 함수로 표현한다. 함수의 종류에 따라 다양한 모델링 방법이 존재하며 정확도 측면을 고려하여 공선조건식에 기초한 엄밀 모델링 방법과 범용적인 측면을 고려하여 RPC를 이용한 RFM(Rational

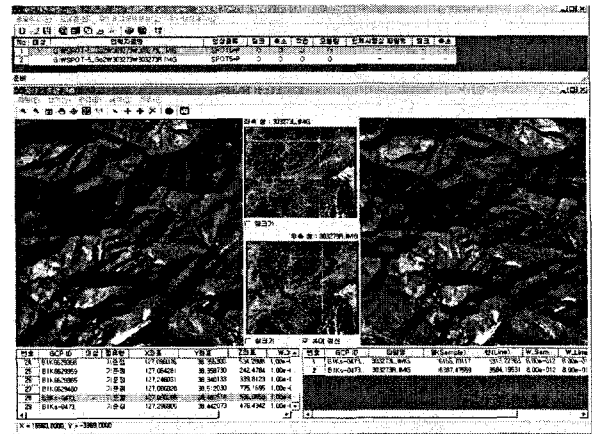


그림 3. 3차원 모델링 수행화면

Function Modeling)방법을 적용하였다. 이러한 모델링은 신구영상 각각에 적용하여 수행하였으며 이는 변화지역 판독 및 분석을 위함이다.

#### 3.3 진단점 취득 및 정확도 평가

진단점은 그림 4와 같이 급격한 이미지 변화지역 등 객체변화가 심하게 일어나는 지점에 대해 진단점을 측정하였으며, 이를 통해 신구영상의 3

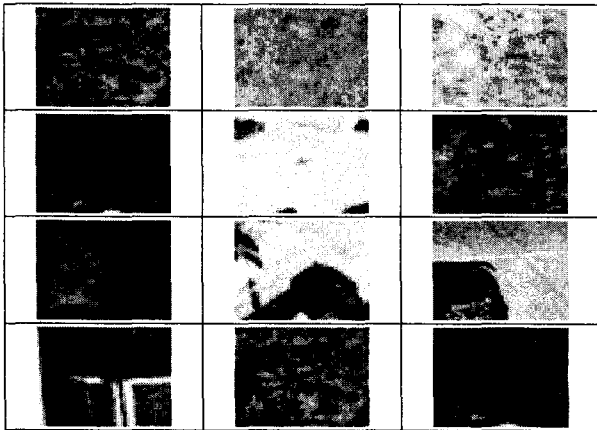


그림 4. 진단점 취득지점

차원 모델링 결과 좌우 영상 정합을 실시하였을 경우 진위치 정합이 가능한지 여부를 수치적으로 계산하기 위함이다. 이러한 정합 과정이 정확한 결과를 도출하여야 변화지역에 대한 영상 판독의 결과 뿐 아니라 그 지역에 대한 수치표고모델을 활용한 Z값 추출이 가능하기 때문이다. 아래 표 2, 3과 같이 두영상 간의 동일점에 대한 위치오차

표 2. SPOT의 진단점 정확도분석 결과

모델	RPC정확도		측정오차		절대정확도		비고	
	SAMPLE	LINE	CE	LE	CE	LE		
S0101	L	0.00483	0.00353	3.0834	0.8820	2.77339	2.04074	180점
	R	0.00357	0.00321					
S0102	L	0.00279	0.00056	3.7407	0.8728	1.97486	2.09688	396점
	R	0.00279	0.00093					
S0103	L	0.00542	0.00128	3.7424	0.1714	01.72431	3.52792	60점
	R	0.00029	0.00048					
S0104	L	0.00101	0.00564	3.7452	0.0181	1.39852	1.73520	60점
	R	0.00460	0.00103					
S0201	L	0.00243	0.00193	3.7471	0.1163	1.46618	6.27684	60점
	R	0.00291	0.02792					
S0202	L	0.00119	0.00564	3.7519	0.3866	2.10090	1.41768	60점
	R	0.00399	0.00414					

표 3. IKONOS의 진단점 정확도분석 결과

모델	RPC정확도		측정오차		절대정확도		비고	
	SAMPLE	LINE	CE	LE	CE	LE		
IK0101	L	0.00360	0.00137	2.7324	2.5310	2.42239	1.68974	180점
	R	0.00234	0.00105					
IK0102	L	0.00156	0.00160	3.3897	0.5218	1.62386	1.74588	396점
	R	0.00156	0.00123					
IK0103	L	0.00419	0.00088	3.3914	0.1796	1.37331	3.17692	60점
	R	0.00094	0.00168					
IK0104	L	0.00022	0.00348	3.3942	0.3329	1.04752	1.38420	60점
	R	0.00337	0.00113					
IK0201	L	0.00120	0.00023	3.3961	0.2347	1.11518	2.92584	60점
	R	0.00168	0.02576					
IK0202	L	0.00092	0.00348	3.4009	0.0356	1.74990	1.06668	60점
	R	398.9388	0.00198					

를 분석한 결과  $\pm 2m$  전후로서 양호한 결과임을 알 수 있었다. 이는 위성영상 해상도와 거의 같은 결과값을 나타내는 것으로 영상정합에 의한 정합점 취득상에 정확도가 보전됨을 알 수 있다.

### 3.3 변화지역 탐색

변화지역 예측은 영역정합 기법을 이용하여 영상 탐색, 수치표고모델간의 이격지역에 대한 영상 탐색순으로 정합을 실시하였다. 실시한 결과 화면은 아래와 같이 전역에 걸쳐 변화지역이 도출되었으며 도출된 지역에 대한 육안 판독결과 모든 지역이 만족한 결과값을 취득할 수 있었다.

또한 변화지역에 대한 세부적 분석을 위해 같

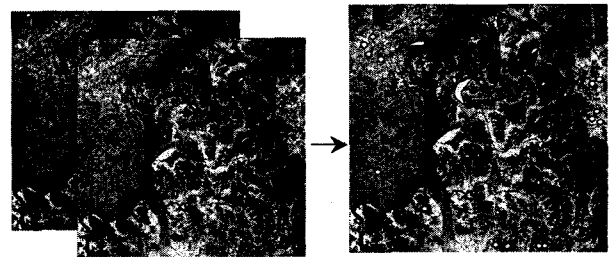


그림 5. 위성영상의 변화지역 탐색 결과

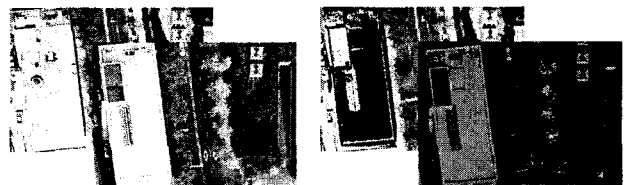


그림 6. 항공사진 변화지역 탐색 결과

은 위치, 다른 시간대, 입체 영상에 대해 영상정합을 실시한 결과 그림 6과 같이 변화지역이 도출되었으며 도출된 지역에 대한 z값은 입체시를 통한 시차차에 의해 z값을 추출함으로써 변화지역에 대한 좌표취득이 가능하였다.

## 6. 결 론

입체시의 시차차 및 영상정합기법을 통한 변화지역 탐지 연구를 통해 변화지역에 분석 및 판독성에서는 우수한 결과를 도출하였으나, 계절적 및 기타 요인에 의한 변화 탐지상의 문제점은 존재함을 알 수 있었다. 이러한 결과를 정리하면 아래와 같다.

1. 입체 영상에 대한 영상정합에 의한 위치오차는  $\pm 2m$  범위 내로서 상대적으로 정확한 결

과값을 도출할 수 있었다.

2. 영상 판독 결과 위성영상과 같이 해상도가 항공영상에 비해 낮은 영상에 대해서는 택지 개발, 도로신설 등 판독을 위한 영역기반의 변화 범위가 큰 지역에 대해서는 우수한 결과를 도출할 수 있었으나, 항공사진과 같은 대축척 영상의 판독수행에 있어서는 수풀, 자동차 등 판독 이외의 결과에 대한 변화 탐지가 이루어져 탐지와 육안판독을 병행하여 수행하는 작업과정을 가져야 함을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. 이진덕, 연상호, 이동호,(2004) “다시기 항공사진으로부터 소도읍 지역의 변화탐지”, 한국콘텐츠학회 학술대회논문집 Vol.2 No.2
2. 이사로, 박노옥(2001) “공간정보를 이용한 지표현황 변화탐지 및 통합기술 개발”, 한국지질자원연구원
3. 손호웅, 표기원(2005) “색상 및 채도 값에 의한 이미지 코드의 컬러 인식”, 한국콘텐츠학회 논문지 Vol.5 No.4
4. 구한서, 전병문, 정창성(1998), “히스토그램에 기반한 영상의 캘리브레이션 알고리즘”, 한국정보과학회 학술논문집 제25권 2호
5. 이종명(2006) “히스토그램의 적응적 변형을 이용한 화질개선 방법”, 한양대학교 대학원 석사논문
6. Ebner H., and Heipke, C. "Integration of Digital Image Matching and Object Surface Reconstruction", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Vol.27, part B2, 1998
7. Digital Elevation Model Technologies and Applications, David F. Maune, Phd, CP
8. Digital Photogrammetry, Toni schenk, TerraScience
9. Elements of Photogrammetry, Wolf Dewitt
10. Fahmi Amhar, Josef Jansa, Christmas Ries(1998), "The Generation of True Ortho photos using a 3D Building Model in Conjunction With a Conventional DTM", ISPRS Vol. 32, part4, pp19-21