

건물지역 수치표면모형 자동생성을 위한 영상정합 방법 Image Matching Method of Digital Surface Model Generation for Built-up Area

박 희 주
Park, Hee-Ju

요 旨

수치표면모형은 어떤 지역 표면의 고도를 표현하는 수치모형이다. 이것은 항공사진으로부터 정사영상생성을 생성하는데 필수적인 것이며, 최근에는 항공사진에서 건물과 같은 인공구조물의 추출에도 자주 응용되고 있다. 영상정합기술을 사용하면 수치표면모형을 자동적으로 생성할 수 있다. 이 연구에서는 건물지역에 대하여 수치표면모형을 자동적으로 생성하는데 적용할 수 있는 영상정합 방법을 제안하였다. 제안된 정합방법은 중복촬영된 항공사진상에서 공역점과 공역선을 찾아낸다. 공역점을 탐지하는데 있어서는 화소 값 간의 상관 계수뿐만 아니라 공역점쌍일가능성이 있는 것들간의 위치관계도 비교된다. 공역선 탐지에 있어서는 선 측면의 컬러 속성값, 선의 모양, 인접하는 점 및 선들간의 위치관계, 그리고 선들간의 연결관계가 비교된다. 제안된 정합방법은 건물지역을 포함하는 대상지역의 수치표면모형 자동생성에 유용할 것으로 생각된다.

ABSTRACT

DSM(Digital Surface Model) is a digital model which represents the surface elevation of a region. DSM is necessary for orthoimage generation, and frequently used in man-made object extraction from aerial photographs nowadays. Image matching technique enables automatic DSM generation. This proposed a image matching method which can be applied to automatic generation of DSM for Built-up Area. The matching method proposed is to find conjugate points and conjugate lines from overlapping aerial images. In detecting conjugate points, the positional relation between possible conjugate point pair as well as correlation of pixel gray value is compared. In detecting conjugate lines, the color attribute of flank region of line, shape of line, positional relation between neighborhood points and lines, and the connection relation between lines are compared. The proposed matching method is assumed to be useful for DSM generation including Built-up Area.

1. 서 론

수치표면모형(Digital Surface Model)은 어떤 지역에서 지표와 객체의 표면에 대한 고도를 수치적으로 표현한 모형이다. 정사사진제작에 있어서 사진상에 찍혀진 각 지점의 기복변위를 제거하기 위해서는 표고에 대한 정보가 필요하므로 수치표면모형이 사용된다. 어떤 지역에 있어 지표의 표고만을 수치적으로 표현한 수치지형모형(Digital Terrain Model)과 그 지역의 수치표면모형은 서로 차이가 있으며 그 차이는 그곳에 있는 건물이나 나무 등의 높이와 관계된다. 지도상에는 건물, 나무 등의 높이는 기록되어 있지 않으므로 지도로부터 수치지형모형의 자료 수집

은 가능하지만 수치표면모형의 자료수집은 제대로 할 수 없다. 수치표면모형은 사진에서 직접 측정하여 생성하거나 항공기레이저스캐너(Airborne Raser Scanner)에 의한 수치지형모형과 수치표면모형과의 차이는 지상에 있는 나무나 건물 등의 높이와 관계되므로 건물 등의 자동 탐지에 사용된다.¹⁾ 건물의 자동탐지에는 수치표면모형과 수치지형모형의 차이로부터 덩이(blob)의 존재를 탐지하고 덩이 중에서 건물 덩이와 비건물 덩이를 여러 가지 방법으로 분리하여 최종적으로 건물의 존재를 탐지한다.

영상정합은 중복촬영된 사진상에서 일치되는 점, 선, 면, 객체를 찾아내는 기술이다. 영상정합으로 일치되는 것들을 찾아내면 그것들의 사진좌표와 카메라 외부표정 요소를 이용하여 3차원좌표를 계산하고 이것으로부터 수치표면모형을 생성할 수 있다. 영상정합은 중복되는 사

신구대학 지적과 조교수

진영상이 서로 비슷한 형상을 가질수록 양호한 결과를 얻을 가능성이 크다. 소축적으로 촬영한 항공사진영상이 대축적으로 촬영한 항공사진영상에 비해 기복변위가 적으므로 성공적일 가능성이 더 높다. 그러므로 대축적이고 건물에 있는 지역의 항공사진영상에서는 기복변위가 크므로 성공적일 가능성이 더 작아지게 된다. 따라서 건물지역의 수치표면모형 생성이나 건물탐지를 위해서는 기복변위가 큰 대축적사진의 건물지역에서도 양호한 결과를 얻을 수 있는 방법의 개발이 필요하며, 또한 건물의 윤곽을 더 잘 표현하기 위해서는 점단위의 영상정합과 선단위의 영상정합이 모두 필요하다.

이 연구에서는 대축적의 건물지역에 있어서도 양호한 결과를 얻을 수 있으며 점과 선단위의 영상정합을 동시에 수행할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 제안방법의 기본 골격

제안방법의 기본골격은 그림 1과 같다. 영상정합을 적용할 때 공액쌍 탐지의 시간을 절약하고 성공률을 높이기 위하여 원영상으로부터 Epipolar 영상을 생성한다.^{2,3)} 그 다음 화상에서 관심점(Interest Point)를 자동으로 생성하여 이것들을 대상으로 점단위의 영상정합을 수행한다. 점단위의 영상정합에서 영상정합과오(blunder)가 발생한 쌍일 가능성이 높은 쌍들은 모두 제거한다. 그리고

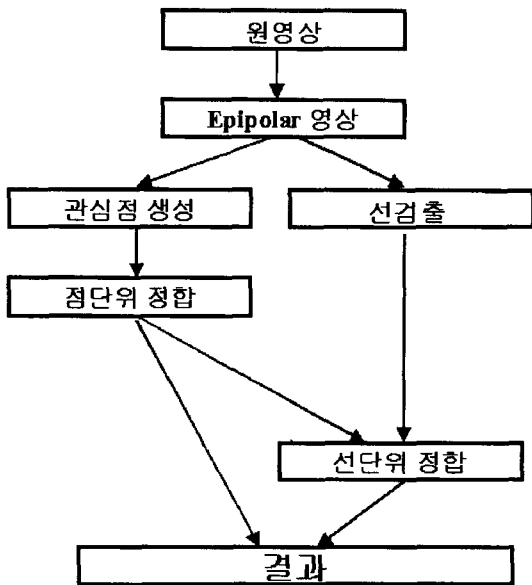


그림 1. 제안된 영상정합 방법의 골격

선단위의 영상정합을 위해 영상에서 선검출을 먼저 실시하고, 이들을 대상으로 영상정합을 실시한다. 점단위의 영상정합이 완료되었으면 찾아진 공액쌍 근처의 화소 값을 사용하여 공액쌍에 대한 화소 값 차이에 대한 전체적인 평균 및 표준편차를 계산하여 이것을 선단위의 영상정합에 활용한다. 선단위의 영상정합에서는 선의 형상, 앞 단계에서 얻어진 공액점쌍 및 선들간의 위치관계, 선들간의 연결관계, 그리고 선의 측면에 있는 영역의 화소 값의 평균값등을 이용하여 최종적으로 공액선쌍을 판단한다.

3. 점단위의 영상정합

3.1 국지적인 비교

점단위 영상정합에는 기본적으로 상관계수법이 사용된다. 상관계수법을 적용하기 위해서는 영상에서 contrast가 어느 정도 있어야 좋은 결과를 얻을 수 있다. 이러한 점을 발견하기 위하여 먼저 화상에서 관심점을 생성한다. 관심점 생성의 연산자로는 Förstner Interest Operator를 사용한다. Förstner Interest Operator에서 관심값(Interest Value) 중 $w = \det N / \text{tr} N$ 는 contrast와 관계되고, $q = 4 \det N / \text{tr}^2 N$ 는 형상에 관계된다.⁴⁾ 상관계수법이 제대로 적용하는데에는 w 만 어느 정도 이상이면 되므로 q 값은 무시하고 w 값이 어느 임계치 이상, 예를 들어 $w_{\text{lim}} \geq w_{\text{mean}} * 1.0$ 이고 그 값이 일정 범위 내에서 최대인 점을 선택한다. 그리고 영상정합의 신뢰성을 높이기 위하여 영상정합이 된 점이 앞의 과정에서 생성된 관심값인 경우의 쌍만을 선택한다. 영상정합의 신뢰성을 더 높이기 위하여 영상정합이 된 점에 대하여 기준창들과 비교창들을 반대로 하였을 경우에도 동일한 결과가 나오는지 확인한다. 동일한 결과가 나오는 쌍들을 선택하고 나머지는 버린다. 이 과정에서 영상 피라미드를 사용한 계층적인 매칭을 한다. 이 방법은 영상피라미드에서 낮은 해상도에서 공액쌍을 발견한 후, 그보다 높은 해상도의 영상에서 더욱 정밀한 위치를 탐지하는 방법이다.⁵⁾

3.2 위치관계비교를 이용한 영상정합 과오의 제거

앞의 과정까지는 점근처 영역의 화소 값간의 상관계수를 비교하는 국지적인 비교를 하였다. 국지적인 비교의 치명적인 문제점은 무수한 쌍들 중에는 국지적인 영역의 화소 값간의 상관계수는 유사하지만 실제로 엉뚱한 위치

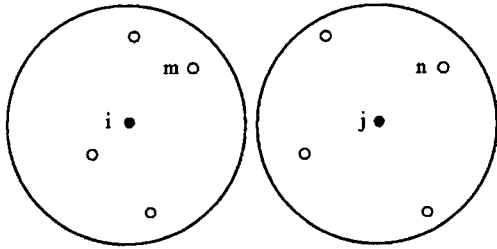


Image 1

Image 2

그림 2. 인접하는 공액점쌍 후보와의 위치관계

에 영상정합이 되는 경우가 자주 발생한다는 것이다. 이것을 제거하기 위하여 다음과 같은 방법으로 영상정합에 과오가 높을 것으로 추정되는 쌍들을 버린다.

앞의 단계에서 얻어진 임의의 공액쌍 후보가 있다고 하고 첫 번째 영상에서의 점을 i , 두 번째 영상에서의 점을 j 라고 하자. (i, j) 쌍이 바르게 정합된 쌍이라면 그 근처에 있는 다른 공액쌍 후보들과도 비슷한 위치관계를 가질 가능성이 있다. 이것을 비교하기 위하여 식 (1)과 같이 정의되는 정합강도를 비교한다. 그림 2와 같이 점 i 근처에 점 m 이 있고, 점 j 근처에 점 n 이 있으며 (m, n) 이 공액후보쌍이라고 가정하자. 정합강도 SM_{ij} 을 다음과 같이 정의하고 계산한다.

$$SM_{ij} = \frac{C_{ij} + \sum_{(m,n)} \frac{C_{mn} e^{-\frac{|dx|}{2\sigma_{dx}}}}{1 + [d(i, m) + d(j, n)]/2}}{1 + \sum_{(m,n)} \frac{1}{1 + [d(i, m) + d(j, n)]/2}} \quad (1)$$

여기서, C_{ij} 는 점 i 과 점 j 간의 상관계수

C_{mn} 는 점 m 와 점 n 간의 상관계수

$d(i, m)$ 는 점 i 와 인접하는 점 m 간의 거리

$d(j, n)$ 는 점 j 와 인접하는 점 n 간의 거리

$dx = d(i, m) - d(j, n)$

식 (1)에서 $\frac{1}{1 + [d(i, m) + d(j, n)]/2}$ 는 (m, n) 쌍이 정합강도에 기여하는 크기가 (i, j) 로부터의 거리에 반비례 하도록 하기 위한 것이다. σ_{dx} 는 앞단계의 영상정합으로 결정한 정합쌍들간의 x 좌표 차이에 대한 표준편차를 사용한다. 그리고 $e^{-\frac{|dx|}{2\sigma_{dx}}}$ 는 점 m 과 점 i 간의 거리와 점 n 과 점 j 간의 거리가 비슷할수록 정합강도에 기여하는 값이 높게 하기 위함이다. 식 (1)로 표현되는 정합강도 SM_{ij} 가 매우 작다는 것은 어떤 영상정합 후보쌍이 이웃

하는 영상정합 후보들의 위치 분포와 비교할 때 영합정합 과오일 가능성이 높다. 따라서 SM_{ij} 이 상대적으로 작은 쌍들은 버린다. 버릴 크기를 결정하는 정합강도에 대한 임계치는 불량하게 정합되는 비율을 고려하여 결정한다. 상관계수법을 적용할 때에는 영상의 특성이나 기준 창들의 크기, 사용하는 영상피라미드의 계층의 적정성 등에 따라 불량하게 정합되는 비율이 달라진다.

4. 선단위의 영상정합

4.1 영상정합의 단서

선단위의 영상정합에서 비교할 후보들의 수를 적게 할 수록 처리시간이 단축되고, 정확한 영상정합을 할 가능성이 높아진다. 이를 위하여 다음 조건을 활용한다.

단서 1. 두 선의 형상이 비슷할 가능성이 높다. 형상의 유사성을 계수로 나타내고 임계치 이하인 것은 비교 대상에서 제외한다. 그러나 영상에서 굴곡이 없는 선분이 많을 경우 어느 것이 유사하다고 판단하기가 모호하다. 그러므로 최종적인 정합쌍의 결정에서 선의 형상을 주요 비교인자로 삼는 것은 위험하다.

단서 2. 비교하는 두 선이 공액관계에 있다면 그림 3과 같이 선의 측면영역 중에서 최소한 한 쪽은 중복된다. 두 쪽 측면영역이 모두 중복이 없다면 이 경우에는 공액쌍이 존재하지 않는다. 따라서 두 선이 서로 공액쌍 관계이면 최소한 한 측면영역은 좌우영상에서 중복이 되며, 그 영역간에는 화소 값의 평균, 표준편차 등에 있어서 유사성이 있다. 전체적인 화소 값의 차이가 있으므로 절대값 비교보다는 공액쌍이 어떤 범위 내에 분포하는지를 조사하여 비교한다. 앞 단계의 점단위 영상정합에서 얻어진 공액점쌍을 이용하면 이 분포를 비슷하게 추정할 수 있다.

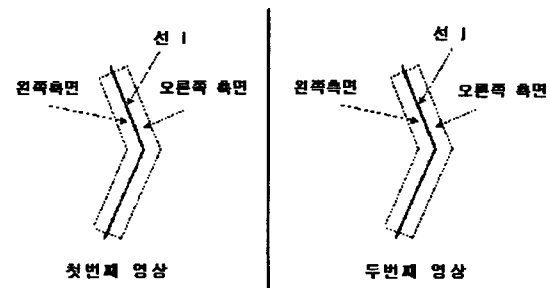


그림 3. 비교할 선의 측면영역

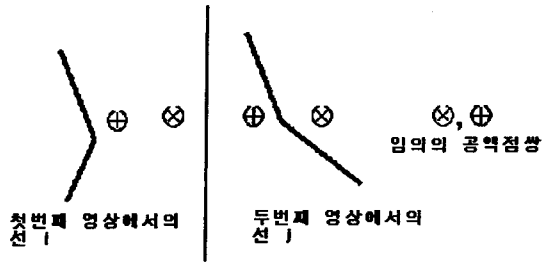


그림 4. 선과 점의 좌우관계가 의심스러운 경우

단서 3. 공역 관계에 있는 점과 선이 있을 때 첫 번째 화상에서 점과 선간의 좌우관계는 오른쪽에서도 동일하다. 이것이 그림 4처럼 바뀐다면 공역 관계가 아닐 가능성이 매우 높다.

단서 4. 공역 관계에 있는 점, 선들간에는 서로 비슷한 배치를 가진다. 매우 특이하게 벗어나는 것은 공역 관계가 아닐 수 있다.

단서 5. 한 쪽 영상의 선들 간에 연결 관계에 있는 것은 다른 쪽 영상에서도 그것과 공역 관계에 있는 선들 간에 연결 관계가 있다.

4.2 단서의 적용방법

먼저 위에서 열거한 단서 1에서 선의 형상의 유사성을 비교하는 척도로는 여러 가지가 있을 수 있다. 굴곡점간의 선분의 거리 및 각도, 굴곡점에서의 내각 등을 비교할 수도 있다. 단순한 방법으로 선을 구성하는 각 점의 x좌표간의 상관계수를 비교할 수도 있다. 선의 형상의 유사성에 대한 계수가 임계치 이하이면 서로 공역쌍일 가능성이 없다고 판단하고 비교대상에서 제외한다.

단서 2에서 선의 측면부분에 대한 비교는 다음과 같이 한다. 먼저 점단위 매칭에서 얻어진 공역쌍으로부터 중복부분에 대한 화소(pixel) 값 평균의 차이 dG 에 대한 평균 \overline{dG} 와 표준편차 σ_{dG} 를 구한다. 비교하는 선 i, j 의 측면부분의 화소 값 평균의 차이 dG_{ij} 가 다음과 같을 때에는 중복되지 않는다고 판단한다.

$$|dG_{ij} - \overline{dG}| > 4\sigma_{dG} \quad (2)$$

이 단서는 흑백영상보다는 컬러영상에서 RGB 혹은 HSV, Lab의 각 채널별로 적용하면 더욱 효과적이다.

단서 3의 점과 선간의 좌우관계비교에서는 선과 점의 좌우위치관계가 다른 영상에서 바뀐 쌍은 공역쌍이 아니라고 간주하고 정합대상에서 제외시킨다. 이 단서의 적

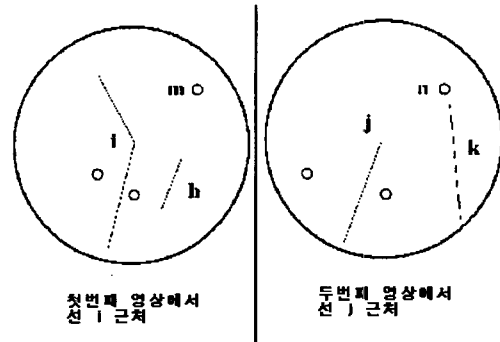


그림 5. 인접하는 점과 선과의 위치관계

용은 점단위의 공역쌍이 선 주변에 충분히 있을수록 더욱 유용하며 비교할 선들의 수를 크게 감소시킨다.

단서 4의 비교할 선의 주변에 있는 선과 점들간의 위치관계에 대한 비교는 다음과 같이 한다. 그림 5처럼 입의 비교대상이 되는 선 i 와 선 j 가 공역관계이고, 선 i 주위에 점 m , 선 h 이 있으며, 선 j 주위의 점 n , 선 k 가 있다고 하자. 주위의 공역점쌍과의 관계에서 공역관계일 가능성을 위치적으로 비교하는 계수를 $w(i, j; (m, n))$ 라고 하고, 다음과 같이 정의한다.

$$w(i, j; (m, n)) = e^{-\frac{|dx|}{2\sigma_{dx}}} \quad (3)$$

여기서, $dx = d(i, m) - d(j, n)$

$d(i, h)$ 는 i 와 h 간의 거리

$d(j, k)$ 는 j 와 k 간의 거리

σ_{dx} 는 점단위의 영상정합으로 결정한 점들간의 x 좌표차이에 대한 표준편차를 대입함.

위의 $w(i, j; (m, n))$ 에서 점 m 에 대응되는 점 n 은 하나이다. 이것은 앞단계에서 공역점쌍이 결정되었기 때문이다. 위의 $w(i, j; (m, n))$ 은 첫 번째 영상에서 선 i 와 점 m 간의 거리와 두 번째 영상에서 선 j 와 점 n 간의 거리가 비슷할수록 높은 값을 가지며 차이가 클수록 낮은 값을 가진다.

주위의 입의 선 h, k 와의 위치관계에서 공역관계일 가능성을 비교하는 계수를 $w(i, j; (h, k))$ 라고 하고 다음과 같이 정의한다.

$$w(i, j; (h, k)) = e^{-\frac{|dx|}{2\sigma_{dx}}} \quad (4)$$

여기서, $dx = d(i, h) - d(j, k)$

$d(i, h)$ 는 i 와 h 간의 거리

$d(j, k)$ 는 j 와 k 간의 거리

σ_{hk} 는 점단위의 영상정합으로 결정한 점들간의 x 좌표차이에 대한 표준편차를 대입함.

위의 $w(i, j; (h, k))$ 에서 선 h 에 대응 되는 선 k 는 여러 개다. 이것은 어느 것이 공액선쌍인지를 결정하지 못했기 때문이다. 그러나 단서1, 단서2, 단서3에서 공액쌍이 될 가능성이 없다고 판단된 것들은 제외한다. 위의 $w(i, j; (h, k))$ 는 첫 번째 영상에서 i 와 h 간의 거리와 두 번째 영상에서 j 와 k 간의 거리가 비슷할수록 큰 값을 가지며, 거리의 차이가 클수록 작은 값을 가진다.

단서 5는 다음과 같이 적용한다. 선 i 와 선 h , 그리고 선 j 와 선 k 간의 연결관계를 비교할 때 한쪽 영상에서 서로 연결관계와 다른 쪽 영상에서의 연결관계가 같으면 $w(i, j; (h, k))=1$ 로 한다. 그외의 경우에 대해서는 식 (4)에서의 같은 값을 적용한다.

4.3 정합쌍의 결정

선이 아주 짧은 것은 잘못된 결과를 가져오기 쉬우므로 제외한다. 정합대상후보들에 대하여 i 와 선 j 간에 다음과 같은 정합강도를 계산한다.

$$SM_{ij} = S_{ij} + \frac{W_p \sum_{(m,n)} \frac{w(i, j; (m, n))}{1 + [d(i, m) + d(j, n)]/2}}{\sum_{(m,n)} \frac{1}{1 + [d(i, m) + d(j, n)]/2}} + \frac{(1 + W_{nij}) \sum_h \sum_k \frac{S_{hk} w(i, j; (h, k))}{1 + [d(i, h) + d(j, k)]/2}}{\sum_h \sum_k \frac{1}{1 + [d(i, h) + d(j, k)]/2}} \quad (5)$$

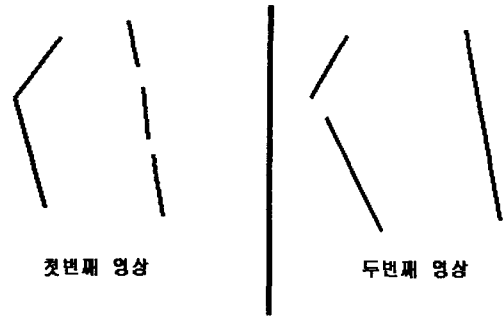


그림 6. 여러 한 선과 여러 선이 정합되어야 할 경우

여기서, W_p : 인접하는 공액점쌍에 부여하는 중량

W_{nij} : i, j 간에 중복이 되는 부분의 길이

(m, n) : (i, j) 근처에 있는 공액점쌍

h : i 근처에 있는 선

k : j 근처에 있는 선

S_{ij} : i 와 j 간의 형상의 유사성에 대한 계수

S_{hk} : h 와 k 간의 형상의 유사성에 대한 계수

그런데 그림 6과 같이 하나의 선이 끊어져서 실제로 여러 개의 선과 공액관계일 수 있다. 이러한 경우를 허용하기 위하여 부분별로 정합강도가 최대인 쌍을 정합후보로 채택한다. 그리고 신뢰성을 높이기 위하여 첫 번째 영상과 두 번째 영상이 서로 반대인 경우에도 동일한 결과가 나오는지 조사하여 결과가 같으면 최종적으로 그 쌍을 정합쌍이라고 결정한다. 만약 적용하는 단서들이 적합하지 않으면 첫 번째 영상과 두 번째 영상을 반대로 하여 점검했을 때 정합되는 쌍들이 현저히 적게 나온다. 반대로 단서가 적절하면 정합이 잘 된 쌍들이 더 많이 나오게 된다.

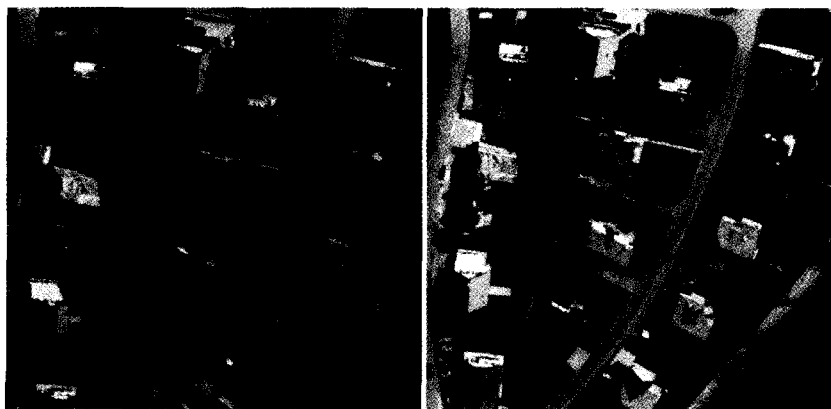


그림 7. 실험대상 영상(450×450 화소)

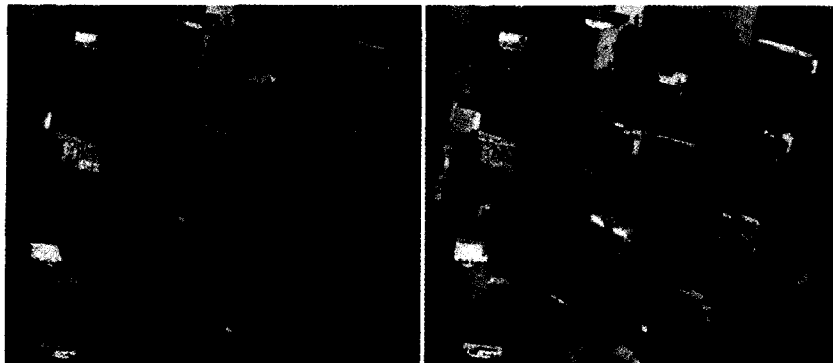


그림 8. 그림 7영상으로부터 생성한 epipolar 영상

5. 실험 및 토의

제안된 방법에 기초한 영상정합의 전과정과 3차원 좌표를 계산하는 프로그램을 Java언어로 작성하여 테스트 하였다. 테스트 영상으로는 AMOBE(Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images) 테스트 영상인 스위스 Avench 지역 영상을 사용하였다.^{6,7)} 그림 7과 같은 영상으로부터 그림 8과 같은 epipolar 영상을 생성하고 이것을 대상으로 영상정합을 수행하였다. 그림 7로부터 epipolar영상을 생성할 때 상단과 하단에 경사지게 생기는 흰 부분(비어 있는 부분)은 삭제하여 그림 8을 생성하였다. 그림 7과 8을 비교하면 그림 7에서는 두 화상의 같은 행의 선들이 서로 공액관계를 만족하지 못하나 그림 8에서는 이를 만족함을 볼 수 있다. 그리고 정합된 점, 선들의 사진좌표와 카메라 외부표정요소를 사용하여 3차원 좌표를 계산하였다. 이렇게 생성된 각 점의 좌표데이터로부터 DEM 생성 프로

그램 DTMZ를 사용하여 수치표고모형을 생성하였다. 영상정합의 결과는 입체경을 사용한 시각적인 검사방법을 사용하였으며, 생성된 수치표고모형은 원래의 영상과 시각적으로 비교하였다.

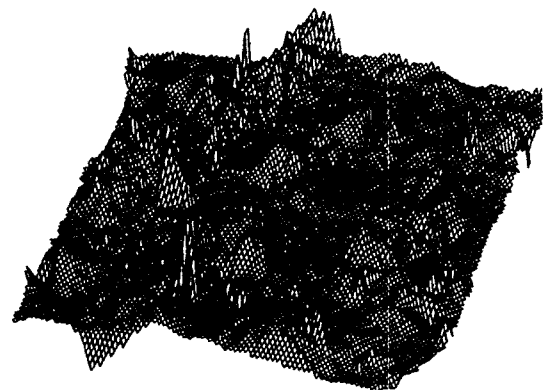


그림 9. 단순 상관계수법을 적용하여 생성한 수치표면영상 (창틀크기 5×5, 상관계수에 대한 임계치 0.6)

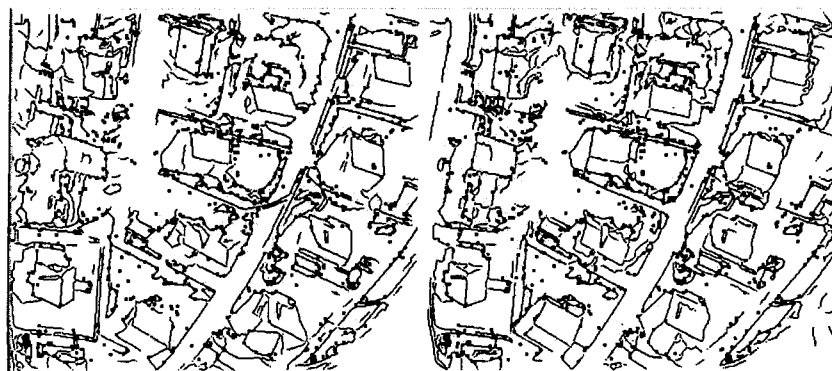


그림 10. 제안한 방법을 사용하여 얻은 영상정합결과

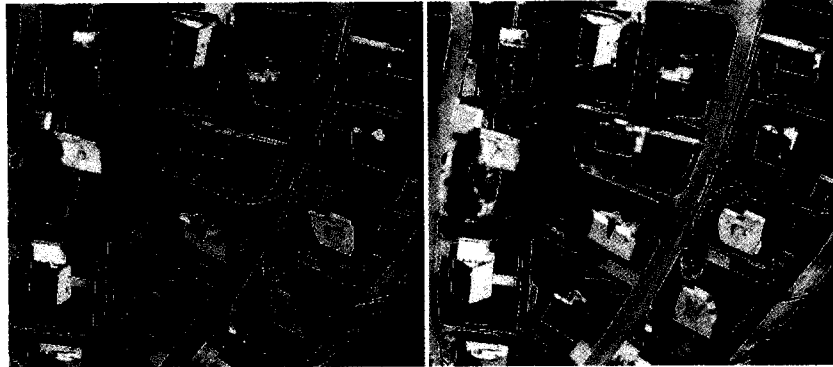


그림 11. 영상위에 중첩한 영상정합결과

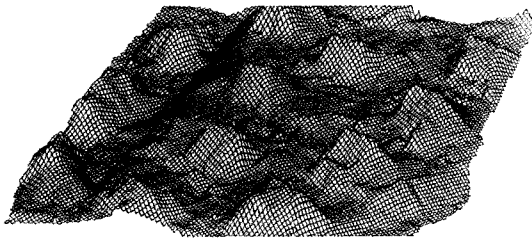


그림 12. 제안한 방법을 사용하여 얻은 수치표면영상

단순 상관계수법을 적용하여 수치표면모형은 그림 9와 같다. 이 때 기준창들의 크기를 5×5화소로 하고 세 단계의 영상피라미드를 사용하였다. 같은 크기의 기준창들을 사용하되 제안한 방법을 사용했을 때의 영상정합 결과는 그림 10, 그림 11과 같으며, 이를 사용하여 생성한 수치표면모형은 그림 12와 같다. 영상에서 선의 검출에 사용된 알고리즘은 Heitger가 제안한 SE 연산자이다.⁸⁾ 영상정합의 과오에 대한 판단은 그림 11 영상을 컴퓨터 화면상에 나타내고 입체경을 사용하여 육안으로 입체시켜 확인하였다. 그리고 제안한 영상정합 방법으로 생성한 수치표면모형을 사용하여 전체적인 특성을 시각적으로 확인하였다. 점단위의 영상정합에서는 1050점의 정합된 쌍이 얻어졌으며, 선단위에서는 323쌍이 얻어졌다. 이 중에서 정합의 과오는 발생하지 않았다. 점단위의 매칭에서 그림 9를 생성했을 때와 같은 크기의 기준창들, 같은 크기의 상관계수에 대한 임계치, 같은 영상피라미드를 사용하였는데도 정합의 과오는 발생하지 않았다. 그러나 건물측면에서 한 영상에서는 폐색이 되고 다른 영상에서는 폐색이 되지 않는 경우에는 정합이 되지 않는 경우가 일부 발생하였다. 이러한 부분을 처리할 수 있는 방법을 추가적으로 연구할 필요가 있다.

6. 결 론

이 연구에서는 건물지역에 대하여 항공사진으로부터 수치표면모형을 자동적으로 생성하는데 적용할 수 있는 영상정합방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 점단위의 영상정합과 선단위의 영상정합을 실시하도록 하였으며, 선단위의 영상정합에서는 점단위의 영상정합결과도 이용할 수 있는 방법을 채택하였다. 제안된 점단위의 영상정합에서는 상관계수법을 기본으로 사용하되 인접하는 점과의 위치관계를 사용하여 영상정합의 과오를 최소화할 수 있는 방법을 제안하였다. 선단위의 영상에서 사용되는 단서로는 선 측면의 컬러 속성값, 선의 모양, 인접하는 점 및 선들간의 위치관계, 연결관계를 사용하였다. 제안된 방법을 실제 지역에 적용하여 양호한 결과를 얻었다. 그러나 선단위의 건물부분 영상정합에서 한 쪽 영상에서는 폐색이 되고 다른 쪽 영상에서는 폐색이 되지 않는 경우에도 잘 처리할 수 있는 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 한국과학재단 지원 '99년도 전반기 박사후 해외연수과정 연구성과의 일부입니다. 연구를 지원하여 준 한국과학재단에 감사드립니다.

참고문헌

1. Baltasvias, E., Stallmann, D. and Mason, S., 1995, "Use of DTMs/DSMs and Orthoimages to Support Building Extraction", In A. Grun, O. Kubler, and P. Agouris,

- editors, Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images, pages, Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland, 1995, pp. 199-210.
2. 유복모, 윤경철, 정 수, “수치사진측량에 있어서 epipolar 기하상태를 형성하기 위한 영상재배열”, 한국측지학회지, 제10권 제2호, 1992년, 25-30쪽.
 3. 박희주, “Epipolar 선 방정식의 결정에 대한 연구”, 대한토목학회지, 제 20권, 제 1-D호, 2000년, 115-119쪽.
 4. F rstner, W., “A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Point Points, Corners of Circular Features”, Proc. of ICFPDD, 1987, pp. 281-305.
 5. Mengxiang Li, “Hierarchical Multipoint Matching”, PE & RS Vol. 57, No. 8, 1993, pp. 1039-1047.
 6. <http://www.photogrammetry.ethz.ch/research/AMOBEDataset-new.html>, 2000년 9월10일.
 7. Mason, S., Baltsavias M., Stallman, D., “High Precision Photogrammetry Data Set for Building Reconstruction and Terrain Modelling, Internal Report, Institute for Photogrammetry and Geodesy”, ETH-Z rich, Switzerland, 1994.
 8. Heitger, F., “Feature Detection using Suppression and Enhancement”, Technical Report TR-163, Image Science Lab, ETH-Z rich, Switzerland, 1995.