

영상 분할과 변이 지도를 이용한 건물 경계선 검출

Building boundary detection using image segmentation and disparity map

예 철 수
Chul-Soo Ye

극동대학교 컴퓨터정보표준학부
csye@kdu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 1m 해상도의 위성영상으로부터 건물의 경계선을 검출하기 위해 영상 분할과 변이지도(disparity map)를 이용하는 새로운 방법을 제안한다. Watershed 방법으로 영상을 분할하고 분할된 영역 내부의 변이를 다중정합창틀(multiple matching window)과 결합된 다차원특징벡터정합(multi-dimensional feature vector matching)을 이용하여 계산한다. 분할된 인접 영역들 가운데 panchromatic 및 multispectral 밝기값과 변이의 평균값이 유사하면 두 영역을 결합하여 하나의 영역을 생성하고 이 과정을 반복적으로 수행한다. 영역의 평균 변이값이 기준 값보다 크면 이를 건물 지붕 영역으로 결정한다. IKONOS 위성영상에 제안한 방법을 적용하여 작은 건물이 밀집되어 있는 도시 지역에서 건물 지붕의 영역과 경계선을 효과적으로 검출할 수 있었다.

1. 개요

지구 관측을 목적으로 다양한 종류의 위성영상이 현재 제공되고 있다. 공간 해상도가 증가함에 따라 위성영상이 제공하는 정보의 양도 크게 증가하게 되었다. 특히 도시 지역을 관측하고 공간 정보를 추출하기 위해서는 건물 등과 같은 영상 객체를 추출하기 위한 적절한 방법이 필요하다. 이미 항공 영상을 이용한 건물 검출에 관한 연구는 국내외적으로 많은 연구가 이루어져 왔으나, 30cm 이하의 해상도를 가지는 영상이 주로 사용되었다.

현재 제공되는 1m 이하의 위성영상에서는 건물의 크기가 항공 영상에 비해 작게 나타나고 도시 지역에서는 건물들이 서로 밀집되어 나타나기 때문에 개별 건물의 검

출이 어렵다. 더불어 건물의 형태 또한 다양하기 때문에 특정한 건물 모델을 수립해서 건물을 검출하는 것은 쉽지 않다.

본 논문에서는 1m 해상도의 위성영상으로부터 건물의 경계선을 추출하기 위해 먼저 영상 분할을 수행한 후에 분할된 영역에 대한 분광 정보와 변이 정보를 이용하여 건물 영역을 검출하는 방법을 제안한다. 이 방법은 건물의 크기가 비교적 작은 경우에도 건물을 검출할 수 있는 장점이 있으며 영역의 변이 정보에 기초하여 건물 후보 영역을 자동으로 검출하는 장점이 있다.

2. 영상 분할 및 변이지도 생성

2.1 영상 분할 및 영상 융합

영상 분할을 위해 한 화소 두께의 영역 경계선 정보를 얻을 수 있는 watershed 방법을 적용한다 [1]. IKONOS 등과 같은 지구관측 위성이 제공하는 panchromatic 영상은 multispectral 영상에 비해 공간해상도가 높은 반면 multispectral 영상은 panchromatic 영상에 비해 해상도는 떨어지나 RGB 밴드와 NIR밴드를 제공하기 때문에 다양한 분광 정보를 활용할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 공간해상도와 분광 정보를 동시에 활용하기 위해 panchromatic 영상의 공간해상도를 유지하면서 multispectral 영상의 분광 정보를 함께 사용할 수 있는 IHS (Intensity-Hue-Saturation) 영상 융합을 수행하여 1m의 pansharpening 영상을 생성한다 [2].

2.2 다차원특징벡터 정합을 이용한 변이지도 생성

대부분의 스테레오 정합 기법들은 정합하고자 하는 화소 주변의 밝기값의 유사도를 비교하여 정합 화소를 찾는다. 이외에도 에지, 코너 등과 같은 영상의 특징을 이용해서 정합을 수행한다. 다차원특징벡터정합은 밝기값뿐 아니라 밝기값의 분산, 밝기값의 1, 2차 수평 및 수직 미분값 등을 계산하여 특징벡터(feature vector)를 각 화소마다 구성한 후에 정합하고자 하는 화소와 탐색 영역 내의 화소간의 특징벡터 거리를 계산하여 최소 거리가 되는 두 점을 정합쌍으로 결정한다 [3].

본 논문에서는 기존의 다차원특징벡터 정합을 공간적으로 확장한 다중정합창틀을 이용한 다차원특징벡터 정합 방법을 적용하여 변이지도를 생성한다 [4]. 이 방법은 정합하고자 하는 화소의 특징 벡터

뿐만 아니라 일정한 거리 이내에 존재하는 주변 화소들의 다차원특징벡터를 함께 고려하는 정합 방법이다.

3. 분할 영역의 결합

영상융합과 다차원특징벡터 정합의 결과를 통해 얻게 된 영역 내부의 분광정보와 변이정보를 이용하여 유사한 특성을 가지는 인접한 두 영역을 하나로 결합시킨다. 이 과정은 분할된 영역의 반복적인 결합을 통해 과도하게 분할된 영역의 크기를 점진적으로 커지게 한다.

두 영역을 결합하기 위한 비용함수의 입력으로 panchromatic 및 multispectral 영상과 변이 지도가 사용되며 1차 비용함수는 다음 식 (1)과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} C_{total} &= \sum_{k=1}^s w_k \cdot C_k \\ C_1 &= \frac{\|R_{pan}(r)\| \cdot \|R_{pan}(s)\|}{\|R_{pan}(r)\| + \|R_{pan}(s)\|} [m\{R_{pan}(r)\} - m\{R_{pan}(s)\}]^2 \\ C_2 &= \frac{\|R_{red}(r)\| \cdot \|R_{red}(s)\|}{\|R_{red}(r)\| + \|R_{red}(s)\|} [m\{R_{red}(r)\} - m\{R_{red}(s)\}]^2 \\ C_3 &= \frac{\|R_{green}(r)\| \cdot \|R_{green}(s)\|}{\|R_{green}(r)\| + \|R_{green}(s)\|} [m\{R_{green}(r)\} - m\{R_{green}(s)\}]^2 \\ C_4 &= \frac{\|R_{blue}(r)\| \cdot \|R_{blue}(s)\|}{\|R_{blue}(r)\| + \|R_{blue}(s)\|} [m\{R_{blue}(r)\} - m\{R_{blue}(s)\}]^2 \\ C_5 &= \frac{\|R_{dem}(r)\| \cdot \|R_{dem}(s)\|}{\|R_{dem}(r)\| + \|R_{dem}(s)\|} [m\{R_{dem}(r)\} - m\{R_{dem}(s)\}]^2 \end{aligned} \quad (1)$$

위 식에서 $m\{R_*(r)\}$ 는 영역 r 에 속하는 각 밴드별 화소들의 평균 밝기값과 평균 변이값을 의미한다. 이때 사용되는 변이값은 정합 후에 얻어진 화소 p_i 의 초기 변이값 $D(p_i)$ 를 아래와 같이 보정한 새로운 변이값 $D_{new}(p_i)$ 이다.

$$D_{new}(p_i) = \begin{cases} |D(p_i) - D_{max}(p_i)| + 1 & \text{if } p_i \text{ is matched} \\ 0 & \text{if } p_i \text{ is not matched} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $D(p_i)$ 는 화소 p_i 의 초기 변이값, $D_{\max}(p_i)$ 는 영상의 최대 변이값을 의미한다. 정합된 화소에 대해 $D_{new}(p_i)$ 는 $D(p_i)$ 가 최대 변이값일 때는 최소값 1을, $D(p_i)$ 가 최소 변이값일 때에는 최대값 $|D_{min}(p_i) - D_{max}(p_i)| + 1$ 을 가진다.

1차 비용함수가 임계값보다 작으면 두 영역을 결합시키고 임계값보다 커지면 식 (3)에 정의된 2차 비용함수를 이용하여 인접한 두 영역의 2차 결합 과정을 임계값보다 작은 동안에 반복적으로 수행한다.

$$C\{R(r), R(s)\} = |m\{R(r)\} - m\{R(s)\}| \quad (3)$$

2차 비용함수는 1차 비용함수를 이용하여 영역을 결합한 후에도 두 영역의 평균 밝기값 차가 작지만 결합되지 않은 인접한 두 영역을 결합시킨다.

영역 결합에 사용되는 1, 2차 비용함수를 이용하여 영역을 결합한 후에 최종적으로 영역의 보정된 변이값 평균을 이용하여 건물 영역을 검출한다. 보정된 평균 변이값은 건물 지붕 영역은 높은 값으로 나타나고 지면 혹은 도로 영역은 낮은 값을 나타내므로 영역의 보정된 평균 변이값이 임계값 보다 큰 경우에 건물 영역으로 분류한다. 한편, 건물의 그림자 영역을 제외하기 위해 영역의 평균 밝기값에 대한 제약조건을 추가적으로 적용한다.

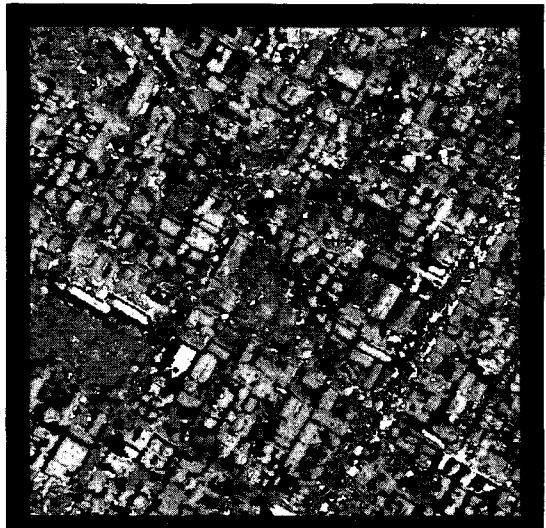
4. 실험 결과

실험 영상으로 2002년도에 촬영된 대전 지역의 IKONOS 위성영상을 사용하였다. 그림 1 (a)는 IHS 영상 응합으로 얻어진 1m IKONOS pansharpening 영상이다. 그림 1(b)는 다중정합창틀을 이용한 다차원 특징벡터 정합 결과를 통해 생성된 변이지도이다. 그림 2(a)는 영역의 평균 변이

값이 2 이상이고 평균 밝기값이 129이상인 영역으로 일부 건물 지붕에 해당하지 않는 영역도 포함되어 있으나 대부분의 건물 지붕 영역이 검출되었음을 볼 수 있다. 그럼 2(b)는 건물 영역 검출 결과에서 경계선만을 추출한 결과이다.



(a)



(b)

그림 1. (a) IKONOS pansharpening 영상 (b) 다차원특징벡터 스테레오 정합을 통해 생성된 변이지도.

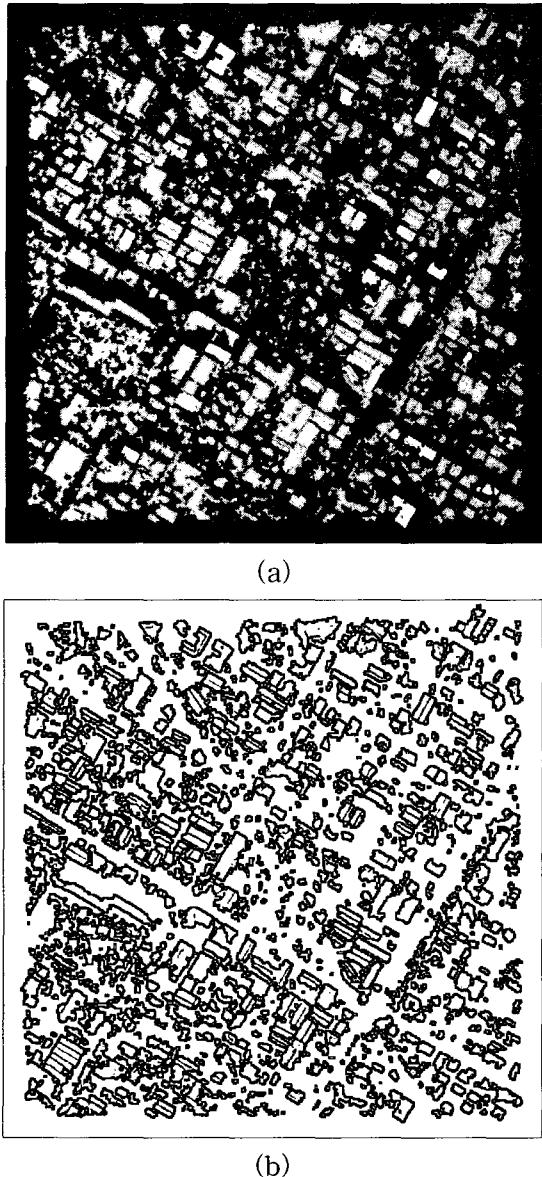


그림 2. (a) 건물 영역 분류 결과 (1차 비용함수 임계값=1, 2차 비용함수 임계값=1, 건물 영역 변이 임계값=2, 평균 밝기 임계값=129, $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = 0.2$) (b) 건물 영역 경계선 추출 결과.

5. 결론

본 논문에서는 영상 분할 결과와 변이 지도를 이용하여 1m 고해상도 위성영상에

서 건물을 검출하는 기법을 제안하였다. Watershed 방법으로 영상을 분할하고 분할된 영역 가운데 동일한 건물 지붕에 속하는 영역을 결합하기 위하여 영역의 분광 정보와 평균 변이 정보를 이용하여 건물 영역과 건물 이외의 영역으로 분류하였다.

추후 연구 과제로는 건물 지붕 영역에 대해 형태(shape) 조건과 크기 조건 등을 추가적으로 적용하여 건물 영역 검출의 성능을 향상시키는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 예철수, 이쾌희, 2002. Hybrid 알고리듬을 이용한 원격탐사 영상의 분할, 대한원격탐사학회지, 18(2):107-116.
- [2] C. Pohl, J.L. Van Genderen, 1998. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods, and applications, International Journal of Remote Sensing 19(5):823-854.
- [3] Walter G. Kropatsch and Horst Birschof, 2001. Digital Image Analysis, Springer.
- [4] 예철수, 김병성, 박용문, 2006. 다중정합창틀을 이용한 다차원특징벡터 정합 기법, 제주, 제18회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, 2월8-10일, 2006년, pp. 289-293.

감사의 글

본 논문은 한국항공우주연구원에서 수행중인 공공기술연구회 일반사업인 “위성자료 공공활용 연구” 위탁과제의 일환으로 수행되었습니다.