

건물 그림자와 폐색 보정을 통한 고해상도 위성영상의
분류정확도 향상
High resolution satellite image classification
enhancement using restortation of buildin shadow and
occlusion

김혜진*, 한유경, 최재완, 김용일
Hye Jin Kim, You Kyung Han, Jae Wan Choi, Yong Il Kim
서울대학교 공과대학 건설환경공학부
vicky2@snu.ac.kr

요 약

고해상도 위성영상의 분류 기술은 최근 가장 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나로 텍스처(texture), NDVI, PCA 영상 등 다양한 전처리 정보들을 추출하고 이를 멀티스펙트럴 밴드와 조합하여 분류 정확도를 높이는 기술을 개발하는 연구들이 주를 이루고 있다. 고해상도 위성영상에서 건물의 그림자와 옆벽면의 폐색 지역은 개체 추출 및 분류를 방해하는 주된 요인이 되며, 다양한 형태와 분광특성을 갖는 개개의 건물은 자동 분류 과정을 통해 제대로 식별되지 않는다는 한계를 갖는다. 이에 본 연구에서는 KOMPSAT-2 단영상으로부터 효율적으로 건물 정보 및 토지피복을 분류하기 위하여, 추출된 건물 정보를 바탕으로 건물의 그림자와 폐색지역을 보정한 후 비건물 지역에 대한 분류를 수행하여 분류 정확도를 높이고자 하였다. 우선 삼각벡터구조 기반의 반자동 인터페이스를 이용하여 건물의 3차원 모델 및 그림자 영역을 추출하고 이로부터 추출된 그림자 영역을 효과적으로 보정하기 위해 반복 선형회귀 연산을 이용한 그림자 보정을 수행한 후 inpainting 기법을 건물 폐색영역 복원에 적용하여 영상의 품질을 향상시켰다. 이러한 과정을 통해 도심 지역의 영상 분석에 있어 가장 큰 오차를 일으키는 인공물의 그림자와 폐색에 의한 오차를 최소화한 후 분류에 적용하여 이를 보정 전 영상을 이용한 분류 결과와 비교하였다.

1. 서론

고해상도 위성영상에서 건물의 그림자와 옆벽면의 폐색 지역은 개체 추출 및 분석을 방해하는 주된 요인이 되며, 다양한 형태와 분광특성을 갖는 개개의 건물은 자동 분류 과정을 통해 제대로 식별되지 않는다는 한계를 갖는다. 이를 극복하기 위하여 본 연구에서는 고해상도 단영상으로

부터 반자동 건물 추출 기법을 이용하여 건물 모델과 건물의 그림자 영역을 추출하고, 기추출된 그림자 영역을 대상으로 비그림자 영역과의 화소값 차를 최소화할 수 있는 회귀식을 적용한 영상강조 기법을 이용하여 그림자 보정을 수행하였다. 또한 건물의 폐색영역 복원을 위해서 컴퓨터 그래픽 분야에서 주로 사용되는 inpainting 영상 복원 기법을 위성영상에

적용하여 폐색 지역의 보정을 수행하고, 건물 그림자와 폐색이 보정된 영상을 이용하여 기추출된 건물 영역을 제외한 지역을 대상으로 분류를 수행하여 건물에 의한 오차요소를 최소화한 토지피복도를 생성하고자 하였다. 이 때 고해상도 영상의 높은 공간해상도를 최대한 활용할 수 있도록 멀티스펙트럴 영상과 함께 spatial feature를 추출하여 분류에 적용하는 분류 기법을 사용하였다.

2. 보정 후 분류 알고리즘

KOMPSAT-2 단영상으로부터 효율적으로 건물 정보 및 토지피복을 분류하기 위한 과정은 그림 1과 같다.

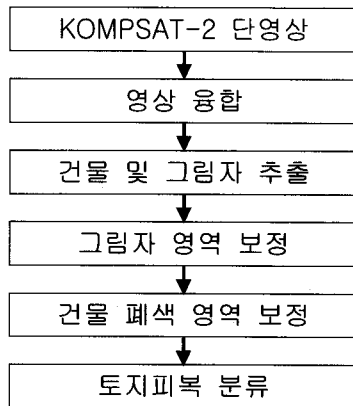


그림 1. 토지피복 분류 과정

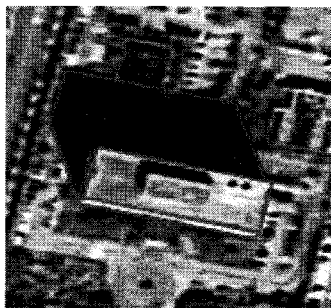


그림 2. 건물 및 그림자 추출 결과

우선 PCI Geomatica 소프트웨어의 pan-sharpening 모듈을 사용하여 고해상도 흑백영상과 멀티밴드 영상을 융합하여

고해상도의 멀티스펙트럴 영상을 생성하였고, 삼각벡터구조(김혜진, 2006) 기반의 반자동 인터페이스를 이용하여 그림 2와 같이 건물의 3차원 모델 및 그림자 영역을 추출하였다.

추출된 그림자 영역을 효과적으로 보정하기 위해 반복 선형회귀 연산(Choi, 2008)을 이용한 그림자 보정을 수행한 후 inpainting 기법(Bertalmio, 2000) 중 대용량 영상 적용에 적합한 기법인 FMM(Fast Marching Method) inpainting 기법(Telea, 2004)을 건물 폐색영역 복원에 적용하여 영상의 품질을 향상시켰다. 기추출된 건물 영역을 제외한 지역의 토지피복 분류를 위해 개체의 모양과 크기를 반영하는 SSI(Shape-Size Index)를 이용한 분류기법(한유경, 2009)을 적용하고, 보정된 영상의 분류 결과와 대상으로 건물에 의한 오차요소를 최소화한 토지피복 분류를 수행하여 보정 전 영상의 분류 결과와 정확도를 비교하였다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 데이터

실험에 사용된 영상은 2007년 10월 5일에 취득된 대전 지역 및 서울 지역의 KOMPSAT-2 영상으로 대상지역 1은 대전지역의 약 $1.3 \times 1.6 \text{ km}^2$ 를 절취하여 사용하였으며 고층 아파트 단지와 복잡한 형태의 고층빌딩 및 빌딩 밀집 지역 그리고 수계와 수목 나지 등 다양한 토지피복군을 포함하고 있다. 대상지역 2는 서울 강남 지역의 약 $1.2 \times 1.3 \text{ km}^2$ 를 선택하여 실험 대상 영역으로 활용하였고, 고층빌딩들과 여러 가지 토지피복들을 포함하고 있으며 특히 수목지역이 많아 빌딩들의 그림자뿐 아니라 수목에 의한 그림자 지역이 많이 분포하고 있다. 그림 3과 그림 4는 각 실험 대상 영역의 FCC(False Color Composition : NIR/green/blue) 영상이다.



그림 5. 대상지역 1 (대전 지역)



그림 7. 대상지역 1의 보정 결과



그림 6. 대상지역 2 (서울 강남 지역)



그림 8. 대상지역 2의 보정 결과

3.2 실험 결과

본 실험에서는 건물들 중 면적이 100m^2 이상인 모든 건물을 추출하였다. 그 결과, 대상지역 1의 경우 총 130개의 건물 모델과 그림자 개체를, 대상지역 2의 경우 총 142개의 건물 모델과 그림자 개체를 추출하였다. 그림 7과 그림 8은 제안한 알고리즘을 적용하여 대상지역의 건물 폐색과 그림자를 보정한 영상이다.

보정된 영상과 및 보정 전 영상을 대상으로 SSI를 이용한 토지피복 분류(수계, 초지, 도로, 수목, 군소건물군, 나지)를 수행한 결과는 그림 9와 그림 10과 같다. 대상지역 1의 경우 그림자에 가려진 지역이 실제 클래스가 아닌 다른 클래스로 오분류되는 것을 볼 수 있다.

특히 영상의 왼쪽 부분의 건물이 밀집된 지역에서 그림자가 드리워진 지역이 실제로는 나무나 식생 지역임에도 상당부분이 수계나 도로로 오분류되었다. 보정한 오른쪽 영상의 경우 건물과 건물 사이로 식생이 비교적 정확하게 분류가 되는 것을 볼 수 있으며, 특히 그림자 클래스와 가장 유사한 분광 정보를 갖는 수계 지역으로의 오분류가 확연히 감소하였다. 대상지역 2의 경우에는 분류 정확도의 개선에 있어서 그림자 보정 효과가 더욱 확연히 드러나는 것을 알 수 있다. 보정하지 않은 영상은 대부분의 그림자가 드리워진 부분에서 수계 클래스로 잘못 분류되는 것을 볼 수 있다. 또한 실제 도로 클래스가 건물로 오분류되는 것을 볼 수 있는데 이것은 도

로와 건물 클래스가 기본적으로 유사한 분광특성을 갖기 때문인 것으로 해석된다. 반면 보정된 영상의 경우 그림자가 드리워진 지역이 복원되면서 실제 지역인 식생 클래스와 도로 클래스로 분류가 된 것

을 볼 수 있다. 단 대상지역 2의 경우 건물 그림자 외에도 수목에 의한 그림자가 넓게 분포하여 이러한 식생 그림자에 의한 오분류는 개선되지 않았다.

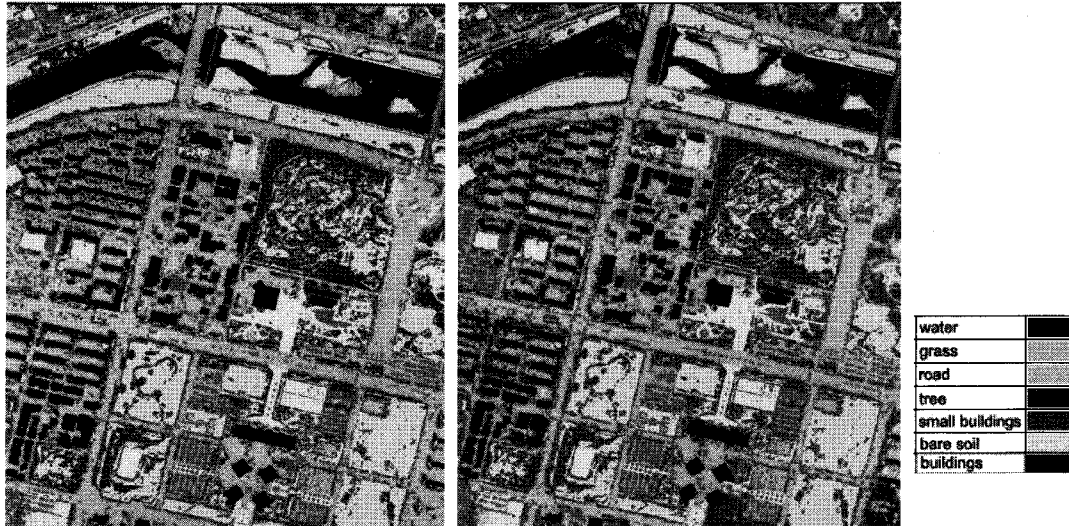


그림 9. 대상지역 1의 분류 결과 (좌: 보정전 분류 영상, 우: 보정 후 분류 영상)

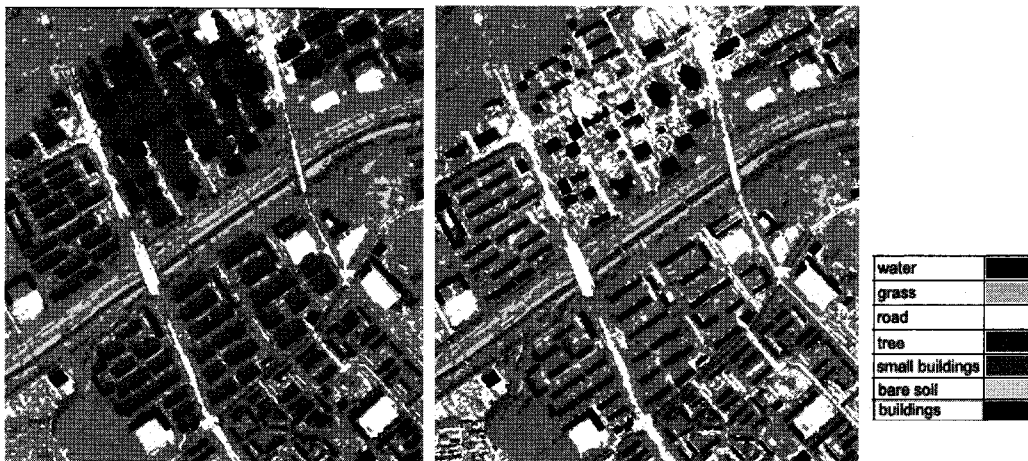


그림 10. 대상지역 2의 분류 결과 (좌: 보정전 분류 영상, 우: 보정 후 분류 영상)

정량적인 평가를 위해서 대상지역 1, 2에 대하여 각각 보정 전 결과와 보정 후 결과에 대하여 오차행렬(Confusion Matrix)을 구하고 정확도평가를 수행하였다. 그 결과, 대상지역 1의 경우 보정 전 영상의 분류 전체 정확도(overall accuracy)는

83.89%이고, 보정한 영상의 분류 정확도는 87.79%로 약 4% 정확도가 향상되었으며, 보정을 수행하지 않은 영상에서 산림과 건물 클래스의 생산자 정확도(producer's accuracy)가 각각 62.13%와 64.48%로 상당히 낮게 나온 것을 알 수 있다. 이는 실

제 산림과 건물 클래스인 지역이 그림자나 건물의 폐색에 의해 오분류되고 있음을 나타낸다. 보정을 수행한 결과에서는 대부분의 클래스에서 80% 이상의 분류정확도를 나타내었으며 특히 산림과 건물클래스의 생산자 정확도가 10% 이상 향상된 것을 확인하였다. 또한 도로 클래스의 사용자 정확도도 73.84%로 보정 전 분류결과(59.98%)에 비해 15% 정도의 분류정확도 향상을 보여주었다. 대상지역 2에 대해서 살펴보면 그림자와 건물 폐색을 보정한 영상(83.96%)이 보정하지 않은 영상(74.02%)에 비해 약 10% 정도 향상된 분류정확도를 보였으며, 보정하지 않은 영상의 산림과 도로클래스의 생산자 정확도가 각각 47.19%, 44.95%였으나 보정을 수행한 후에는 93.75%, 84.35%로 40% 이상의 정확도 개선이 이루어졌음을 알 수 있었다. 수계 클래스의 사용자 정확도 또한 50.36%에서 95.13%로 45%의 정확도 향상을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 고해상도 위성영상으로부터 토지피복 속성을 추출함에 있어 가장 큰 방해물이 되는 건물의 그림자에 의한 오분류와, 건물 폐색 지역의 미분류 문제를 해결하기 위한 분류 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 건물 모델 및 그림자 영역 추출하고, 추출된 그림자 영역을 효과적으로 보정하기 위해 반복 선형회귀 연산을 이용한 그림자 보정 기법을 적용하였으며, inpainting 기법을 건물 폐색영역 복원에 적용하여 영상의 품질을 향상시켰다. 이러한 과정을 통해 도심 지역의 영상 분석에 있어 가장 큰 오차를 일으키는 인공물의 그림자에 의한 오차를 최소화할 수 있었으며 폐색 영역이 제거된 온전한 형태의 토지피복을 추출하였다. 그 결과 그림자 영역 내의 인공물 혹은 식생 지역이 수계 클래스로 오분류되는 경우와, 도

로와 건물 클래스간의 오분류가 발생하는 경우를 크게 개선할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

제안한 기법은 사용자가 개개의 건물을 먼저 추출해야 한다는 점에서 수작업을 필요로 하나, 단영상만을 이용하여 폐색지역과 그림자 영역이 제거된 토지피복 추출이 가능하다는 이점을 갖는다. 향후 제안한 기법에 분류 기법을 개선하여 보다 세분화된 클래스 분류가 가능한 기법을 개발하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 한국항공우주연구원의 공공기술연구회 일반사업 위탁 연구과제 성과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

Bertalmio M., Sapiro G., Caselles V., and Ballester C., 2000, Image inpainting, SIGGRAPH 2000, Computer Graphics. Proceedings pp. 417-424.

Telea A., 2004, An image inpainting technique based on the fast marching method. Journal of Graphics Tools, vol. 9, no. 1, pp. 25-36.

Choi J., Kim H., Han Y., and Kim Y., 2008, Radiometric restoration of shadow areas from KOMPSAT-2 imagery, International Symposium on Remote Sensing, Daejeon, Korea, pp.371- 374.

Kim H., Choi J., Han Y., and Kim Y., 2008, Creation of digital city model from a single KOMPSAT-2 image, International Symposium on Remote Sensing, Daejeon, Korea, pp.365- 367.

김혜진, 한동엽, 김용일, 2006, 삼각벡터구조를 이용한 고해상도 위성 단영상에서의 건물 높이 추출, 대한원격탐사학회지, 제 22권, 제 6호, pp. 621-626.

김혜진, 최재완, 김용일, 2008, 고해상도 위성영상의 건물 폐색영역 보정, 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집, pp. 59-62.

한유경, 2009, 세그먼트 기반의 Spatial Feature 추출을 통한 고해상도영상 분류정확도 개선, 서울대학교 석사 학위 논문.