

고해상도 단영상에서의 그림자 추출기법 비교

A Comparartive Analysis on Techniques of Shadow Extraction in a Single High Resolution Image.

송우석*, 변영기**, 김용민***, 유기윤****

Woo-seok Song*, Young-gi Byun**, Yong-min Kim***, Ki yun Yu****

- * 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 석사과정(E-mail: doltwang@snu.ac.kr)
- ** 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 박사과정(E-mail: kko071@snu.ac.kr)
- *** 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 석사과정(E-mail: kym0210@snu.ac.kr)
- **** 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 부교수(E-mail: kiyun@snu.ac.kr)

초 록

위성영상 기술의 발달과 고해상도 위성영상의 해상도 규제가 완화된에 따라 건물의 높이 정보를 획득하는데 있어 고해상도 위성영상의 그림자 정보를 이용하는 연구들이 활발히 수행되어지고 있다. 그림자 정보를 이용하여 건물 높이 정보를 획득하는 연구의 정확도를 높이기 위해서는 정확한 건물의 그림자 탐지가 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 단영상을 이용한 그림자 탐지기법인 임계값법(Thresholding), 영상분류법, 영역확장법(Region Growing)을 건물의 그림자 탐지에 적용하여 각 기법의 장단점과 정확도를 평가하였다. 영상에서 수동으로 건물의 그림자를 디자타이징한 참조 자료와 기법들을 적용하여 탐지한 결과 영상을 시각적으로 비교하였고, 오차행렬(Confusion Matrix)을 이용한 전체정확도(Accuracy), F-measure, AOR(Area Overlap Ratio)을 이용하여 정량적인 정확도평가를 수행하였다. 실험결과 영역확장법을 적용한 경우 시각적·정량적으로 가장 높은 정확도를 보였으며, 영상분류법을 적용한 경우 시각적으로는 임계값을 적용한 경우보다 좋은 결과를 보였으나 정량적으로는 가장 낮은 정확도를 보였다.

주요 단어 : 건물 그림자, 그림자 탐지 기법, 시각적·정량적 평가

1.서론

위성영상 기술의 발달과 고해상도 위성영상의 해상도 규제가 완화된에 따라 1m급 해상도의 지상관측용 고해상도 위성영상이 상용화되었다. 이에 따라 지물 및 지모에 대한 상세한 묘사가 가능한 고해상도 위성영상의 활용범위가 넓어지면서 영

상의 그림자 정보와 부가적인 정보를 이용하여 수동 또는 반자동으로 건물의 높이 정보를 획득하는 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 그림자 정보를 이용하여 건물 높이 정보를 획득하는 연구의 정확도를 높이기 위해서는 정확한 건물의 그림자 영

역탐지가 선행되어야 한다.

그림자 영역을 탐지하기 위한 방법으로는 영상만을 이용하는 방법과 해당지역의 고도자료와 태양각 등의 부가자료를 활용하는 방법으로 분류할 수 있다. 도심지 건물의 그림자를 탐지할 경우 영상보다 높은 해상도를 가진 고도 자료를 이용하여야 활용성을 지닌다. 따라서 해상도가 높은 LiDAR 고도자료가 연구에 많이 사용되지만 LiDAR 자료는 구축비용이 크기 때문에 실용화 측면에서 연구의 한계가 있다. 따라서 고도 자료 없이 영상자료만을 이용하여 그림자 추출을 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 영상만을 이용한 대표적인 그림자 탐지 기법들은 히스토그램(Histogram)을 이용하여 간단하게 그림자를 분류할 수 있는 임계값법(Thresholding)과 일반적인 영상분류법, 영역확장법(Region Growing), 수동 추출법으로 분류되며 이 기법들을 사용하여 그림자를 탐지하는 연구들이 수행되었다. 예철수(2000)는 히스토그램의 밝기값에 임계값을 임의적으로 결정하여 건물, 그림자, 배경의 3가지 영역으로 영상을 분류한 후, 후처리작업을 통해 노이즈를 제거하여 그림자 영역을 추출하였다. 윤아영(2004)은 영상의 그림자 효과를 보정하기 위한 전처리 과정으로 그림자 영역을 탐지하기 위해 각 화소간의 분광거리를 변수로 사용한 영역확장법을 이용하였다. 또한 위의 기법들을 혼용하여 그림자를 탐지하는 연구도 수행되어지고 있다. Paul(2006)은 임계값법과 영역확장법을 이용하여 도심지에서 건물의 그림자를 추출하였다.

본 논문은 고해상도 단영상에서 그림자 정보와 위성의 기하학적 정보만을 이용하여 건물의 높이정보를 획득하기 위한 선행 연구로써 단영상에서의 그림자 탐지기

법들을 건물의 그림자 탐지에 적용할 경우 나타나는 기법들의 장단점과 탐지 정확도를 확인하는데 목적이 있다. 정확도 평가를 위해 영상에서 수동으로 디지털이징한 참조 자료와 기법들을 적용하여 탐지한 결과 영상을 시각적으로 비교하였고, 오차행렬(Confusion Matrix)을 이용한 전체정확도(Accuracy), F-measure, AOR(Area Overlap Ratio)을 이용하여 정량적인 정확도평가를 수행하였다.

2. 연구 범위 및 방법

영상에서 그림자를 탐지하는 대표적인 기법인 수동추출법, 임계값법, 영상분류법, 영역확장법을 이용하여 건물의 그림자 영역을 탐지하였다.

2.1 수동 추출법

수동으로 그림자 영역을 추출하는 방법은 그림자 영역이 매우 클 경우 많은 시간을 투자해야 하기 때문에 비효율적인 작업이 될 수 있지만 그림자영역을 추출하는데 있어 가장 정확한 방법이다. 정확도 평가를 위해 영상에서 수동으로 건물의 그림자 영역만을 디지털이징하여 참조자료를 만들었다.

2.2 임계값법(Thresholding)

임계값법은 영상에서 가장 간단하게 그림자를 탐지할 수 있는 기법이다. 이 기법은 영상의 화소값들을 이용하여 히스토그램을 생성한 후 히스토그램의 밝기값에 임계값을 적용하여 그림자를 탐지한다. 그림자의 밝기값은 대체로 낮은 값을 가지고 있기 때문에 히스토그램에서 낮은 밝기값을 가지는 영역을 설정해서 그림자 영역을 탐지하였다.

처음 발생한 Peak점을 그림자 영역으로 추정하여 히스토그램에서 밝기값을 30부터 2단위로 증가하여 54까지 임계값을 변

화시키며 그림자를 탐지하였다. 임계값을 적용한 영상들에서 건물을 제외한 자동차나 나무와 같은 작은 객체에 의해 발생한 그림자와 노이즈를 제거하기 위해서 모폴로지(Morphology) 기법중 Opening과 Closing 기법을 순차적으로 적용하여 후처리 작업을 수행하였다. 후처리 작업 후, 시각적으로 그림자 탐지가 가장 잘 이루어진 영상을 결과 영상으로 사용하였다. 임계값법은 후처리 작업을 수행한 후에도 건물 이외의 주변 객체로 인해 생긴 그림자가 완벽하게 제거되지 않고 임계값에 따라 정확도의 차이가 발생하는 단점이 있다.

2.3 영상분류법

일반적으로 영상분류법은 무감독분류와 감독분류로 분류할 수 있다. 영상분류 기법은 화소의 밝기값을 이용하기 때문에 흑백 영상보다는 다중분광영상을 이용한 분류에 더 많이 사용되고 있다. 하지만 최근 연구들을 보면 무감독분류를 통해 그림자 영역과 그림자가 아닌 부분을 탐지할 경우에는 흑백영상과 다중분광영상에서의 분류 결과가 비슷하게 나오고 있다(Paul, 2005).

따라서 본 연구에서는 무감독분류법의 대표적인 기법인 ISODATA를 군집간의 최대 표준편차, 화소간의 최소거리를 변수로 지정하고 98%의 화소변화값을 임계치로 설정하여 그림자를 탐지하였다. ISODATA를 적용한 영상도 건물과 다른 객체의 그림자가 같이 탐지되기 때문에 임계값법과 같은 후처리 작업을 수행하여 주었다.

2.4 영역확장법(Region Growing)

영역확장법은 Seed Point를 중심으로 Segmentation 여부를 결정하는 변수를 통해 색상, 질감, 명암 등이 유사하다고 판단되는 화소들의 Segmentation을 생성해주는 방법이다(윤아영, 2006). 따라서 영역확장법에서는 Seed Point를 중심으로 동

질하다고 판단 할 수 있는 영역, 즉 동일한 Segmentation을 구성하는데 있어 기준이 될 수 있는 변수를 결정해 주어야한다.

본 연구에서는 건물의 그림자로 추정되는 영역으로부터 추출한 대표 화소들의 평균과 표준편차를 바탕으로 주변 화소들과의 비교를 통해 영역확장법을 적용하였다. 영역확장법은 Seed Point의 위치를 수동으로 지정해주고 Seed Point의 위치와 변수에 의해 결과가 많이 달라지는 단점이 있지만 건물의 그림자만을 탐지하는 장점이 있다.

3. 분석 및 평가

3.1 실험 데이터

실험영상은 2001년 11월에 촬영된 대전 지역의 IKONOS 영상이다(그림1). 참조자료를 만들기 위해 영상에서 건물의 그림자 경계를 수동으로 디지털타이징하여 추출하였고(그림2), 추출한 그림자 경계를 이용하여 그림자 영역을 추출하였다(그림3).

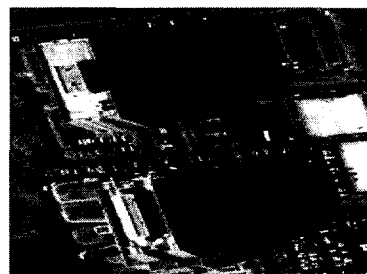


그림 1 실험 영상

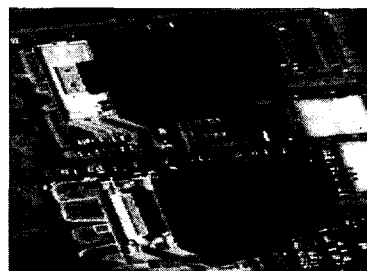


그림 2 그림자 경계

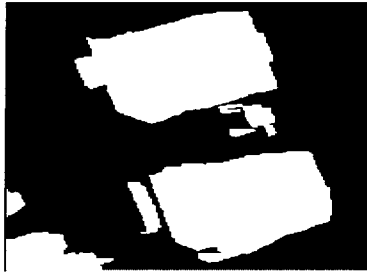


그림 3 참조 자료

3.2 탐지정확도 측정치

본 연구에서는 정량적인 평가를 위해 오차행렬을 이용한 전체정확도(Accuracy) 및 데이터 마이닝 분야에서 사용되는 정확률(Precision)과 재현률(Recall)을 이용하는 F-Measure, 탐지된 결과에 대한 면적비율을 이용하여 정확도를 평가하는 AOR(Area Overlap Ratio)을 탐지정확도 척도로 사용하였다. 표 1은 분류기의 분류결과를 도표로 보여준다.

표 1 오차행렬 (2x2 분할표)

		탐지 결과	
		Shadow	Not Shadow
참조 자료	Shadow	True Positive(a)	False Negative(b)
	Not Shadow	False Positive(c)	True Negative(d)

표1의 (b)는 그림자 탐지 기법이 실제 건물의 그림자를 탐지하지 못하는 Omission Error를 나타내며, (c)는 그림자가 아닌 화소를 그림자로 탐지하는 Commission Error를 나타낸다.

전체정확도는 전체 화소에서 Commission Error와 Omission Error를 제외한 건물의 그림자와 그림자가 아닌 부분을 정확히

탐지한 화소의 비율을 나타내며 다음과 같이 표현한다.

$$Accuracy = (a + d) / (a + b + c + d) \quad (1)$$

F-measure는 데이터마이닝 분야에서 많이 사용되는 평가도구로서 정확률과 재현률을 함께 고려하여 탐지성능을 측정하는 도구로써 값이 높을수록 정확한 탐지결과를 나타낸다. 정확률은 그림자로 탐지된 화소들 중 실제로 그림자인 화소의 비율을 말하고, 재현률은 실제로 그림자인 화소중 제대로 그림자로 탐지된 화소의 비율을 말하며 F-measure의 도출방식은 다음 식과 같다.

$$Recall(r) = a / (a + b) \quad (2)$$

$$Precision(p) = a / (a + c) \quad (3)$$

$$F\text{-measure}(F) = \frac{(\beta^2 + 1)rp}{\beta^2(r + p)} \quad (4)$$

$$= 2rp / (r + p)$$

여기서, β 는 정확률과 재현률의 중요도를 조절할 수 있는 파라미터이다. β 가 0일 경우 F는 정확률을 나타내며, β 가 $+\infty$ 일 경우, 재현률을 나타내게 된다. 보통의 경우 β 를 1로 하여 정확률과 재현률을 동일한 중요도로 간주한다. 본 논문에서는 β 를 1로 한 F-measure를 사용한다.

AOR은 탐지된 결과에 대한 면적비율을 이용하는 탐지정확도 평가의 척도로서 다음의 식으로 정의된다.

$$AOR = 2area(R \cap D) / (area(R) + area(D))$$

여기서 R은 참조 영상의 그림자 영역을 D는 기법을 적용하여 탐지한 그림자 영역을 나타낸다.

3.3 실험 및 결과

본 연구에서는 수동으로 추출한 그림자 영상과 각 방법별로 탐지한 그림자영역을 시각적·정량적으로 정확도 평가를 수행하였다. 기존의 기법들을 이용하여 건물 그림자를 탐지한 영상에 수동으로 추출한 그림자 경계를 중첩시켜서 건물 그림자경계 부분의 정확도를 시각적으로 평가하였다(그림4,5,6). 기존 기법들을 이용하여 탐지한 그림자 영역의 경계를 참조영상과 비교해 보면 영역확장법을 적용하여 탐지한 영상의 건물 그림자 외곽선은 참조영상과 유사한 정확도를 보인다. 하지만 ISODATA의 경우 경계를 넘어 외부의 그림자 영역까지 탐지를 하였으며 임계값법을 적용한 경우 경계부분까지 그림자 영역을 탐지하지 못한 결과를 나타내었다.

또한 기법을 적용한 영상들을 참조자료와 시각적으로 비교하여 보면 임계값법과 ISODATA를 이용하여 얻은 영상은 후처리를 수행했음에도 불구하고 건물 이외의 객체들에 의해 발생한 그림자들이 많이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이는 건물의 그림자를 탐지하는 본 연구의 관점에서 반자동으로 수행되는 영역확장법을 적용한 영상과 비교하여 볼 때 두기법의 최대 단점으로 판단된다. 그리고 3가지 기법들은 공통적으로 가운데 위치한 작은 건물의 지붕을 그림자로 오분류하였다. 이는 3가지 기법들은 영상의 밝기값을 이용하여 그림자를 탐지하기 때문에 낮은 밝기 값을 가진 건물의 지붕을 그림자로 분류한 것으로 판단되며 이러한 단점은 추후 보완해야 할 것으로 판단된다.



그림 4 Theshold 적용

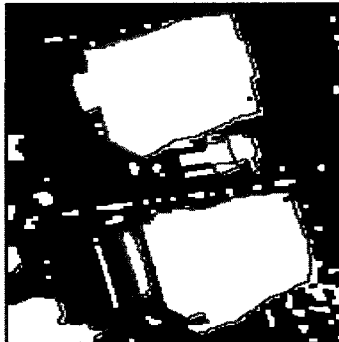


그림 5 ISODATA 적용



그림 6 영역확장법 적용

표 2 기법에 따른 건물 그림자 탐지 정확도

		Thresholding		ISODATA		Region Growing	
		Shadow	Not Shadow	Shadow	Not Shadow	Shadow	Not Shadow
기준 데이터	Shadow	17570	942	17826	686	17667	845
	Not Shadow	1554	32098	2880	30772	861	32791
Accuracy(%)		95.2		93.1		96.7	
F-measure		0.93		0.90		0.95	
AOR(%)		93.3		90.1		95.3	

전체정확도와 F-measure, AOR을 이용하여 정확도를 정량적으로 평가하였다. 표 2는 정량적 정확도 평가결과를 보여주고 있다. 정량적 평가 결과를 보면 영역확장법을 이용한 건물 그림자 탐지는 전체정확도 96.7%, F-measure 0.95, AOR 95.3%로 모든 정확도 평가에서 가장 좋은 결과를 보여주었다. 반면 ISODATA 기법을 이용한 건물 그림자 탐지는 전체정확도 93.1%, F-measure 0.90, AOR 90.1%로 모든 정확도 평가에서 가장 낮은 수치를 보여주고 있다. 이는 영역확장기법을 적용할 때에는 수동으로 건물의 그림자에 Seed Point를 정해주는 사용자의 판단이 큰 요인으로 작용하는 것으로 판단되며, ISODATA 기법을 적용한 경우 전체적으로 영상의 그림자를 많이 탐지하여 건물과 다른 객체에 의한 그림자 모두를 탐지하였기 때문에 건물의 그림자 탐지에 대한 정확도가 떨어진 것으로 판단된다.

4. 결론

고해상도 영상에서 그림자를 이용하여 건물의 높이정보 획득을 하기 위해서는 정확한 건물의 그림자 영역탐지가 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 그림자 탐지 기법들을 건물의 그림자영역 탐지에 적용할 때 각 기법들의 그림자 탐지 정확도와 장단점을 실험을 통해 비교해보았다. 본 연구결과 영역확장법을 적용한 영상이 시각적·정량적으로 가장 우수한 정확도를 나타냈다. ISODATA 기법을 적용한 영상은 건물 그림자의 외곽선과 그림자를 추출하는데 있어 임계값법을 적용한 영상보다 시각적 평가에서는 좋은 결과를 나타냈으나 다른 객체에 의한 그림자 또한 많이 탐지하여 전체정확도, F-measure, AOR의 정확도 평가에서는 낮은 결과를 보였다. 위

의 기법들중 임계값법과 ISODATA를 이용한 기법은 영상의 그림자를 전체 영상에서 탐지하기 때문에 건물의 그림자만을 탐지하는데 있어 작은 객체들에 의한 그림자를 제거하는 후처리 과정이 수반되어야 하는 단점이 있었고, 영역확장기법은 건물의 그림자만을 탐지할 수 있는 방법이긴 하나 수동으로 Seed Point를 지정해 주어야 하는 단점이 있었다.

본 연구에서 제시한 여러 기법들의 비교, 평가 결과들은 건물의 그림자 탐지 자동화시스템을 구축하기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며 향후 위의 기법들을 복합적으로 적용하여 건물의 그림자만을 정확하게 탐지해낼 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 손흥규, 윤공현, 이동천, 2003, 컬러항공사진에서 그림자효과 보정에 관한 연구, 한국 GIS학회, 대학원격탐사학회 2003 공동 춘계학술대회 논문집 pp383-387
2. 윤아영, 2004, 고해상도 위성영상의 그림자효과 보정에 관한 연구, 서울대학교 석사 논문
3. 예철수, 이쾌희, 2000, 그림자 정보를 이용한 KOMPSAT 위성영상에서의 건물 검출, Journal of the Korean of Remote Sensing, Vol.16, No.3, pp235-242
4. Paul M. Dare 2005, Shadow Analysis in High-Resolution Satellite Imagery of Urban Area, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 71 No.2, pp169-177