

도시 및 주거환경정비계획을 위한 위성영상으로부터의 토지피복정보 추출

Landcover Information Extraction from Satellite Imagery for the Urban and Residential Environmental Maintenance Planning

서동조, 최봉문*
서울디지털대학교, 목원대학교*

Seo dong-jo, Choi bong-moon*
Seoul Digital Univ., Mokwon Univ.*

요약

도시 및 주거환경정비계획 분야에 위성영상을 어떻게 활용할 수 있는지를 파악하고자 하였다. 도시 공간 상에서 건폐지 면적, 도로 면적 등의 파악은 도시계획 수립과 관리를 위해 매우 중요한 인자들이다. 이들의 정보를 추출하기 위하여 위성영상으로부터 외부공간, 건폐지, 식생, 그림자 등 4 가지 토지피복 분류항목을 설정하였으며, 각 각에 대한 분류특성 및 토지피복에 관한 정보를 추출하는데 필요한 내용을 제시하였다.

Abstract

It was investigated to apply the information of the satellite imagery to the field of urban planning. Built-up area and road area are very important factors in the field of urban planning. To extract these information from the satellite imagery, landcover classes were categorized into the 4 classes, exterior space, built-up area, vegetation and shadow. And it was discussed what is needed for landcover classifications and essential factors on the information extraction.

I. 서론

다목적실용위성 2호 위성의 성공적인 발사로 고해상도 위성영상을 저렴하고 용이하게 사용할 수 있게 됨으로써 도시 공간 계획 및 관리에 위성영상을 적용하려는 요구가 증대되고 있다. 위성영상은 주기적인 영상수집, 위치 및 자세보정에 따른 3차원 도시 모델링, 고해상도 영상일 경우 정밀한 지표정보를 획득할 수 있어 도시 공간 계획 및 관리에 매우 유용하게 활용될 수 있다[1][2]. 따라서 공간계획을 위한 공간환경평가 지표로서 위성영상의 활용 및 적용 가능성을 파악하고, 위성영상으로부터 토지피복정보를 추출하여 도시 및 주거환경정비 계획에 적용하는 것이 이 연구의 목적이라고 할 수 있다. 특히 도시 공간 상에서 건폐지 면적, 도로면적 등의 파악은 도시계획 수립과 관리를 위해 매우 필요한 인자들이다. 이들 정보에 대한 추출 가능성과 그림자 등의 영향에 대한 고려 등 위성영상의 적용가능성과 한계를 제시하고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구에 사용된 자료

[표 1] 연구에 사용된 자료의 내용

종류	내용
수치지형도	- 축척: 1/50,000 - 사용내용: 대전시 도로망 추출
대전시 도시정비계획도	- 축척: 1/50,000 - 사용내용: 대전시 도시정비계획구역의 경계 설정
위성영상	- 센서: SPOT-5 - Path-Row : 305-277 - 영상 수집일: 2003년 3월 10일
참고자료	- 구글 어스: 영상분류를 위한 훈련자료 및 분류정확도 평가를 위한 참조자료 - 인터넷 지도 콘나물: 대전시 주요 지명/지물 파악



▶▶ 그림 1. 연구대상지역과 위성영상

[표 2] 대전시 도시 및 환경정비계획사업지역의 면적

사업지역	면적(m ²)	비율(%)
주거환경개선사업	1,266,725	10.9
주택재개발사업	3,510,381	30.2
주택재건축사업	4,114,175	35.5
도시환경정비사업	2,713,744	23.4
합계	11,605,025	100.0

사례연구지역으로 대전시 도시 및 주거환경정비계획지역을 선정하였다. 위성영상 및 수치자료 등이 풍부할 뿐만 아니라, 현재 도시재정비계획에 대한 내용이 진행되고 있기 때문이다. 이 연구를 위하여 사용된 자료의 내용은 표 1에 정리하였으며, 그림 1은 대전시 도시 및 주거환경계획지역을 위성영상에 수치지도와 중첩한 것이고, 표 2는 각 사업지역의 면적과 비율을 나타낸 것이다.

2. 위성영상자료의 분류항목 설정

도시 및 주거환경정비계획지역의 특성을 파악하기 위한 분류항목의 설정은 위성영상으로부터 추출할 수 있는 정보의 내용과 '도시 및 주거환경 정비법'에서 정의하고 있는 기준 항목의 내용을 일치시키는 것이 가장 이상적이다. 그러나 토지피복에 관한 정보를 다루는 위성영상의 특성과 토지이용상황에 관한 '도시 및 주거환경 정비법' 상의 내용을 일치시키는 것은 현실적으로 어려운 일이다.

우선 '도시 및 주거환경 정비법' 상의 정비계획 지표요소와 위성영상 정보간의 부합되는 내용을 살펴보면 주택호수, 밀도 등의 주택관련 정보, 도로의 폭, 길이, 형태, 주택접도율 등의 내용과 관련된 도로정보, 기타 과소필지수, 녹지율 등의 도시 기능과 구조 등을 파악할 수 있는 토지이용 관련 정보 등이 있다. 이와 함께 지표의 물체를 구분할 수 있는 능력인 공간 해상도에 따라 분석할 수 있는 내용이 달라지므로, 공간 해상도를 고려하여 위성영상의 분류항목을 설정하여야 한다. 이 연구에 사용한 SPOT-5 위성영상의 공간해상도는 2.5m와 10m의 두 가지이나, 10m 공간해상도의 다중분광영상은 물체의 구분 능력이 낮아 분류에 어려움이 있었다. 따라서 10m 공간해상도의 영상은 분류에 사용하지 않고, 2.5m의 전정색 영상만을 사용하도록 하였다.

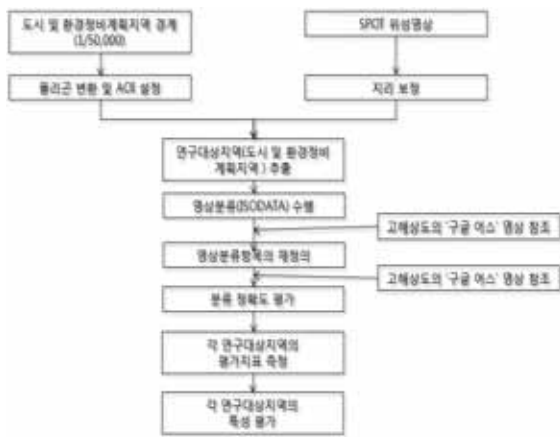
위성영상의 분류항목은 '도시 및 주거환경 정비법' 상 정비계획의 지표요소와 부합되는 내용으로 그림자, 식생, 외부공간, 건폐지 등 4개의 항목으로 설정하였다. 도로면적, 도로율과 관계된 '외부공간', 건물면적, 건물면적비율, 주택밀도 등의 내용과 관련된 '건폐지' 항목은 크게 영상의 분류를 건폐지와 비건폐지로 단순화하는 문제가 있으나, 영상의 공간해상도를 고려할 때 더 이상 상세한 구분을 한다는 것에 한계가 있음을 알 수 있었다. 그리고 위의 '외부공간' 항목이 인공 환경에 관

한 것이라면, 외부의 자연환경에 대한 내용을 파악할 수 있는 '식생' 항목을 설정하였다. 이 내용은 녹지율과 관계지을 수 있다. 마지막으로 '그림자' 항목을 설정하였다. '그림자' 항목에는 건폐지, 외부공간, 식생 등이 모두 포함될 수 있는 것으로, 그림자 부분에 의해 가려져 분류되지 않는 부분이 여기에 해당된다. 또한 영상에서 그림자 부분은 지표의 반사도가 낮아 어둡게 나타나는 식생과 매우 유사하기 때문에 분류 시 주의해야 하는 부분이다. 이 외에도 분류에 주의해야 하는 부분이 있다면 '외부공간'과 '건폐지' 부분이다. 외부공간과 건폐지 포장재료가 동일해서 즉, 건물의 옥상이 콘크리트 재질이고, 지표면의 재료가 시멘트 보도블록, 콘크리트 주차장, 콘크리트 도로, 노출된 토양 등이라면 모두 유사한 반사도 특성을 갖기 때문에 분류에 많은 어려움이 있게 된다[3].

3. 위성영상의 분류기법 및 처리과정

영상분류기법은 접근방식, 확률함수의 매개변수 사용 유무, 그리고 처리과정 등에 따라 몇 가지로 구분된다. 접근방식에 따른 분류기법은 분광, 공간, 시간 등의 특성에 따라 구분할 수 있다[4]. 확률함수의 매개변수 사용 유무에 의한 구분은 매개변수법과 비매개변수법으로 구분된다[5]. 매개변수를 이용한다는 것은 영상의 반사 값 이외의 여러 가지 변수를 적용하는 것으로, 평균이나 공분산 값을 고려하여 각 항목의 분산도를 참조하여 분류하는 것이다. 처리 과정에 따른 분류기법에는 감독분류와 무감독분류가 있다[6]. 감독분류는 분석자가 영상 내에서 알고 있는 화소들의 정보 즉, 훈련자료를 지정해주면 평균, 표준편차, 공분산 행렬, 상관행렬 등을 계산한 후, 모든 화소들에 대해 가장 높은 유사도(likelihood)를 갖는 항목으로 할당해 주는 방식이다. 무감독분류는 분석자가 몇 개의 간단한 변수만을 지정하여 분류가 실시되며 군집화 과정이라고도 한다. 그리고 무감독분류와 감독분류를 수행하여 분류결과에 신뢰도를 높이려는 혼성분류법(hybrid classification)도 시도되고 있다. 혼성분류에서 훈련자료에 대한 통계 값은 무감독분류에 의한 클래스를 재분류하는데 사용된다. 이 연구에서는 무감독분류 중 가장 대표적인 내용인 ISODATA(iterative self organizing data analysis technique) 기법을 적용하였다. 이는 각 분류 클래스의 분산도(Mean Squared Error, MSE)를 최소로 하기 위한 분류기법이다[7].

이 연구에서는 무감독분류에 의해 대략적인 분류를 수행한 후, 고해상도인 구글어스의 영상을 훈련자료로 사용하여 지표의 항목을 재분류하도록 하였다. 이 과정을 거쳐 최종적인 4개의 항목으로 분류된 결과를 얻었다.

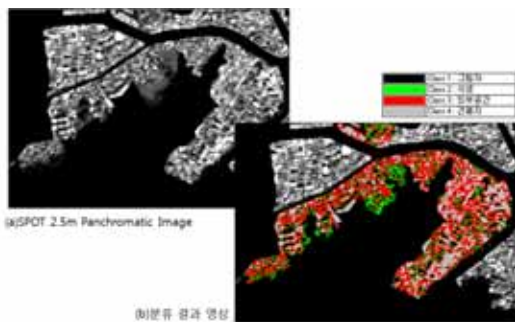


▶▶ 그림 2. 자료처리 과정

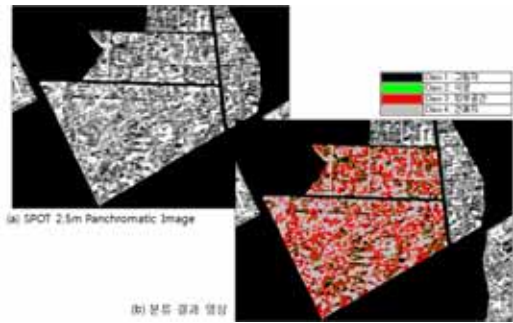
자료의 처리 과정은 그림 2의 내용으로 정리하였다. 먼저 수집된 SPOT 위성영상에 대하여 축척 1:50,000의 수치지형도를 기준으로 지리보정을 수행하였다. 이후 보정된 영상으로부터 대전시 도시 및 환경정비계획지역을 추출하였다. 그리고 추출된 영상에 대해 토지피복분류를 수행하였다. 이때 사용된 분류기법은 ISODATA 알고리즘을 적용하였다. 분류된 결과를 '구글어스'와 같은 참고자료로 사용하여 원하는 항목으로 재분류한 뒤, 최종적으로 4개의 분류항목으로 구분하고 분류된 내용을 확인하였다.

III. 대전시 재정비계획 대상지 적용 결과

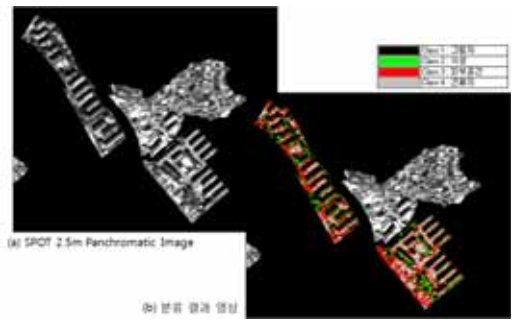
위성영상의 분류결과를 나타낸 것이 그림 3에서부터 그림 6까지이다. 그림은 각 각 주거환경개선사업지역, 주거재개발사업지역, 주거재건축사업지역, 도시환경정비사업지역에 관한 것으로, 비교를 위하여 분류 전 SPOT-5의 전정색 원 영상과 함께 나타내었다. 분류항목은 그림자, 식생, 외부공간, 건폐지 등 4개의 항목으로 하였으며, 분류결과 영상에서 전정색의 원 영상과 동일하게 나타나는 지역은 사업지역에서 제외된 지역이다.



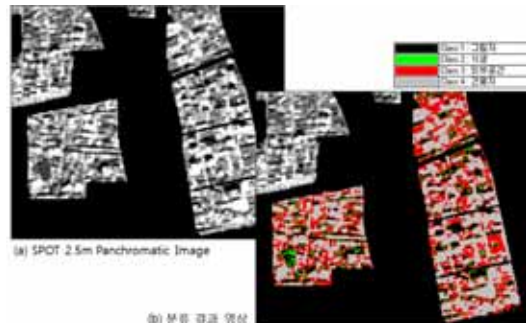
▶▶ 그림 3. 위성영상의 분류결과: 주거환경개선사업지역



▶▶ 그림 4. 위성영상의 분류결과: 주거재개발사업지역



▶▶ 그림 5. 위성영상의 분류결과: 주거재건축사업지역



▶▶ 그림 6. 위성영상의 분류결과: 도시환경정비사업지역

각 분류 항목 별 위성영상 분류결과 특징을 살펴보면 다음과 같다. '그림자' 항목은 모든 지역에서 고르게 나타나고 있었으며, 전체 면적의 약 20% 정도로 차지하는 비중이 컸다. 도심의 분류에서 그림자의 영향을 제거하는 분류기법의 제시가 과제가 되고 있다. '식생' 또한 분류에서 그림자와 혼란을 일으키고 있는 부분이다. 이는 적색, 근적외선 등의 다중분광영상을 사용하면 해결할 수 있는 문제이지만, 이 연구에서는 SPOT-5 영상의 공간해상도가 상대적으로 낮아 사용하지 않았다. 공간해상도가 같은 수준의 다중분광영상을 사용하는 것이 필요하며, 다른 센서의 영상도 고려해 볼 수 있다. '외부공간' 항목은 도로를 포함한 가로시설물, 기타 구조물 등이 함께 분류되어있어 정확한 도로 폭원 및 도로율을 계산하는 데에는 무리가 있었다. 또한 그림자의 영향을 가장 많이 받고 있어 선형의 도로 형태를 유지하고 있지 못함을 알 수 있었

다. '건폐지'의 경우 도시정비계획구역 상의 단위 블록별 건폐지 비율을 산정할 수 있으나, 건물 옥상/지붕의 재질과 도로의 재질이 유사할 경우 분류에 많은 어려움이 있었다. 건물 옥상/지붕과 도로의 콘크리트, 아스팔트 등의 재질을 구분할 수 있는 분류기법이 개발되어야 할 것이다.

이상의 내용을 종합해 볼 때 각 사업구역이 명확히 구분되는 특성이 없이 서로 유사한 결과를 보이고 있어, 전체 구역이 아닌 개별 구역을 선정하여 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 각 사업구역이 지역별로 이웃하지 않도록 하고, 각 사업구역별 면적이 유사하도록 하는 조건을 만족시키는 지역을 추가로 선정하였다. 이때 면적기준은 약 200,000㎡ 를 전후로 하였다. 이와 같은 기준으로 각 사업구역에 대해 그림 7과 같은 4개의 구역을 선정하였다.



▶▶ 그림 7. 각 사업 구역별 비교 대상지

이들 대상지의 내용은 각 각 다음과 같다. 첫째 대전시 갑천서부의 전통적인 주택재건축사업지역 둘째, 기존 공업지역 주변의 도시환경정비사업지역 셋째, 시 외곽 경사지의 주택재개발사업지역 넷째, 기존 도심의 주거환경개선사업지역 등이다. 이들 지역에 대한 각 분류항목별 면적 특성을 나타낸 것이 표 3의 내용이다.

[표 3] 각 사업 구역별 비교 대상지의 면적 비율

	도시환경 정비사업		주택 재건축사업		주택 재개발사업		주거환경 개선사업	
	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율
	(㎡)	(%)	(㎡)	(%)	(㎡)	(%)	(㎡)	(%)
그림자	30,219	14.46	41,881	13.29	32,300	17.50	40,369	16.47
식생	13,294	6.36	21,819	6.93	16,200	8.78	22,150	9.04
외부공간	80,556	38.53	136,213	43.24	77,913	42.21	97,694	39.85
건폐지	84,981	40.65	115,131	36.54	58,156	31.51	84,913	34.64
합계	209,050	100.00	315,044	100.00	184,569	100.00	245,125	100.00

이들 지역의 특성을 정리하면 다음과 같다. '그림자와 식생의 면적 비율'은 각 지역별로 서로 유사하나, 주택재개발 사업지역이 가장 높고 주택재건축사업지역이 가장 낮게 나타났다.

이는 주택재개발사업지역의 경사지 때문으로 판단되나, 일반적인 사항으로 받아들이기에는 어려운 부분이 있다. '외부공간'의 면적비율'은 대략 40% 전후로 유사한 형태를 보이나, 그림자와 식생의 비율이 가장 낮았던 주택재건축사업지역이 외부공간의 면적비율은 가장 높게 나타났다. 이는 주택재건축사업지역의 건축물 밀도가 상대적으로 낮다는 것을 의미한다. '건폐지의 면적비율'이 가장 높은 곳은 도시환경정비사업지역이다. 상대적으로 면적비율이 가장 낮은 곳은 주택재개발사업지역으로 나타났다.

IV. 결 론

위성영상으로부터 토지피복정보를 추출하고, 이를 활용하여 도시 및 주거환경정비계획에 적용하기 위한 연구를 수행하였다.

이 연구를 통하여 토지피복에 관한 정보를 추출하는데 필요한 내용을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 위성영상의 수집 시기가 매우 중요하다. 도심의 경우 그림자의 영향을 많이 받고 있으므로 가급적 정오에 가까운 시각에 촬영해 그림자의 영향을 줄일 필요가 있다. 또한 동지, 하지 등 계절을 달리해서 특정지역에 대한 영상수집도 필요하다. 그리고 도심의 건물, 도로, 각종 시설물의 파악을 위해서는 수목의 영향을 적게 받는 겨울철 영상도 고려해 볼 만한 것이다. 물론 적설에 대한 영향은 피해야 할 것이다. 둘째, 센서의 설계 및 선택에 관한 것이다. 도심의 경우 토지피복의 재질에 대해 아스팔트/콘크리트/노출된 토양 등과, 토지이용상 건물옥상/도로/보도/주차장/운동장 등에 대한 구분이 매우 어려운 것임을 알 수 있었다. 이를 잘 구분할 수 있는 센서의 설계 및 선택이 필요하다. 셋째, 응용 분야에 따른 '분류체계' 설정에 관한 것이다. 응용 분야에 적절한 영상의 분류방법과 처리 S/W에 대한 지침이 마련되어야 한다. 이를 통하여 영상의 응용이 보다 확산될 수 있을 것이다. 넷째, 영상 수집 모드 및 관련 정보의 제공에 관한 것이다. 정사보정 등의 기준 좌표체계 또는 지도와 일치시키기 위해서는 스테레오 촬영이 필요하다. 적은 비용으로 효율적으로 촬영할 수 있도록 여러 각도의 센서들을 위성체에 장착하는 방식의 채택이 필요하며, 단일 영상의 경우에도 센서 및 궤도정보를 제공함으로써 정사보정이 가능하도록 하는 것이 필요하다. 이와 같은 정보가 위성영상과 함께 제공될 때 도심 시설물과 구조물에 대한 정확한 위치보정이 수행될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Bailloleul, T., V. Prinnet, B. Serra, P. Marthon, P. Chen, and H. Zhang, "Urban building land use change mapping from

- high resolution satellite imagery, active contours and Hough voting," Proc. of the 9th International Symposium on Physical Measurements and Signature in Remote Sensing (ISPMSRS), Beijing, China, October 2005.
- [2] Mohan, B.K. and J. Hogg, "Characterising Elements of Urban Morphology From High Resolution Optical Remote Sensing Images," ACRS 2004, GISdevelopment.net, 2004.
- [3] GAMBA P. and F. DELL'ACQUA, "Monitoring Urban Areas for Environment and Security through Remote Sensing, www.isprs.org/istanbul2004/comm1/papers/59.pdf,2004.
- [4] Showengerdt, R.A., Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing, 2nd ed. San Diego: Academic Press. 1997.
- [5] Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, Remote sensing and image interpretation. 4th ed., John Wiley and Sons. 2000.
- [6] Wilkie, D.S. and J.T. Fin, Remote Sensing Imagery for Natural Resources Monitoring: A Guide for First-Time Users, Columbia University Press, 1996.
- [7] Swain, P.H. and S.M. Davis, Remote sensing: the quantitative approach, New York: McGraw-Hill, 1978.

* 이 논문은 공공기술연구회의 일반사업인 "위성자료 공공 활용 연구 : 공간계획수립을 위한 기초자료 수집과 공간환경지표 개발연구" 과제의 연구결과임을 밝힙니다.