

# 위성자료를 이용한 대전시 도시지역 변화특성 연구

Analysis of Daejeon Metropolitan City's Urbanized Area Change Pattern using  
Remotely Sensed Imagery

김윤수\*, 이광재

한국항공우주연구원 위성운영센터

우)305-333 대전광역시 유성구 어은동 45

Tel. +82-42-860-2388 FAX: +82-42-860-2605, e-mail: younsoo@viva.kari.re.kr

## 요 약

도시라는 광역지역의 확장을 분석하는데 위성자료는 매우 유용한 정보를 제공한다. 특히 한국항공우주연구원에서 운용중인 다목적 실용위성(KOMPSAT) 1호 영상자료는 해상도가 높아 도시지역의 분석에 유용한 정보를 제공하고 있으며, 과거의 항공사진 등을 복합적으로 활용한다면 도시의 확장 과정에 대한 시계열 분석이 가능하다. 도시의 확장 과정을 분석하여 그 정보를 추출하는 것은 새로운 도시계획을 위한 필수적인 기본 자료를 구축하는 중요한 역할을 할 수 있으며, 특히 2003년 개정 시행중인 국토의 계획 및 이용에 관한 법률은 도시기본계획 수립에 있어 도시의 성장 경향 등에 관한 기초조사를 의무화한 토지적 성평가 제도를 도입하고 있다. 본 연구에서는 다목적 실용위성 1호 EOC 영상과 기타 원격 탐사 자료를 복합적으로 활용하여 대전광역시 도시화 지역의 확장 추이를 분석하고 그 경향과 특성을 도출해 도시계획 수립에 원격탐사 자료를 활용할 수 있는 가능성을 제시해 보고자 한다.

주요어: 토지적 성평가제도, 시계열 분석, 토지이용도, 도시확장

## 1. 서론

도시계획과 도시의 제반 현상에 대한 분석에 있어 합리적인 결정을 내리기 위해서는 도시에 대한 다양한 관점에서의 정보를 취득하는 것이 필수적이다. 특히 살아있는 생물체라 일컬어지는 도시의 계획에서 토지이용 및 토지피복 정보는 이러한 다양한 도시 정보의 하나로, 도시 난

개발, 환경 파괴 등 도시 불경제를 줄이고 도시민 삶의 질 향상을 추구하는 현대적 도시계획의 목적을 달성하기 위한 중요한 기본 정보라 할 것이다. 또 국토계획의 접근법에 있어 「선 계획 후 개발」의 획기적인 발상의 전환을 이룬 『국토의 계획 및 이용에 관한 법률』이 2003년 12월 8일 제정, 시행되고 있으며, 이와 더불어 국토계획을 위해서는 계획대상 지역의 상

태에 대한 기본조사를 의무화 한 토지적 성평가제도가 함께 도입되었다. 즉, 90년 대 토지이용 규제의 완화에 따른 난개발 문제의 해결과 2000년 이후 환경친화적 토지이용에 대한 국민적 여론 등 국토의 계획적 관리를 위한 계획시스템의 개편 필요성이 제기됨에 따라 『국토의 계획 및 이용에 관한 법률』이 제정되었고, 용도지역의 세분 등의 도시관리계획 수립을 위한 기초조사로 새로 도입된 것이 토지적성평가인 것이다. 토지적성평가는 토지의 토양, 입지, 활용 가능성 등에 따라 토지의 적성을 평가하고 그 결과를 활용함으로써, 국토의 난개발을 방지하고 개발과 보전의 조화를 추구하는 도시관리계획 입안을 위한 기초조사로 도입되었다. 이와 같이 보전할 지역과 개발할 지역을 합리적으로 구분하여 질서있는 국토이용과 환경보전, 지속 가능한 개발을 도모하기 위한 목적을 가지고 도입된 토지적성평가는 토지의 물리적 특성, 토지이용 특성, 공간적 입지성 등에 그 기반을 두고 토지의 적성을 평가하게 된다. 따라서 토지의 적성을 평가함에 있어 무엇보다도 해당 토지에 대한 기초자료를 수집하는 것이 매우 중요하며, 고해상도 원격탐사 자료의 효용성이 여기에 있다고 할 수 있다.

우리나라는 1999년 12월 21일 발사된 다목적 실용위성 1호와 함께 지구관측 원격 탐사 위성 보유국 대열에 합류하였다. 한국항공우주연구원 주관 하에, 국가특정연구 개발 사업의 일환으로 개발된 다목적 실용위성 1호는 해상도 6.6m의 전정색 자료를 제공하는 EOC 등의 센서를 탑재하고 있으며, 2004년 3월 현재 한반도 모든 지역과 해외 주요 도시지역의 영상을 촬영/보급하고 있다. 현재 한국항공우주연구원에서는 2004년 발사를 목표로 다목적

실용위성 2호의 개발이 진행되고 있고, 다목적 실용위성 2호는 해상도 1m의 전정색 자료, 공간해상도 4m의 4밴드 다중분광 자료를 제공할 수 있는 MSC를 탑재할 예정이므로, 다목적 실용위성 1호가 전정색 자료만을 제공하고 공간 해상도가 다소 떨어지는 약점을 보완하여 도시원격탐사에 적합하고 유용한 자료를 제공하리라 기대된다. 이와 같이 향후 지구관측 원격 탐사 자료가 지속적으로 제공될 것이며, 이들 자료는 도시의 분석에 유용한 많은 정보를 내포하고 있다. 따라서 원격탐사 자료가 지니는 이와 같은 정보를 활용하기 위해서는 기존 사회과학적, 통계학적, 경제학적 도시 분석 방법과 병행하여 원격탐사 자료를 활용한 도시 분석방법의 개발과 활용 방법을 찾는 시도가 이루어 지도록 하여야 한다. 본 논문에서는 원격 탐사 자료를 활용한 도시 분석의 한 예로써 대전광역시의 도시 확장을 시계열 분석하여 토지이용 용도별 변화 추이를 분석하고자 한다. 토지적성평가에서 물리적 특성조사를 위해 도시의 변화 양상과 대상지 및 인접지역의 토지이용을 조사항목으로 규정하고 있으므로 본 연구는 향후 원격탐사 자료를 토지적성 분석에 활용할 수 있는 가능성을 제시할 수 있을 것이다.

## 2. 다중시기 토지피복/이용 현황 데이터베이스 구축

본 연구에서는 항공사진과 위성 자료가 기본 자료로 활용되었다. 본 연구의 목적은 원격탐사 자료를 도시 분석에 활용할

수 있는 하나의 방안을 제시하는 것이므로 인공위성 자료를 활용하는 것이 바람직하지만, 도시의 토지피복/이용 변화를 판독할 수 있는 고해상도 원격탐사 자료가 상대적으로 최근에 공급되기 시작하였으므로 40년간의 변화를 살펴볼 수 있는 인공위성 영상 자료의 축적이 이루어지지 못한 것이 현실이다. 그러므로 1970~1980년대의 토지 이용도 제작을 위해 국립지리원, 육군 지도창 등에서 꾸준히 축적해온 항공사진을 활용하였고, 인공위성 원격탐사 자료는 다목적 실용위성 자료가 공급되기 시작한 2000년도부터 EOC 자료만을 사용하여 매년 토지피복/이용 현황도를 제작함으로써 그 효용성과 방법을 입증하였다. 이와 같은 복합적 활용은 항공사진과 인공위성 자료의 보완적인 활용 방법을 제시하는 것으로, 고해상도 위성자료의 축적이 충분하지 못한 현재, 원격탐사 자료를 활용한 도시 확산 분석의 효과적인 방법이라고 평가 될 수 있다.

우선 본 연구에서 제작하고자 하는 모든 토지피복/이용도들의 기준을 정하기 위해, 현재 국립지리정보원이 제작 및 배포하고 있는 2000년 토지피복/이용 현황도를 기준으로 삼았다. 국내의 지도 및 주제도 제작을 담당하는 국립지리정보원에서 발행, 배포한 주제도는 공신력을 인정받고 있으므로, 이를 기준으로 위성자료의 판독 결과에 따라 해당년도의 토지피복/이용도를 순차적으로 제작해 나가는 방법을 본 연구에서 채택하였다. 기준 자료로 활용하기 위해 2000년 토지피복/이용 현황도를 표1의 토지피복/이용 항목들에 맞추어 해당 코드들을 수정하였다. 2000년의 토지 이용도는 다른 시기의 토지 이용도 제작의 기준이 되는 자료이므로, 분류코드가 수정된

토지피복/이용도를 기초로 2000년 다목적 실용위성 EOC 자료, 항공사진 및 IKONOS 자료등과 같은 원격탐사자료와, 1:5,000 수치지형도의 각 레이어들을 참고로 하여 반복적인 확인 과정을 거쳐 최종적으로 수정된 기준 토지피복/이용도를 생성하였다.

분류	Code	신규항목	국립지리원 항목 포함내용
도시지역	1	일반주택지	도민주택지
	2	고층주택지	고층주택지
	3	상업지역	상업·업무지, 유관지
	4	임업지역	임업·임업·상업지역·기타, 택지지역
	5	교통지역	도로·철도·항구·항만지역·공항·항공
	6	공공시설	행정시설·우편·교육·군사시설·공공용지·미래·체육·문화·복지시설
	7	상사지역	상사·판매·접객·숙박·음식점·숙박·운영·기획
비도시지역	8	산지	산지·산·온정지
	9	농지	농지·밭·미경작·밭·보통목수작물·제수원·기초·기초시목·기습
	10	수자	개방·열린·하천·호수·댐·백사장·광천·임야침수·양수장
	11	그린벨트	도시계획법상 그린벨트 지역

표1 토지피복/이용 분류 기준

이러한 과정을 통하여, 본 연구에서는 그림1에 나타난 바와 같이 1960, 1970, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003년, 총 10장의 토지피복/이용도를 제작하게 되었는데, 60~70년대는 코로나 자료를, 80, 85, 90년은 항공사진, 95년은 SPOT 자료를 그리고 2000년이후는 다목적 실용위성 EOC 자료를 활용하였다.

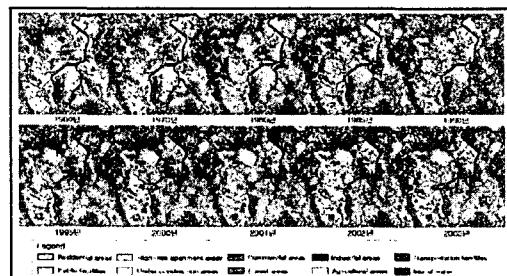


그림1 대전시의 시계열 토지 피복/이용도

### 3. 대전시의 도시화 지역 확산 추이 및 토지이용 변화 특성

이상과 같은 과정을 통해 제작된 시계

열 토지이용도를 바탕으로 대전시의 도시화 지역 확장을 살펴보면, 우선 가장 크게 변화된 토지이용 항목은 농지지역임을 알 수 있다. 1960년부터 2000년까지 농지지역은 급격히 줄어든 것을 알 수 있는데, 이 기간 동안 줄어든 농지지역 총 면적이 약 69 km<sup>2</sup>에 달하고 있다. 이에 반해, 산지는 1960년 140.45 km<sup>2</sup>에서 2000년 129.39 km<sup>2</sup>로 40년 동안 약 11 km<sup>2</sup>정도 밖에 줄어들지 않았다. 40년간 증가된 도시화 지역 전체 면적은 82.76 km<sup>2</sup>이므로 개략적으로 농지의 잡식이 차지하는 비율이 약 84%에 달하고 있다고 할 수 있다. 이와 같은 결과로 미루어볼 때에 대전시의 경우 도시화 지역의 외연적인 확산이 산지지역보다는 주로 농지지역을 잡식하며 이루어 진 것임을 명확하게 알 수 있다. 또 그림 1의 다중시기별 대전시 토지피복/이용도를 볼 때에, 2003년 현재 산지를 제외한 가용 토지가 서남부권을 제외하고는 거의 개발이 완료되었음을 확인할 수 있다. 이러한 분석 결과는 서남부권의 개발과 더불어 향후 대전시의 확산이 계속될 경우 산지의 체손이 불가피 함을 예측할 수 있으므로, 자연 환경을 보호하며 도시의 확산을 수용할 수 있는 지속가능한 도시 개발의 중요성이 현실적인 문제로 직접 피부에 와닿는 개발의 목표임을 정량적으로 보여주는 중요한 결과라 할 수 있다. 아울러 그림 2의 특징적인 토지피복/이용의 변화를 살펴보면, 우선 90년대를 기점으로 일반 주거지의 면적이 거의 늘어나지 않고 있으며, 이와 반대로 고층 주거지로 표현되는 아파트 지역의 면적이 급격히 증가하고 있음을 알 수 있고, 이는 아파트 주거가 현대 도시의 중요한 주거형태로 자리 잡았음을 실증적으로 나타내는 결과라 할

것이다.

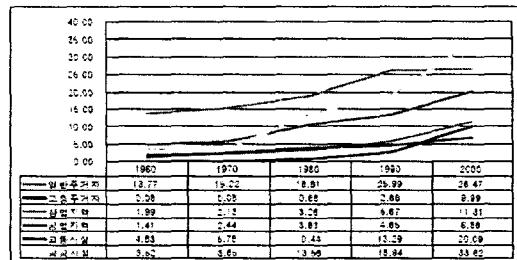


그림2 대전시 도시화 지역 토지이용현황  
별 면적 변화

그리고 공공시설의 면적이 타 도시에 비해 상대적으로 많음을 알 수 있는데, 이는 학교 등의 일반적 공공용지 외에 대전시에는 대덕 연구단지, 군 시설인 자운대와 국립 현충원, 그리고 제 3 정부 종합청사 등이 공공용지로 분류되어 나타나는 현상으로 과학, 행정 및 군사 중심 도시라는 대전시의 특성이 수치적으로 나타나는 것이라고 할 수 있다. 공공시설 다음으로 교통시설 및 일반주거지가 두드러지게 증가한 것으로 나타났다. 상업지역과 공업지역의 경우 40년 동안 증가한 면적이 10km<sup>2</sup>미만인 것으로 나타났는데, 이는 상업지역의 경우 실제로 근린 상업지구 등의 소규모 상업지역을 고려하지 않고, 도심의 중심상업 및 업무지역과 대규모 상업지역 만을 분류하였기 때문에 나타나는 현상으로, 토지피복/이용 분류상의 문제점으로 지적될 수 있으나 주거지역과 소규모 상업지역이 혼재되어 있을 때에 위성자료 만으로는 구분하는데 한계가 있음을 반영한 결과로, 이는 본 연구에 사용된 6m급 위성자료의 한계라 할 수 있으며, 향후 1m급의 위성자료의 공급이 활발해 질 경우 좀 더 세밀한 분석이 가능하리라 기대된다. 그리고 본 연구의 관점이 도시의 확산 분석에 원

격탐사 자료를 활용하는 방법의 모색 및 제시에 중점을 두고 있으므로, 토지피복/이용 분류에서 나타날 수 있는 이러한 점이 도시의 확산을 분석하는데 미칠 수 있는 영향이 크지 않을 것이라는 판단을 하였다.



그림3 대전시 도시화 지역의 확산 모니터링

대전시의 도시화 지역의 확산 경향을 파악하기 위해 1960년부터 2000년까지 10년 단위로 도시지역만을 중첩시킨 결과가 그림 3에 나타나 있는데, 대전시의 시대별 도시 확산 모습을 잘 나타내고 있다. 60년 대 대전역을 중심으로 형성되어 있던 도시는 택지개발사업 및 구획정리사업 등으로 인하여 구역별, 시대별로 점점 도시의 외형이 커져가고 있음을 알 수 있다. 특히, 1990년 이후 도시화 지역의 확산이 두드러지게 나타나고 있는데, 2000년의 경우 신탄진의 공업단지, 자운동의 군부대, 노은지구의 월드컵경기장 주변지역, 둔산지

역의 중심업무 및 상업지역들이 대표적인 예이다. 또 그림 3에서는 또 대전시 도시화 지역의 물리적 중심이 1960년 대전역에서 2000년 둔산 지역으로 옮겨졌음을 알 수 있는데, 1960년 대전역을 중심으로 반경 3~4km에 불과하던 도시화 지역이 2000년 둔산을 중심으로 신탄진을 포함하면 반경 10~11km로 확대되었음 나타내고 있다.

지금까지 살펴 본 대전시 토지피복/이용의 공간적 분포를 통해 다음과 같은 사실을 알 수 있었다. 첫째, 용도별 토지이용의 지역별 집중현상이 두드러지게 나타나고 있다는 것이다. 즉, 공공시설의 62%가 유성구에, 공업지의 82%가 대덕구에 위치하는 등 특정 토지이용의 특정지역 집중 현상이 나타나고 있다. 둘째, 대덕구, 유성구, 서구에 집중된 개발이 이루어지고 있다고 할 수 있다. 대전시 2016년 도시기본계획에 나타난 바와 같이, 둔산을 제2도심으로 하여 2도심, 3부도심, 그리고 8지구 중심으로 하는 다핵구조의 형태를 추구하기 위해서는 지역의 균형 있는 발전을 위한 구도심 활성화 방안을 서구, 유성구의 발전축 개발과 동시에 추진하여야 할 것으로 생각된다. 마지막으로 구도심의 쇠퇴가 가시적, 정량적으로 나타나고 있다는 것이다. 대전시의 서남부를 개발 축으로 하는 도시기본계획에 따른 도시의 확산은 구도심의 발전과 조화를 이를 때 지속가능한 개발이 될 수 있고, 삶의 질 향상에 기여할 수 있다. 그리고 현재 대전시에 나타나고 있는 서구, 유성구와 중구, 동구 간의 지리적, 계층적 분리 현상을 해결하기 위해서도 구도심의 활성화 방안은 필수적으로 마련, 시행되어야 할 것으로 생각된다.

#### 4. 결론 및 향후 과제

도시 분석 및 도시계획수립을 위해 요구되어지는 자료는 매우 복잡하고 다양하기 때문에 원격탐사 자료만으로 도시의 현황을 모두 파악할 수는 없다. 그러나 자료수집 과정에서 원격탐사 자료를 활용하면 기존에 사용되던 방법들을 좀더 효율적으로 개선할 수 있고, 과학적이고 정량적인 자료를 제공 할 수도 있다. 특히 원격탐사 자료는 비교적 넓은 지역을 대상으로, 그때그때 변화하는 현황의 모습을 보여주는데 가장 적합한 자료라 할 수 있다. 현재 도시계획에 있어 원격탐사 자료의 활용은 미미한 편이나, 원격 탐사 자료가 가지는 가능성은 분명 존재한다. 본 연구에서 제시한 연구 결과는 도시 분석 및 도시계획에서 요구되는 기초 자료를 원격 탐사 자료를 활용하여 효율적이며 과학적으로 추출할 수 있음을 충분히 보여주고 있다. 또 본 연구에서와 같이 원격탐사 자료는 도시 확산 분석이라는 도시연구의 최종 결과로 활용되어 질 수 있지만, 그보다도 도시 '연구의 다양한 분야에 활용되어 질 수 있는 분석 자료로써의 가치 또한 매우 크며, 특히 토지적성 평가의 다양한 항목의 조사를 위해 활용되어 질 수 있다.

토지적성평가를 위해서는 토지의 물리적 특성 지표, 주변 지역의 토지이용과 보전 특성을 나타내는 지표, 그리고 공간적 입지성을 나타내는 지표 등의 다양한 평가 지표를 활용하여야 한다. 특히 토지의 물리적 특성 지표, 공간적 입지성을 나타내는 지표 등은 GIS 자료를 필수적으로 활용하여야 한다. 이미 본 논문에서 제시한

바와 같이 원격탐사 자료는 GIS 구축의 기본 자료로 활용될 수 있으며, 이는 토지적성평가에서 원격탐사 자료를 활용할 수 있는 단초를 제공한다. 즉, 평가지표의 추출을 위해서는 최신의 자료를 바탕으로 하여야 하며, 원격탐사 자료는 이와 같은 최신의 자료를 주기적으로 공급할 수 있음을 강조한 바 있다. 또 토지적성 평가에서 토지의 물리적 특성 지표, 주변 지역의 토지이용과 보전 특성을 나타내는 지표, 그리고 공간적 입지성을 나타내는 지표 등의 많은 부분을 현재 공급되는 고해상도 원격탐사 자료를 활용하여 직접 추출할 수 있다는 많은 연구결과를 볼 수 있다.

그러나 원격탐사 자료를 토지적성평가에 활용하기 위해서는 기술적인 가능성보다 우선 발상의 전환이 선행되어야 한다. 본 논문에서 보인바와 같이 원격탐사 자료를 이용한 도시 분석이 기술적으로 가능하며 그 기반 역시 충분히 조성되어 있다. 그러나 현재 도시계획가나 도시 관리자들에게 원격탐사 자료가 가지는 효율성에 대한 정보가 부족한 것이 현실이며, 그로 인해 이러한 토지적성 평가의 기초 자료로도 원격탐사 자료가 전혀 고려되지 않고 있다. 이미 앞에서 강조한 것과 같이 원격탐사 자료의 제공이 활발해지고, 더구나 공간해상도 1m급 영상이 보급되고 있는 현 시점에서 토지적성평가, 나아가 도시계획이나 관리에 원격탐사 자료를 활용할 수 있는 방법의 연구가 절실히다. 따라서 본 연구의 향후 과제로 특정 도시를 대상으로 한 토지적성평가를 실체적으로 수행하는 과정에서, 원격탐사 자료를 활용할 수 있는 방법론을 정립하도록 하는 것이 필요하다. 현재 기술적으로는 토지적성 평가

에 대한 상당한 기초 자료를 원격탐사 자료를 활용하여 추출할 수 있는 단계에 이르렀다. 특히 토지이용 분류, 도시의 성장 과정 분석 등은 원격탐사 자료의 활용이 극대화 할 수 있는 분야이며, 이를 통해 기존의 방법에 비해 경제적이고 효율적으로 최신의 자료를 취득할 수 있다. 따라서 지금은 이러한 원격탐사 자료의 장점을 도시계획에 활용할 수 있는 제도적, 정책적 뒷받침을 마련하는데 우선 전력을 기울여야 하는 시점이라 할 수 있다.

## References

- 강영옥, 박수홍(2000). 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구, 대한지리학회지, 35(4), 621-639.
- 건설교통부(2003). 도시기본계획수립지침.
- 건설교통부(2003). 도시관리계획수립지침.
- 김윤수, 이광재, 류지원, 김정환. (2003). 도시확장 분석을 위한 위성화상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구. 한국지리정보학회지, 6(3), 83-94.
- 김윤수(2004). 도시분석을 위한 원격탐사 자료 활용방안 연구(대전광역시 도시확장 분석을 사례로). 계명대학교 대학원 박사학위논문.
- 대전광역시. (1997). 2016년 대전도시기본계획.
- 엄정희(2003). 토지적성평가 제도도입 배경 및 의의. 도시문제 38(416), 11-17.
- 이승일(2003). 토지적성평가를 위한 GIS 활용. 도시문제 38(416), 29-39.
- 이양재, 고준환 외(1996).., 서울시 토지이용 정보체계 구축방안 연구
- 세분류 토지피복분류도 제작지침(안), 환경부, 2001
- 채미옥(2002). 토지적성평가방법의 이론적 고찰, 국토연구원