

인공위성자료를 이용한 환경영향평가 : 토지이용 변화를 중심으로

문헌생, 김명진, 한의정, 이재운, 방규철, 이희선
국립환경연구원 환경보건연구부 영향평가과

Environmental Impact Assessment Using Remote Sensing Data : the Land Use Change

Hyun-Saing Mun, Myung-Jin Kim, Eui-Jung Han,
Jae-Woon Lee, Kyu-Chul Bang, Hee-Seon Lee
EIA Div., Environmental Health Research Dept., NIER

Abstract

Remote sensing begins to be applied in Environmental Impact Assessment(EIA), and it can systematically assess land use which is an important factor in EIA. This study is to predict land use change of Ulsan region and to assess impact on land use using the past and the present data of remote sensing. Also we analyzed an impact area influenced by EIA projects through the integration of remote sensing and GIS. This technique will be applied to the screening stage in EIA.

keywords : remote sensing, EIA, land use change

I. 서론

개발사업으로 인한 환경의 악영향을 사전에 방지하기 위하여 시행된 환경영향평가는 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발수단으로 제도와 기법을 꾸준히 발전시켜 나가고 있다. 현재 환경영향평가는 자연환경, 생활환경, 사회경제환경의 기상 등 23개 인자에 대하여 평가하고 있다. 이 중 토지이용은 생활환경의 인자로 사업지역 및 주변지역의 토지이용 현황, 계획에 대하여 평가하고 있으나 거략

적인 설명과 수치도표로만 평가하고 있기 때문에 토지이용 변화 및 영향평가가 미흡하다. 토지이용에 관한 정확한 정보는 지적과 현장답사를 통해서 가능하나 광역지역을 대상으로 할때는 그 양이 방대하여 작업이 어려울 뿐만 아니라, 도면전산화가 되어있지 않아 관련 정보와의 연계분석이 어렵다.

원격탐사자료는 저렴한 비용의 광역관측 및 주기적인 반복측정의 장점을 가지고 있어 환경영향평가분야에서 관심사가 되고 있으며, 또한 환경영향평가서 작성등에 관한

규정(환경부 고시 제 1995-70호, '95. 6. 26)의 토지이용 인자의 영향예측 방법으로 원격탐사(Remote sensing, RS)와 지리정보체계(Geographic Information System, GIS)의 활용을 권고하고 있어 이 분야에서 인공위성자료의 활용이 더욱 커질 것으로 보인다.

최근 국내에서 원격탐사와 GIS기법을 이용하여 토지이용과 관련한 논문을 보면, 광범위한 지역의 토지이용 변화^{1),2)} 및 예측³⁾, 환경영향평가 적용⁴⁾, 토지피복분류 방법 개선⁵⁾ 등의 연구가 진행되고 있고, 국외논문으로는 래스터 GIS 기법을 이용한 강유역의 토지이용패턴 작성⁶⁾과 토지이용계획의 수립을 위해 과거와 현재의 영상으로부터 미래 예측⁷⁾, 사막화 진행방향 분석⁸⁾, 토지이용변화 예측을 위한 새로운 분석방법의 개발⁹⁾ 등이 있다.

본 연구는 인공위성 자료를 이용하여 토지이용변화를 분석하고, 환경영향평가서와 비교하여 대상사업이 도시화에 미치는 영향을 평가하고, 환경영향평가 사업지역을 중첩하여 주변 토지이용에 미치는 영향을 파악하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

울산시의 1984년과 1994년의 인공위성자료로 부터 토지이용도를 각각 작성하고, GIS에서 각 등급들의 토지이용변화를 계산하였으며, 울산 삼호지구 택지개발사업 등 43건의 기존 환경영향평가서의 토지이용자료와 비교분석하였다. 또한 토지이용변화량과 환경영향평가 사업지역과의 중첩분석으로 환경영향평가 사업이 주변 토지이용에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 연구방법

(1) 토지이용 변화분석

분석 소프트웨어는 ERDAS사의 IMAGINE 8.1이며, 사

용된 인공위성자료는 Landsat TM자료로 path 114, row 35인 1984년 11월 5일과 1994년 5월 9일에 일본의 RESTEC(Remote Sensing Technology Center)에서 수신된 것이다. 단순한 수치영상을 지도좌표계의 영상으로 변환하기 위하여 기하보정에 사용된 지상기준점(Ground Control Point, GCP)의 수는 1984년 6점(RMS에러 0.4104 pixel), 1994년에는 7점(RMS에러 0.4501 pixel)이었으며, 재배열은 속도가 빠르며 데이터의 변형이 없는 nearest neighbor 법을 사용하였다.

토지이용 분류는 7밴드를 모두 사용하여 감독분류기법 중 parallelepiped classifier(평행육면체법)으로 분류하였으며, 분류항목은 level 1 단계인 수계, 산림, 도시, 논, 밭, 나대지의 6등급으로 분류하였고, 분류의 정확도를 높이기 위해 3회의 현장답사를 통하여 보정하였다.

10년간(1984년~1994년)의 토지이용 변화를 분석하기 위하여 연구범위를 중단, 주택단지 등 많은 건설사업이 있었던 도시개발계획구역으로 정하였으며, GIS에서 토지이용도를 폴리곤으로 변환한 후 각 등급의 면적을 계산하도록 프로그래밍하였으며, 토지이용 요소들의 용도변경된 것을 계산하기 위하여 래스터모델링을 실시하였다.

(2) 토지이용 변화와 환경영향평가서의 비교분석

10년간의 토지이용 변화와 1984년 이후 평가된 환경영향평가서(43건)의 토지이용 인자를 비교분석하여 환경영향평가 대상사업이 도시의 토지이용변화에 미치는 영향을 분석하였다.

(3) 토지이용 변화와 환경영향평가 사업지역의 중첩분석

환경영향평가 사업으로 인한 주변 토지이용의 변화를 조사한 목적으로 10년간의 토지이용변화와 환경영향평가 사업지역 도면(43개)을 중첩하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 울산시의 토지이용 변화

연구대상지인 울산시는 정부의 지속적인 경제개발계획에 의하여 대단위 중업단지 건설이 많았던 공업도시로, 1995년 1월 1일부터 울산시·군이 통합되어 인구가 94만 명, 면적이 1,052km²로 확장되었다. 1984년부터 1993년까지 울산시에서 발행한 통계연보를 보면, 공장용지의 면적이 15.2km²에서 22.2km²으로 1.5배, 주거용지의 면적이 22.7km²에서 32.4km²으로 1.4배 증가하였고, 반면에 논, 밭, 산림은 점차 감소하는 것으로 나타났다⁶⁾.

울산시의 10년간 변화를 Figure 1에서 잘 볼수 있는데, 도시지역(적색)은 서에서 동으로 흐르는 태화강과 북에서 남으로 흐르는 동천강을 중심으로 발달하였고, 함월산의 성안지구 등 곳곳에 주택지 및 공단조성으로 인한 나대지(흰색)가 분포하고 있으며, 울산공단 상단에 해안매립이 관찰된다. 울산시의 1984년 토지이용은 수계 16%, 산림 43%, 도시 10%, 논 7%, 밭 24%, 나대지 0% 이고, 1994년은 수계 17%, 산림 37%, 도시 16%, 논 5%, 밭 22%, 나대지가 3%로 나타났다. 분류된 결과의 신뢰도를 평가하기 위하여 1994년 도시면적(87.3km²)과 울산시 통계연보('94)의 도시지역(주거+상업+공업) 면적(96.2km²)과 비교한 결과 신뢰도가 높은 것으로 평가되었다.

GIS를 이용하여 10년간의 토지이용 변화량을 분석한 결과, 도시와 나대지는 각각 32.7km², 18.2km²가 증가하였고, 산림, 논, 밭은 각각 32.0km², 11.2km², 10.2km²가 감소한 것으로 나타났다(Table 1). Table 2는 토지이용변화에 미치는 구성요소들간의 변환율을 계산한 것으로 도시용지로 전환된 것을 보면, 도시 0.43, 밭 0.37, 논 0.13, 산림 0.05, 수계 0.01로 나타나 이중 용도변경은 밭과 논이 대부분이었다. 또한 현재 주택 및 공장부지를 조성하고 있는 나대지의 경우에도 밭(0.46)이 가장 많이 용도변경된 것으로 나타났

다. 그러나 도시에서 논과 밭으로 각각 2850, 6247 grid로 용도변경되는 결과를 보이고 있어 일반적인 관점에서 볼 때 분류의 오차라고 생각된다.

Table 1. Results of Land Use Classification Using Remote Sensing Data in Urban Planning Area (unit:km²)

	Water	Forest	Urban	Paddy	Field	Bare-land	Sum
1984(A)	87.0	227.9	54.6	38.0	126.1	0.6	533.6
%	16	43	10	7	24	0	100
1994(B)	89.4	196.0	87.3	26.5	116.0	18.2	533.6
%	17	37	16	5	22	3	100
(B)--(A)	2.4	-32.0	32.7	-11.2	-10.2	18.2	

Table 2. Changes of Land Use during 10 Years in Urban Planning Area(from 1984 to 1994) (unit : grid, 33m × 33m)

'84	'94	Water	Forest	Urban	Paddy	Field	Bare-land
Water		71145 (0.94)	997 (0.01)	981 (0.01)	108 (0.00)	238 (0.00)	308 (0.02)
Forest		507 (0.01)	154480 (0.86)	4163 (0.05)	5485 (0.22)	41218 (0.39)	1983 (0.11)
Urban		1058 (0.01)	1394 (0.01)	35152 (0.43)	2850 (0.12)	6247 (0.06)	4538 (0.26)
Paddy		255 (0.00)	3403 (0.02)	10797 (0.13)	7104 (0.29)	11366 (0.11)	2587 (0.15)
Field		3071 (0.04)	20222 (0.11)	29981 (0.37)	9033 (0.37)	47503 (0.45)	8007 (0.46)
Bare-land		0 (0.00)	2 (0.00)	26 (0.00)	0 (0.00)	2 (0.00)	19 (0.00)
Total		76036 (1.00)	180498 (1.00)	81100 (1.00)	24580 (1.00)	106574 (1.00)	17442 (1.00)

* () : Rate of Land Use Change

2. 토지이용변화와 환경영향평가서의 비교

환경영향평가 대상사업은 일반적으로 도시개발계획구역 내에서 실시되고 규모가 크기 때문에 도시주변의 토지이용변화에 영향을 미치게 된다. 울산시의 도시계획구역 면적은 526km²으로 울산시 전체면적(1,052km²)의 50%를 차지하고 있고, 도시계획구역내에서 1984년부터 1994년까지 실시되었던 환경영향평가 대상사업은 43건으로 사업면적은 20.0km² 이었다. 대상사업의 종류별로 보면 공업단지개발이 16건(면적비 45%), 도시개발사업이 12건(면적비 43%)으로 두 사업이 대부분을 차지하며 그밖에 항만, 매립, 폐기물처리시설 등이 있다. Table 3은 환경영향평가서에서 작성된 용도별 토지이용 현황 및 계획을 정리한 것으로, 주택과 공단으로 구성된 도시가 16.4km² 증가했고, 논, 산림, 밭은 각각 5.6km², 3.5km², 2.7km²이 감소하였다. 환경영향평가 사업이 전체 도시의 토지이용변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 인공위성자료를 분석한 토지이용변화를 전체 도시변화량으로 간주하고 계산한 결과, 도시, 논은 50% 이고, 밭은 26%, 산림은 11%가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 수계와 나대지의 경우는 환경영향평가서 상에서는 감소한 반면에 인공위성영상의 토지이용변화에서는 증가하는 것으로 나타났는데, 수계의 경우는 회야댐의 건설과 두 영삼을 관측한 계절이 다르기 때문이라 생각되며, 나대지의 경우는 평가서에서 제시한 용도별 토지 구분중 잡종지를 나대지로 보았기 때문에 인공위성영상의 결과와 차이가 있는 것으로 생각된다.

Table 3. The Status and Plan of Land Use in Environmental Impact Statement

(unit : km²)

	Water	Forest	Urban	Paddy	Field	(bare-land)	Other	Total
Status(A')	1.3	4.9	1.3	5.6	2.7	2.1	2.1	20.0
Plan(B')	0	1.1	17.7	0	0	0.1	0.8	20.0
(B')-(A')	-1.3	-3.5	16.4	-5.6	-2.7	-2.0	-1.3	0

3. 토지이용변화와 환경영향평가 사업지역의 중첩분석

인공위성을 이용한 토지이용변화중 도시와 나대지로 변한 등급만을 선택하여 환경영향평가사업의 사업지역 도면과 중첩분석을 한 결과, 공장용지(빨간색)는 도시의 중심에서 해안쪽으로 분포하고 있어 임해공업단지의 특성을 잘 보여주고 있으며, 도시개발사업은 태화강과 동천강을 중심(남북방향)으로 하는 지역과 도심의 외곽부분에 흩어져 있는 것을 알 수 있다. 또한 도시의 발달이 환경영향평가 사업지역을 중심으로 진행되어 도시개발에 환경영향평가 사업이 상당히 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 도시 전반에 걸쳐 환경영향평가 대상사업 규모이하의 개발이 활발하였음을 잘 보여준다(Figure 2).

IV. 결론 및 제언

1. 원격탐사 자료를 이용하여 울산시의 토지이용현황을 분석할수 있었는데, 1984년은 수계 25%, 산림 38%, 도시 9%, 논 7%, 밭 21%, 나대지 0% 이고, 1994년은 수계 26%, 산림 33%, 도시 15%, 논 4%, 밭 19%, 나대지가 3%로 도시와 나대지가 각각 32.7km², 18.2km² 증가하였다.

2. 래스터모델링기법으로 토지이용 요소들의 변화를 쉽게 계산할수 있었는데, 이중 도시로 용도가 변환된 것은 도시 0.43, 밭 0.37, 논 0.13, 산림 0.05, 수계 0.01로 밭과 논이 대부분이었다.

3. 10년동안 환경영향평가 사업은 울산시의 토지이용변화에 영향을 크게 미치고 있으며, 공장용지는 해안쪽으로, 도시개발사업은 태화강과 동천강을 중심으로 분포하고 있다. 위의 분석방법은 도시개발을 위한 환경영향평가사업시 지역개발 및 토지이용 부분에 활용될 수 있을 것이며, 대상사업의 적합여부 및 도시계획에 적극 활용될 수 있을

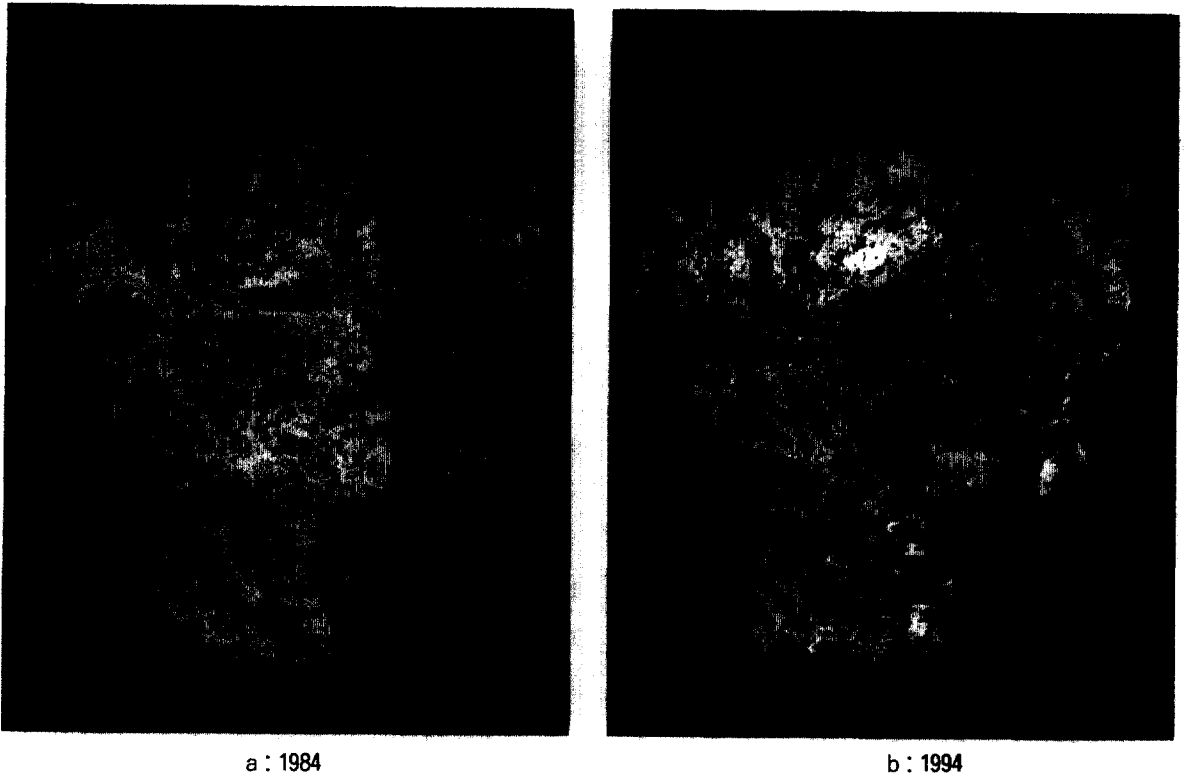


Figure 1. Results of land use classification

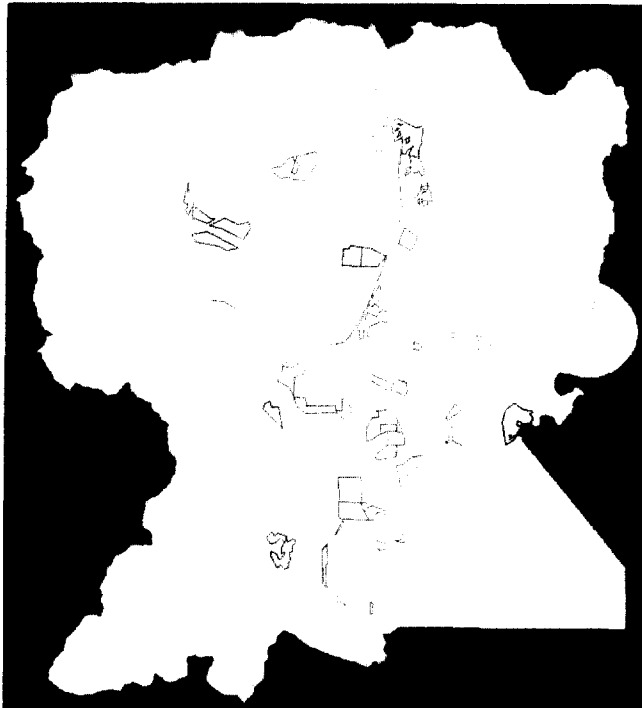


Figure 2. Overlaying analysis of Environmental Impact Assessment projects with land use change (Urban development, Industrial complex Others)

것으로 생각된다.

4. 인공위성자료를 환경영향평가 등의 환경분야에 적극 활용하기 위해서는 국가기관에서 일정한 주기로 우리나라 전역에 대한 자료를 보유 또는 분석·보급하여야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김영표, 김순희, 1994, 인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석, 한국 GIS학회지, 2(2) : 135-146.
2. 김의홍, 1994, 공간적 피복예측을 위한 모형에 관한 연구, 한국 GIS 학회지, 2(1) : 47-51.
3. 문현생, 김명진, 강인구, 방규철, 1995, 원격탐사자료의 환경영향평가 활용을 위한 기초연구, 환경영향평가, 4(1) : 59-64.
4. 박홍기, 김형철, 이창수, 이병욱, 1994, 지리정보체계를 이용한 지역환경 관리체계의 응용모형에 관한 연구-성남시를 대상으로-, 한국지형정보공간학회지, 2(1) : 141-153.
5. 양인태, 김연준, 1993, 토지피복분류에 있어서 이미지 재배열의 영향에 관한 연구, 한국지형공간정보학회지 : 1(1), 181-192.
6. 울산시청, 울산통계연보, 1985 - 1994.
7. 환경부, 1995, 환경영향평가서 작성등에 관한 규정, 환경부 고시 제 1995-70호(1995. 6. 25), 53-54.
8. Adinarayana J., J. D. Flach and W. G. Collins, 1994, Mapping Land Use Patterns in a River Catchment Using Geographic Information Systems, Journal of Environmental Management, Vol. 42 : 55-61.
9. Asian Development Bank, 1991, Remote Sensing and Geographic Information System for Natural Resource Management, ADB Environment Paper No. 9, 61-92.
10. ERDAS, Field Guide, 1993.
11. John B. Adams et al, 1995, Classification of Multispectral Images Based on Fractions of Endmembers : Application to Land-Cover Change in the Brazilian amazon, Remote Sens. Environ., Vol. 52 : 137-154.
12. Lakshmana rao. K. M., 1995, Remote Sensing for Land Use Planning, Inter. J. Remote Sensing, Vol. 16, No 1 : 53-60.