

# 경관지수와 생태계용역가치를 활용한 대구광역시권 경관의 구조적·기능적 변화 분석

최원영<sup>1\*</sup> · 정성관<sup>1</sup> · 오정학<sup>2\*</sup> · 유주한<sup>3</sup>

## The Structural and Functional Analysis of Landscape Changes in Daegu Metropolitan Sphere using Landscape Indices & Ecosystem Service Value

Won-Young CHOI<sup>1\*</sup> · Sung-Gwan JUNG<sup>1</sup> · Jeong-Hak OH<sup>2\*</sup>  
Ju-Han YOU<sup>3</sup>

### 요 약

생태계는 인간, 생물·무생물적 환경의 집합체이며, 경관은 생태계가 단위지역에 나타나는 현상이다. 이러한 경관은 다양한 경관요소가 시·공간적으로 나타나는 토지 모자이크이며, 토지이용과 피복 변화는 경관의 구조를 변화시키는 주요 요인이다. 본 연구에서는 경관을 구조적·기능적 측면에서 정량화하는 경관지수와 생태계용역가치(Ecosystem Service Value: ESV)를 이용하여 대구광역시권의 산림경관의 시·공간적 변화패턴에 관하여 분석하였다. 분석결과, 산림경관의 잠식과 파편화는 택지 및 공업단지조성 등의 대규모 개발행위 보다는 도로 등의 선형적 개발에 의해 발생되었으며, 핵심지역의 상대적 비율은 점진적으로 감소한 것으로 나타났다. 이러한 현상은 생물종의 주요 서식처가 되는 핵심지역을 감소시켜 그 건전성을 저하시킬 가능성이 있을 것으로 판단되었다. 또한 ESV가 산림경관의 면적변화와 밀접한 관계를 가지는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구결과들은 향후 생태계를 대상으로 한 개발과 보존의 논리 사이에서 객관적인 평가의 기틀을 마련하고, 광역도시계획 등의 개발계획 수립에서 생태계 가치를 충분히 반영하기 위한 기본적인 척도로 활용 가능할 것이다.

주요어 : 경관메트릭스, 생태계용역가치, 파편화, 생물대

### ABSTRACT

Ecosystem is composed of human, biotic and abiotic environment. Landscape is an ecosystem which appear in a unit region. These landscape are the spatiotemporal land mosaic which is combined

2005년 10월 14일 접수 Received on October 14, 2005 / 2005년 11월 22일 심사완료 Accepted on November 22, 2005

1 경북대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

2 국립산림과학원 산림생태과 Div. of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute

3 충청북도수목·산야초연구센터 Chungcheongbuk-do Research Center for Wild Plants

\*연락처 E-mail: oj6822@hanmail.net

with various landscape elements. And, land use and land cover changes are important factors of landscape structure changes. This study is mainly focused on the analysing the spatiotemporal change patterns of Daegu metropolitan sphere forest landscape, using landscape indices and Ecosystem Service Value(ESV) which quantify ecosystem structures and functions. The results of this study are as follow: The encroachment and fragmentation of forest were due to linear developments, i.e. road construction, rather than large-scale developments such as residential lands or industrial complexes. And, the core area percentages of landscape gradually decreased and these could possibly deteriorate the soundness of forest areas by reducing the core areas which are habitats of species. In addition, there was intimate relations between ESV and forest landscape area. The results of this study can be detached standards for impartial judgements between the logic of development & conservation, and basic standards for the establishment of development plans, i.e. metropolitan-plans, which are adequately reflected ecosystem value.

*KEYWORDS: Landscape Metrics, Ecosystem Service Value, Fragmentation, Biome*

## 서 론

생태계는 인간, 생물체 그리고 무생물적 환경의 총체적 조합(Klijin, 1994)이며, 경관은 생태계가 단위지역에 나타나는 것이라 할 수 있다. 또한, 경관을 인간과 자연환경이 결합되어 시·공간적으로 나타나는 토지 모자이크라는 관점에서 볼 때, 인간 중심의 도시형성과 확산에 의한 토지이용과 토지피복의 변화는 오랜 기간 자연스럽게 배치된 경관의 공간적 연결을 변화시키는 주요 요인이 되고 있다(정성관 등, 2002). 이와 같이 경관으로 대변되어지는 생태계의 구조적·기능적 변화를 정량적으로 해석하기 위해 많은 시도가 이루어지고 있다.

구조적인 측면에서 경관요소간의 변화를 파악하기 위해 많은 경관지수가 개발되어 응용되고 있으며, 최근에는 McGarigal와 Mark(1994)에 의해 개발된 경관분석용 프로그램인 FRAGSTATS 등이 이용되고 있다. Hargis 등(1998)은 경관 요소들의 공간적 변화와 생태학적 특성을 분석하기 위해 경관지수를 사용하였고, Griffith(2002)는 유역 내에 분포하는 토지이용 패턴과 수질과의 관련성을 분석하기 위해 경관지수와 위성영상을 통해 분석하였다. 국내에

서도 정성관 등(2002)은 Landsat TM영상과 경관지수를 이용해 경산시를 대상으로 경관구조 변화를 분석하였으며, 오정학 등(2005)은 금호강 유역의 경관구조 정량화 및 모니터링에 경관 매트릭스의 적용가능성에 대해 평가하였다.

기능적 측면에서 생태계의 재화와 용역으로서의 기능에 주안점을 둔 생태계용역가치가 Costanza 등(1997)에 의해 개발되어 전 세계의 생물대(biome)별로 17개의 항목으로 분류된 생태계 용역에 화폐단위(\$)의 가치를 부여하고 있다. 즉, ESV는 지난 수십 년간 다양한 범위에서 생태계 용역의 가치를 산정하기 위해 이루어졌던 연구들의 총합체라 할 수 있다. Kreuter 등(2001)은 미국의 샌안토니오의 생태계용역가치의 변화에 관하여 분석하였으며, Villa 등(2002)은 ESV의 개선을 위한 통합 지식 베이스의 디자인에 관하여 연구한 바 있다.

이상의 두 지표는 모두 토지피복변화를 대상으로 하고 있어 본 연구에서는 다양한 경관요소가 내재되어 있는 대구광역시권의 토지피복의 변화를 대상으로 경관지수를 이용하여 산림경관의 구조적 측면의 변화양상을 분석하고, 생태계용역가치를 활용해 경관의 기능적 측면을 추이하였다.

이러한 정량화된 지표들은 광역도시계획 등의 개발계획 수립에서 생태계의 가치를 충분히 반영하기 위한 기본적인 척도로써 활용될 수 있다고 판단된다.

### 연구의 범위 및 방법

#### 1. 연구 대상지

본 연구의 대상지인 대구광역도시권(그림 1)은 대구광역시, 경상북도 2개 시(경산·영천), 5

개 군(고령·군위·성주·청도·칠곡)으로 구성되어 있으며, 전체 면적은 약 4,979km<sup>2</sup>로 국토의 약 5%를 차지하고 있다. 또한, 경부고속도로, 경부선철도 등이 관통하고 있어 교통의 결절점 기능을 수행하고 있으며, 낙동강, 금호강 유역 등의 수역과 팔공산 등의 산림, 농경지 그리고 도시 등의 경관요소가 다양하게 혼재되어있는 지역이다.

대구광역도시권을 구성하고 있는 8개 시·군의 1975년~2000년의 토지피복현황을 5년 간격

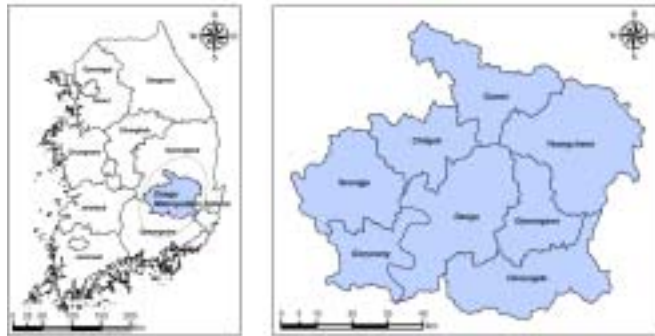


FIGURE 1. Geographical location of study area

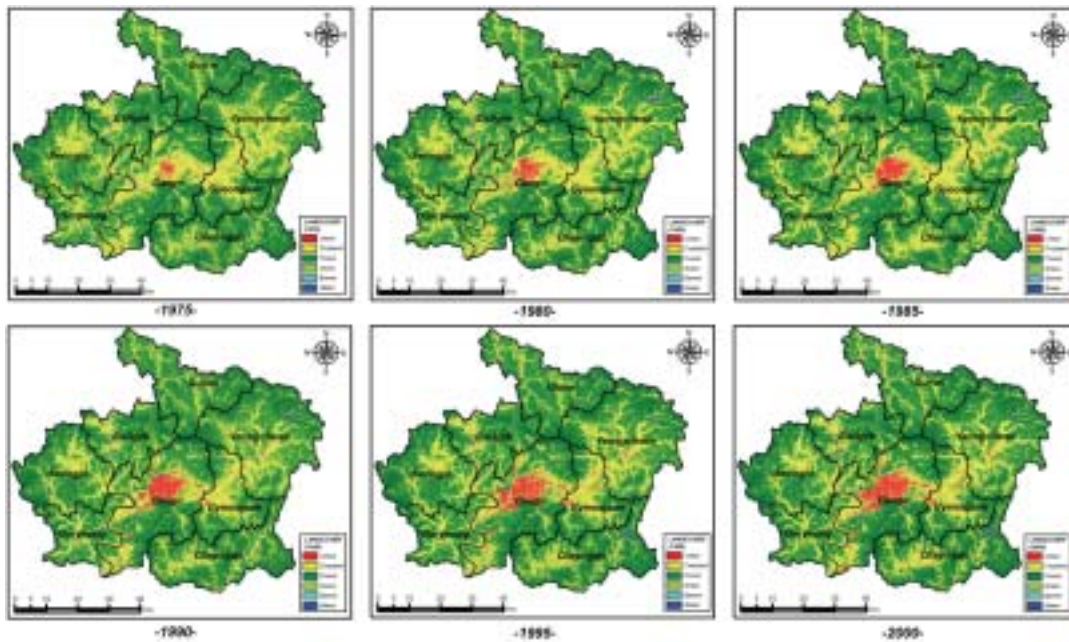


FIGURE 2. Land cover patterns of Daegu metropolitan sphere

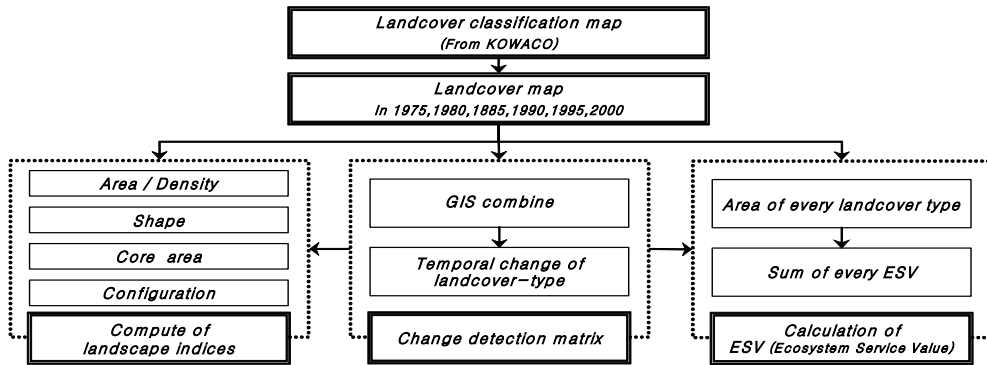


FIGURE 3. The analysis process of this study

으로 살펴본 결과는 그림 2와 같다. 행정구역별 면적에서 영천시(920.29km<sup>2</sup>, 18.5%)가 가장 넓은 면적을 차지하고 있고, 중심도시라 할 수 있는 대구광역시(885.58km<sup>2</sup>, 17.8%)는 두 번째로 넓은 것으로 나타났으며, 고령군(383.97km<sup>2</sup>, 7.7%)이 가장 좁은 면적으로 이루어져있는 것을 알 수 있었다.

토지피복패턴에서는 도시지역과 산림이 각각 115.48km<sup>2</sup>, 68.72km<sup>2</sup>가 증가한 것으로, 농경지는 183.77km<sup>2</sup>가 감소한 것으로 나타났다. 이중 산림의 경우 대구광역시와 경산시, 군위군, 청도군에서는 52.32km<sup>2</sup>가 감소하였으나, 영천시와 고령군에서는 86.67km<sup>2</sup>가 증가한 것으로 나타났다.

## 2. 연구과정 및 방법

본 연구의 수행 과정은 그림 3과 같다. 대구광역시권을 대상으로 한 산림경관구조의 변화 패턴과 생태계용역가치를 분석하였으며, 이를 위해 수자원 공사에서 제공받은 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000년의 토지피복도를 이용하였다. 시기별 토지피복도의 도시지역, 농경지(논, 밭), 산림, 초지, 나지, 수역 각각에 1~6의 값을 부여하여 시계열별 토지피복분류도를 작성하고, 8개 행정구역별로 분리하였다.

산림경관의 구조적 변화패턴 분석을 위해 경관분석용 프로그램 중 FRAGSTATS Ver.3.3을 활용하여 경관지수(표 1)를 산출한 후 Pearson

TABLE 1. Metrics computed in FRAGSTATS

Metrics	Index	Unit	Limits	Description
Area / Density / Edge	NP	-	$1 \leq NP$	Number of patches
	PD	Number/100ha	$0 < PD$	Patch density
	MPS	ha	-	Mean patch size
	LPI	%	$0 < LPI \leq 100$	Largest patch index
Shape	LSI	-	$1 \leq LSI$	Landscape shape index
Configuration	IJI	%	$0 < IJI \leq 100$	Interspersion and Juxtaposition
Core Area	CPLAND	%	$0 \leq CPLAND$	Core area percentage of landscape

\*For more detail, see McGarigal and Marks(1994).

TABLE 2. Pearson correlation matrix of landscape indices

	NP	PD	LPI	LSI	MPS	IJI	CPLAND
NP	1.00						
PD	0.81**	1.00					
LPI	-0.16	-0.26	1.00				
LSI	0.87**	0.66**	-0.06	1.00			
MPS	-0.66**	-0.85**	0.47**	-0.51**	1.00		
IJI	0.11	0.09	-0.44**	0.03	-0.22	1.00	
CPLAND	-0.55**	-0.64**	0.52**	-0.49**	0.65**	-0.18	1.00

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)

의 상관분석을 실시하여 매우 높은 상관도를 지니는 경관지수에 대해서는 정보의 중복을 고려하여 하나의 지수만 선정하여 사용하였다.

다음으로, 생태계의 기능적 변화패턴을 정량화 할 수 있는 지표인 ESV를 계산하기 위해 토지피복분류도에서 각 토지피복 패턴의 시기별 면적을 산출하였다. 이를 Costanza 등(1997, 1998)이 제시한 모델을 이용해 계산한 후 합산하여 시계열별 ESV를 산출하였다.

이상의 분석과정에서 변화양상을 해석하고 분석하기 위해 시기별 토지피복분류도에 후 분류 비교 변화탐지법(Jensen 등, 1993)을 이용하여 1~66까지의 값을 가지는 결과물을 생성 후 Change detection matrix를 작성하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산림 경관구조 분석

경관지수는 공간의 이질성 또는 경관요소의 구조적 패턴을 정량화하는데 효율적이나, 이들 상호간의 밀접한 관련성으로 인해 분석결과를 해석 하는데 있어 어려움이 있다(정성관 등, 2005). 따라서 많은 선행 연구자들은 소수의 핵심적인 지수를 선정하거나 다변량통계기법 등을 활용하여 최적화된 공통인자를 산출하는 방법을 이용하고 있다(Ritters 등, 1995; Cafaldi 등, 2004).

본 연구에서는 대구광역시권의 산림경관 변화를 효율적으로 대변할 수 있는 인자를 추출하기 위해 표 1의 경관지수를 대상으로 Pearson의 상관분석을 실시하였다(표 2).

분석결과, 유의확률 1%이내에서 상관성이 높은 지수들이 존재함을 알 수 있었으며, 패치수(NP)와 경관형태지수(LSI)사이의 상관계수가  $r=0.87$ 로 나타났으며, 평균패치크기(MPS)는 패치밀도(PD)와  $r=-0.85$ 로 역시 매우 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 경관지수의 분석에 있어 경관지수 상호간의 정보중복을 피하기 위해 상관관계가 매우 높게 나타는 지수들에서는 하나의 지수만을 선택하여, 5개의 지수(PD, LPI, LSI, IJI, CPLAND)를 대상으로 분석하였다.

100ha당 패치의 개수를 나타내는 PD는 동일한 면적을 가진 지역에서 패치의 수에 따라 변화하기 때문에 시계열 분석에서 패치의 연결성, 쪼개짐의 정도를 측정할 수 있는 지표이다. 단 순히 패치밀도만으로 경관의 구조적 변화나 건전성을 평가할 수는 없지만, 단위면적당 패치의 수가 많을수록 구조적으로 불안정한 상태라고 유추할 수 있다.

분석결과(표 3)를 살펴보면 대부분의 지역에서 1975년 100ha당 0.7~1.6개로 비슷한 수준의 패치밀도를 가지고 있는 것을 확인할 수 있으며, 1985~1990년에 1.9~5.7개로 높아진 패치밀

TABLE 3. Patch area metrics

Landscape index	Location	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
PD (n/100ha)	Daegu	1.36	1.08	2.87	4.09	3.35	2.11	
	Gyeongsan	1.31	1.33	3.04	5.79	5.53	2.51	
	Yeongcheon	1.42	0.82	1.98	3.65	3.40	1.67	
	Goryeong	1.65	1.25	2.51	2.36	1.73	1.33	
	Gyeongbuk	Gunwi	0.67	0.50	1.96	2.03	2.04	1.18
	Seongju	1.27	0.87	2.73	2.09	1.27	1.04	
	Cheongdo	0.81	0.55	3.06	1.49	2.86	1.32	
	Chilgok	0.69	0.69	2.20	2.46	1.76	1.41	
LPI (%)	Daegu	30.09	29.17	29.64	28.64	29.04	28.90	
	Gyeongsan	43.07	20.57	20.62	39.32	20.76	20.82	
	Yeongcheon	25.43	31.65	27.07	39.14	37.33	52.91	
	Goryeong	29.91	27.98	16.35	16.09	16.96	17.64	
	Gyeongbuk	Gunwi	34.29	69.94	33.47	36.44	27.82	27.12
	Seongju	41.95	45.73	49.71	50.25	51.58	52.28	
	Cheongdo	74.69	54.00	43.92	45.92	69.21	25.80	
	Chilgok	53.90	54.81	49.41	54.21	54.06	49.12	

도가 1995~2000년의 시기에 1~2.5개로 다시 낮아진 것을 알 수 있었다. 이는 산림이 다른 토지피복패턴에 잠식되어 가는 과정에서 파편화됨에 따라 급격히 패치의 수가 증가하였다가 1995~2000년의 시기에 작은 크기로 존재하던 패치들이 다른 토지피복패턴으로 전환되면서 그 수가 감소함에 따른 것으로 판단되어 진다. 이러한 변화 양상을 Change detection matrix 그리고 산림패치 중 가장 큰 크기의 패치가 전체 경관단위지역에서 차지하고 있는 비율을 나타내는 LPI와 비교해 살펴보면 대부분의 지역에서 산림면적의 감소와 LPI의 감소가 함께 발생하고 있는 것으로 나타났다. 또한 LPI가 낮아진 것은 이러한 토지피복의 변화 과정에서 가장 큰 크기로 존재하는 산림패치 역시 잠식되어 비율이 감소한 것으로 판단할 수 있다.

산림지역의 면적이 각각 2%(10.95km<sup>2</sup>), 4%(9.45km<sup>2</sup>) 감소한 대구시과 경산시의 PD는 1990년 4.09개, 5.79개로 높아졌으나 2000년 2.11

개, 2.51개로 다시 낮아진 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 동시기에 LPI는 각각 28.9%, 20.82%로 낮아져 가장 큰 크기로 존재하던 산림 패치의 상대적인 면적이 각각 약 4%, 52% 감소한 것을 확인 할 수 있으며, 이는 경산시의 경우 산림의 파편화가 심각하게 발생 한 것으로 판단되어 진다.

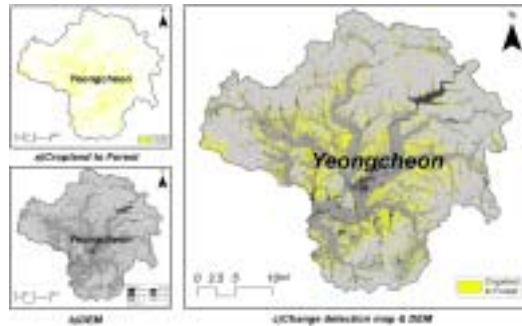


FIGURE 4. The change detection map & DEM of Yeongcheon-Si

TABLE 4. Shape, Configuration metrics

Landscape index	Location	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
LSI	Daegu	31.63	28.29	38.11	55.51	41.73	31.52	
	Gyeongsan	22.07	22.69	30.67	51.23	38.11	26.83	
	Yeongcheon	44.57	33.16	42.81	73.63	52.41	37.18	
	Goryeong	30.37	23.09	25.44	24.40	21.55	19.52	
	Gyeongbuk	Gunwi	26.13	22.92	31.48	38.66	33.22	25.93
	Seongju	34.21	24.42	34.73	32.12	26.31	24.64	
	Cheongdo	29.90	21.40	40.35	40.45	37.04	25.52	
	Chilgok	20.97	18.57	25.10	32.89	24.10	23.04	
IJI (%)	Daegu	14.36	13.08	10.33	25.98	13.30	23.99	
	Gyeongsan	12.13	6.14	13.51	15.53	9.51	13.35	
	Yeongcheon	14.70	7.67	12.03	12.41	7.31	13.53	
	Goryeong	14.51	17.20	8.35	26.03	21.27	19.93	
	Gyeongbuk	Gunwi	9.30	4.15	10.75	12.72	11.31	20.29
	Seongju	8.40	5.27	2.61	8.06	7.68	14.23	
	Cheongdo	18.29	6.70	9.36	8.54	9.24	30.07	
	Chilgok	9.84	7.87	8.06	6.91	7.44	15.16	

반면, 영천시의 경우 다른 지역들의 변화 양상과 유사하게 1975년 1.4개에서 1990년 3.6개로 높아진 패치밀도가 2000년 1.6개로 낮아진 것으로 나타났으나, 산림지역의 면적과 LPI는 다른 지역들과 달리 증가한 것으로 나타났다. 이를 토지피복현황(그림 2) 그리고 Change detection matrix와 비교해본 결과 1975~2000년 시기의 산림증가량인 62.55km<sup>2</sup>보다 많은 111.32km<sup>2</sup>의 면적이 농경지에서 산림으로 변화한 것으로 나타났다. 이 지역의 Change detection map과 수치표고모델을 중첩하여 본 결과(그림 4) 평균표고 및 경사도는 181m, 9°로 나타났다. 따라서 이러한 PD와 LPI의 변화는 산림지역 인근에 위치한 상대적으로 경작조건이 좋지 않은 계단식 논 등의 지역에서 휴경지가 산림으로 변화됨에 의한 것으로 판단된다.

경관형태지수(LSI)는 패치형태의 복잡성을 기준으로 경관의 형태를 정량화한 것이고 산재도 및 접촉성 지수(IJI)는 값이 0인 경우에는 특정한

패치가 인접하고 있는 다른 형태의 패치가 한 가지 종류일 경우를 의미하며, 100인 경우는 모든 패치 계급들이 다른 모든 패치 계급과 동등하게 인접해 있음을 나타낸다. 즉 IJI가 100에 가까울수록 인접한 패치계급이 다양함을 의미한다.

LSI는 표 4에서 볼 수 있듯이 1985~1990년의 시기에 급격하게 높아졌으나 1995~2000년에 다시 낮아지고 있음을 알 수 있었다. 이를 앞선 PD의 분석과 관련지어 살펴보면 산림에 대한 잠식이 본격적으로 발생한 것으로 사료되는 시기인 1985-1990년에 산림이 파편화되어 그 형태가 복잡해진 것으로 판단된다. 그러나 이상과 같이 높아졌던 LSI가 1995~2000년에 다시 낮아지며 PD 또한 감소하는 것으로 나타남에도 불구하고 IJI가 점진적으로 증가하여 산림과 인접하고 있는 지역의 토지피복의 패턴이 다양해져 인근 산림패치간의 연결성을 약화시키고 있는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과와 1975년의 토지피복도와 1996년의 도로망을 중

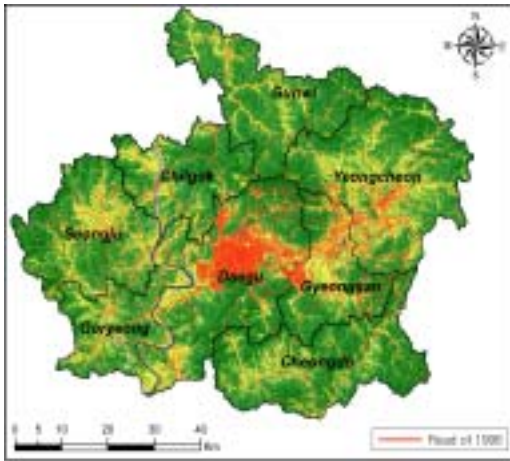


FIGURE 5. The 1975's land cover & 1996's road map

첩한 그림 5의 결과로 볼 때 산림에 대한 잠식은 택지·공업단지조성 등의 대규모 개발행위보다는 도로·철도 등의 선형적 개발에 의해 주로 발생했으며, 그 후 도시 및 농경지 등에 의한 잠식이 점진적으로 진행된 것으로 판단된다.

이상의 분석 결과를 토대로 패치의 가장자리와 완충지역을 제외한 내부지역을 지칭하는 핵심지역이 전체 경관지역에서 차지하는 비율을 의미하는 CPLAND의 분석결과(표 5) 대부분의 지역에서 점진적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 산림패치의 파편화 등 산림

에 대한 외부의 간섭심화는 주변지역 깊이를 증가시키고 광범위한 생물종의 거주지라 할 수 있는 핵심부의 면적을 감소시키는 효과를 보이며, 핵심부에 대한 영향은 종의 존립에 상당한 영향을 미칠 수 있다(Hagan 등, 1996; 장갑수 등, 1999).

앞선 분석에서 LPI가 약 52%감소한 것으로 나타났던 경산시에서는 CPLAND가 49.32%에서 46.08%로 감소한 것으로 나타나 산림의 파편화에 의해 상대적으로 많은 면적의 핵심지역이 감소한 것을 확인 할 수 있었다.

반면, 토지피복변화(그림 2)에서 산림이 증가한 것으로 나타났던 영천시와 고령군에서는 CPLAND가 증가해 핵심지역의 면적이 늘어난 것을 의미하고 있다. 일반적으로, 산림패치 중에서 핵심구역의 면적이 큰 패치가 내부중이나 고유종의 서식처로서의 기능에서 작은 패치보다 유리하다고 할 수 있다. 하지만, CPLAND의 증가만으로 산림경관이 건전해진 것으로 판단할 수 없는 것은 앞선 분석에서 도로건설 등의 선형적 개발에 의한 간섭이 발생한 것으로 판단되었으며, 이러한 선형적 개발의 유형 중 하나인 도로는 가장자리 효과에 의한 생물 서식처를 파괴하는 결정적 요소 중 하나이기 때문이다(김종원, 2004). 따라서 향후의 산림내부를 가로지르는 선형적 개발행위에 대해서는 계획단계부터

TABLE 5. Core area metrics

Landscape index	Location	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
CPLAND (%)	Daegu	48.59	49.30	47.28	42.33	46.05	48.37	
	Gyeongsan	49.32	47.37	43.66	36.94	42.65	46.08	
	Yeongcheon	49.02	54.35	52.87	45.46	53.01	58.02	
	Goryeong	47.30	52.13	52.79	55.05	57.12	58.62	
	Gyeongbuk	Gunwi	68.42	69.60	67.19	63.41	67.15	68.24
	Seongju	54.15	59.38	57.38	59.68	63.02	64.08	
	Cheongdo	65.54	66.84	59.71	58.03	61.90	64.47	
Chilgok	63.19	64.93	61.09	59.22	62.77	62.04		



생태학적 생물 서식처로서의 파편화에 대해 분석해야 할 것이다.

2. 생태계용역가치(ESV) 분석

Costanza 등(1997, 1998)에 의해 개발된 생태계용역가치(Ecosystem Service Value: ESV)의 산출에 있어 Costanza는 생태계 용역(Ecosystem Service: ES)의 개념을 생태계의 여러 가지 특성 중 음식 등 과 같은 생태계 재화(Ecosystem Goods)와 삶에 직·간접적으로 이익을 가져다주는 대기정화 등의 생태계 용역을 합친 것으로 정의하고 있다. ESV 산출을 위한 모형에서 토지피복별 ha당 연간가치(V: value per ha)는 Daily(1997)의 저서에서 제공된 생태계 재화와 용역에 관한 정의와 측정방식 그리고 가치부여를 참조하여 연료·광물 등의 재생 불가능한 항목을 제외한 재생 가능한 생태계 용역을 17개의 항목으로 분류하여 산정 후 합산

해 생물대(biome)별로 부여하고 있다.

본 연구에서 사용된 ESV의 산출 과정(표 6, 식 1)에서 변수 V는 ES를 합산하여 산출된 토지피복별 ha당 연간가치, k는 각각의 토지피복, A는 k의 면적(ha)을 의미한다. ESV의 산출은 k와 적합한 생물대의 연간가치 V와 A를 곱한 후 합산하는 과정으로 이루어진다.

$$ESV = \sum(A_k \times V_k) \tag{1}$$

A : Area of corresponding land cover type  
 V : Value of land cover per ha, every year  
 k : Land cover type

본 연구에서는 변수의 선정 과정에서 표 6에 서 볼 수 있듯이 수역의 V값이 매우 높아 토지 피복의 작은 변화만으로도 ESV의 변화에 지나치게 큰 영향을 미쳐 전체대상지의 분석에 지나친 영향을 줄 것으로 판단되어 제외시킨 후 분석하였으며, 이러한 일련의 과정을 통해 산출된

TABLE 6. Land cover & corresponding ecosystem value

Land cover type (k)	Equivalent biome	Value per every year (V)
Urban	Urban	0
Cropland	Copland	92
Forest	Temperate / boreal	302
Grass	Grass / rangelands	232
Barren	Desert	0
Water	Lakes/ rivers	8,498

\* For more detail, see Constanza et al.(1997, 1998).

TABLE 7. Ecosystem service value of the study area

Unit: x10<sup>4</sup>\$/ha per year

Location	ESV						
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
Daegu	1,850	1,820	1,800	1,760	1,750	1,740	
Gyeongsan	880	870	850	850	850	850	
Yeongcheon	2,050	2,080	2,090	2,130	2,140	2,160	
Goryeong	830	840	860	860	880	880	
Gyeongbuk	Gunwi	1,590	1,580	1,590	1,580	1,590	1,570
Seongju	1,430	1,450	1,470	1,490	1,510	1,520	
Cheongdo	1,750	1,720	1,700	1,700	1,710	1,690	
Chilgok	1,100	1,110	1,090	1,110	1,100	1,090	

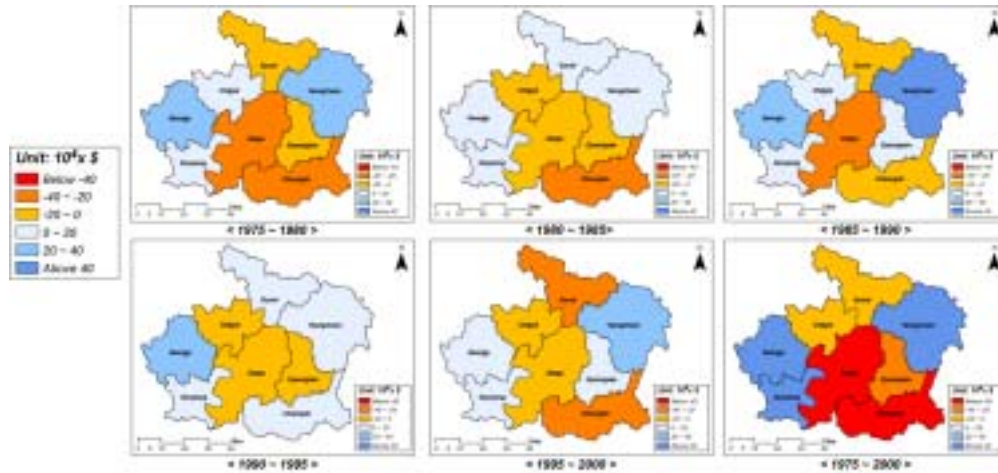


FIGURE 6. Temporal variation of ESV

대구광역시권의 1975~2000년 ESV는 표 7과 같다.

분석결과(그림 6) 산림지역이 감소한 지역인 대구·경산시 등 대부분 지역에서 ESV가 감소하고 있는 것으로 나타났으나, 영천시, 고령·군위군에서는 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 변화양상은 변수로 선정된 산림의 면적변화양상과 유사한 경향을 보이는데 이는 ESV가 앞서 설명하였듯이 생태계의 서식처, 생물학적·구조적 특성을 배제하고 토지피복 자체에 생태계 용역이라는 기능을 투영하였기 때문이라 할 수 있다.

이상에서 알 수 있듯이 ESV는 지역적 특성·상대적 위치 등에 따라 그 가치가 현격히 달라지는 생태계의 특성을 전 지구를 대상으로 매우 거시적으로 제작된 모델이어서 다소 한계를 지니고 있다. 따라서 향후 분석 대상지의 지역적 특성이 고려된 지표가 개발되어야 할 것이다.

하지만, 앞선 분석의 결과에서 나타나듯이 ESV는 매우 간단한 산술식을 통하여 토지피복의 변화 양상을 손쉽게 판단하고 동시에 그 가치를 산출 한다는 점에서 큰 의미가 있다 할 수 있으며, 또한 ESV는 경관지수와 동일하게 분석 대상물로서 토지피복변화를 이용하고 있다. 뿐만 아니라 LPI, CPLAND 등의 지수 분석에서

산림이 파편화 되고 핵심지역의 면적이 감소한 것으로 나타났던 경산시 등의 지역의 ESV가 감소한 것으로, LPI와 CPLAND가 증가한 것으로 나타났던 지역에서는 ESV가 증가한 것으로 나타나 두 지표 상호간에는 매우 밀접한 관계가 존재할 것으로 판단되며, 향후 이러한 두 지표를 함께 사용함으로써 각 지수가 배제하고 있는 생태계의 구조적·기능적 특성이 함께 고려된 생태계 평가 기반을 마련할 수 있을 것이다.

## 결론

본 연구는 대구광역시권을 대상으로 토지피복도를 이용하여, 경관을 구조적 측면에서 정량화 하여 산출하는 경관지수와 기능적 측면에서 평가하여 그 가치를 부여하는 ESV를 활용하여 토지피복의 변화에 따른 변화 양상을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

경관지수 분석 중 패치의 면적과 분포변화를 나타내는 PD, LPI의 분석에서 PD는 1985~1990년의 시기에 그 밀도가 높아진 것으로 나타났으나 1995~2000년의 시기에 다시 낮아졌다. 이는 산림의 잠식과정에서 파편화되어 작게 쪼개진 패치들이 다른 토지피복패턴으로 전환됨에 따른 것으로 판단되며, LPI의 감소는 이러한 변

화와 동시에 가장 큰 크기로 존재하던 패치 역시 잠식당해 면적이 감소함에 따라 상대적 비율 역시 감소했기 때문이라 할 수 있다.


패치의 형태와 연결성을 나타내는 지수인 LSI와 IJI 그리고 핵심지역의 경관단위 지역에서 비율을 의미하는 CPLAND의 분석에서 LSI는 1985~1990의 시기에 급격히 높아졌으나 1995~2000의 시기에 다시 낮아진 것으로 나타났다. 이 시기의 PD 역시 감소하였다. 반면, IJI는 점진적으로 증가한 것 알 수 있었다. 이를 토대로 볼 때 산림의 잠식은 택지·공업단지 조성 등의 대규모 개발행위 보다는 도로 등의 선형적 개발에 의해 발생한 것으로 사료되며, CPLAND는 점진적으로 감소하여 생물종의 주요 서식처가 되는 핵심지역 면적이 감소한 것으로 판단되었다.

생태계용역가치(ESV) 분석에서는 산림지역의 면적 변화와 ESV가 매우 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단 할 수 있었다. 이는 ESV가 산출과정의 유일한 변수인 토지피복의 변화에 민감하기 때문인 것으로 판단되며, 이는 생물대의 분류기준이 거시적으로 전 지구를 대상으로 하고 있고, 지역적 특성이나 구조적인 측면을 배제하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

또한 이상의 두 지표가 모두 분석의 대상으로 토지피복의 변화를 이용하고 있으며, LPI, CPLAND 등의 경관지수와 ESV의 변화양상이 유사한 것으로 나타나 상호 매우 밀접한 관계가 존재함을 확인하여 볼 수 있었다.

따라서 생태계를 대상으로 한 분석이나 평가에서 각 지수가 생태계의 구조적 혹은 기능적 측면 중 한 가지 측면에 주안점을 두고 산출함에 따라 생태계를 추이하거나 평가하는 것에 있어 발생하는 문제점, 한계점 등을 향후 두 지표를 함께 사용함으로써 해결 할 수 있을 것이라 판단된다.

또한 지역적 특성이 고려된 지표의 개발, 개선 등의 일련의 과정과 두 지표 상호간의 보완을 통해서 생태계를 대상으로 한 개발과 보존의

논리 사이에서 객관적인 평가의 기틀을 마련할 수 있을 것이며, 이는 향후 광역도시계획 등의 개발계획 수립에서 생태계 가치를 충분히 반영할 수 있는 기본적인 척도로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다. 

## 참고문헌

- 김종원. 2004. 녹지생태학. 월드사이언스. 59-61쪽
- 장갑수, 박인환. 1999. 경상북도 4개 도시의 녹지파편화 현상비교. 환경영향평가 8(4):13-23.
- 정성관, 오정학, 박경훈. 2002. 토지이용변화에 따른 경산시의 경관구조 분석. 한국지리정보학회지 5(3):9-18.
- 정성관, 오정학, 박경훈. 2005. 경관지수를 활용한 낙동강 유역 산림경관의 시계열적 패턴 분석. 한국지리정보학회지 8(2):145-156.
- 오정학, 박경훈, 정성관, 이종원. 2005. 경관패트릭스를 이용한 금호강 유역 산림경관의 시·공간적 변화 탐지. 한국지리정보학회지 8(2):81-94.
- Cafaldi, R.L., J.D. Allan, J.D. Duh and D.G. Brown. 2004. Spatial patterns inland cover of exurbanizing watersheds in southeastern Michigan. Landscape and urban Planning 66(2):107-123.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387: 253-260.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton and M. van den Belt. 1998. Auditing the earth: the value of the world's ecosystem services

- and natural capital, Costanza and his co-authors reply. *Environment* 40, 26-27.
- Daily, G.(ed.) 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press. Washington DC.
- Griffith, J.A. 2002. Geographic Techniques and Recent Application of Remote Sensing to Landscape-Water Quality Studies. *Water, Air, and Soil Pollution* 138:181-197
- Hargis, C.D., J.A. Bissonette and J.L. David. 1998. The Behavior of landscape metrics commonly used in the study habitat fragmentation. *Landscape Ecology* 13(3):167-186
- Hagan, J.M., W.M. Vander Haegen and P.S. MiKinley. 1996. The Early Development of Forest Fragmentation Effects on Birds. *Conservation Biology* 10(1):188-202.
- Jensen, J.R., D.J. Cowen, S. Narumalani, J.D. Althausen and O. Weatherbee. 1993. An Evaluation of Coast Watch Change Detection Protocol in South Carolina. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 59(6):1039-1046.
- Klijnk, A. helias and U. Haes, 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology* 9(2):89-104.
- Kreuter, P., Harris, G. Matlock and D. Lacey, E. 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics* 39:333-346
- McGarigal, K. and B. J. Marks. 1994. FRAGSTATS-Spatial pattern analysis program for qualifying landscape structure. User Manual.
- Ritters, K.H., R.V. O'Neill, C.T. Hunsaker, J.D. Wickham, D.H. Yankee, S.P. Timmins, K.B. Jones and B.L. Jackson. 1995. A factor analysis of landscape patten and structure metrics. *Landscape Ecology* 10(1):23-29.
- Villa, F., A. Willson, R. Groot, S. Faber, R. Constanza and R. Boumans. 2002. Designing an integrated knowledge base to support ecosystem services valuation. *Ecological Economics* 41:445-456