

경관생태지수를 활용한 농촌경관의 시계열적 변화 분석 - 경기도 일부 시·군을 대상으로 -

A Spatio-temporal Change Analysis of Rural Landscape Patterns using Landscape Ecology Indices : Focused on a Part of Gyeonggi-do

오윤경* · 최진용**† · 배승중*** · 장민원****

Oh, Yun-Gyeong · Choi, Jin-Yong · Bae, Seung-Jong · Jang, Min-Won

Abstract

Studies in landscape ecology have emphasized on the relationship between landscape patterns and shapes. A variety of landscape metrics has been developed so far to quantify landscape structures. Therefore, their developments and widespread applications become possible with the advent of spatial information systems including geographic information systems(GIS) and remote sensing. This study is to grasp the change of land use and landscape ecology indices, and to analyze the change of landscape structure in a part of Gyeonggi-do during 15 years from 1985 to 2000. Green-area distribution maps and agricultural-area distribution maps for the analysis were reconstructed from land cover maps constructed by WAMIS(Water Management Information System). And then, 4 landscape ecology indices(TA, LPI, SHAPE_AM, CAI_MN) for the green-area and 5 landscape ecology indices(TA, PD, LPI, LSI, CAI_MN) for the agricultural-area were selected by using pearson correlation analysis. According to the spatio-temporal change analysis using landscape ecology indices, the green-area fragmentation of Yongin was the most severe of the study area and the agricultural-area fragmentation of Gwangju and Namyangju was more severe than any other regions.

Keywords : Landscape ecology indices, Land cover, Landscape change, FRAGSTATS, Fragmentation

1. 서론

농촌의 가치를 재발견하고자 하는 사회적 요구와 함께 지방자치화에 따른 지역단위의 개발 욕구가 증대함에 따라 각 지역의 특수성을 활용하는 다양한 농

촌지역 정비 및 개발 사업이 활발히 추진되고 있다(김선주, 2005). 그러나, 지난 30여 년간 국토관리의 중심이 전 국토의 3.5%에 해당하는 도시지역에 치중되어, 국토면적의 21.8%에 해당하는 농경지와 66.7%에 해당하는 산림지역에 대해서는 상대적으로 소극적인 관리가 이루어져 왔고, 농촌현황에 대한 자료나 평가가 충분하지 않은 상황에서 근시안적으로 이루어진 난개발 즉, 농촌 및 산림지역 내 도로건설, 택지개발 등과 같은 인위적 교란요인 등은 파편화와 같은 농촌지역 토지이용의 구조적 변화를 야기시키

* 서울대학교 조경·지역시스템공학부 대학원

** 서울대학교 조경·지역시스템공학부 조교수

*** 교토대학 지구환경대학원 외국인공동연구자

**** 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원

† Corresponding author. Tel.: +82-2-880-4583

Fax: +82-2-873-2087

E-mail address: iamchoi@snu.ac.kr

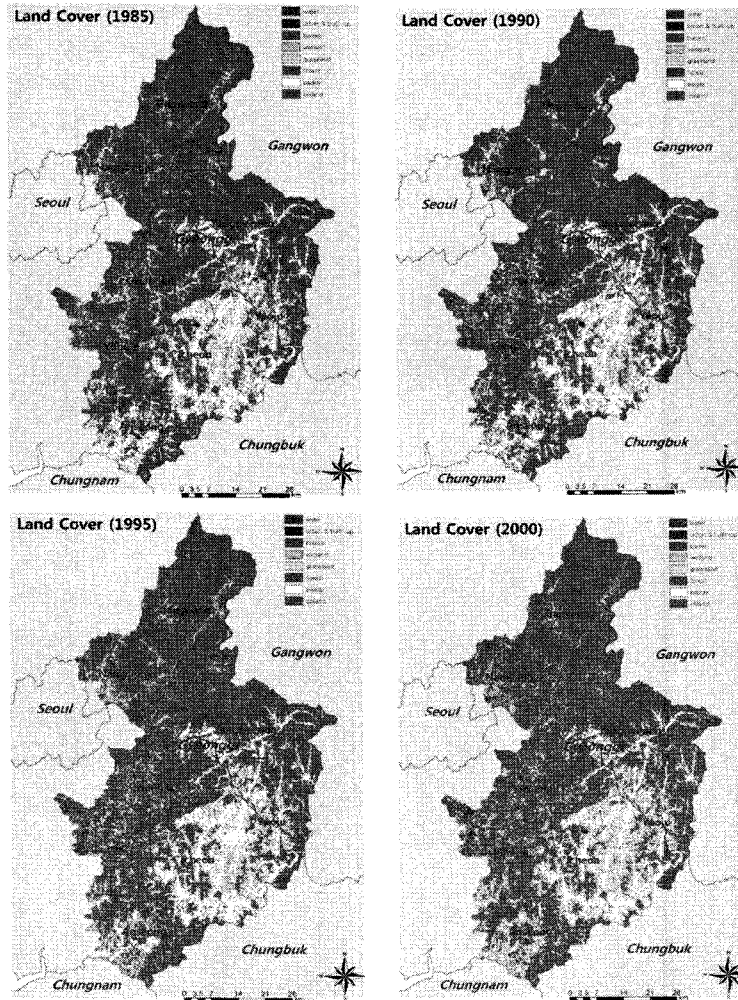


Fig. 2 Land cover maps of the study areas(1985, 1990, 1995, 2000)

대상지역으로 선정된 8개 시·군의 토지피복의 시계열 변화를 파악하기 위해 Fig. 2와 같이 WAMIS (수자원관리종합정보시스템, Water Management Information System)에서 제공하는 1985년, 1990년, 1995년, 2000년의 토지피복도를 이용하였다. 이 토지피복도는 Landsat 영상을 이용하여 분석된 토지피복도로서, 수역, 시가지지역, 나지, 습지, 초지, 산림, 논, 밭 등 8가지로 분류되어 있다. 이 중 농촌경관 고유 특성을 나타내는 초지, 산림, 논, 밭 4가지를 대상으로 초지와 산림을 통합하여 녹지지역, 논과 밭을 통합하여 농업지역으로 분류하였으며 녹지지역 및 농업지역을 대상으로 구조적 패턴 변화를 분석하였다.

2. 연구방법

본 연구의 수행 과정은 Fig. 3과 같이, 대상지역의 시기별 토지피복도에서 녹지지역과 농업지역을 각각 추출하고, 이를 8개 시·군의 행정경계도로 분리하여 4개시기(1985년, 1990년, 1995년, 2000년)의 농업지역 추출도와 녹지지역 추출도를 구축하였다. 각각의 토지피복 추출도를 입력자료로 하여 경관분석용 소프트웨어인 FRAGSTATS Ver. 3.3을 통해 경관생태지수를 산정하였다.

산정된 경관생태지수는 공간의 이질성이나 경관요소의 구조적 패턴을 정량화하는데 효과적으로 적용될 수 있으나, 지수들 상호간에는 서로 밀접한 관련성이

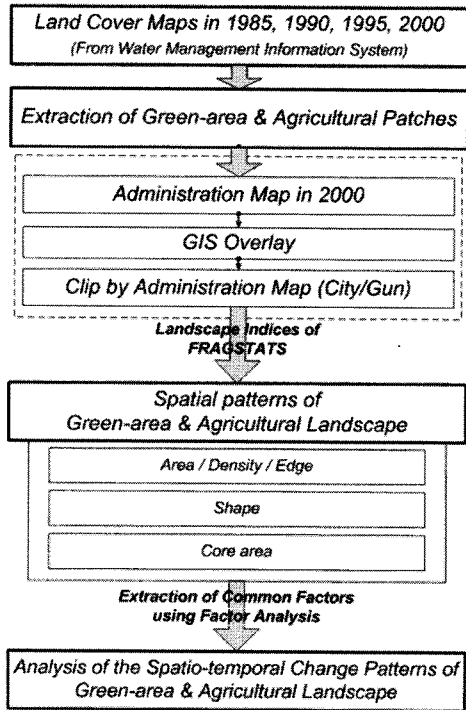


Fig. 3 Flowchart of Analysis

존재하기 때문에 분석결과를 해석하기에는 어려움이 있다. 이 때문에, 많은 연구자들은 소수의 핵심적인

지수를 임의로 선정하거나 다변량 통계기법 등을 활용하여 소수의 공통인자를 산출하는 방법을 활용하고 있다(Ritters 등, 1995; Tinker 등, 1998; Cafaldi 등, 2004).

본 연구에서는 장갑수(1999), 정성관(2005), 최원영(2005), 그리고 박선엽 · Egbert(2003) 등의 연구에서 적용되었던 경관생태지수들 중 파편화 지수를 중심으로 Table 1과 같이 11개 생태지수를 선정하였다. 선정된 11개 경관생태지수는 각 행정구역별 녹지와 농업지역 추출도의 TA(총면적, Total Area), NP(패치수, Number of Patches), PD(패치밀도, Patch Density), LPI(최대패치지수, Largest Patch Index), LSI(경관형태지수, Landscape Shape Index), SHAPE_MN(형태지수의 평균, Shape Index Mean), SHAPE_AM(형태지수의 면적가중평균, Shape Index Area-weighted Mean), CORE_MN(핵심구역분포의 평균, Core Area Distribution Mean), CORE_AM(핵심구역분포의 면적가중평균, Core Area Distribution Area-weighted Mean), CAL_MN(핵심구역지수의 평균, Core Area Index Distribution Mean), 그리고 CAL_AM(핵심구역지수의 면적가중평균, Core Area Index Distribution Area-weighted Mean)이다.

Table 1 Landscape ecology indices(McGarigal, Kevin & J. Marks Barbara, 1995)

	Description	Index	Complete Description	
Landscape metrics	Total Area	TA	TA equals the total area(m ²) of the landscape, divided by 10,000(to convert to hectares). Note, total landscape area (A) includes any internal background present.	
	Number of Patches	NP	NP equals the number of patches of the corresponding patch type.	
	Patch Density	PD	PD equals the number of patches in the landscape, divided by total landscape area(m ²), multiplied by 10,000 and 100(to convert to 100 hectares).	
	Largest Patch Index	LPI	LPI equals the area(m ²) of the largest patch in the landscape divided by total landscape area(m ²), multiplied by 100(to convert to a percentage).	
	Landscape Shape Index	LSI	LSI equals the total length of edge in the landscape, given in number of cell surfaces, divided by the minimum total length of edge possible, also given in number of cell surfaces, which is achieved when the landscape consists of a single patch.	
	Shape Index	Mean	SHAPE_MN	SHAPE equals patch perimeter(given in number of cell surfaces) divided by the minimum perimeter(given in number of cell surfaces) possible for a maximally compact patch(in a square raster format) of the corresponding patch area.
		AWM	SHAPE_AM	
	Core Area Distribution	Mean	CORE_MN	CORE equals the area(m ²) within the patch that is further than the specified depth-of-edge distance from the patch perimeter, divided by 10,000(to convert to hectares).
		AWM	CORE_AM	
	Core Area Index Distribution	Mean	CAL_MN	CAI is a relative index that quantifies core area as a percentage of patch area (i.e., the percentage of the patch that is comprised of core area).
AWM		CAL_AM		

* AWM : Area Weighted Mean

또한, 선정된 11개 경관생태지수는 의미상 중복되는 것이 있으므로 이를 제거하기위해 상관 분석을 수행하였다. 상관 분석은 변수들 간의 종속관계가 불분명하여 변수들 사이의 선형관계의 정도만을 측정하는 통계기법으로서(노형진, 2005), 본 연구에서는 경관생태지수를 양적변수로 가정하고 도출된 상관계수 ρ (피어슨적률상관계수, Pearson Product Moment Correlation Coefficient)를 기준으로 높은 상관도를 나타내는 지수를 제외하였다. 이를 통해 선정된 대표 경관생태지수의 변화를 이용하여 녹지지역과 농업지역의 경관변화를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 대표 경관생태지수 선정

의미상 중복되는 경관생태지수를 제외하고 본 연구에서 적용할 대표 경관생태지수를 파악하기 위해 1985

년부터 2000년 사이의 시·군별 녹지지역 추출도와 농업지역 추출도를 대상으로 Pearson의 상관분석을 수행하여, 녹지지역 및 농업지역 각각의 대표 경관생태지수를 선정하였다. Table 2는 녹지지역 추출도를 대상으로 산정한 경관생태지수들의 상관계수와 검정통계량을 나타낸 것이며, Table 3은 농업지역 추출도를 대상으로 산정한 경관생태지수들의 상관계수와 검정통계량 결과를 나타낸 것이다.

상관계수 해석을 위한 기준을 살펴보면, 강병서(2005)는 $0.7 \leq |\rho| \leq 1$ 일 경우를 강한 상관관계로 가정하고 있으며, 노형진(2005)은 $0.8 \leq |\rho| \leq 1$ 인 경우를 밀접한 상관관계가 있는 것으로 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 경관생태지수간의 상관계수가 0.75를 초과하는 경우를 높은 상관성을 나타내는 것으로 가정하고 대표 지수를 선정하였다.

녹지지역 분석에 적용될 대표 경관생태지수를 자세히 살펴보면, Table 2에서 보는 바와 같이 LPI가

Table 2 Pearson correlation matrix of landscape ecology indices(Green-area Landscape)

	TA	NP	PD	LPI	LSI	SHAPE_MN	SHAPE_AM	CORE_MN	CORE_AM	CALMN	CALAM
TA	1.00										
<i>NP</i>	-0.55 0.0003	1.00									
<i>PD</i>	-0.75 <.0001	0.77 <.0001	1.00								
LPI	0.76 <.0001	-0.78* <.0001	-0.82* <.0001	1.00							
<i>LSI</i>	-0.63 <.0001	0.89 <.0001	0.76 <.0001	-0.81* <.0001	1.00						
<i>SHAPE_MN</i>	-0.72 <.0001	0.65 <.0001	0.62 <.0001	-0.77* <.0001	0.84 <.0001	1.00					
SHAPE_AM	0.62 <.0001	-0.44 0.005	-0.68 <.0001	0.74 <.0001	-0.33 0.0349	-0.43 0.0057	1.00				
<i>CORE_MN</i>	0.75 <.0001	-0.76* <.0001	-0.63 <.0001	0.69 <.0001	-0.78 <.0001	-0.65 <.0001	0.27 0.0933	1.00			
<i>CORE_AM</i>	0.93* <.0001	-0.67 <.0001	-0.68 <.0001	0.86* <.0001	-0.76 <.0001	-0.82 <.0001	0.56 0.0002	0.82 <.0001	1.00		
CALMN	0.09 0.5955	-0.47 0.0023	-0.47 0.0022	0.22 0.169	-0.37 0.0179	-0.08 0.6327	0.01 0.9625	0.38 0.0146	0.06 0.026	1.00	
<i>CALAM</i>	0.75 <.0001	-0.78 <.0001	-0.85 <.0001	0.85* <.0001	-0.95 <.0001	-0.82 <.0001	0.46 0.0031	0.76 <.0001	0.79 0.026	0.35 <.0001	1.00

- Bold type means a selected index.
- Italic type means an excluded index.
- An asterisk(*) means close correlation.

Table 3 Pearson Correlation Matrix of Landscape Ecology Indices(Agricultural-area Landscape)

	TA	NP	PD	LPI	LSI	SHAPE_MN	SHAPE_AM	CORE_MN	CORE_AM	CALMN	CALAM
TA	1.00										
NP	-0.17 0.3043	1.00									
PD	-0.76* <.0001	0.61 <.0001	1.00								
LPI	0.74 <.0001	-0.38 0.0167	-0.73 <.0001	1.00							
LSI	0.09 0.5762	0.84* <.0001	0.38 0.0156	-0.12 0.4623	1.00						
SHAPE_MN	-0.62 <.0001	0.14 0.393	0.47 0.0021	-0.76* <.0001	0.07 0.6818	1.00					
SHAPE_AM	0.75 <.0001	-0.34 0.0301	-0.69 <.0001	0.95* <.0001	0.03 0.8382	-0.73 <.0001	1.00				
CORE_MN	0.62 <.0001	-0.53 0.0005	-0.60 <.0001	0.48 0.0018	-0.50 0.001	-0.46 0.0028	0.40 0.0106	1.00			
CORE_AM	0.73 <.0001	-0.51 0.0008	-0.68 <.0001	0.84* <.0001	-0.38 0.015	-0.66 <.0001	0.74 <.0001	0.79* <.0001	1.00		
CALMN	-0.04 0.7993	-0.40 0.0111	-0.29 0.0724	-0.29 0.0675	-0.55 0.0002	0.38 0.0162	-0.37 0.0192	0.21 0.1888	-0.11 0.5092	1.00	
CALAM	0.76 <.0001	-0.46 0.0026	-0.74 <.0001	0.59 <.0001	-0.42 0.0065	-0.50 0.0011	0.49 0.0012	0.93* <.0001	0.83 <.0001	0.27 0.0921	1.00

- Bold type means a selected index.
- Italic type means an excluded index.
- An asterisk(*) means close correlation.

PD와 유의수준 1% 이내에서 상관계수 -0.82의 높은 상관성을 갖는 것으로 나타나 PD를 지수에서 제외 하였으며, LPI는 LSI, SHAPE_MN, CORE_AM, 그리고 CALAM과 유의수준 1% 이내에서 각각 -0.81, -0.77, 0.86, 0.85로 높은 상관계수를 나타내어 LPI를 녹지분석의 대표 경관생태지수로 선정하였다. Table 3에 제시한 농업지역의 경관생태지수들 중에는 LPI가 SHAPE_AM과 높은 상관성을 갖는 것으로 파악 되었으며($\rho=0.95$, $p<0.0001$), CORE_MN과 CALAM의 상관계수가 높은 것을 알 수 있었다($\rho=0.93$, $p<0.0001$).

이와 같이 상관분석을 통해 경관생태지수들 사이의 상관계수를 검토하고, 공간적 범위에 영향을 받는 NP 지수는 배제하여 소수의 대표 경관생태지수를 선정한 결과, TA, LPI, SHAPE_AM, CALMN 등 4개 지수가 녹지지역 변화를 분석하는데 적합한 지수로 선정되었으며, 농업지역의 변화 분석을 위한 지수로

는 TA, PD, LPI, LSI, CALMN 등 5개 지수가 적합한 것으로 나타났다.

선정된 대표 경관생태지수에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다. PD는 단위면적(100 ha)당 패치 수를 의미 하는 것으로 패치의 연결성 또는 쪼개짐 정도를 측정 할 수 있는 지표이다. 단순히 PD만으로 경관의 구조적 변화와 생태적 건전성을 평가하는 것은 불가능하지만, 단위면적당 패치의 수가 많을수록, PD 값이 클수록 구조적으로 불안정한 상태라고 할 수 있다(정성관 등, 2003). LSI는 패치형태의 복잡성을 측정하는 기준으로서 경관의 형태를 정량화하는 지수이다. 경관을 구성하는 모든 패치의 경계선 길이의 합을 최소의 경계선 길이로 나눈 값으로서, 경관이 단일 사각형의 조각으로 이루어질 때 1의 값을 갖게 된다. 따라서 PD와 LSI가 증가한 지역은 파편화가 심화되고, 그 형태가 복잡해진 것임을 알 수 있다.

LSI와 유사한 지수로서 SHAPE_AM은 입력자료가

벡터(Vector)자료인 경우에는 원을 기준으로 하고, 래스터(Raster) 자료인 경우에는 패치면적과 동일한 크기의 정사각형을 기준으로 하여 각 패치의 형태가 얼마만큼 변형되었는가를 측정하는 지수이다(정성관 등, 2005). LSI와 마찬가지로 패치가 단일 조각으로 이루어질 때 형태지수 값이 1을 갖게 되며, 그 면적이 중평균인 SHAPE_AM이 증가할수록 경관을 구성하는 각각의 패치의 형태가 조금 더 복잡해졌음을 의미한다. 반면, LPI는 한정된 공간범위에 분포하는 패치의 면적이 동일하더라도 하나의 큰 패치로 존재하는지, 여러 개의 작은 패치로 구성되어 있는지를 정량적으로 나타낸 것으로서, 이 지수 값이 클수록 안정된 구조를 가진다고 할 수 있다.

CAI는 핵심구역지수로서 각 패치에서 핵심구역(Core Area)이 차지하는 비율을 퍼센트로 나타낸 지수이다. 이는 산림분석에 주로 이용되는 지수로서, 핵심구역은 생태학적으로 생물종이 외부로부터 격리를 필요로 하는 임계면적을 의미하며, 파편화로 인한 크기와 형태의 변화가 핵심구역의 크기와 밀도 등에 상당한 영향을 미치게 된다. 이 핵심구역지수는 산림비교에 있어서 서식지의 질을 효과적으로 평가할 수 있는 지표로 활용되고 있다(MaGarigal 등, 2002). 특히, 산림 생태계에서 보존 대상이 되는 다수의 생물종이 주변종보다는 특정 환경에 적응해 사는 내부 종임을 감안한다면, 동일 면적의 산림에서 CAI가 클수록 생태계의 종다양성 유지와 생태계 보존에 유리하다고 판단할 수 있다(김훈희, 2000).

2. 녹지지역의 경관생태지수 변화

먼저, 녹지지역의 면적 변화를 알아보기 위하여 1985년 토지피복도상의 녹지면적을 기준으로 각 시기별 면적변화를 백분율로 나타내어 시·군별 TA 변화 정도를 도시하였다. 이 결과, Fig. 4에서 보는 바와 같이, 행정구역별 녹지면적은 -12%부터 +5% 이내로 변화하였으며, 이 중 용인시의 녹지지역이 11.7% 감소하여 가장 큰 변화를 나타냈다. 이에 비해, 남양주는 1990년부터 녹지면적이 증가하여 10년 동안 총 면적이 8% 증가하였고, 안성은 녹지면적의 증감을 주기적으로 반복하는 것으로 나타났다. 나머지 지역에서는

2% 이하의 면적 증가를 나타냈다.

각 시·군의 토지피복패턴 변화를 구체적으로 살펴보면, 용인의 경우는 15년 동안 녹지가 47.6 km² 감소한 반면, 나지는 16.7 km², 시가화지역은 32.9 km² 만큼 증가한 것으로 나타나 각종 개발이 주로 녹지 지역에서 이루어졌음을 알 수 있다. 그러나 남양주는 녹지가 16.3 km², 시가화지역이 13.7 km² 만큼 증가하고, 농업지역은 29.6 km² 감소하여 주로 논·밭이었던 지역이 녹지나 도시로 전환된 것으로 판단된다. 반면에, 안성지역은 녹지면적 5.6 km² 감소, 농업지역 27.4 km²가 감소하고, 시가화지역과 나지는 각각 20.9 km², 11.7 km² 증가하여 녹지의 일부와 대규모의 농업지역이 시가화지역 등으로 변환되었을 것으로 판단된다. 또한, 광주는 녹지면적이 0.4 km² 증가한 반면, 농업지역이 22.0 km² 감소하고, 시가화지역과 나지가 16.4 km², 7.1 km² 증가하였고, 이천과 가평, 여주의 농업지역이 각각 15.3 km², 8.1 km², 10.9 km² 감소하고, 시가화지역은 9.2 km², 5.4 km², 7.6 km² 증가하여 농업지역이 대부분 개발로 인해 토지 이용이 변화되었음을 알 수 있다. 마지막으로 양평은 15년 동안 녹지지역과 농업지역, 시가화지역의 변화가 2 km² 이내로서 토지피복변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

한편, 대상지에서 가장 큰 패치의 경관면적 점유율을 의미하는 지수로서 파편화 정도를 나타내는 LPI의 변화율을 Fig. 5에서 살펴보면 TA 변화율과는 달리 광주, 용인, 안성 지역에서 상대적으로 큰 변화가 있었다는 것을 알 수 있다. 특히 광주의 LPI는 1990년을 전후로 약 90%의 증감을 나타내어, 1990년 이후로 파편화가 본격적으로 진행되었음을 알 수 있다. 이를 토지피복패턴변화와 비교하여 살펴보면, 1985년과 1990년 사이에 광주의 남부 및 남동부 지역에서 농업지역이 산림으로 전환되면서 LPI가 증가되었으나 1990년 이후로 시가화지역이 급격하게 증가함에 따라 녹지의 파편화가 심화된 것으로 보인다.

또한, 1985년부터 지속적으로 녹지면적의 감소를 보인 용인의 경우를 살펴보면, 녹지 총면적은 12% 정도 감소하였으나, LPI는 65%가 감소하여 상대적으로 최대녹지 지역의 손실이 크게 있었음을 알 수 있

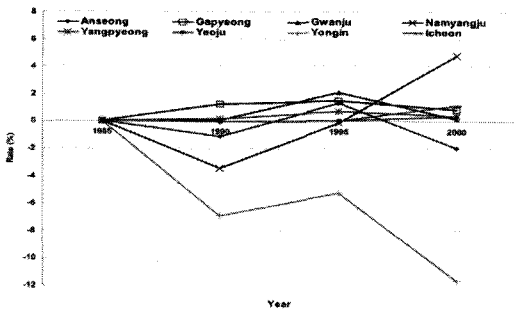


Fig. 4 Change rate of TA for forest and grassland

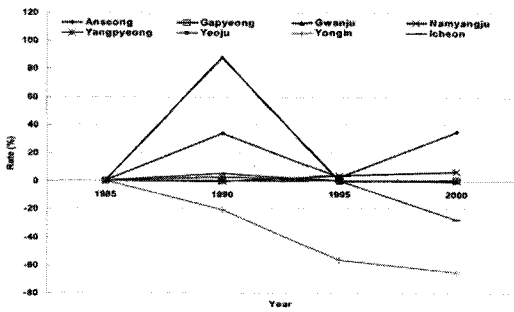


Fig. 5 Change rate of LPI for forest and grassland

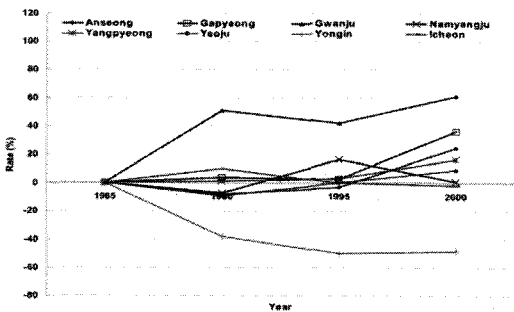


Fig. 6 Change rate of SHAPE_AM for forest and grassland

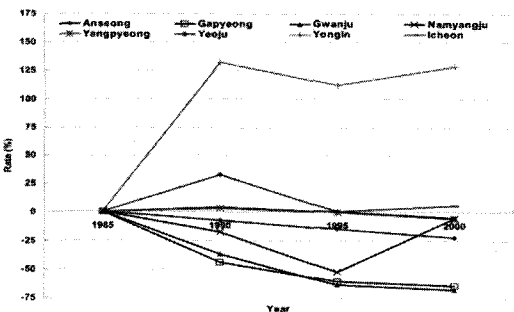


Fig. 7 Change rate of CAI_MN for forest and grassland

다. 반면에 안성의 경우, 녹지의 TA가 1%로 감소하였을 때 LPI가 35% 증가하고, TA가 1% 증가한 1995년에 오히려 LPI가 감소하여 1985년과 같은 수준을 보였다. 이를 토지피복도에서 살펴보면, 안성의 녹지 경계부분이 나지나 논으로 주기적으로 분류된 모습을 볼 수 있으며, 이 때문에 녹지면적이 영향을 받아 LPI가 반복적으로 증감한 것으로 보인다.

다음으로 녹지지역의 형태변화를 살펴보기 위하여 SHAPE_AM 지수의 변화율을 산정하고 이를 Fig. 6에 도시하였다. 이 결과, SHAPE_AM은 광주에서 최대 값인 60%증가를 나타냈으나, 용인에서는 48%감소한 것으로 나타났다. SHAPE는 경관요소 형태의 복잡성을 판단할 수 있는 지수로서 값이 증가할수록 패치의 형태가 불규칙적이고 복잡해진다. 따라서, 용인, 이천, 남양주지역을 제외한 나머지 지역에서 SHAPE_AM이 증가한 것으로 보아, 이들 지역의 녹지 형태가 일정 정도 불규칙적으로 변했다는 것을 알 수 있다. 본래, 자연발생적으로 생성된 산림 패치 모양은 불규칙적이고 복잡한데 비해 인위적인 개발로 인한 산림 패치 모양은 단순화되고 정형화된다(김훈희, 2000). 이를 통해, 조규영 등(2002)에서 난개발로 인해 사회의 이슈가 되고 있다고 지적된 용인지역의 택지개발이 큰 산림 주변부의 복잡한 모양을 가진 경계부분에서 주로 이루어짐으로서 녹지 경계를 단순화 시켰음을 판단할 수 있다. 또한, 이천은 1990년부터, 남양주지역은 1995년과 2000년 사이에 SHAPE_AM 지수가 감소경향을 나타남으로서 이 시기의 녹지변화요인이 1990년대 중반부터 본격화된 이천시와 도농 통합도시 정책의 추진 영향이라 알 수 있다.

마지막으로, 산림생태계에 영향을 미치는 핵심구역의 변화를 알아보기 위해 녹지지역의 CALMN 지수를 산정하고 그 변화율을 Fig. 7에 도시하였다. 일반적으로 녹지 면적의 감소와 핵심구역의 면적 감소는 일정한 비례관계가 성립할 것이라고 예상할 수 있으나 실제 결과는 이와 일치하지 않았다. 용인지역의 경우, 15년 간 녹지면적은 12% 정도 감소하였지만 CALMN은 130%까지 증가하여 녹지패치 당 중심면적이 차지하는 비율이 오히려 증가하는 것으로 나타났고, 광주와 가평지역은 녹지총면적의 변화가 거의 없었음에

도 불구하고 CALMN은 60% 이상 감소하여 핵심구역의 변형 현상이 크게 발생하였다. 남양주의 녹지면적은 1990년부터 꾸준히 증가하였으나, CALMN은 1995년까지는 감소하다가 1995년부터 급격히 증가하는 특이현상을 보였다. 여기서 CALMN이 증가한 용인과 남양주의 토지피복변화패턴을 살펴보면, 녹지경계부에서 주로 토지형태가 변화됨에 따라 녹지당 핵심구역 비율이 증가하였다는 것을 알 수 있다.

위 결과를 바탕으로, 대상지역의 녹지지역 변화특성을 살펴보면 다음과 같다. 녹지변화가 가장 두드러지게 나타난 곳은 용인지역으로, 녹지의 총면적 감소율이 가장 크고, LPI도 지속적으로 감소하여 녹지 파편화가 꾸준히 진행되었던 것으로 보인다. 반면에 인위적인 개발사업으로 인해 녹지 형태는 단순화되어, 그 결과 각 녹지의 핵심구역이 차지하는 비율은 증가한 것으로 나타났다. 이에 비해, 광주, 가평, 안성지역은 녹지면적의 변화폭은 적었지만, 녹지의 분포와 형태는 20% 이상 변화하여 그 분포 및 구조는 불안정하게 변화한 것으로 판단된다. 상대적으로 녹지분포율이 적은 이천과 여주에서는 별다른 녹지변화를 보이지 않았으며, 도심지에서 멀리 위치한 양평에서도 15년간 특정한 녹지변화는 없는 것으로 나타났다. 마지막으로 녹지면적이 다소 증가한 남양주에서는 녹지와 인접한 경작지가 산림이나 초지로 전환되는 모습을 보였으나 녹지 파편화에 영향을 크게 미치지 않았던 것으로 나타났다. 그러나 1995년 이후부터 남양주 녹지의 형태가 단순화되고 핵심구역비율이 증가한 것으로 보아 이 시기에 골프장 건설 등의 인위적인 요인에 의해 녹지면적이 증가한 것으로 사료된다.

3. 농업지역의 경관생태지수 변화

농업지역의 TA 변화를 도시한 Fig. 8을 살펴보면 1990년 이후로 대부분의 지역에서 농업지역의 총면적이 감소하고 있으며 그 범위는 -1%부터 -31%까지 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그 중에서 남양주의 농업지역이 31.3%로 감소폭이 가장 컸고, 광주 26.6%, 안성 11.3%, 가평 9.4%, 이천 5.8%, 여주 4.2%, 용인 2.8%, 양평 0.9% 순으로 감소 경향을 보였다. 앞서 토지피복패턴을 살펴본 바에 의하면, 농

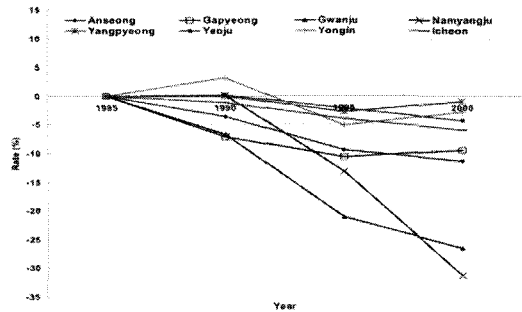


Fig. 8 Change rate of TA for agriculture

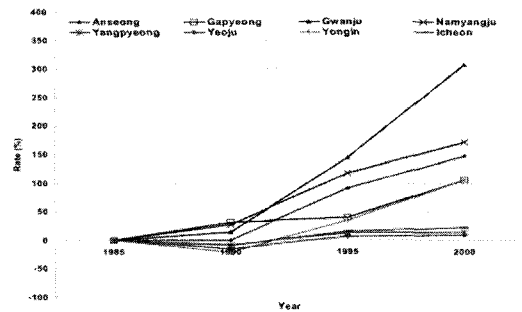


Fig. 9 Change rate of PD for agriculture

업지역의 감소가 두드러진 남양주의 토지피복패턴은 경작지 지역이 대부분 녹지 혹은 시가화지역으로 전환된 것으로 나타났다. 반면에, 녹지지역의 총면적 변화가 미미한 광주와 안성은 농업지역이 시가화지역과 나지로 변화하였음을 알 수 있다. 반면에 가평은 경작지가 대부분 녹지로 변화하였는데, 이는 경작여건이 좋지 않은 산림주변부에 위치한 밭이 산림이나 초지로 전환되었기 때문인 것으로 보인다.

다음으로 농업지역의 분포를 살펴보기 위해 PD와 LPI를 산정한 결과, 패치의 연결성과 파편화 정도를 측정할 수 있는 지표인 PD의 시계열 변화는 Fig. 9와 같이 나타났고, LPI는 Fig. 10과 같이 변화하였다. 농업지역의 PD가 높을수록 100ha 당 경작지의 패치수가 증가하여 작은 규모의 농업지역이 산재하여 분포한다는 것을 의미하므로, 이 지수의 변화를 통해 파편화 진행정도를 유추할 수 있다. 따라서 Fig. 9를 살펴보면 1990년 이후부터 모든 지역에서 PD가 지속적으로 증가하였으므로 경기도 전 지역에서 정도의 차이는 있지만 농업지역 파편화가 진행되었다고 판단할 수 있다. 이 중, PD가 300% 이상 증가한 광

주지역에서 파편화가 가장 급격하게 진행된 것으로 판단되며, 두 번째로는 농업지역 총면적의 감소가 가장 크게 나타난 남양주에서 PD가 172% 증가하여 경작지의 감소와 함께 파편화도 진행 되었다는 것을 알 수 있다. 반면에 이천, 양평, 여주에서는 PD의 변화가 미미하여 농업지역의 파편화 진행정도가 심각하지 않았음을 알 수 있다. 마지막으로, 용인과 가평의 농업지역 TA와 PD 변화 추세를 비교하면, 농업 면적이 감소한 정도와 파편화 경향이 일치하지는 않는다는 사실을 알 수 있다. 파편화 지수인 PD는 농업지역이 산림으로 전환되었을 때보다 시가화지역으로 개발되었을 때 급격한 증가경향을 나타내었으며, 이를 통해 농업지역의 경계부가 다른 용도로 전환되는 경우에는 PD가 크게 증가하지 않지만, 도로와 같은 인위적인 선형개발이 농업지역의 파편화에 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

PD와 함께 파편화의 지표로 주로 사용되는 LPI는 값이 감소할수록 최대패치의 크기가 감소하여 파편화가 심화되었다는 것을 의미한다. 이를 통해 Fig. 10에 나타난 농업지역의 LPI 변화를 살펴보면 가평지역을 제외한 대부분의 지역에서 1990년 이후로 꾸준히 LPI가 감소하는 것으로 나타나 파편화가 지속적으로 진행되었다는 것을 알 수 있다. LPI 감소 정도 순서로 파편화 심화도를 정렬하면 광주지역이 1990년에 비해 120% 감소하여 최대 패치의 면적이 가장 많이 감소하였고, 그 다음으로는 남양주 56%, 안성 39%순으로 나타나 PD로 유추한 파편화순서와 유사하게 나타났다. 그러나 가평의 경우에는 녹지지역과 인접하여 경작여건이 열악한 농업지역이 주기적으로 나지로 분류됨에 따라, 농업지역의 최대패치면적이 증감을 반복하는 것으로 나타났다.

농업지역의 형태 변화는 Fig. 11을 통해 알 수 있다. LSI가 증가할수록 패치의 경계선 길이가 증가하여 형태가 복잡해지는 것을 의미하므로 모든 행정구역에서 농업지역 형태의 복잡화가 진행된 것을 알 수 있다. LSI 지수의 변화 범위는 20%부터 74%까지로 나타났으며, 80년대보다 90년대에 들어서 급격하게 증가하였고, 광주, 안성, 가평, 용인 순으로 지수의 변화가 크게 나타났다. 남양주는 농업면적의 감소가 컸

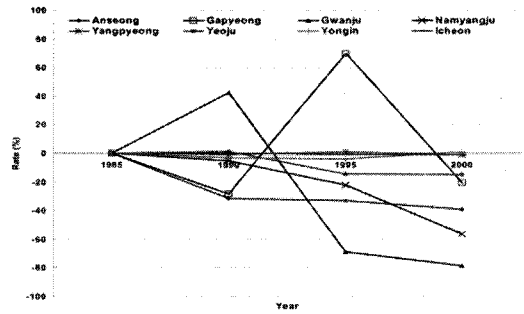


Fig. 10 Change rate of LPI for agriculture

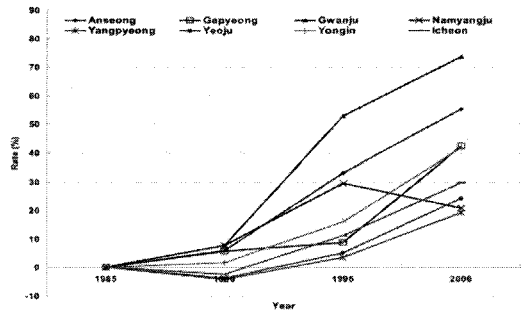


Fig. 11 Change rate of LSI for agriculture

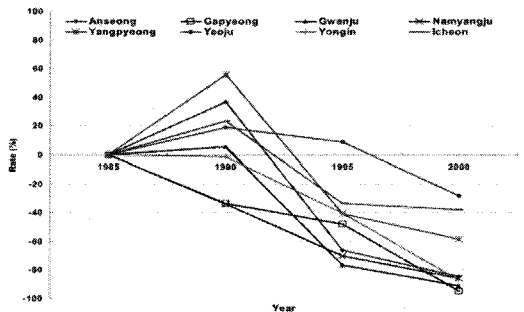


Fig. 12 Change rate of CAI_MN for agriculture

음에도 불구하고 LSI의 변화폭은 상대적으로 적었으며 1995년 이후에는 오히려 패치형태가 단순화 된 것으로 보아 농업지역이 주로 녹지지역으로 전환되면서 규모는 작아지고 형태는 단순화 되었다는 것을 알 수 있다.

마지막으로, 농업지역의 주변부를 제외한 핵심구역이 차지하는 비율을 평균하여 산정된 CAI_MN은 Fig. 12와 같이 변화하였음을 알 수 있다. 다른 지수들의 변화 추세와 유사하게 1990년을 기점으로 CAI_MN의 감소가 가속화되었으며, 광주, 남양주, 안성, 용인

그리고 가평지역의 경작지 핵심구역이 85% 이상 급격히 줄었음을 볼 수 있다. 이에 비해 여주는 28%, 이천은 38% 정도 감소한 것으로 나타나 쌀의 주산지로 유명한 지역이 비교적 경작지 변화가 적다는 것을 알 수 있다. 여기서, 농업지역의 핵심구역 감소는 대규모 경작지의 감소를 의미하며, 이로 인해 농업시설의 생산성 및 관리효율에 영향을 미칠 수 있을 것이라 사료된다.

위의 지수 변화특성을 정리하면, 농업지역의 시계열변화가 뚜렷한 가평, 광주, 남양주, 안성, 용인지역과 상대적으로 지수의 변화폭이 작은 양평, 여주, 이천지역으로 나눌 수 있다. 이 중, 광주와 남양주지역은 TA가 크게 감소하고 PD, LPI, LSI 그리고 CALMN의 변화가 극심한 지역으로서 농업지역의 파편화와 형태의 변화가 심각했던 것으로 판단된다. 반면에 안성, 가평, 용인지역은 두 지역에 비해 TA 변화는 적었지만 PD와 LSI의 증가경향이 뚜렷하고, LPI와 CALMN은 감소함으로서, 각 농업지역의 규모가 축소되고, 핵심구역도 감소하여 전체적으로 농업지역의 구조가 불안정하게 변화하였음을 알 수 있다. 후자의 경우는 농업지역의 TA변화가 5% 이하인 지역으로 CALMN 지수만 변동을 보이고, 다른 지수들은 거의 변화가 없는 것으로 나타나, 경작지 규모는 다소 축소되었지만 인위적인 요인으로 인한 특정한 변화가 없는 지역으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 도시확산이 빠르게 진행되고 있는 경기도 남·동부 지역, 8개 도농통합형 도시 및 군 지역을 대상으로 시기별 토지피복도를 이용하여 산림과 초지를 포함하는 녹지지역과 논과 밭을 포함하는 농업지역으로 대변되는 농촌경관지역의 경관생태지수를 산정하였다. 산정된 경관생태지수를 바탕으로 농촌경관지역의 시계열적 분포 및 형태의 변화 특성을 시·군별로 비교분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 농촌경관 고유 특성을 나타내는 초지와 산림을 통합하여 녹지지역, 논과 밭을 통합하여 농업지역으로 분류하였으며 경관생태지수 산정을 위해 시계열(1985

년, 1990년, 1995년, 2000년) 자료를 사용하였다.

2. 녹지지역 및 농업지역 각각의 경관생태지수들 간의 Pearson 상관분석을 통해 의미적으로 중복되는 지수를 제외하여 대표경관생태지수를 선정하였다.

3. 녹지지역 분석결과, 용인지역의 녹지변화가 가장 심한 것으로 나타났으며, 용인의 녹지 파편화가 꾸준히 진행되고, 그 형태가 인위적인 개발로 인해 단순화된 것으로 나타났다. 이에 비해, 광주, 가평, 안성지역은 TA는 거의 변화하지 않았으나, LPI와 SHAPE_AM는 상당량 변화를 보인 것으로 나타나 녹지의 분포 및 구조가 불안정하게 바뀐 것으로 판단된다. 반면, 이천과 여주의 녹지는 별다른 변화를 보이지 않았으며, 강원도와 인접한 양평에서도 특별한 변화는 없는 것으로 나타났다. 마지막으로 TA가 다소 증가한 남양주에서는 녹지와 인접한 경작지가 산림이나 초지로 전환되는 모습을 보였으나 녹지 파편화에는 영향을 크게 미치지 않은 것으로 나타났다.

4. 농업지역의 구조적 변화를 살펴보면, 가평, 광주, 안성, 남양주, 용인지역은 PD와 LSI가 큰 폭으로 증가하고, LPI와 CALMN은 감소하는 경향을 나타냄으로서, 이 지역의 농업지역의 전체면적과 핵심구역이 감소하고, 파편화가 진행되어 전체적으로 농업지역의 구조가 불안정하게 변화하였음을 알 수 있었다. 이에 비해 양평, 여주, 이천의 경우는 농업지역의 총면적변화가 5% 이하인 지역으로 경관생태지수들의 변화가 상대적으로 거의 없는 것으로 나타났다.

이상과 같이 경관생태지수를 활용하여 농촌지역의 구조적 변화 양상을 분석한 결과는 점점 농촌경관보존에 대한 관심이 제고되고 있는 상황에서, 농촌경관의 파편화를 모니터링하고 방지하는 데 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. 강병서, 2005, 다변량 통계학, 한경사.
2. 경기도, 2000, 경기통계연보, 경기도.
3. 김선주, 2005, 어메니티 자원화를 위한 농업기반시설 정비 방향, 한국농공학회지 전원과 자원, 47(4), pp.33-42.

4. 김훈희, 2000, 토지이용변화 확률에 따른 녹지 환경의 민감성 평가, 상명대학교 박사학위논문.
5. 노형진, 2005, 다변량분석 이론과 실제, 형설출판사.
6. 박명원, 2007, 경기도 도시정책의 이슈와 발전 방향, 대한토목학회, 55(7), pp.19-27.
7. 박선엽, Stephen L. Egbert, 2003, 미중부지역 농지보전 프로그램에 의한 경관구조 변화분석, 한국지역지리학회지, 9(4), pp.519-533.
8. 박인환, 장갑수, 2002, 대도시 주변지역의 토지 이용변화 : 대구광역시를 중심으로, 한국조경학회지, 30(1), pp.1-10.
9. 서주환, 최현상, 이준근, 2002, 농촌경관 도입요소의 조작성을 통한 경관 평가 - 농촌 문화마을을 대상으로 -, 한국산림.휴양학회지, 6(4), pp.1-7.
10. 손학기, 김원주, 박종화, 2000, 도시공원의 경관 생태학적 분석-패취의 형태지수와 분산도 분석을 중심으로-, 한국조경학회지, 23(4), pp.12-19.
11. 수자원관리종합정보시스템(WAMIS), 2006, 지형공간 자료 명세서, <http://www.wamis.go.kr/>.
12. 이용경, 1998, Trend of forest fragmentation in the lower region of the Han river basin, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
13. 장갑수, 박인환, 1999, 경상북도 4개 도시의 녹지 파편화 현상 비교, 환경영향평가, 8(4), pp.13-23.
14. 정성관, 오정학, 박경훈, 2003, 도시경관계획수립을 위한 경관파편화에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 6(3), pp.11-20.
15. 정성관, 오정학, 박경훈, 2005, 경관지수를 활용한 낙동강 유역 산림경관의 시계열적 패턴 분석, 한국지리정보학회지, 8(2), pp.145-156.
16. 조규영, 옥진아, 서주환, 2002, GIS를 활용한 주거용 적지분석에서의 절차적·방법론적 합리성 2: 용인시를 사례로, 한국도시지리학회지, 5(2), pp.65-77.
17. 최원영, 정성관, 오정학, 유주환, 2005, 경관지수와 생태계용역가치를 활용한 대구광역시권 경관의 구조적,기능적 변화 분석, 한국지리정보학회지, 8(4), pp.102-113.
18. Cafaldi, R.L., J.D. Allan, J.D. Duh & D.G. Brown, 2004, Spatial patterns in land cover of exurbanizing watersheds in southeastern Michigan, Landscape and Urban Planning, 66(2), pp.107-123.
19. McGarigal, Kevin. & J. Marks Barbara, 1995, FRAGSTATS : spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, Portland : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
20. Tinker, D.B., C.A.C. Resor, G.P. Beauvais, K.F. Kipfmüller, C.I. Fernandes & W.L. Baker, 1998, Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest, Landscape Ecology, 13(3), pp.149-165.