

연구논문

단계적 변화 분석(gradient analysis)을 적용한 도시화의 공간적 평가

이동근 · 최혜영*

서울대학교 조경 · 지역시스템공학부, 서울대학교 대학원*
(2008년 10월 15일 접수, 2008년 12월 16일 승인)

The use of Gradient Analysis in Spatial Understanding of Urbanization

Dong-Kun Lee · Hye-Yeong Choe*

Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University
Graduate School, Seoul National University*

(Manuscript received 15 October 2008; accepted 16 December 2008)

Abstract

It is certain that urbanization has transformed the ecological consequences severely, but urban ecosystem is not fully understood yet. Urban growth is not like a static form and it spreads spatially and temporally. Therefore in studying urban ecosystem, it is important to relate the spatial pattern of urbanization to ecological processes. Using gradient analysis, we attempted to quantify the urbanization's spatial impacts in Daejeon-city and Cheonan-city, Chungcheong-province, Korea. Because of Multifunctional Administrative City Planning (MACP), a lot of development projects are planned in Chungcheong-province, Korea. It's important to study about original cities' patterns and impacts. These results can be adopted to future city planning. So several measures such as fragmentation, vegetation index, surface temperature, population density, and income rate were computed along a 75km long and 3km wide transect. The results showed that Daejeon-city has a wider urban center, lower vegetation indexes, and higher surface temperature than Cheonan-city. Therefore in the perspective of urban environments and sustainable urbanism, it seems that Cheonan-city is better than Daejeon-city. The changes along the transect have important ecological implications, and quantifying the urbanization gradient is an important step in understanding urban ecology.

Keywords : Urbanization, Urban ecology, Urban types, Gradient analysis

1. 서론

도시개발은 산림의 파편화, 생물다양성, 에너지 흐름, 물질순환, 미기후 등 많은 측면에서 도시생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다(Luck and Wu, 2002; Berling-wolf and Wu, 2004; Donnelly and Marzluff, 2006). 최근 발생하고 있는 이러한 문제들은 도시화에 따른 생태계의 변화로 인식되고 있지만, 이러한 변화들의 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다(Berling-wolf and Wu, 2004). 도시생태계의 기능에 영향을 미치는 도시개발은 점적인 개발이 아니며, 시·공간적으로 확산되기 때문에 도시생태계에 대한 연구에서 도시의 공간적 구조와 생태적 과정의 상호관계 이해는 매우 중요하다(Pickett and Cadenasso, 1995; Luck and Wu, 2002; Berling-wolf and Wu, 2004). 따라서 도시생태계의 연구는 공간적인 특성이 고려되어야 하며 특히 도시의 유형에 따른 도시생태계의 공간적인 현황을 고찰하는 것이 필요하다.

도시생태계를 이해하기 위해서는 도시의 공간에 따른 변화 양상을 정량화하고(Berling-wolf and Wu, 2004), 도시의 유형에 따른 생태계의 변화, 역동성 등을 정량적으로 분석하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 도시의 공간에 따른 영향의 파악을 위해 도시 주변 지역들을 함께 고려할 수 있는 분석 방법인 단계적 변화 분석(gradient analysis)을 이용하고자 한다. 식생 분석의 관점에서 식물 분포와 생태계의 특징에 도시화의 영향을 조사하기 위해 이용한 단계적 변화 분석은 지난 10여 년 동안 도시와 도시 주변의 생태계 연구에 효과적으로 이용되어 왔다(McDonnell and Hahs, 2008).

단계적 변화 분석은 도시를 지나는 횡단면을 따라 공간적인 특징을 반영하므로, 생태계와 경관의 공간적 변화를 파악하는데 효과적으로 이용될 수 있다. Luck and Wu(2002)는 미국 애리조나 주의 피닉스 대도시 지역을 대상으로 단계적 변화 분석을 이용하여 토지 이용에 따라 패치 풍부도, 패치 밀도, 패치 크기의 다양성, 형태 등을 분석하여, 도시화가 공간에 미친 영향을 제시하였다. 연구 결과

를 통해 도시 중심의 위치와 도시화의 공간적 유형을 정량화할 수 있었으며, 기존의 프랙탈 차원이나 인접 영향 분석(contagion) 방법 등을 이용한 도시 연구들이 보여주지 못하는 경관 구조의 변화를 알아내는 데 효과적이었다. 또한 Zhu *et al.*(2006)은 다양한 셀 크기의 단계적 변화 분석을 통하여 도로가 경관 유형에 미치는 영향을 연구하였다.

그러나 단계적 변화 분석을 이용한 기존의 연구들은 하나의 도시 지역 분석에 집중하여 각각의 도시 환경 등을 고려할 때 다른 지역에는 적용될 수 없는 연구 결과이기 때문에 도시의 상황을 적용한 연구가 필요하다. 또한 분석 결과가 주로 FRAGSTATS 프로그램에 의존하여 경관의 파편화 정도를 파악하는 것에 그쳐 기존의 도시화에 대한 생각들의 확인에 지나지 않았기 때문에 연구 범위를 확장할 필요가 있다.

우리나라에서의 도시화 지역의 영향과 공간적 분포패턴에 관한 기존의 연구들은 주로 도시계획학 및 지리학의 관점에서 수행되고 있으며, 도시화의 공간적인 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 사공호상(2004)은 원격탐사와 GIS를 이용해서 수도권 물리적 공간특성 변화를 분석하였다. 다양한 시기의 위성영상을 이용한 토지피복자료를 이용하여 도시화 지역의 변화과정, 도시화의 확산방향 및 도시화 과정을 파악하였다. 또한 정재준과 노영희(2007)는 GIS의 격자 분석, 최근린 분석 등을 이용하여 도시화 지역의 공간적 분포패턴을 연구하였다. 그러나 이러한 연구들은 단순히 변화 양상을 파악하는 내용으로 영향의 정도와 도시생태계의 이해, 변화의 방향 예측 등은 한계가 있다고 판단된다.

향후 개발압력에 따라 점점 더 많은 지역이 도시화의 영향을 받을 것이며, 이에 따라 도시화의 부정적 영향을 최소화하고 도시의 환경성과 지속성 유지를 위한 연구가 필요하다. 현재 우리나라의 경우 도시생태계에 대한 기초적 연구는 거의 전무한 상태이기 때문에 지역 상황에 기초한 연구진행이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 도시화로 인한 토지이용의 파편화 정도와 산림에 대한 영향을 공간

적으로 파악하고 지표 온도의 변화와 인구 밀도, 소득 비율 등 사회적 요소의 분석을 통해 도시의 사회·생태적 요소의 영향 관계를 이해하고자 한다. 본 연구의 목적은 이러한 연구 결과의 종합을 통해 향후 도시화 단계에 있어 실제 도시 계획이나 개발에 적용할 수 있는 결과를 구축하는 것이다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 대상 도시는 충청지방의 대전광역시와 천안시이다(그림 2). 우리나라의 수도권 지역은 도시들의 경계가 인접해 위치하기 때문에 도시화의 영향을 공간적으로 평가함에 있어 단계적 변화 분석을 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 독립적으로 위치하는 도시를 연구 대상으로 선정함에 있어, 충청 지역의 대전광역시와 도농 복합 도시인 천안시를 선택하였다. 충청도의 연기군 일대는 행정중심 복합도시 선정에 의한 정부 기관 이전, 대학교 입주 등이 계획되어 있어¹⁾, 향후 계획의 방향에 적용할 수 있는 기존 도시에 대한 연구 결과의 도출은 의미가 클 것으로 사료된다. 대전광역시는 면적이 539.59km²이며, 충청남도의 도청소재지로 1949년 대전시가 되어 중부지방의 중핵 도시로 모든 분야에 발전을 이루었고²⁾, 천안시는 면적이 636.49km²이며, 1963년 천안시가 되어 교통의 요지로 도농 복합 형태의 시가 되었다³⁾.

2. 연구의 방법

1) 분석 요소 선정

기존의 문헌 고찰을 통해 도시화의 공간적 평가를 위한 분석 요소로 파편화, 식생, 지표온도, 인구 밀도, 소득률의 다섯 항목을 선정하였다(그림 1). 도시화에 따른 대규모의 개발 사업으로 인한 경관 파편화 현상은 서식처의 고립, 교란, 손실을 가져오며, 패치 규모의 감소, 형태의 변화, 패치 내의 종다양성 감소를 가져와 중국에는 종의 멸종을 가져온다(Forman, 1995; 홍선기 등, 2000; 안동만 등,

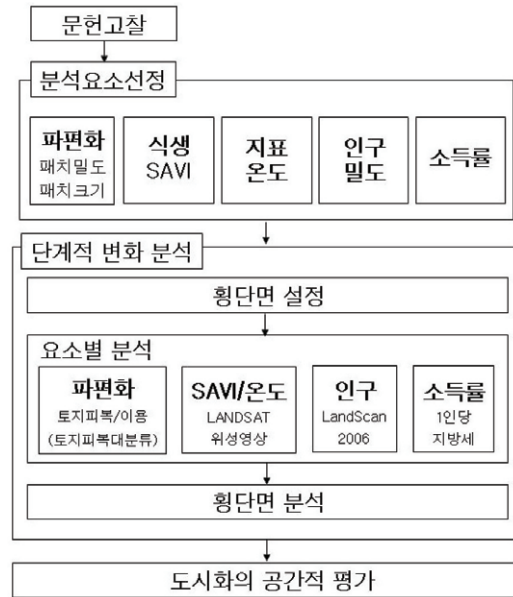


그림 1. 연구 흐름도

2003). 따라서 도시화에 따른 경관 파편화의 영향과 이에 따른 생태적인 영향을 공간적으로 파악하는 것은 중요하다. 그러나 일반적으로 현장조사 방법에 의해 광역의 산림의 질을 조사, 평가하여 생태적인 영향을 파악한다는 것은 어렵기 때문에 본 연구에서는 위성 영상을 이용한 식생지수를 이용하기로 한다. 원격탐사에서 토지이용변화를 관측하는 분류기법의 적용은 식생의 공간적인 분포를 파악하는데 적합하다(정종철, 1999). 인공위성 영상을 이용할 경우 식물의 활력도에 따라 가시광선과 근적외선 파장대의 반사량의 차이를 이용해 식물의 활력도를 측정하는 것이 가능하기 때문에, 도시화가 생태계에 미친 영향을 식생 활력도와 녹색식물의 생체량을 평가할 수 있는 식생지수를 이용하여 합리적으로 파악할 수 있다고 판단하였다.

또한 도시 식생의 분포가 인간 거주 유형의 도시의 미기후에 영향을 준다는 기존 연구 결과를 참고하여(Jenerette *et al.*, 2007), 지표 온도의 변화와 도시의 사회적 요소를 공간적으로 파악한다. 많

1) <http://www.klcmac.co.kr/>

2) <http://www.daejeon.go.kr/>

3) <http://www.cheonan.go.kr/>

은 지역의 기후 변화는 식생의 다양성에 의한 것이기 때문에(Saunders *et al.*, 1998; Smith and Johnson, 2004), 지역의 온도 변화를 통해서도 생태적 영향을 파악할 수 있으며, 도시화에 의한 지역적 기후변화는 인간과 생태계의 혼합적 변화에 의한 것으로 도시화의 영향 파악에 중요한 요소로 판단하였다. 사회적 요소로는 인간 거주 유형의 반영하기 위해 공간별 인구 밀도와 공간별 소득률을 선정하여 이들의 분석을 통해 종합적으로 도시의 공간적인 사회·생태적 요소의 영향 관계를 파악하였다.

2) 단계적 변화 분석

(1) 횡단면(transect) 설정

도시화의 공간적 영향을 평가하는 방법으로 본 연구에서는 단계적 변화 분석(gradient analysis) 기법을 사용하였다. 단계적 변화 분석은 도시를 지나가는 횡단면을 따라 공간적인 특징을 반영하는 분석 방법이기 때문에 횡단면의 설정이 중요하다. 본 연구에서는 횡단면이 두 도시를 최대한으로 반영하도록 하기 위해, 횡단면이 두 도시의 시청을 지나가도록 설정하였다. 또한 횡단면의 크기는 도시 크기 등을 고려하여 도시 주변의 상황을 파악할 수 있도록 가로 길이는 본래 도시의 크기만큼 도시 좌우에 거리를 더해지며 세로는 도시 중심의 현황을 잘 파악할 수 있도록 충분한 길이를 주었다. 따라서 두 도시의 횡단면을 가로 75km, 세로 3km로 설정하였으며, 횡단면은 25개의 3×3km²의 셀로 이루어져 있다(그림 2).



그림 2. 연구 대상지

(2) 선정된 요소의 분석

도시화에 따른 경관 파편화를 분석하기 위한 토지이용의 경향, 비율 등 경관 분포 지수 분석은 2006년 환경부에서 제작된 대분류 토지피복지도를 기반으로 하였다(그림 3). 토지이용은 시가지, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역의 총 7가지로 구분된다. 경관 분포 지수는 FRAGSTATS (McGarigal *et al.*, 1995)의 경관 매트릭스 개념을 이용하여 본 연구에 적용할 수 있도록 단위를 수정하였으며, 경관 파편화를 공간적으로 파악하기 위해 각 토지이용의 면적, 패치밀도, 평균패치크기를 ArcGIS 9.2(ESRI, 2006)의 Selection 기능을 이용하여 구축하였다. 패치밀도는 하나의 셀(3×3km²)당 패치의 개수, 평균패치크기는 각 토지이용의 총 면적을 패치의 수로 나눈 값으로 이들 지수의 값을 통해 경관의 파편화 정도, 토지이용 현황 등을 파악하였다.

위성영상을 통해 파악할 수 있는 식생지수에는 NDVI(정규식생지수; Normalized Difference Vegetation Index)와 SAVI(토양조정식생지수; Soil-Adjusted Vegetation Index) 등이 있으며, NDVI와 SAVI는 식생이 건강하고 적외선 분광의 반사율이 높은 식생일수록 높은 값이 나타나며, 인공구조물은 0에 가까운 값이 계산된다(김남신,

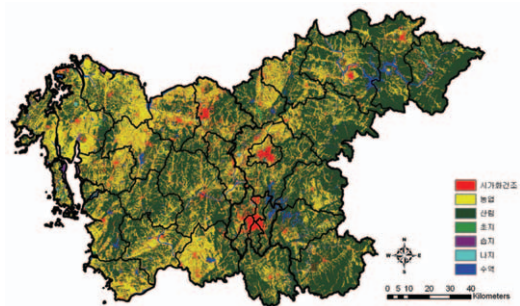


그림 3. 토지 이용 현황(2006, 대분류 토지피복지도)

표 1. 분석에 활용된 경관 지수

경관 지수	설 명
면 적	하나의 셀(3×3km ²)당 각 토지이용의 면적
패치밀도	하나의 셀(3×3km ²)당 패치의 개수
평균 패치크기	각 토지이용의 총 면적을 패치의 수로 나눈 값

2005). NDVI는 식생의 밀도와 광합성 정도를 측정하기 위한 지표로 기존의 연구들에서 반복적으로 이용되었으며(Jenerette *et al.*, 2007), Rouse *et al.*(1973)에 의해 제시된 산출 방법을 이용하여 계산할 수 있다. 그러나 연구하려는 대상지가 도시라는 것을 착안하여 본 연구에서는 식생지수 중 SAVI를 선정하여 분석하였다. SAVI는 식생의 밀도가 낮고 토양의 반사율이 큰 지역에 적절한 식생 지수로(Ustin *et al.*, 1999) 도시 연구에 적합한 지수가 될 수 있으며, Huete(1988)에 의해 제시된 산출 방법을 이용하여 계산할 수 있다. 지표온도 또한 위성영상 자료를 이용하여 광범위한 공간의 정보 획득이 가능하며, 위성영상의 열적외선 수치를 이용하여 NASA에서 제시한 모델을 이용해 계산할 수 있다(서울특별시, 2002). 따라서 SAVI, 지표온도의 데이터는 2000년 5월 8일과 2001년 9월 23일에 촬영된 Landsat 7 ETM+를 기반으로 ERDAS Imagine 8.5(ERDAS, 2001)와 ArcGIS 9.2(ESRI, 2006)를 이용해 구축하였고, 이 데이터의 단계적 변화를 파악하기 위한 자료 구축은 ArcGIS 9.2(ESRI, 2006)의 Zonal Statistics 기능을 이용하였다.

인구 밀도의 파악은 미국 국방부(United States Department of Defense)의 Oak Ridge National Laboratory(ORNL)에서 제공하는 LandScan 2006 Global Population Database를 이용하였다. 이 자료는 전 세계의 인구가 30 arc seconds(약 1 km)의 셀 단위로 구축되어 있기 때문에 ArcGIS 9.2(ESRI, 2006)의 Zonal Statistics 기능을 이용하여 횡단면이 지나가는 지역의 인구 자료를 추출하였다. 그러나 자료의 한계 상 평균소득 자료를 획득할 수 없어 지방세의 납부액에 따라 평균 소득이 클 것이라는 가정을 하였다. 지방세 납부액은 통계청⁴⁾의 시군구별 지방세 납부 현황(2003)을 이용하였으며, 평균 1인당 지방세 납부액의 비율을 인구 밀도에 곱하여 공간별 소득률을 계산하였다.

III. 결과 및 종합

1. 대전시의 단계적 변화 분석

도시화에 의한 공간적 경관 파편화를 분석한 토지이용별 면적과 패치밀도, 평균패치크기는 그림 4의 a, b, c와 같다. 일반적으로 토지 이용은 횡단면을 따라 다소 대칭적인 형태를 보여주며(그림 4a), 시가화건조 지역의 면적이 높은 지역(39km에서 45km 사이의 지역)을 도시의 중심지역이라고 할 수 있다. 도시 중심 외의 지역은 시가화건조지역이 우세한 36km에서 48km 지역과 농업 이용이 우세한 33km에서 36km를 제외하고는 전반적으로 산림 지역이 우세하다. 하나의 셀에서 패치의 수를 나타내는 패치밀도는 30km 지점에서 57km 지점까지, 시가화건조지역, 농업지역, 산림지역은 도시 중심지역에서 낮은 값을 보이는 'U' 자 형태를 보이는 것에 반해 초지, 수역, 나지, 습지 지역은 도시 중심에서 높은 값을 보여 도시 중심지역에서는 시가화 지역의 개발에 의해 초지, 수역, 습지 지역의 파편화가 일어났으며, 농업지역과 산림지역은 도시 중심지역보다 도시 중심의 주변부(33km 지점과 48km에서 57km 지점)에서 파편화가 일어났음을 보여주는 것이다(그림 4b). 평균 패치 크기는 전 토지 이용에서 작은 값을 보여주는 반면, 산림의 경우 21km에서 33km 이내, 51km에서 66km 이내의 지역에서 평균 패치 크기가 상당히 크다. 이를 통해 도시가 산림의 파편화에 미치는 영향과 이에 대한 범위 등을 파악할 수 있다(그림 4c).

SAVI의 경우, 값이 특히 작아 음수의 값이 측정된 33km 지점에서 45km 지점을 도시의 영향이 크게 작용한 지역으로 해석할 수 있으며, 30km 이내와 48km 외의 거리에서 SAVI의 값이 크게 유지되고 있어 도시가 산림의 활력도에 미치는 범위를 약 12km 정도로 생각할 수 있다(그림 4d). 반면에 평균패치크기가 큰 24km 지점에서 27km 지점은 SAVI의 값이 월등히 크게 나타났다.

인구는 33km 지점에서 48km 지점에 집중되어

4) <http://www.nso.go.kr/>

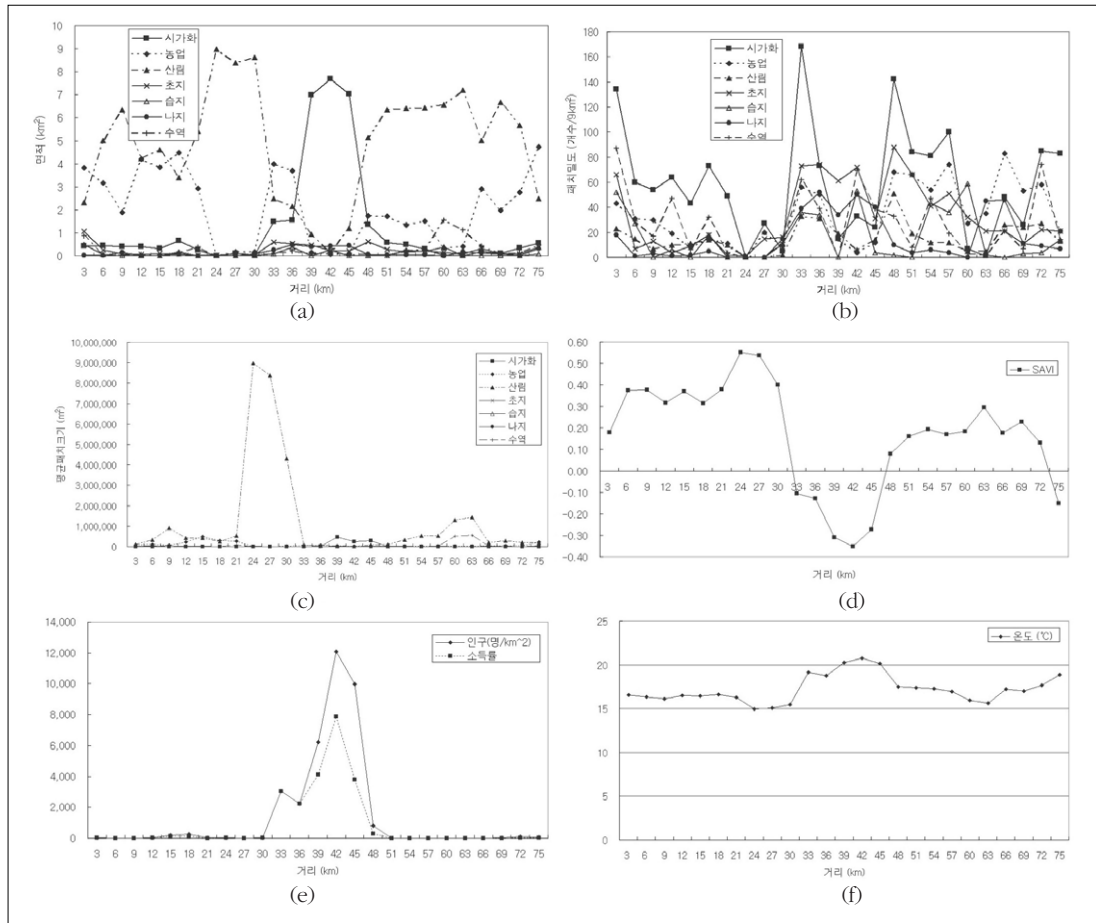


그림 4. 대전시의 단계적 변화 분석: (a) 각 토지이용의 면적, (b) 패치밀도, (c) 평균패치크기, (d) SAVI, (e) 인구밀도, 소득률, (f) 온도

분포하며, 42km 지점에서 인구밀도가 12,093명/km² 으로 최대값을 보여주었다. 이 외의 부분은 인구밀도가 250명/km² 이하로 도시 중심 지역과 차이가 크다(그림 4e). 또한 소득률의 분포는 인구의 분포와 비슷한 형태를 보여준다.

지표온도는 연구 지역에서 최고온도와 최저온도가 20.76℃, 14.97℃로 5.79℃의 차이가 난다(그림 4f). 33km 지점에서 45km 지점까지 18.74℃ 이상의 높은 온도가 나타나고 있지만 33km에서 36km 지점은 도시 중심 지역에 비해 약 2℃ 낮은 온도를 보여주고 있다. 그림 4a에서 볼 수 있듯이 농업지역과 산림지역의 상대적인 풍부함이 도시의 온도 저감에 영향을 미쳤음을 유추할 수 있으며, 지표온도

의 분포가 인구밀도의 분포와 상당히 유사한 것을 확인할 수 있다.

2. 천안시의 단계적 변화 분석

천안시 역시 토지 이용은 횡단면을 따라 대칭적인 형태를 보여주지만, 도시 중심지역을 나타내는 시가지건조 지역의 면적이 높은 지역(30km에서 33km 사이의 지역)이 대전시에 비해 상대적으로 좁다(그림 5a). 천안시의 경우 27km 내의 지역은 농업 지역, 36km 외의 지역은 산림 지역이 우세하며, 도시 중심지역에서도 비교적 면적이 넓다. 패치밀도에서는 27km 지점에서 36km 지점까지, 시가지건조지역, 농업지역, 산림지역은 도시 중심지역

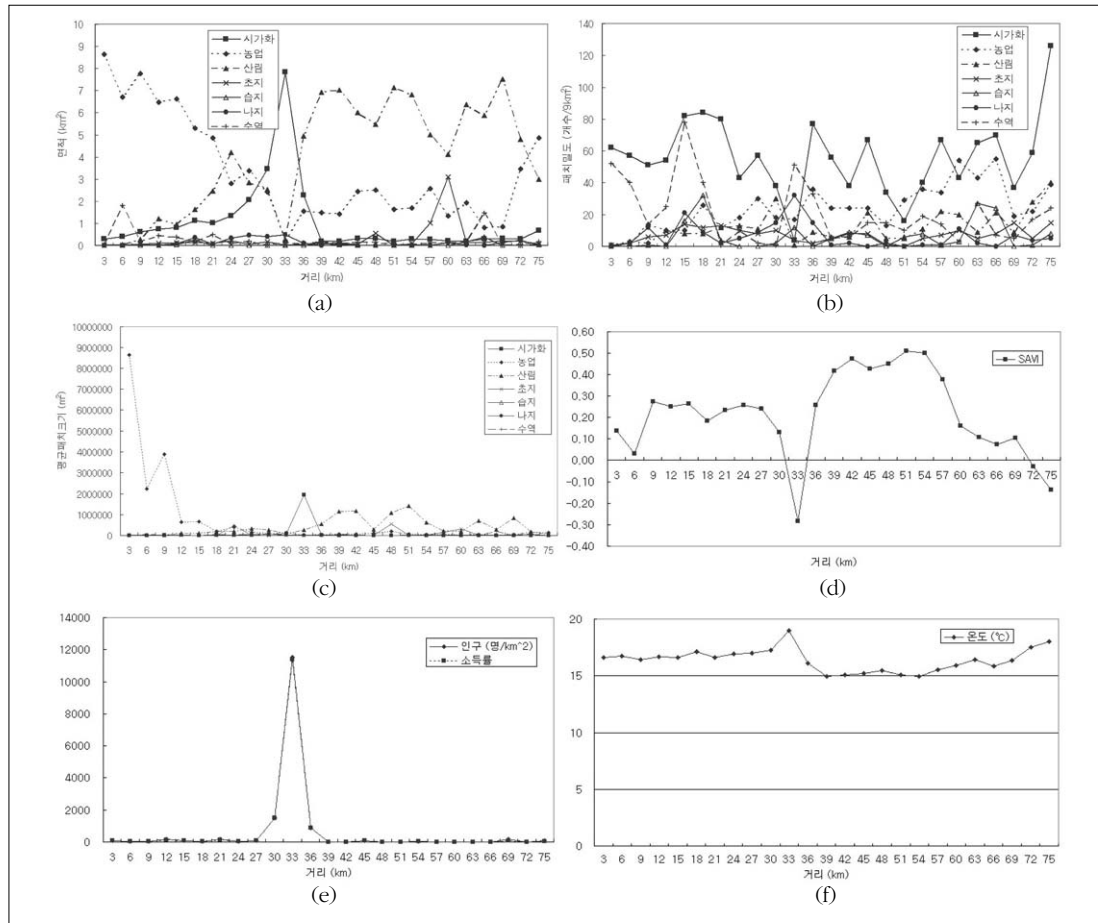


그림 5. 천안시의 단계적 변화 분석: (a) 각 토지이용의 면적, (b) 패치밀도, (c) 평균패치크기, (d) SAVI, (e) 인구밀도, 소득률, (f) 온도

에서 낮은 값을 보이는 'U' 자 형태를 보이는 것에 반해 수역, 나지, 습지 지역은 도시 중심에서 높은 값을 보여 천안시 역시, 도시 중심지역에서는 시가화 지역의 개발에 의해 수역, 습지 지역의 파편화가 일어났으며, 농업지역과 산림지역은 도시 중심지역보다 도시 중심의 주변부(27km에서 30km지점과 36km 지점)에서 파편화의 강도가 큼을 보여주고 있다(그림 5b). 평균 패치 크기는 전 토지 이용에서 작은 값을 보여주는 반면, 36km에서 72km 이내의 지역에서 산림의 평균 패치 크기가 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있으며, 천안시의 도시화가 산림에 근접한 지점까지 이루어진 것을 알 수 있다(그림 5c). 또한 15km 내의 지역에서는 농업 지역의 패치

크기가 크게 나타나고 있다.

천안시의 SAVI의 경우, 72km 외의 지역을 제외하고 SAVI의 값이 유일하게 음수값이 나온 33km 지점을 도시의 영향이 크게 작용한 지역으로 해석할 수 있으며, 9km에서 30km 이내와 36km에서 60km의 거리에서 SAVI의 값이 크게 나타났다(그림 5d). 특히 산림의 면적이 높게 나타난 36km에서 57km 지점은 SAVI의 값이 월등히 크게 나타났다.

인구는 30km 지점에서 36km 지점에 집중되어 분포하며, 33km 지점에서 인구밀도가 11,513명/km²으로 최대값을 보여주었다. 이 외의 부분은 인구밀도가 190명/km² 이하로 도시 중심 지역과 차이가 크다(그림 5e). 또한 천안시 역시 소득률의

분포는 인구의 분포와 비슷한 형태를 보여주었다.

지표온도는 연구 지역에서 최고온도와 최저온도가 18.98℃, 14.92℃로 4.06℃의 차이가 난다(그림 5f). 33km 지점에서 지표온도가 최대치를 보여주며, 36km 지점과 약 3℃의 차이가 나는 것을 통해 그림 5a에서 볼 수 있듯이 도시에 인접한 산림이 온도 저감에 상당한 작용을 함을 유추할 수 있다.

3. 종합

대전시의 단계적 변화 분석 결과에 따라 대전시의 도시 중심 지역은 횡단면에서 39km에서 45km 지점임을 알 수 있다. 또한 대전시의 중심 지역에는 초지, 수역, 습지 패치가 파편화되어 분포하며, SAVI는 인공구조물에 의해 도시 중심에서 약 3~6km 떨어진 지역까지 낮은 값을 보였다. 인구 분포와 평균소득비율의 분포와 유사한 분포를 보여주는 지표온도는 역시 도시 중심에서 약 3~6km 이내의 지역에서 높게 나타났다.

천안시의 도시 중심 지역은 횡단면에서 33km 지점임을 알 수 있다. 천안시의 중심 지역에는 수역 패치가 파편화되어 분포하며, 인공구조물에 의한 낮은 SAVI는 도시 중심에서 약 3km 지역까지 낮게 나타난다. 지표온도 분포 역시 도시 중심에서 약 3km 이내의 지역에서 높게 유지되고 있음을 알 수 있다.

대전시와 천안시의 연구 결과를 비교하면, 행정 경계의 면적으로는 천안시가 대전시보다 약 100km² 넓지만 시가화건조지역으로 나타나는 도시 중심지역은 대전시가 약 3km 넓게 나타난다. 도시화의 생태적 영향을 파악할 수 있는 SAVI의 경우 최저값이 대전시와 천안시 각각 -0.350, -0.284으로 차이가 있으며, 지표온도의 경우 최고온도가 대전시와 천안시 각각 20.76℃, 18.98℃로 약 2℃의 차이가 난다. 그림 4a와 5a를 보면 천안시의 경우 대전시에 비해 도시 중심 지역의 가까운 거리에 산림의 양이 많은 것을 알 수 있으며, 연구 결과를 통해 도시의 환경성과 지속성을 위한 적정 도시의 규모와 도시 주변 산림의 양에 대해 작은 규모의 도시와 산림에 인접한 도시의 모습을 생각할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 대전시와 천안시의 도시화의 영향을 공간적으로 평가하기 위해 단계적 변화 분석을 이용하여 경관분포패턴, 생태적영향, 그리고 사회적 요소의 관계를 살펴보았다. 연구 결과를 통해 대전시는 천안시보다 도시 중심 지역이 넓게 나타나며 산림의 활력도가 낮고 지표온도가 높아, 도시의 환경성과 지속성의 측면에서 천안시의 도시화 결과가 대전시에 비해 긍정적임을 확인하였다. 또한 대전시는 이러한 영향들이 미치는 공간적 분포가 넓고 도시 지역 중심으로 초지의 파편화가 나타나고 있음을 확인하였다.

단계적 변화 분석은 도시 중심의 위치와 도시화의 공간적 유형 등의 정량적인 설명이 가능하고 변화 경향의 파악이 용이하므로 도시화의 영향을 분석하는 연구에 적절한 연구 방법으로 사료된다. 또한 본 연구에서 수행한 도시의 분석은 각 도시 영향의 공간적 양상의 평가에 초점이 맞추어져 있다는 점에서 의의가 있다. 도시화에 대한 영향이 시공간적으로 작용하여 확산되기 때문에 그 변화 양상을 어느 한 순간의 특정 지점에 대해 분석하거나 또는 여러 지점의 평균값을 사용하는 것은 그 지역에 대한 상황을 고려하지 않은 것으로 의미 있는 분석 자료가 될 수 없다. 마지막으로 본 연구의 도시 유형에 따른 분석은 도시 유형에 대한 비교를 가능하게 하기 때문에 도시 유형의 고찰이 가능하며 향후 도시 계획 등에 있어 지표적 자료로 이용될 수 있을 것이다.

한편, 도시화 영향의 방향에 대해 다양한 고려없이 한 방향으로 횡단면을 확정지어 분석한 것은 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 또한 토지피복지도와 위성 자료에 의존하여 분석하여 이를 검증하기 위한 현장조사가 이루어지지 않아 연구 결과를 검증하지 못하였다. 따라서 향후 연구는 도시화의 방향을 고려하여 다양한 공간적 경향을 파악할 수 있으며, 한 시점의 위성자료에 의한 식생 지수 산출에 의한 결과를 보완할 수 있는 평가 체계의 연구가 요구된다.

참고문헌

- 김남신, 2005, GIS 실습(아크뷰를 활용한 지도 제작과 공간 분석), 도서출판 한울.
- 사공호상, 2004, 원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역 확산특성에 관한 연구, 국토연구, 40, 53-69.
- 서울특별시, 2002, 위성영상을 이용한 도시녹지의 환경보전효과 측정과 수요예측 및 합리적 배치방안 연구 I, 서울특별시.
- 안동만, 김명수, 2003, 환경친화적인 도시공원 녹지계획 연구 -생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로-, 한국조경학회, 31(1), 34-41.
- 이동근, 이현이, 김은영, 2007, 개발에 따른 탄천유역의 파편화 및 이질성분석, 한국환경복원녹화기술학회지, 10(6), 120-129.
- 정재준, 노영희, 2007, GIS분석기법을 이용한 도시화 지역의 공간적 분포패턴에 관한 연구: 수도권의 도시성장을 중심으로, 한국경제지리학회지, 10(3), 319-331.
- 정종철, 1999, 식생지수에 의한 경관파편화의 해석 기법, 한국지리정보학회지, 2(3), 16-22.
- 임정호, 박종화, 손홍규 역, 2005, 원격탐사와 디지털 영상처리, Jensen, J. R., Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, (주)시그마프레스.
- 홍선기, 임영득, 장남기, 2000, 한국농산촌 경관의 구조와 이질성 및 다양성의 최근 변화: 경관의 보전과 복원과의 관계, 한국생태학회, 23(5), 359-368.
- Berling-Wolff, S. and Wu, J., 2004, Modeling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix, USA, *Urban Ecosystems*, 7, 215-240.
- Donnelly, R. and Marzluff, J. M., 2006, Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments, *Urban Ecosyst*, 9, 99-117.
- Farr D., 2007, Sustainable Urbanism, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Forman, R. T. T., 1995, Land Mosaic: The Ecology of Landscape and Regions, University press, Cambridge MA.
- Hahs, A. K. and McDonnell, M. J., 2006, Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient, *Landscape and Urban Planning*, 78, 435-448.
- Huete, A. R., 1998, A soil-adjusted vegetation index (Savi), *Remote Sens Environ*, 25, 295-309.
- Jenerette, G. D., Harlan, S. L., Brazel, A., Jones, N., Larsen, L., Stefanov, and W. L., 2007, Regional relationships between surface temperature, vegetation, and human settlement in a rapidly urbanizing ecosystem, *Landscape Ecol*, 22, 353-365.
- Luck, M. and Wu, J., 2002, A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA, *Landscape Ecology*, 17, 327-339.
- McDonald, G. W. and Patterson, M. G., 2007, Bridging the divide in urban sustainability: from human exemptionalism to the new ecological paradigm, *Urban Ecosyst*, 10, 169-192.
- McDonnell, M. J. and Hahs, A. K., 2008, The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions, *Landscape Ecol*, 23, 1143-1155.
- Pickett, S. T. A. and Cadenasso, M. L., 1995,

- Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological systems, *Science*, 269, 331-334.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Groffman, P. M., Band, L. E., Boone, C. G., Burch Jr., W. R., Grimmond, S. B., Hom, J., Jenkins, J. C., Law, N. L., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Szilvecz, K., Warren, P. S., and Wilson, M. A., 2008, Beyond Urban Legends: An Emerging Framework of Urban Ecology, as Illustrated by the Baltimore Ecosystem Study, *BioScience*, 58(2), 139-150.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W., 1973, Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS symposium, *NASA*, 1, 309-317.
- Saunders, S. C., Chen, J., Crow, T. R., and Broszofsky, K. D., 1998, Hierarchical relationships between landscape structure and temperature in a managed forest landscape, *Landsc Ecol*, 13, 381-395.
- Smith, D. L. and Johnson, L., 2004, Vegetation-mediated changes in microclimate reduce soil respiration as woodlands expand into grasslands, *Ecology*, 85, 3348-3361.
- Ustin, S. L., Smith, M. O., Jacquemond, S., Verstraete, M., and Govaerts, Y., 1999, Geobotany: vegetation mapping in earth sciences. In: Rencz AN (ed) Remote sensing for the earth sciences, Manual of remote sensing, John Wiley & Sons, New York, NY.
- Zhu, M., Xu, J., Jiang, N., Li, J., and Fan, Y., 2006, Impacts of road corridors on urban landscape pattern: a gradient analysis with changing grain size in Shanghai, China, *Landscape Ecology*, 21, 723-734.
- <http://www.cheonan.go.kr/> (천안시청)
- <http://www.daejeon.go.kr/> (대전시청)
- <http://www.klcmac.co.kr/> (한국토지공사 행복 도시)
- <http://www.nso.go.kr/> (통계청)
- <http://www.ornl.gov/sci/landscan/> (Oak Ridge National Laboratory(ORNL))