

GIS와 중력모형을 이용한 국토의 환경적 가치기준 평가모델 연구*

이동근¹⁾ · 김재욱²⁾

¹⁾ 서울대학교 조경학과 · ²⁾ 서울대학교 대학원

A Study on Environmental Evaluation for Land Utilization and Conservation Using GIS and Gravity Model*

Lee, Dong-Kun¹⁾ and Kim, Jae-Uk²⁾

¹⁾ Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University,

²⁾ Graduate School, Seoul National University.

ABSTRACT

The non-planned development of the rural area surrounding the Metropolitan area has become a social problem.

The land development program until now has an aspect of not combining the spacial plan and the environmental plan. The land use and city development system based on development should change into a form that combines developing the area and conserving the environment.

Therefore, this research attempts to compare the results of the overlay analysis and the gravity matrix which are ways to evaluate the value land that has a high environmental conservation value.

The research area is the town of Seonggeo-eup, Cheonan City, and the reason for selecting this area is because it is expected to be densely populated as a connected area to the Metropolitan and the development pressure, such as expanding the industrial area, is high due to convenient transportation. The environmental factors used in the research are the relative altitude, incline, age-class, natural degree of the ecology, classification of the land covering and the NDVI, and the research methods used are the overlay analysis of the GIS and the statistical method.

The overlay analysis results showed level 1 13.2%, level 2 30.7%, level 3 47.4%, level 4 1.0%, level 5 2.4%, level 6 5.4% and so on. The gravity matrix was classified as level 1 27.0%, level 2 9.3%, level 3 58.2%, level 4 2.4%, level 5 2.3%, level 6 0.9% and so on.

These results are more appropriate than current methods for plans that value the environment because the analyzed results of the gravity matrix have a tendency to highly condense the environmentally valuable area.

Consequently, if the spacial and environmental plans combine and therefore expand the efficient

* 본 연구는 2003년도 서울대학교 발전기금 및 간접경비에서 지원된 연구비에 의해 수행되었음.

use of the land in the current state where the nation's concern in environment is getting higher, it is thought that it will contribute highly on the development of the nation's life quality.

Key Words : *Environment-oriented land suitability assessment, Cheonan city, Overlay Analysis, GIS, Gravity model.*

I. 서 론

최근 수도권을 중심으로 한 준농림지역의 무질서한 개발이 인구급증과 환경훼손 등 여러 문제점을 야기하면서 사회문제화 되고 있다. 개발가능토지의 공급확대를 위해 도입된 준농림지역은 주택공급과 공업시설의 입지난 해소에는 기여하였으나, 세수확대를 위한 지자체의 과도한 개발과 이원화된 계획체제로 인한 관리부재 등으로 난개발이 이루어져 왔다. 난개발이란 무계획적인 개발로 인해 녹지공간과 우량농지가 훼손될 뿐만 아니라 기반시설 및 공공시설 공급 부담의 가중, 토지이용의 효율성 저하 등을 초래하는 개발행위를 의미한다. 이러한 정의 속에는 난개발에 대한 해결책도 포함하고 있다. 즉, 개발가능지와 보전지역을 구분하여, 보전지역은 철저히 보전하고 개발가능지는 계획을 통한 개발만 가능하도록 해야한다는 의미를 가지고 있다(서순탁, 2000).

이처럼 개발시대의 관점에서 수립된 국토이용 및 도시계획체제는 지역개발과 환경보전이 공존하는 새로운 시대를 맞이하여 수정이 필요하다고 볼 수 있다. 2003년 1월부터 시행 중인 『국토의계획및이용에관한법률』에서는 「선계획-후개발, 체제도입, 환경과 개발의 조화, 충분한 기반시설 및 기초생활시설 확보 등 비도시지역의 난개발을 방지하기 위한 제도의 도입과 정비에 힘쓰고 있다. 또한 토지이용을 계획적으로 관리함으로써 한정된 토지자원을 효율적으로 이용하고 보전할 수 있도록 토지적성평가를 도입한 것도 같은 맥락으로 해석할 수 있다.

그러나, 토지적성평가는 현행 국토이용관리법상 준도시지역과 준농림지역을 포함하는 관리지역만을 세분화하기 때문에 적성평가를 실시하지 않는 우선등급지역이 존재하고, 평가단위

가 필지단위이기 때문에 지표의 정확한 특성을 잘 반영하지 못하는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 환경적으로 보전가치가 높은 토지를 구분하여 환경친화적인 도시계획 수립이 가능한 환경성평가를 이용하여 환경적 가치를 평가하고자 한다(이재준·이상문, 2001; 이동근 등, 2004).

한편, 지역을 구분하기 위한 연구는 그동안 매우 활발하게 진행되었다. GIS를 이용한 환경평가 또는 지역유형 구분에 관한 최근 연구로는 국내에서는 양하백(2001), 황국웅·엄봉훈(2003) 등이 있으며, 국외에서는 Lin(2000), Joerin and Musy(2000), Liu and Samal(2002), Kalogirou(2002) 등이 있다. 주성분 분석 등 통계적 기법을 이용한 지역유형화 방법의 연구는 이종상(2002), 정진현 등(2002), 장현웅·이명훈(2002), Dai et al. (2001) 등이 있으나, 이러한 연구에서는 분류단위가 행정구역이라는 한계를 가지고 있다. 행정구역 단위로 유형구분이 이루어진다면 지역 내의 토지가 갖는 각각의 특성을 반영하기가 어렵기 때문에 본 연구에서는 토지를 Grid 단위로 구분하여 토지의 특성을 계획에 반영하고자 한다. 또한 최소지표법과 중력모형을 이용한 분석을 상호비교하여 국토의 토지환경성평가를 일반화시키기 위한 방향을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 목적을 달성하기 위해 설정한 연구지역은 천안시 북부의 성거읍으로 선정하였다.

연구지역 선정이유는 수도권과 연접지역으로서 수도권 전철의 연장으로 인한 인구집중과 편리한 교통으로 인한 공업단지의 확대 등 개발 압

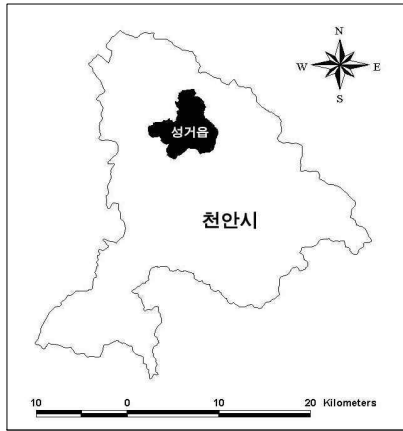


그림 1. 연구대상지역.

력이 비교적 높은 지역이다. 따라서, 도시기본계획 수립 이전단계에서 지역조사 및 분석을 실시하여 그 결과를 도시기본계획에 반영하여 친환경적인 개발을 위한 기초자료로 활용이 높다고 판단되기 때문이다.

2. 연구의 방법

1) 환경인자

독일을 중심으로 하는 지리학의 분야에서 Landscape 개념이 발전하여 지역생태학적인 자연지역구분이 이루어져 왔다. 이러한 독일의 지리학자를 중심으로 하는 지역생태학연구의 주안점은 자연지역구분에 관한 것이었다. 이 자연

지역구분은 몇 개의 지표를 사용하여 자연잠재력이 동일한 공간단위를 구분하는 것이며, 세계적인 범위로부터 특정한 지역을 대상으로 하는 작은 범위까지 목적에 따라 여러 가지의 자연지역구분도가 작성될 수 있다.

본 연구에서는 독일에서 정의된 자연입지토지이용의 기준을 참고하여 상대고도, 경사, 생태자연도 등 자연적인 요소와 임상도 영급, 토지피복분류 등 인문적인 요소를 선정하였다. 그러나, 최근 들어서는 환경훼손의 문제가 심각하게 제기됨에 따라 본 연구에서는 관리부분을 추가하여 토지환경성을 평가하였으며(그림 2), 환경인자들의 선정과 등급기준은 다음과 같다¹⁾.

상대고도는 토지의 환경성평가 기준의 자연환경부분을 기준으로 해발고도가 아닌 정상을 중심으로 한 상대적 높이를 적용했다. 단순한 해발고도를 기준으로 할 경우, 얇은 야산은 개발가능성이 높아 도시 내 녹지거점을 확보할 수 없어서 상대적 높이를 고려하여 자연환경을 최대한 보호하는 조건을 제시하였다.

경사도는 광역도시계획에서 중요하게 다루고 있는 녹지축 추출 기준에서 분류하였다. 녹지축은 크게 주녹지축과 확대녹지축으로 분류하는데, 주녹지축은 경사도 25% 이상의 환경적 기준을 적용하고, 확대녹지축은 15%를 적용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 경사도 45% 이상인

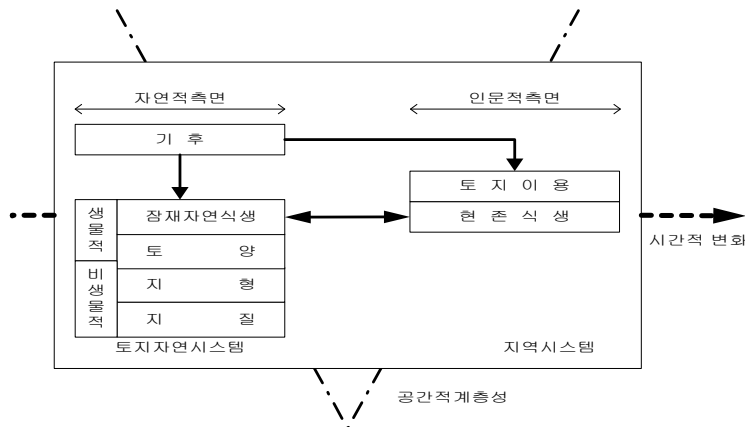


그림 2. 토지자연과 토지이용의 상관관계에 관한 모식도(井手久登 · 武内和彦, 1985).

1) 한국환경정책 · 평가연구원(2001) 인용 후, 수정보완

지역은 자연환경이 훼손되었을 때 복원이 불가능한 지역이므로 최고수준의 보전지역으로 구분하였다.

생태자연도는 자연환경보전법의 개정에 의해 국토의 자연생태계에 주안점을 두고 평가하여 구축하는 주제로도 자연생태계를 식생, 야생동식물, 생물다양성, 지형경관의 4가지 부문을 평가하고 있다. 이와 같이 포괄적인 분야를 총망라하여 정리된 생태자연도를 본 연구에서도 중요한 참고자료로 활용하였다.

영급은 임업연구원의 개발제한구역 조정기준에 따르면, 산림의 자연성 구분 시 수령 20년 이상의 천연림은 보호가치가 높은 산림으로 선정하여 보호하고 있다. 이러한 기준을 본 연구지역에도 적용하여, 3영급 이상의 지역을 1등급 지역으로 선정하였다.

토지이용보다 환경적인 요소를 강조하는 경향이 있는 토지피복은 동물의 이동이나 서식지와 밀접한 관련이 있어 새롭게 도입하여 기준을 선정하였다. 환경부에서 제작한 토지피복 대분류지도를 재분류하여 등급을 나누었는데, 산림과 수역, 습지를 2등급 지역으로, 산림과 도시지역 사이에서 완충 역할을 수행할 수 있는 기타 초지와 농경지 등을 3등급 지역으로 분류했다. 그리고 개발이 이루어지고 있거나 피복이 없는 나지를 관리가 필요한 4등급 지역, 개발이 이루어진 시가화 지역을 5등급으로 구분하였다.

표 1. 환경성 평가기준*

	상 대 고 도	경 사	생 태 자연도	영 급	피 복 분 류	NDVI
1 등급	7부 능선 이상	45% 이상	1등급	3영급 이상		
2 등급	6~7부 능선	25~45%	2등급	2영급	수역, 습지,	
3 등급	5~6부 능선	10~25%	3등급	1영급	초지, 농경지	
4 등급	4~5부 능선	5~10%			나지	
5 등급	4부 능선 미만	0~5%			시가화	
6 등급					변화	감소

*주 : 한국환경정책·평가연구원(2001) 인용 후, 수정보완

마지막으로 환경이 훼손되어 관리가 필요한 지역의 선정 기준은 Landsat TM 영상을 이용하여 NDVI값을 추출한 다음, 중첩을 통한 경년변화 분석을 통하여 NDVI가 감소된 부분과 토지피복분류가 환경적으로 훼손된 지역을 복원이 필요한 지역으로 설정하였다. 토지피복분류에서 환경적인 훼손지역의 선정은 산림이 농경지나 초지로 변화되거나, 산림, 초지 등이 나지 또는 시가화 지역으로 변화된 지역으로 선정하였다.

2) 최소지표법

환경인자들을 각각의 기준에 맞게 등급화하여 나타낸 다음, 기존 연구에서 제시한 최소지표법²⁾을 이용하여 6등급으로 분류하였으며, GIS S/W인 Arc View 3.2를 사용하였다.

3) 중력모형을 이용한 방법

본 연구에서는 환경의 가치를 평가함에 있어 이동근 등(2004)의 논문에서 사용한 기존의 방법과는 달리, 모든 화소 값의 거리와 빈도를 고려하는 중력모형을 이용한 통계적 기법의 적용 가능성을 살펴보고자 한다. 분석대상지역의 토지특성을 반영하는 환경인자들을 선정하여 그에 관한 자료를 표준화한 다음, 그 결과를 요인 분석의 주성분분석을 통해 지역적 특성을 파악하기 위한 종합적 인자를 추출하였다. 그리고 이들 종합적 인자의 성격을 명확히 하기 위해 Varimax법을 사용하였고, 각 단위의 특정 주성분의 상대적인 중요성을 파악하기 위해 인자점수를 추정하였다. 추정된 인자점수를 군집분석의 입력변수로 활용하여 군집분석을 실시하고, 그 결과에 의해 토지환경성평가를 시도하였다. 통계분석에는 SAS v8.2를 사용하였다.

2) 최소지표법이란, 토지가 갖는 특성 중 한 가지 요소만이라도 해당된다면 적지로 설정하고 하위등급은 상위등급 부분을 제외하여 나타내는 방법이다. 각각의 인자들을 점수화하고, 중요도에 따라 가중치를 부여하는 방법은 가중치 설정의 객관적 논거와 각각의 인자 추출 및 설정사유를 논리적으로 제시하기 곤란한 단점이 있는 반면에, 평가인자가 절대적인 기준이라는 합의가 이루어질 경우 최소지표점근법으로 접근하는 것이 적절하다(한국환경정책·평가연구원, 2003).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 환경인자

1) 상대고도

본 연구지역의 73.2%인 23.0km²가 100m 미만의 낮은 지형을 보이고 있으며, 남동부지역에 위치한 성거산을 중심으로 약 0.2% 정도가 500m 이상의 비교적 높은 지형을 나타내고 있다.

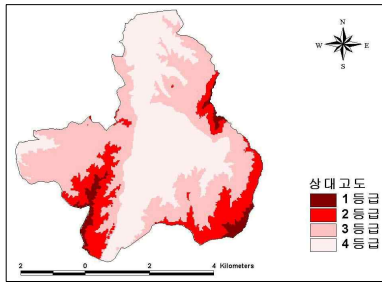


그림 3. 상대고도 분석결과.

2) 경사

본 연구지역은 다양한 형태의 경사가 비교적 균등한 분포를 나타내고 있으며, 45% 이상의 급경사지역도 7.7%로 나타났다.

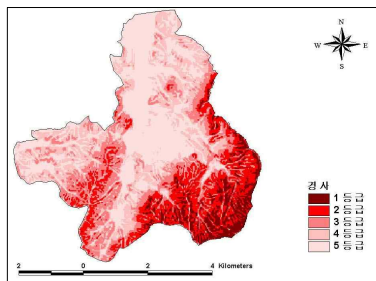


그림 4. 경사 분석결과.

3) 생태자연도

생태적으로 매우 가치가 높은 1등급 지역은

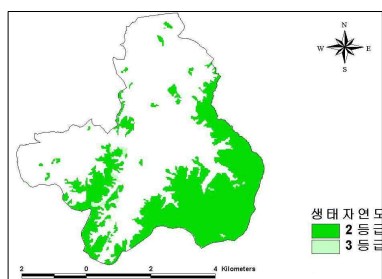


그림 5. 생태자연도 분석결과.

나타나지 않았으며, 전체면적의 36.1%인 11.4km²가 생태자연도 2등급 지역으로 나타났다.

4) 영급

수령이 30년 이상인 지역은 성거산 일대와 오목리, 모전리 등에서 조사되었으며, 전체면적의 7.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 그 밖의 대부분 지역은 수령이 20년 미만으로 나타났다.

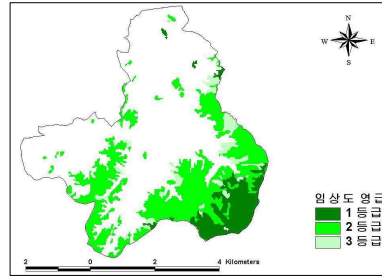


그림 6. 영급 분석결과.

5) 토지피복분류도

환경부의 토지피복분류를 등급화 한 결과, 전체 면적의 53.1%가 기타초지와 농경지로 나타났다, 산림 및 수역, 습지가 38.1%를 차지하는 등 개발이 진행 중이거나 개발이 완료된 지역이 8.8%의 매우 낮은 비율을 차지하고 있었다.

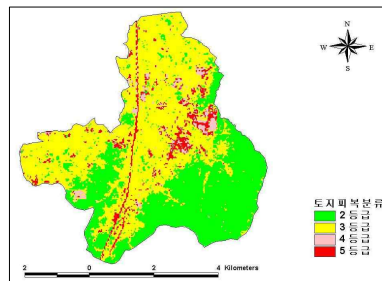


그림 7. 토지피복분류 분석결과.

6) 관리지역

1987년 5월 20일과 1999년 5월 21일의 Landsat TM 영상을 이용한 NDVI 분류결과를 중첩한 다음 경년변화를 살펴본 결과, 1987년보다 식생의 활력도가 낮아진 1999년도 지역이 연구대상지의 28.6%인 9.0km²로 나타났다. 이러한 결과는 기후에 의한 영향도 배제할 수 없으나 개발에 따른 환경훼손의 증거라 추측할 수 있다. 토지

피복에서 훼손된 지역과 중첩한 결과, 전체면적의 5.4%인 1.7km²가 관리가 필요한 지역으로 나타났다.

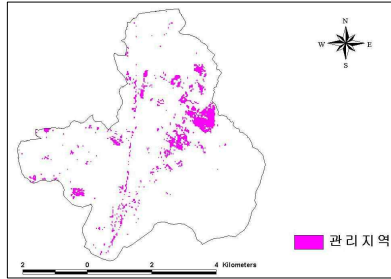


그림 8. 관리지역 분석결과.

2. 토지환경성평가분석

1) 최소지표법

환경인자를 GIS 분석기법 중 가장 널리 사용하는 방법인 중첩분석 가운데, 최소지표법을 이용하여 분석을 실시하였다. 그 결과, 성거산이 위치한 천흥리 남부지역과 소우리, 석교리, 신월리, 요방리 등지에 보전가치가 매우 높은 1등급 지역으로 구분되었고, 개발관리지역이나 개발지역은 10%에도 못 미치는 미미한 수준으로 나타났다. 또한 천흥공단이 입지한 천흥리 북부 지역에는 환경훼손으로 인한 관리지역으로 구분되었다(표 2). 이러한 결과를 바탕으로, 천안시 성거읍의 개발계획은 주로 완충지역의 역할을 하는 3등급에서 이루어질 것으로 보인다.

표 2. 최소지표법에 의한 결과표.

구 분	면 적 (km ²)	비 율 (%)
1 등급	4.14	13.2
2 등급	9.67	30.7
3 등급	14.90	47.4
4 등급	0.30	1.0
5 등급	0.75	2.4
6 등급	1.70	5.4
합 계	31.46	100

2) 중력모형을 이용한 통계적 기법

6개의 환경인자를 이용하여 요인분석을 실시한 결과, (표 3)과 같이 의미있는 인자는 2개로 나

타났다. 즉, 6개의 변수가 갖는 수량적 정보의 손실을 최소화하여 2개의 인자로 나타낼 수 있으며, 약 96.7%의 설명력을 나타내고 있다. 주요한 인자를 살펴보면, 관리지역, 토지피복분류, 상대고도, 경사와 임상도 영급, 생태자연도로 구분되었는데, 이는 앞서 (그림 2)에서 제시된 바와 같이 비생물적 요인인 관리지역, 토지피복분류, 상대고도, 경사와 생물적 요인인 임상도 영급, 생태자연도 등으로 구분된 것을 알 수 있다(표 4).

요인분석에 의해 추출된 인자값을 입력하고 비계층적 군집분석기법인 fastclus³⁾를 이용하였다.

표 3. 요인분석 결과표 I.

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.91932791	4.03647157	0.8199	0.8199
2	0.88285634	0.78886551	0.1471	0.9670
3	0.09396083	0.05255509	0.0157	0.9827
4	0.04140574	0.00437851	0.0069	0.9896
5	0.03702722	0.01160526	0.0062	0.9958
6	0.02542197		0.0042	1.0000

표 4. 요인분석 결과표 II.

환경인자	Factor 1	Factor 2
관리지역	0.96627	-0.11578
토지피복분류	0.95630	-0.24237
상대고도	0.95260	-0.22727
경 사	0.90581	-0.38286
임상도 영급	0.82197	0.54823
생태자연도	0.81705	0.55850

그 결과, (그림 3)과 같이 토지환경성이 평가되었다. 보전가치가 매우 높은 1등급 지역은 27.0%로 나타나고 있으며, 3등급 지역은 58.2%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 이러한 결과는 지역유

3) 관측값들을 몇 개의 군집으로 나누기 위하여 주어진 판정기준을 최적화(optimize)하는 최적분리기법인 비계층적 군집분석의 하나로, 군집단계마다 거리(유사성) 행렬을 다시 구하거나 또는 컴퓨터 작업 수행 중에 기본 자료를 저장할 필요가 없기 때문에 본 연구(66,560개)에서와 같이 표본수가 많은 경우에 적합한 분류기법이다.

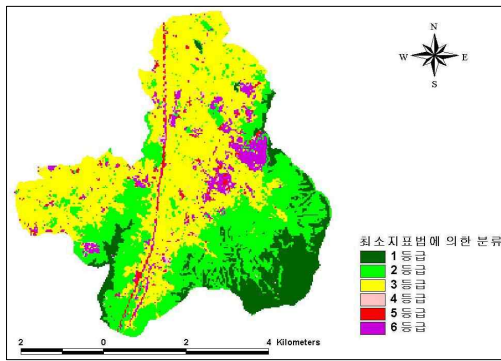


그림 9. 최소지표법에 의한 분류.

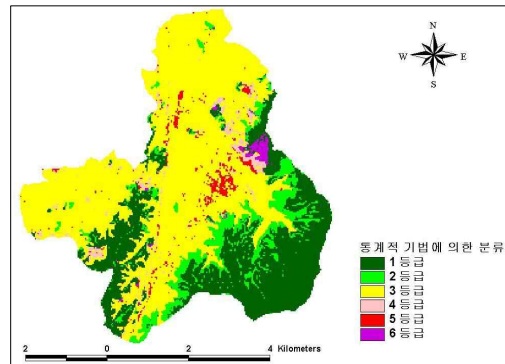


그림 10. 통계적 기법에 의한 분류.

형을 구분할 때, 환경적으로 중요한 지역이 집중적으로 모여 있어 새로운 집단의 중심이 인접지역에 형성됨으로써 중심과 거리가 멀수록 다른 유형에 포함되는 중력모형에 따라 확률이 높다. 따라서, 1등급 지역이 중첩분석의 경우보다 많이 분류된 것으로 추측된다.

개발이 진행 중이거나 완료된 지역은 4.7%로 나타났고, 토지피복의 변화나 NVDI의 감소로 인하여 환경적인 관리가 필요한 6등급 지역은 0.9%로 나타났다(표 5).

표 5. 통계적 기법에 의한 결과표.

구 분	면 적 (km ²)	비 율 (%)
1 등급	8.48	27.0
2 등급	2.93	9.3
3 등급	18.30	58.2
4 등급	0.75	2.4
5 등급	0.71	2.3
6 등급	0.28	0.9
합 계	31.46	100

IV. 결 론

본 연구에서는 토지환경성평가를 이용하여 국토의 환경적 가치기준을 평가하기 위한 모델 개발을 목적으로 하였다.

중첩분석과 중력모형을 분석한 결과, 중력모형이 환경적 가치가 높은 지역을 선정함에 있

어 기존의 중첩분석보다 높은 가중치를 부여하는 것으로 나타났다. 그러나, 가설을 검증함에 있어서 사례지역을 한 곳만 선정하여 일반화시키기에는 무리가 따르므로, 토지의 환경적 특성이 다른 여러 지역을 선정하여 검증을 거치는 과정이 필요하다고 하겠다.

전체적인 결과를 살펴보면, 천안시 성거읍의 경우 3등급의 비율이 가장 높게 나타났고, 개발이 진행 중이거나 개발이 완료된 지역은 매우 낮은 비율로 나타났다. 성거읍의 경우 천안시내에 인접해 있고, 경부고속도로가 통과하는 등 교통이 편리하며, 천흥공단을 중심으로 공업화가 진행 중이다. 따라서 개발압력이 매우 높으며 3등급 지역에서 개발이 이루어진다면 개발용도에 맞는 적지선정 및 생태계를 보호할 수 있는 계획이 필요하다고 할 수 있다.

지금까지 국토계획은 공간적인 계획과 환경적인 계획이 공유되지 못했던 측면이 있다. 그러나, 환경에 대한 국민적 관심이 높아지는 현 시점에서 공간계획과 환경계획이 보조를 맞추어 국토의 효율적 이용이 증대된다면, 국민의 삶의 질 향상에 기여하는 바가 클 것으로 생각한다.

본 연구의 한계점으로는, 인문환경인자 자료의 부족과 활용의 한계, Blue Network를 위한 수계와 관련된 기준의 미비, 식생자료의 지속적인 갱신 등 환경과 관련한 GIS DB의 문제점과 지역유형에 관한 검증방법의 한계성은 다음 연구의 과제로 남겨두기로 한다.

인 용 문 헌

- 문 체 · 김상조 · 김현수 · 김찬호 · 김혜란. 2004. 새로운 도시기본계획의 수립과 풀어야 할 과제. 도시정보 265 : 3-12.
- 문 체. 2003. 국토계획법상 비시가화지역 관리 제도의 한계와 개선방안에 관한 연구. 국토계획 38(3) : 7-20.
- 변병설. 2001. 수도권 광역도시계획의 자연환경 보전전략. 지리학연구 35(2) : 101-114.
- 서순탁. 2000. 수도권 준농림지역 난개발 실태와 대책. 국토 226 : 5-17.
- 서울대학교 조경학과. 2004. 천안시 북부지역 자연환경 및 경관조사 연구. 국토연구원 보고서.
- 송문섭 · 조신섭. 2002. SAS를 이용한 통계자료 분석. 자유아카데미.
- 양하백. 2001. 환경평가와 조정가능지역의 설정. 도시문제 36(396) : 36-47.
- 이동근 · 전성우 · 이상문. 2004. 토지환경성평가의 이론 및 기준 · 지도작성에 관한 연구. 환경복원녹화 7(1) : 116-127.
- 이상대 · 송인주. 2002. 우리나라 공간계획과 환경계획간 연계체제 및 실태분석. 국토계획 37(7) : 29-43.
- 이승일 · 정일훈. 2002. 비도시 지역의 환경친화적 개발방안 연구. 국토연구 35 : 3-17.
- 이재준 · 이상문. 2001. 환경친화적인 도시계획 수립을 위한 환경성 평가 및 평가지표 적합성 판단 연구. 국토계획 36(2) : 7-17.
- 이종상. 2002. 지역유형구분을 위한 요인점수의 군집분석. 국토계획 37(4) : 191-199.
- 장현웅 · 이명훈. 2002. 비도시지역의 난개발 방지를 위한 토지적성평가의 활용방안에 관한 연구. 국토계획 37(7) : 17-27.
- 정진현 등. 2002. 군집분석에 의한 산림관리권역의 기준개발 및 유형화. 한국임학회지 91(3) : 372-380.
- 채미옥. 2002. 토지적성평가방법의 이론적 고찰. 국토연구 35 : 33-50.
- 최영국 등. 2002. 국토계획과 환경계획체계의 연계방안 연구. 국토연구원 보고서.
- 최용석 · 정광모. 2003. SAS를 활용한 다변량 분석 기법과 응용. 자유아카데미.
- 한국환경정책 · 평가연구원. 2001. 토지의 환경 평가기준에 관한 연구. 환경부 보고서.
- 한국환경정책 · 평가연구원. 2003. 국토환경보전 계획 수립 연구. 환경부 보고서.
- 황국웅 · 엄봉훈. 2003. 환경친화적 지역개발을 위한 봉화군의 자원평가. 한국지리정보학회지 6(2) : 10-21.
- 황희연. 2002. 『선계획 후개발 체제』의 도입과 과제. 도시문제 37(404) : 12-29.
- 토지적성평가원 [http : //www.lsa.co.kr/](http://www.lsa.co.kr/)
- 武内和彦. 1991. 地域の生態學. 朝倉書店.
- 井手久登 · 武内和彦. 1985. 自然立地の土地利用計劃. 東京大學出版會.
- Dai, F. C. et al. 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning. Engineering Geology. 61 : 257-271.
- Lin, F. T. 2000. GIS-based information flow in a land-use zoning review process. Landscape and Urban Planning. 51 : 21-32.
- Joerin, F. and Musy, A. 2000. Land management with GIS and multicriteria analysis. International Transactions in Operational Research. 7 : 67-78.
- Liu, M. and Samal, A. 2002. A fuzzy clustering approach to delineate agroecozones. Ecological Modelling. 149 : 215-228.
- Kalogirou, S. 2002. Expert system and GIS. Computers, Environment and Urban System. 26 : 89-112.

接受 2004年 5月 2日