

토지이용계획의 용도별 적지분석에 있어서 퍼지이론 및 계층분석과정(AHP)의 활용*

- 포항시 첨단연구단지의 사례분석을 중심으로 -

구자훈¹ · 성금영²

The Site Analysis for Land Use Planing using Fuzzy Sets Theory and Analytic Hierarchy Process(AHP)*

- The Case Study of Technopark Planning in Pohang -

Jahoon Koo¹ · Keum-Young Sung²

요 약

GIS를 공간의사지원시스템(SDSS)으로 활용하는데 있어서 기존의 단순중첩에 의한 불린(Boolean) 분석기법은 정보의 과도한 손실과 요소간 가중치를 반영하지 못하는 문제점이 있었다. 이 연구의 목적은 토지정보시스템을 활용하면서 퍼지논리와 AHP기법을 활용하여 적지분석에 관한 사례연구를 하고자 하는 것이다. 포항시 테크노파크의 사례분석 결과에 의하면, 기존의 불린분석에 의한 적지 분석에서는 분석항목간의 가중치 차이가 반영되지 못하였고, 주거용도, 상업연구용도, 공원녹지용도의 적지로 8.0~16.1%의 지역을 분석해 내었다. 퍼지논리와 AHP분석을 병행한 경우에는 분석항목의 중요도에 따른 가중치가 적용되었고, 해당 지역의 적합도를 4등분하였을 때에 32.9~37.4%에 이르는 지역을 가장 적합한 지역으로 분석해 내었으며, 다음 차순의 지역에 관한 정보까지 제공받을 수 있었다. 이를 통해서 퍼지논리와 AHP분석을 활용한 방법이 객관적이면서 융통성있는 분석을 할 수 있는 방법임을 확인할 수 있었다

주요어: 토지이용 적지분석, 퍼지이론, 계층분석과정(AHP)

ABSTRACT

The Boolean logic analysis method using GIS as a spatial decision support system(SDSS) contains two problems. One is losing a lots of informations in analysis process, the other is unable to reflect of different weights between analysis items. The purpose of this study is to provide a new decision-making model for site analysis, that provides a rational and systemic way using fuzzy sets

2001년 2월 26일 접수 Received on February 26, 2001

* 본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소 지원과제의 3차년도 연구결과임.

¹ 한동대학교 건설도시환경공학부 (jhkoo@handong. edu)

School of Construction & Urban Environmental Engineering, Handong University,

² 한동대학교 전산전자공학부 (kysung@handong.edu)

School of Computer Science & Electronic Engineering, Handong University

theory and analytic hierarchy process(AHP) theory. According to this study of technopark in Pohang, Boolean logic method did not reflect the influence of the differently weighted items and selected only 8.0% to 16.1% of the area for suitable sites for residence, commercial/research, park/green uses. The fuzzy sets theory and AHP theory method were able to reflect the influence of differently weighted items and selected 32.9% to 37.4% of the area for the best sites, and also provided more other kinds of informations. The results of this study show that GIS system using fuzzy sets theory and AHP process method provides a more flexible and objective solutions for site analysis.

KEYWORDS: Site Analysis for Land Use Planning, Fuzzy Sets Theory, AHP

서 론

과거 수작업 위주로 수립되어져 왔던 토지이용계획 등 공간계획의 비효율성은 근래에 들어 지리정보시스템(GIS)을 비롯한 공간분석 관련 정보기술의 발달로 상당부분 해결 가능해지고 있다. 그러나 인간의 생활영역을 둘러싼 복잡한 공간현상을 이해하고 설명하는데 있어서 GIS의 공간분석 기법은 아직까지는 상당한 제한점을 가지고 있다. 최근에 들어서 다양한 공간분석기법을 GIS 분석기법에 통합시켜 GIS의 공간의사지원시스템(SDSS, spatial decision support system)으로의 활용성을 높이려는 시도들이 활발히 이루어지고 있다(Eastman 등, 1993; McClean 등, 1995; 배민기와 장병문, 1998; 이인성, 1998; 이성호와 남광우, 1999; 이희연과 임은선, 1999; 이진덕 등, 2000)

토지이용계획의 적지분석이나 시설입지 분석과 같은 공간정보의 처리과정에 기존의 GIS의 공간분석 기법을 활용하는 데에 있어서 몇 가지 문제점으로 있었다. 기존 GIS의 공간분석기법의 문제점은 첫째는 불린(Boolean) 논리에 의한 단순 요인선택법을 사용하고 있다는 점이다. 참과 거짓이라는 두 가지 결과를 토대로 집합 연산을 하는 불린 논리는 필요한 정보를 취사선택하는 과정에서 참과 거짓의 두 가지 분류만이 가능함에 따른 데이터의 손실이 크게 나타나게 된다. 두번째는 다양한 공간정보의 여러 요인들을 결합하는 경우에 기존

의 단순 요인중첩 방식은 각 요인들간에 동일한 가중치를 주거나 혹은 연구자의 주관적인 가중치를 줄 수 밖에 없다는 한계를 갖고 있었다(이희연, 1999; 이성호와 남광우, 1999).

이 연구는 토지이용 계획의 용도별 적지분석에 있어서 기존의 불린 논리에 의한 요인선택과정에 비해서 정보의 손실을 극소화함은 물론 결과 해석에 있어서 유연성이 있으며, 가중치 부여에 있어서도 보다 객관적이고 과학적인 방법론을 도입하여 기존의 공간분석 기법의 문제점을 해소해 보고자 한다. 기존 불린 논리에 의한 요인선택 방법의 문제점을 보완하기 위하여 이 연구에서는 퍼지집합 이론(fuzzy sets theory)을 활용하여 자료의 손실을 최소화하고자 하며, 분석항목 간의 동일 가중치 부여의 문제점을 보완하기 위해서는 계층분석과정(AHP, analytic hierarchy process) 이론(Saaty, 1980)을 활용하여 토지이용계획의 용도별 적지분석에 적용해보고자 한다.

이 연구의 사례지역은 '2011년 포항시 도시기본계획'에서 첨단연구단지(technopark)를 조성하기 위해 지정한 단지의 토지이용계획을 위한 적지분석 단계를 대상으로 하였다. 포항시 첨단연구단지는 2011년을 완공목표로 포항시의 기업, 대학, 연구소 등 산·학·연·관이 협동하여 시설, 정보 및 인력을 교류하는 첨단 지식 산업체계의 기술집적 단지를 조성하는 것으로서, 포항시 남구 효자동 일대의 2,881m²(87.2만평)을 대상으로 하고 있다(포항시, 1996).



FIGURE 1. Site Location of Pohang Technopark

이 연구는 이 단지의 개발계획을 근거로 하여 단지조성에 필요한 시설용지인 상업 및 연구용지, 주거용지, 공원녹지용지 등의 용도별 적지분석을 시도하고자 한다. 용도별 적지분석을 위한 부지분석을 위해서 ‘포항시 테크노파크 조성사업’ 중간보고서(포항시, 1998)에 나타난 부지의 경계 및 도로망 계획을 전제조건으로 하였다. 중간보고서에 나타난 토지이용계획에 의하면, 이 단지에는 연구개발용지 13.8만평(17%), 상업업무용지 5.5만평(7.0%), 주거용지 8.2만평(10%), 공원녹지용지 19.4만평(24%) 이외에 기타 공공용지가 계획되어 있다.

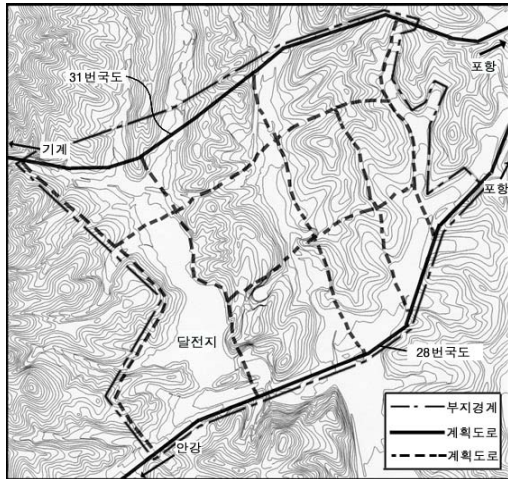


FIGURE 2. Site boundary and roads

이 연구에서 분석에 이용한 자료는 연구지역의 수치지형도를 기본도로 하고, 관련 도로망도, 토지이용계획도 등을 사용하였고, 이 자료를 벡터자료로 구축하는 과정에서는 PC Arc/Info, ArcView를 활용하여 기본도를 구축하고, 퍼지함수의 적용 및 AHP 가중치 부여 등의 분석과정은 미국 Clark University의 Clark Labs에서 개발한 Idrisi 프로그램(Idrisi 32 Realease 2)을 이용하였다. 분석과정을 간략히 표현하면 다음과 같다.

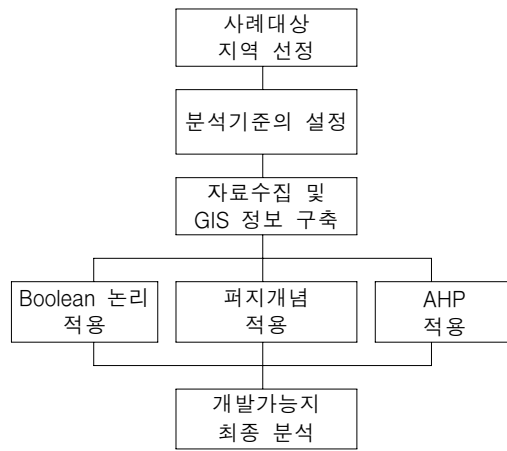


FIGURE 3. Research Flow

분석기준의 설정

토지이용계획의 적지분석은 매우 다양하고 폭넓은 사항에 관한 정보를 검토하는 복잡한 과정을 거치게 된다. 적지분석에 영향을 미치는 여러 가지 환경요인은 크게는 기회요인과 제한요인으로 나누어 살펴볼 수 있다. 기회요인은 특정 대안의 적합성을 상승 또는 감소시키는 영향을 미치는 요인이며, 제한요인은 대안의 입지를 제한하는 요인으로서 참이 되어 해당되거나 거짓이 되어 제외시켜야 하는 판단을 위한 요인을 말한다. 토지이용에 영향을 미치는 기회요인은 다시 크게는 자연환경과 인문환경의 두 가지로 나누어 살펴볼 수 있다.

자연환경은 기후 및 기상, 지형 및 지세, 식생 및 토양, 천연자원 등을 말하며, 일반적으로 토지의 경사, 표고, 향, 수계와의 거리 등이 주로 이용된다. 인문환경은 인구, 산업개발에 관한 사항 등을 말하는데, 일반적으로 도로와의 거리, 토지이용현황 등이 분석항목에 이용된다. 각각의 요인들에 대한 명확한 입지준거는 토지이용계획의 목적 및 부지의 상황에 따라서 다르므로 명확하게 설정되어 있지 못하다 (Kaiser 등, 1995, 249-250; 박은관 등, 1998; 대한국토도시계획학회, 1999).

분석을 위한 항목은 부지상황을 고려하여 연구자가 기존의 연구결과와 경험을 토대로 선정하게 되는데, 이 연구에서는 자연환경의 분석항목으로 수계와의 거리는 도시적 토지이용에 미치는 영향이 적다고 판단되어 제외하고, 토지의 경사, 표고, 향, 수계와의 거리 등을 선정하였다. 인문환경에서는 인구, 상업개발에 관한 사항은 현재의 부지가 주로 농경지와 임야로 구성되어 있어서 제외하고, 도로와의 접근성과 토지이용현황을 분석항목으로 선정하였다

제한요인으로는 개발가능지 선정시 영향을 주는 요소인 자연환경보전구역(국토이용관리법), 개발제한구역(도시계획법), 군사시설보호구역(군사시설보호법) 등을 검토하게 되는데, 이 연구에서는 제약요인에 해당하는 것이 없는 것으로 판명되었다.

TABLE 1. Criteria for site analysis

요인	분류	분석항목
기회 요인	자연 환경	경사(slope): 지형의 기울기
		표고(altitude): 지형의 높이
		향(aspect): 지형의 향
인문 환경	도로접근성(d_road): 도로까지 거리	
	토지이용(landuse): 토지이용 현황	
제한 요인	자연환경보전구역(국토이용관리법), 개발제한구역(도시계획법), 상수도보호구역(수도법), 군사시설보호구역(군사시설보호법), 농업진흥지역(농지법)	

입지기회 요인에 대한 퍼지함수의 적용

입지기회 요인에 대하여 원하는 조건을 설정하여 자료는 검색하는 경우에 참과 거짓('1' 또는 '0')의 이원적 결과를 적용하는 불린 논리는 단순하고 간편하다는 장점이 있어 많이 활용된다. 그러나 공간정보가 연속성을 가지고 있다는 측면에서는 입지기준의 임계치를 설정하는 데에 많은 정보의 손실이 발생하는 단점이 있다. 예를 들면, 주거지역의 적합한 경사도로서 10°를 임계치로 삼는 경우에 9와 11는 연속적인 비슷한 속성을 가진 지역이지만, 하나는 만족한 지역으로 다른 하나는 불만족한 지역으로 양분되는 단점이 있으며, 또 11°, 12°의 지역은 10와 크게 차이가 나지 않음에도 불구하고 다른 많은 정보와 함께 사장되는 단점이 있다.

불린 논리의 단점을 보완하기 위한 노력중의 하나가 퍼지집합 이론을 활용하는 방법이다. 퍼지이론은 L.A. Zadeh에 의해 제안된 것으로, 인간이 사용하는 모호한 표현을 그대로 처리하고자 하는 과정에서 개발되었다. 퍼지집합은 분석기준에 대한 모호성을 인정하고, 소속도 개념을 적용하여 모호성의 정도를 수치화함으로써 데이터의 손실을 감소시키는 것이다. 즉, 모든 정보는 0과 1사이의 소속도의 함수값을 부여하게 되는데, 이를 통해 보다 유연성 있고 정밀한 의사 결정을 가능하게 한다. 따라서 퍼지이론은 입지선정과 같은 복잡한 공간문제를 해결함에 있어 대안을 모색하는 과정이나 최종적으로 의사결정을 할 때 발생하는 공간정보의 불명확성, 모호성을 모델링하는 방법론으로 이용될 수 있다(Banai, 1993; Davidson 등, 1994).


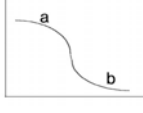
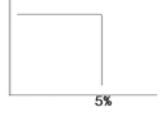
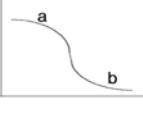
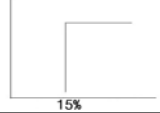
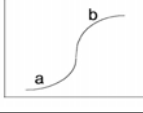
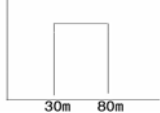
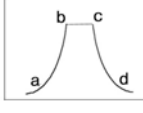
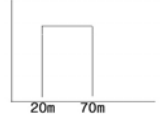
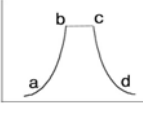
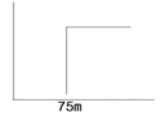
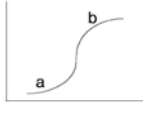
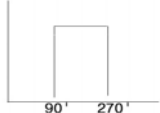
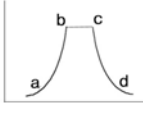

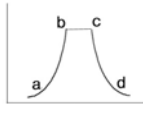
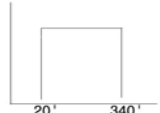
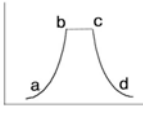
퍼지이론에서 소속도함수는 가능성(possibility)이라고 할 수 있다. 공간정보의 정도 차이를 반영할 수 있는 함수에 근거하여 나타내고자 하는 정보를 0과 1 사이의 값으로 대체시켜 표현한다. 소속도 함수의 유형은 S형, J형, 선형 등이 있으며, 함수의 모양을 결정하는 변곡

점의 위치에 따라 다양한 특성들을 표현할 수 있다. 이 때 소속도 함수는 각 기준의 특성을 반영할 수 있어야 하는데, 이미 다양한 속성을 다룰 수 있는 유연성을 가진 바람직한 함수들이 개발되어 있으므로 공간분석에서는 알맞은 함수를 선택하여 사용하게 되며, 변곡점의

값은 여러 기준을 고려하여 합리적으로 선정하면 된다(이희연과 임은선, 1999, 이성호와 남광우, 1999).

이 연구에서는 기존의 연구와 문헌을 참고하여 용도별 적지의 기준을 설정하고, 이 기준에 의거하여 불린분석에 필요한 유클리디안

TABLE 2. Analysis standards for natural factors

분석항목	용도구분	Boolean	Fuzzy Function	Type/Parameter
경사 (Slope)	주거지역			S-shaped(monotonically decreasing) a=5%, b=25%
	상업연구지역			S-shaped(monotonically decreasing) a=4%, b=15%
	공원녹지지역			S-shaped(monotonically increasing) a=10%, b=20%
표고 (Altitude)	주거지역			J-shaped(symmmetic) a=15m, b=45m c=65m, d=95m
	상업연구지역			J-shaped(symmmetic) a=15m, b=45m c=65m, d=95m
	공원녹지지역			S-shaped(monotonically increasing) a=60m, b=90m
향 (Aspect)	주거지역			J-shaped(symmmetic) a=70°, b=110° c=250°, d=290°
	상업연구지역			J-shaped(symmmetic) a=50°, b=90° c=270°, d=310°
	공원지역			J-shaped(symmmetic) a=0°, b=40° c=320°, d=360°

기준을 설정한 후, Idrish에 내장되어 있는 퍼지함수의 기능을 이용하여 기회요인별 소속도 함수를 선택하고 변곡점의 값을 결정하였다. 각 기회요인에 관한 함수와 임계치를 객관적으로 결정하기 위해서는 많은 수의 전문가를 대상으로 하는 설문조사 방법 등을 활용하는 방법 등의 보완이 필요하다. 용도별 적지분석 과정은 기존 테크노파크의 토지이용계획에서 설정한 용도중에서 연구용지와 상업용지를 하나로 묶어서 상업연구용지로 분석하였고, 그 밖에 주요한 용도인 주거용지와 공원녹지용지를 대상으로 적지분석을 시도하였다.


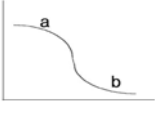
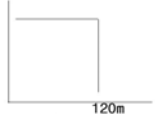

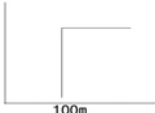
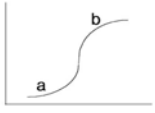




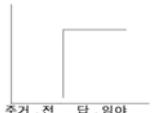
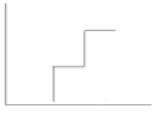
적용된 분석기준을 요약해 보면, 자연환경요인 중에서 경사(slope) 항목의 경우에 주거용도는 10% 이하, 상업연구용도는 5% 이하, 공원녹지지역은 15% 이상 지역을 적지의 기

준으로 설정하였고, 표고(altitude) 항목의 경우에는 주거용도는 30~80m, 상업용도는 20~70m, 공원녹지용도는 80m 이상인 지역을 적지의 기준으로 선정하였으며, 향(aspect) 항목의 경우에는 분석의 기준점으로 북쪽을 0°로 하고 시계방향으로 정동향 90°, 정남향 180°, 정서향 270°으로 했을 때, 주거용도의 경우에 적합한 기준을 90~270°, 상업연구용도는 70~290°, 공원녹지용도는 20~340°으로 하였다.

각각의 경우에 퍼지 소속도함수는 기준별로 적지분석의 원칙과 가장 적합한 퍼지 소속도함수의 형태를 선택하고, 이어서 변곡점의 임계치 기준을 설정하였고, 이를 요약하면 표 2와 같다.

인문환경요인에서는 도로와의 접근성(d_road) 항목의 경우 주거용도의 적지는 도로에서 150m 이내, 상업연구용도는 120m 이내,

TABLE 3. Analysis standards for social factors

분석항목	용도구분	Boolean	Fuzzy Function	Type/Parameter
도로 접근성 (D_road)	주거지역			S-shaped(monotonically decreasing) a=120m, b=200m
	상업연구지역			S-shaped(monotonically decreasing) a=80m, b=180m
	공원녹지지역			S-shaped(monotonically decreasing) a=40m, b=140m
토지이용 (Landuse)	주거지역			주거, 전=1 답= 0.8 임야(80m 이하)=0.5, 임야=0
	상업연구지역			주거, 전=1 답= 0.8 임야(70m 이하)=0.5, 임야=0
	공원녹지지역			주거=0 전, 답=0.5 임야=1

공원녹지용도는 100m 이상 지역을 기준으로 하였고, 토지이용현황(land use)의 경우는 주거지역과 상업지역의 적지조건으로는 기존의 토지이용현황이 주거, 전, 답의 경우에는 적합한 것으로, 임야는 부적합한 것으로 하였고, 공원녹지의 경우에는 답과 임야의 경우에는 적합한 것으로, 주거와 전의 경우에는 부적합한 것으로 하였다. 퍼지분석을 위한 소속도함수의 경우는 조건에 적합한 소속도 함수를 먼저 선택하였고, 이어서 임계치의 값을 설정하였다. 이를 요약하면 표 3과 같다.

이와 같은 기준을 적용하여 용도지역별로 분석기준을 적용하여 GIS를 통한 적지분석을 시도하여 결과를 요약하면, 불린 분석의 결과는 그림 3과 같고, 퍼지함수를 적용한 분석결과는 그림 4와 같이 도출되었다. 이 두 결과를 비교하여 보면, 불린 분석의 경우에는 적합한 곳과 부적합한 곳을 0과 1로서 명확히 경계를 나누고 있는 것에 비교하여, 퍼지함수를 적용한 분석에서는 가장 부적합한 부분인 흰색과 노란색에서부터 순차적으로 녹색, 청색, 검정색으로 갈수록 용도별로 적합한 곳을 나타내도록 분석되어 있는 것을 알 수 있다.

AHP를 적용한 가중치의 결정

기존의 단순 중첩분석은 모든 레이어의 가중치를 동일하게 주어 분석하는 것인데, 이는 기회요인들간의 중요도를 반영하지 못한 분석 방법이다. 토지이용계획 수립시에 계획가들은 기회요인들간에 다른 가중치를 줄 수 있는데 이때 과학적인 방법을 동원하지 않으면 주관적 판단에 따른 오류를 범할 수 있게 된다. 이를 해소하기 위해서 Saaty(1980)에 의해서 개발된 AHP 이론을 적용하였다.

AHP 이론은 불분명한 선택 문제에 있어서 문제를 계층적으로 분석하여 평가할 수 있고, 정성적인 특성들을 정량적인 판단기준에 따라서 평가하고, 다수 관계자들의 의견들을 반영

함으로써 보다 객관적이고 일관적인 평가를 할 수 있는 이론이다. 이 이론은 계층구조의 개념과 퍼지집합 개념에서 출발한 것으로, 이 이론의 핵심은 각 단계의 요소들 사이의 중요도를 결정하는 과정과 척도라고 할 수 있다. 중요도는 동일한 단계의 두 개의 요소들을 상호 비교하는 이원비교(pairwise comparison)를 통해서 얻을 수 있다. 사물이나 현상에 대한 인간의 평가적인 사고는 9개의 계급으로 나누어 유연성있는 가중치를 산출하고, 일관성(consistency) 검증을 통해 주관적으로 결정한 중요도에 대한 논리적 일관성을 확인한 후 가중치를 적용하는 방식이다. 일관성 검증은 Saaty에 의해 제안된 것으로, 일관성 지표(C.I, consistency index)와 무작위 지표(R.I, random index)에 의한 일관성 비율(C.R, consistency rate)¹⁾에 의해 표현되는데, 이 때 C.R이 0.1 이하의 값을 가질 때, 일관성이 있는 것으로 검증된다(이인성, 1998; 이성호와 남광우, 1999; 이희연과 임은선, 1999).

AHP 이론을 적용하는데 있어서 가장 중요한 문제는 기회요인들간의 상대적 중요도를 결정하는 일이다. 일반적으로 객관적 자료의 추출을 위해서는 보다 광범위한 전문가를 대상으로 하는 설문조사를 실시하고 이를 토대로 추출하여야 한다. 이 연구에서는 기회요인들간의 상대적 중요도를 추출하기 위해서 한 동대학교의 관련 교수와 연구소의 관련 연구 책임자를 대상으로 설문조사한 후 이를 토대로 추정하였으며, 이 자료를 토대로 Idrisi에 내장되어 있는 AHP기법을 활용하여 기회요인들간의 가중치를 산정하였다.

분석된 결과에 의하면, 자연환경 요소의 가중치는 경사가 0.2429, 표고가 0.1811, 향이 0.2946으로 나왔으며, 인문환경의 경우에는 도로와의 거리가 0.1201, 기존 토지이용이 0.1612로 나타났다. 일관성지표인 C.I는 0.01로서 받아들일 만한 수치로 나타났다.

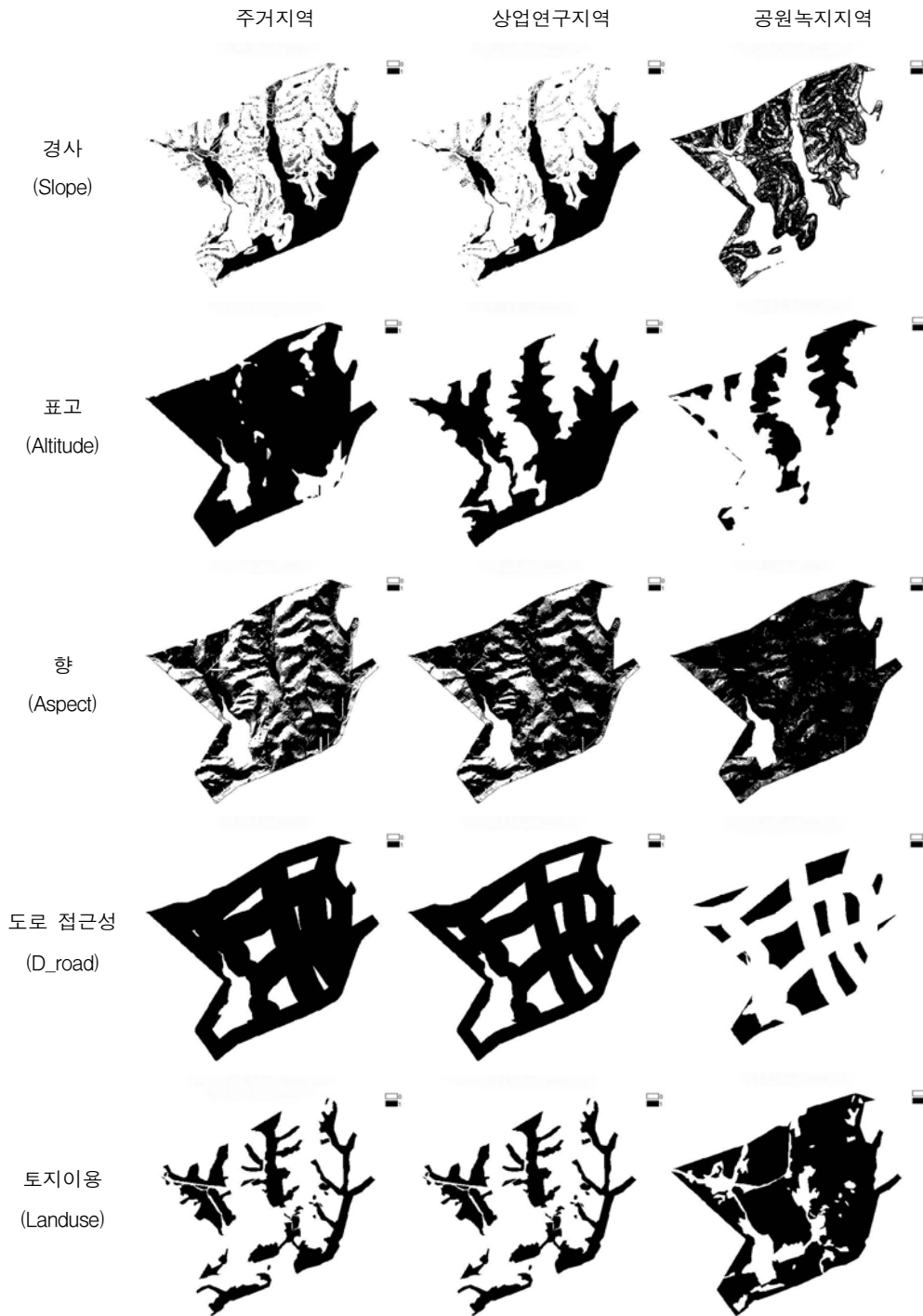


FIGURE 3. The results of Boolean analysis

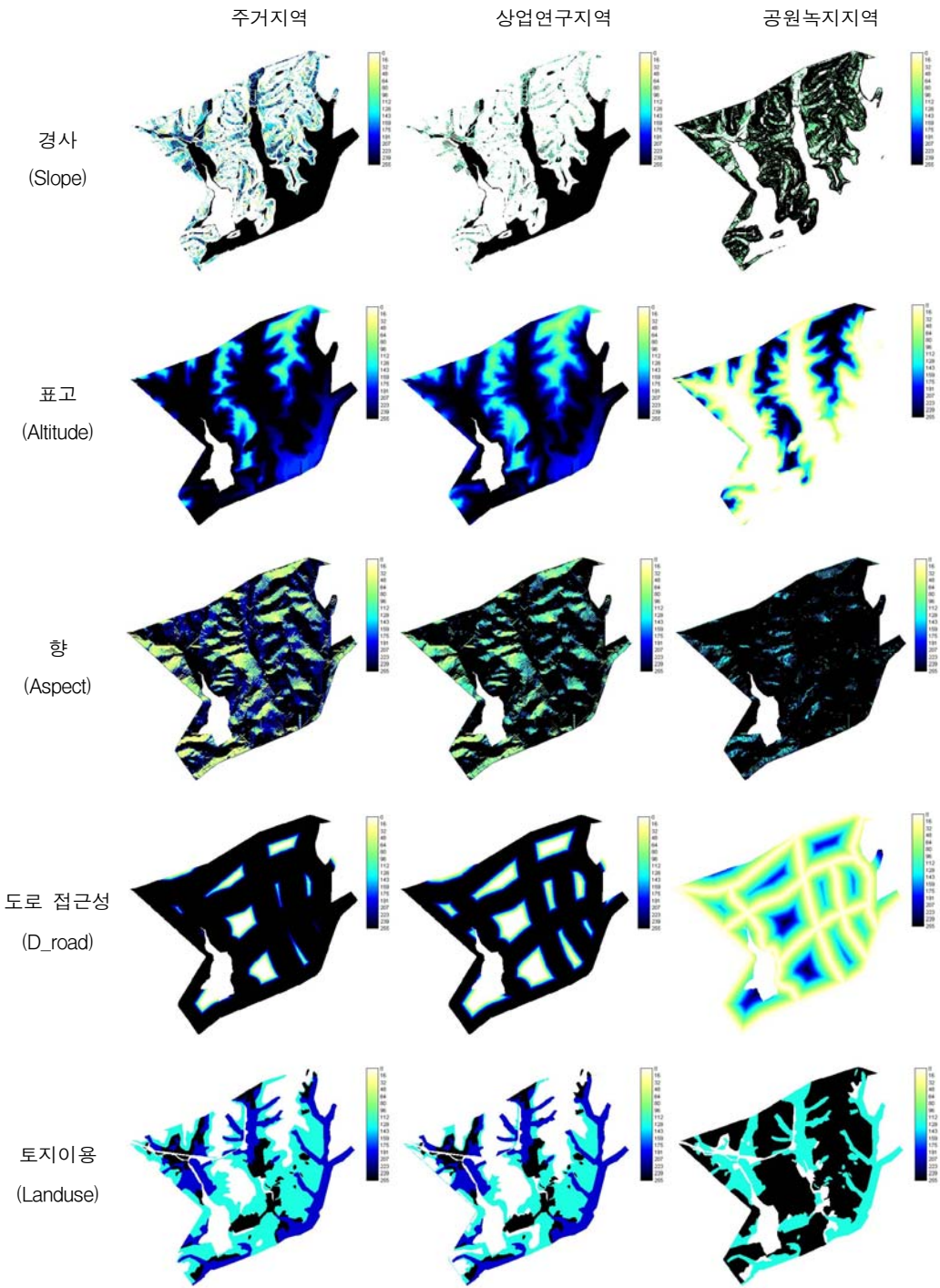


FIGURE 4. The results of Fuzzy analysis

용도별 개발가능지 분석 결과

기존의 단순중첩에 의한 불린분석 결과와 퍼지함수와 AHP기법을 적용한 용도별 개발가능지를 분석한 결과를 요약하면 표 4과 같다.

TABLE 4. Eigenvector of weight in AHP criteria

요인	경사	표고	향	도로 접근성	토지이용	가중치
경사 (Slope)	1	-	-	-	-	0.2429
표고 (Altitude)	0.714	1	-	-	-	0.1811
향 (Aspect)	1.333	1.5	1	-	-	0.2946
도로거리 (D_road)	0.5	0.7	0.5	1	-	0.1201
토지이용 (Landuse)	0.606	0.848	0.455	1.8	1	0.1612
일관성지표 (C.R)	Consistency ratio = 0.01					

* 가중치는 eigenvector of weights

이 표에서 단순중첩법에 의한 불린분석의 결과는 용도별 개발가능지가 매우 적게 나타난 것을 볼 수 있고 적합한 지역 이외에 관해서는 아무런 정보를 제공받을 수 없는데, 이는 많은 자료의 손실이 발생한 결과라고 볼 수 있다. 반면에 퍼지함수와 AHP기법을 활용한 분석의 결과를 4개 구분 즉, 가장 적합, 적합, 부적합, 가장 부적합 으로 나누어 볼 때, 매우 적합한 부분이 불린분석에 비해서 좀 더 넓게

분포되어 있음은 물론이요, 그 다음 차순의 적합한 지역에 관한 정보까지를 계획 수립시에 활용할 수 있어 상대적으로 정보의 손실이 없이 객관적이면서도 융통성있는 계획을 수립할 수 분석결과를 제공하고 있음을 알 수 있다.

분석결과를 수치화하여 비교(표 5, 그림 5) 해 보면, 불린분석에 의한 결과는 용도별로 적합한 부지의 면적이 주거용도의 경우에 14.6%인 41.4만m², 상업연구용도의 경우에 16.1%인 45.7만m², 공원녹지용도의 경우에 8.0%인 22.7만m²를 적합한 지역으로 선정하고 다른 아무런 정보를 제공해 주지 못하였다. 그러나 퍼지분석과 AHP분석을 병행한 결과, 가장 적합한 면적은 주거용도의 경우 37.4%인 105.9만m², 상업연구용도의 경우 33.1%인 93.7만m², 공원 녹지용도의 경우 32.9%인 93.5만m²에 이르러 보다 넓은 지역을 적합한 지역으로 찾아내었을 뿐만 아니라 다음 차순의 적합 지역을 포함하는 다양한 정보를 제공해 주어 융통성 있는 계획이 가능함을 알 수 있다.

결 론

이 연구는 토지이용계획시에 GIS를 공간의 사결정시스템(SDSS)으로 활용하는데 있어서 기존의 불린분석과 단순중첩에 의한 분석방법이 가지고 있는 문제점을 해소하기 위한 기법을 시도한 연구로서, 포항시 첨단연구단지의 토지이용계획 수립을 위한 적지분석 단계를

TABLE 5. The Areas of final results (unit: m²)

구분	Boolean 분석		Fuzzy 분석			
	적합	부적합	매우적합	적합	부적합	매우부적합
주거지역	414,661 (14.6)	2,547,564 (85.4)	1,059,343 (37.4)	1,190,919 (42.0)	550,313	347,21
상업연구지역	456,738 (16.1)	2,505,486 (83.9)	937,386 (33.1)	1,184,979 (41.8)	790,077	202,086
공원녹지지역	227,039 (8.0)	2,735,185 (92.0)	935,286 (32.9)	894,861 (31.6)	884,820	467,848

* 분석대상지의 총면적은 저수지 면적을 제외한 2,835,296 m²

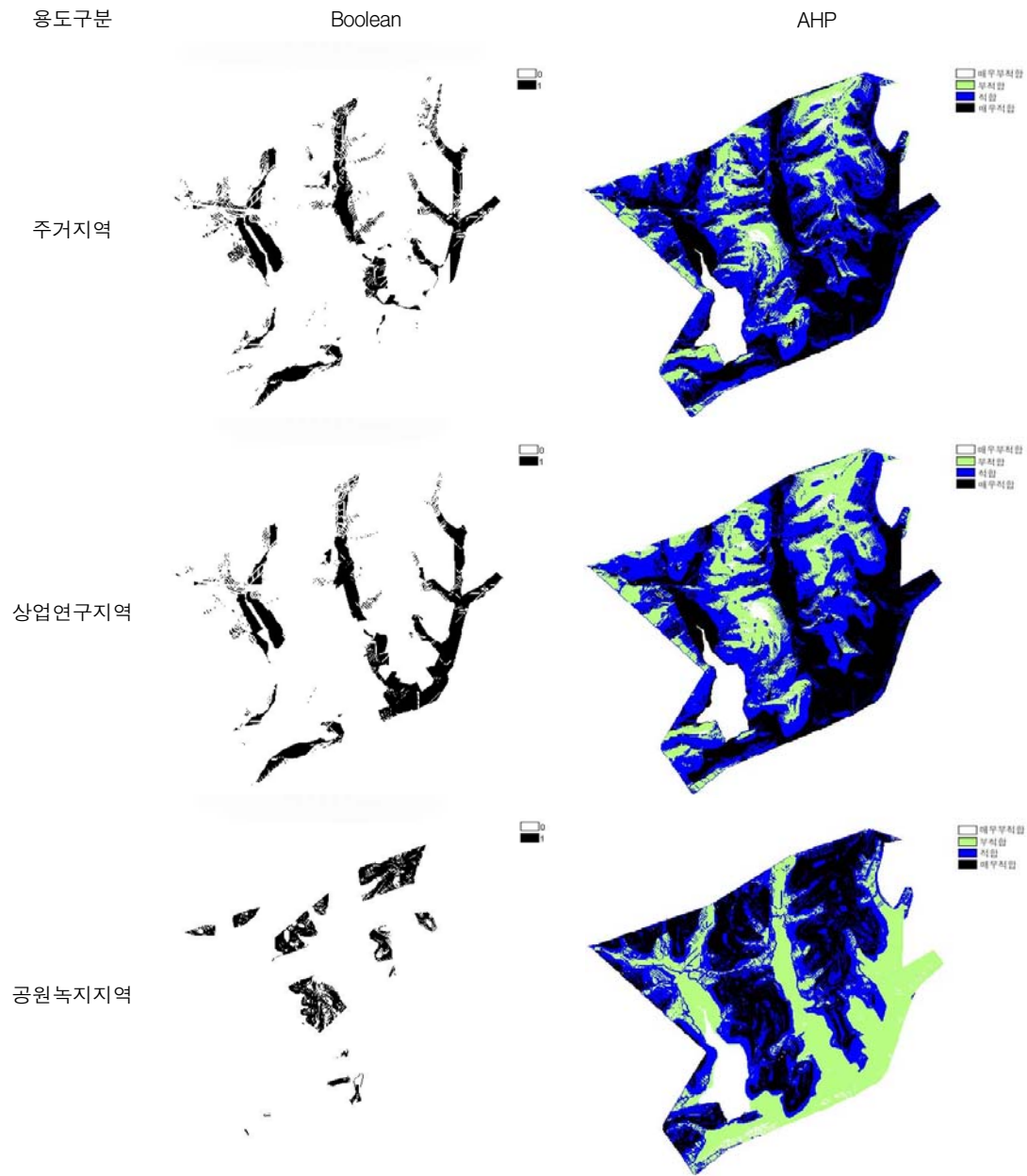


FIGURE 5. The final results of site analysis

사례연구의 대상지로 하고 있다.

기존의 GIS 공간분석 기법은 주로 불린 논리를 적용한 단순중첩기법을 사용하였는데, 불린 논리에 의한 분석방법은 0과 1의 단순한

분류에 정보취득에 의해서 많은 정보의 손실을 가져오는 한계가 있고, 요소들간의 중요도를 객관적으로 반영하지 못하는 단점이 있었다. 이 연구에서는 기존의 공간분석 기법의 문

계점을 보완하기 위해서 퍼지논리를 활용하여 정보의 손실을 최소화하는 기법을 활용하였고, AHP기법을 이용하여 분석요소간의 가중치를 객관적이고 합리적으로 부여하는 방식을 도입하였다. 적지분석을 위한 기회요인으로는 자연환경의 경우에는 경사, 표고, 향을 분석항목으로 선정하였고, 인문환경의 경우에는 도로와의 거리, 토지이용현황 등을 분석하여 기존의 불린분석의 결과와 퍼지이론과 AHP기법에 의한 적지분석의 결과를 비교하였다. 분석결과에 의하면, 단순중첩에 의한 불린분석에 의한 적지분석에서는 분석항목간의 가중치 차이가 반영되지 못하였으며, 많은 정보가 손실되어 주거용도, 상업연구용도, 공원녹지용도의 적지분석으로 8.0%~16.1%의 지역을 분석해 내었다. 퍼지논리와 AHP분석을 병행한 경우에는 분석항목의 중요도에 따라서 가중치도 적용되었으며 분석항목별 정보 손실도 적어서 해당 지역의 적합도를 4등분하였을 때 32.9~37.4%에 이르는 지역이 가장 적합한 지역으로 분석되었을 뿐만 아니라 다음 차순의 지역에 관한 정보까지 제공받을 수 있어서 보다 객관적이면서도 융통성있는 적지분석을 할 수 있는 방법임을 확인할 수 있었다.

퍼지논리를 활용할 경우에 가장 크게 대두되는 문제점은 항목별 자료의 표준화과정에서의 적절한 기준의 설정 문제이며, AHP이론을 활용할 경우에는 상대적 가중치의 객관적 자료 확보의 문제이다. 이를 위해서는 많은 전문가를 대상으로하는 설문조사와 같은 방법으로 보완하여야 하나, 이 연구에서는 항목별 자료의 표준화과정에서는 관련 자료를 참고하여 연구자의 판단에 의해서 주요한 기준을 설정하였고, 상대적 가중치의 객관적 자료 확보를 위해서는 연구의 편의상 한동대학교내의 관련 교수와 연구자 만을 대상으로 한 설문조사의 결과에 의해서 분석을 하였다는 한계를 가지고 있다.

주

- 1) C.I는 수학적 공식에 의해 계산되며, R.I는 표본으로부터 무작위로 선정된 지표에서 그 값을 구해 C.I로부터 R.I를 나눈 값이 C.R이다. **KAGIS**

참고문헌

- 대한국토·도시계획학회. 1999. 토지이용계획론. 보성각.
- 박은관, 최병남, 김대중. 1998. 토지이용계획을 위한 GIS 활용방안 연구. 국토연구원.
- 배민기, 장병문. 1998. 지리정보체계를 이용한 일반폐기물 매립후보지의 입지선정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 1(2):14-25.
- 이성호, 남광우. 1999. GIS환경에서의 공간의 사결정에 관한 연구. 국토계획. 34(1):217-231.
- 이인성. 1998. 수치변환척도 및 단순화 방식 적용에 따른 계층분석과정(AHP)의 일관도 및 정확도의 분석. 국토계획. 33(3):347-362.
- 이진덕, 연상호, 김성길. 2000. GIS를 활용한 폐기물 매립지의 적지분석 사례연구. 한국지리정보학회지 3(4):33-49.
- 이희연, 임은선. 쓰레기 소각장 입지선정에 있어서 퍼지집합과 AHP의 활용. 한국GIS학회지 7(2):223-236.
- 포항시. 1996. 포항시 도시기본계획.
- 포항시. 1998. 포항 테크노파크 조성사업 중간 보고서.
- Banai, R. 1993. Fuzziness in geographical information system: Contributions from the analytic hierarchy process. International Journal of Geographical Information Systems. 7(4):315-329
- Davidson, D.A., S.D. Thepcharopoulos and R.J. Blocksma. 1994. A land evaluation project in Greece using GIS and based on boolean and fuzzy set methodologies.

- International Journal of Geographical Information Systems 8(4):369-384.
- Eastman, J.R., W. Jin, P.A. Kyem and J. Tolendano. 1993. GIS and Decision Making: Volume 4, Exploration in GIS Technology. UNITAR, Geneva.
- Kasler, E.J., D.R. Godschalk and F.S. Chapin. 1995. Urban Land Use Planning (4th ed.). University of Illinois Press, Chicago
- McClellan, C., A. Cherrill and R. Fuller. 1995. The integration of three land classifications within a decision support system for land use planning. In: P. Fisher(ed). Innovations In GIS 2. Taylor & Francis Ltd., London, pp.137-149.
- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill, New York.
- Saaty T.L. 1997. A scaling method for priorities in hierarchical structure. Journal of the Mathematical Psychology 15:234-281.
- Zimmermann, H.J. 1991. Fuzzy Set Theory and Its Applications. Klumer Academic Pub., Norwell. **KAGIS**