GIS를 이용한 생태마을 입지분석 모델 개발 - 경북 포항시 북구를 사례로

김두순^{1*} · 정선아¹

Developing Analytical Model for Locating Preferred Ecovillage Sites Using GIS - The Case Study of Bukgu, Pohang

Doo-Soon KIM^{1*} · Seon-A JUNG¹

요 약

본 논문은 생태마을 입지분석에 필요한 표준화된 분석요소와 평가기준을 정립하고, GIS를 이용한 생태마을 입지분석 모델을 개발하여 실제 적용한 결과를 제시하였다. ArcGIS 모델빌더(Model Builder)를 활용하여 개발된 모델은 사용자가 GIS 프로그램에 익숙하지 않더라도 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 편의성을 최대한 고려하였다. 이를 위해 첫째, 기존연구 분석을 바탕으로 크게 자연환경 요소, 인문/사회적 요소, 법제적 요소로 분류되는 18개의 보편적이고 정량적인 생태마을 입지분석 요소와 평가기준을 선정하였고, 각 요소의 등급화 및 점수화 방안을 제시하였다. 둘째, ArcGIS 모델빌더를 활용하여 18개 입지분석 요소의 주제도 작성과정과 생태마을 입지로 적합한 지역을 도출하는 중첩분석 연산과정을 체계적으로 정리한 생태마을 입지분석 모델을 개발하였다. 셋째, 개발된 모델의 유효성을 검증하기 위하여 포항시 북구를 테스트 사이트로 생태마을 입지분석을 수행하였다.

주요어 : 지리정보시스템, 생태마을, 입지분석, 모델빌더

ABSTRACT

Using ArcGIS Model Builder, with emphasis on the importance of ecology and user friendliness, a model for site selecting tool is developed. This tool is developed by establishing standardized method for data selection and analysis with evaluation criteria using GIS. For this task, our first action was to objectively define and establish 18 elements to evaluate the potentiality of the site based on extensive literature reviews.

2013년 1월 18일 접수 Received on January 18, 2013 / 2013년 3월 20일 수정 Revised on March 20, 2013 / 2013년 5월 22일 심사완료 Accepted on May 22, 2013

1 한동대학교 공간환경시스템공학부 Spatial Environment System Engineering, Handong Global University

* Corresponding Author E-mail : adk@handong.edu

These 18 elements reflect environmental, social/cultural and legal aspects that may influence the decision process to select the desired site. Secondly, using ArcGIS Model Builder, 18 analytical elements were made into thematic mapping which represent systematically organized graphic input to the model with automatic double check system and overlay analysis capability. Thirdly, to validate the effectiveness of the developed model, site location analysis was performed using the actual site, Buk-ku, Pohang.

KEYWORDS : GIS, Ecovillage, Site Analysis, Model Builder

서 론

최근 환경문제가 대두됨에 따라 지속가능한 개발에 대한 실천적 대안으로 생태마을이 도입되고 있다. 2008년 기준 전 세계적으로 약 160개의 생태마을이 조성되었고, 국내에서도 환경부/농림수산식품부/농촌진흥청/산림청/민간(지자체) 등 각종 행정부처에서 다양한 생태마을 사업을 시행하고 있다. 하지만 현재 우리나라에서 추진되고 있는 생태마을 만들기는 대부분 실패하고 있는 실정이다. 하나의 마을이 계획되고 조성되기까지는 개발대상지역의 선정과 선정된 지역에 대한 구체적인 공간계획 수립 등 많은 의사결정단계들을 거쳐야 하는데(Kim and Chung, 2003), 객관적이고 타당성 있는 기준에 의한 후보지 검토과정 없이 계획가의 주관적 판단에 기초한 입지결정이 생태마을 조성 실패의 원인 중 하나라고 지적되고 있다(Nam, 2006).

성공적인 생태마을 사업 시행을 위하여 지역의 자연/인문환경에 대한 정확한 조사와 이를 기초로 토지의 사용목적에 맞는 입지를 선정하는 것이 중요하다. 생태마을의 물리적인 요소는 한번 조성되면 바꾸기 힘든 부분이므로 계획 당시 신중한 고려가 필요하기 때문이다(Na and Cheon, 2007). 최근 공간의 입지선정을 위한 과학적인 도구로 데이터 관리와 공간분석 등에 효율적인 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)이 많이 활용되고 있으며, 이는 생태마을 입지선

정의 좋은 도구로 사용될 수 있다. GIS는 공간자료와 속성자료를 체계적이고 효율적으로 구축/저장/분석/시각화 할 수 있다는 장점이 있으며, 객관성이 보장된 분석결과를 바탕으로 명확하고 구체적인 공간 의사결정 자료를 제공해 줄 수 있기 때문이다.

그러나 실무에서 일하고 있는 건축가, 도시설계자, 토목기술자, 그리고 환경기술자들은 급격히 발전하고 있는 GIS 기술을 생태마을 디자인 프로세스에 충분히 활용하지 못하고 있다. 지속가능한 생태마을 조성을 위한 객관적이고 과학적인 기준과 방법이 아직 마련되지 않았기 때문이다. 기존의 경제성 우위의 개발 중심적인 입지선정 방법론보다 생태마을의 가치를 충족시킬 수 있는 GIS를 바탕으로 한 평가기준과 입지선정 방법론이 마련되어야 할 시점이다. 또 다른 문제점은 이를 사용해야 하는 실무자들이 GIS 기술을 배워서 익히는데 많은 시간이 소요되기 때문에 실제 계획과정에서 GIS를 충분히 활용하지 못하고 있는 것이다. 중앙 및 지방자치단체의 공무원교육에서 GIS응용시스템이 늘어나면서 GIS에 대한 교육을 실시하고 있지만, 단기간의 교육으로 전문성을 습득하기는 어려운 실정이다(Sakong and Im, 2002). 이러한 문제점을 개선하기 위한 대안으로 단순하고 체계적이며 표준화된 도구의 개발을 제안할 수 있다. 생태마을 계획을 수립하기 위해 수집/가공된 정보가 과학적인 평가절차를 거치게 되는 정형화된 모형은 생태마을 조성의 합리적인 의사결정에 도움이 될 수 있다.

본 연구는 GIS를 활용하여 생태마을 입지 분석을 수행하는데 필요한 명확한 기준과 방법을 연구하고, 나아가 사용자의 편의가 고려된 GIS 생태마을 입지분석 도구 개발을 목적으로 한다. 이와 같은 목적으로 수행되는 본 연구의 과정은 다음과 같이 요약된다. 첫째, 기존연구 분석을 통해 생태마을 입지분석에 필요한 분석요소와 평가기준을 선정하며, 분석요소/평가기준/분석절차 등에 대한 전문적 지식을 체계적으로 정리하여 사용자가 보편적으로 이해하기 쉽게 작성한다. 둘째, 선정된 평가기준에 따라 각각의 주제도를 작성하며, 이를 토대로 중첩분석을 수행하여 최종적인 생태마을의 입지를 등급화하여 나타낸다. 이 모든 과정은 ArcGIS¹⁾의 모델빌더(model builder) 도구를 사용하여 모델로 개발하며, 이는 사용자가 쉽게 입지분석 도구를 사용할 수 있게 하는 사용자 편리성을 확보하기 위함이다. 셋째, 개발된 모델의 유효성을 검증하기 위해 포항시 북구 전 지역을 테스트 사이트로 하여 생태마을 입지분석을 수행한다.

선행연구

본 연구와 관련된 선행연구를 생태마을 입지분석 방법론과 모델에 관한 연구로 분류하여 수행하였다.

먼저 생태마을 입지분석 방법론과 관련하여 Kang(2012)은 생태마을 중에서도 산림청에서 조성하고 있는 산림탄소 순환마을 대상지 선정 평가인자에 대해 연구하였다. 기존에 산림탄소 순환마을 시범사업지의 선정 기준 평가표가 존재하나 세부기준에 대한 개선점을 찾기 위해 델파이법과 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 혼합한 DHP(Delphic Hierarchy Process) 기법을 활용하여 보다 객관적이고 변별력이 있는 대상지 선정 평가기준을 도출하였다. Song and Yang(2004)은 농촌형 환경친화적 주거단지의 입지적합성을 분석하기 위해 환경친화적 농촌마을 조성모델의 이론을 분석하고, 이를

토대로 입지적합성 분석을 위한 평가지표의 추출/가중치 결정/중첩에 의한 주거단지 입지적합성 분석을 수행하였다. Han(2011)은 계층적 분석과정과 GIS분석 모델링 방법을 이용하여 주거지 개발의 합리적인 입지선정을 시도하였다. 연구에서 입지선정을 위해 공간적/속성적 분석방법을 계층화 하였으며, 단계별 효율적 결과도출을 위해 GIS분석 모델을 사용하였다. 꼭 생태마을이 아니더라도 주거/토지이용/공공시설 등의 입지선정을 위해 GIS를 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Kim and Chung, 2001; Yun and Lee, 2010; Jeong, 2011; Park, 2011). Kim *et al.*(1997)은 입지선정을 위한 GIS 활용방안 연구에서 입지선정을 위한 인자를 자연환경적/사회경제적/법제적 인자로 구성하였고, 입지선정 인자마다 조건과 결정요소를 제시하였다. 이러한 연구 사례들을 통해 생태마을 입지분석을 위한 객관적인 기준 마련과 GIS 분석이 충분히 가능하며, 지역개발 계획을 위한 의사결정 지원수단으로(Sung, 2004) GIS 분석 모델을 구축할 가치가 있다고 판단된다.

다음으로 입지분석 모델 관련하여 Kim and Chung(2003)은 농촌중심마을 개발사업을 대상으로 계획과정을 모형화하고 각 과정에서 필요로 하는 단위계획모형들을 하나의 체계로 통합한 시스템을 구성하였다. 이 시스템은 입력자료가 준비된 상태에서 개발정책의 조건에 따라 개발 대상 중심마을의 선정과 마을 공간계획의 입체 모델 재현까지 거의 실시간에 모의할 수 있다. 이러한 결과로부터 계획 수립을 위한 의사결정 지원과 주민참여 유도에 보다 효율적으로 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다. Lee and Yoo(1993)는 효율적인 데이터베이스 관리, 예측계획을 위한 사전정보의 제공, 그리고 관련분야의 전문지식이 없는 관리자의 용이한 접근을 위해 토지정보체계와 전문가기법을 이용한 하수용량 분석 시스템을 개발하였다. 현재 토지정보체계의 중요한 문제점은 전문가들만 토지정보체계를 이용할 수 있다는 것이다. 이러한 문제를 해결하고 임의

의 사용자에게 도움을 줄 수 있는 사용자 친화적 시스템(user-friendly system)은 시스템의 운영 경험이 없는 사용자도 사용 가능하도록 해 토지정보체계의 활용을 크게 향상시킨다고 하였다. 이러한 연구 사례들을 통해 생태마을 입지분석 모델이 마을계획 수립과 의사결정단계의 효율을 높이는데 유용하게 사용될 수 있다고 판단된다.

생태마을 입지분석 모델 개발

생태마을 입지분석 모델을 개발하기 위해 생태마을 입지분석 요소 선정, 입지분석 요소의 등급화를 통한 평가기준 선정, 그리고 각 요소별 주제도의 중첩분석을 통한 결과 도출 순으로 진행되는 분석과정의 알고리즘을 작성하였다. 나아가 ArcGIS의 모델빌더를 활용하여 이러한 단계적 분석과정이 자동적으로 수행되는 생태마을 입지분석 모델을 구축하였고, 모델의 유효성 검증을 위해 포항시 북구를 대상으로 삼아 개발된 모델을 활용하여 생태마을 입지분석을 수행하였다.

1. 생태마을 입지분석 요소 선정

생태마을은 우수한 자연환경과 조화를 이루고 거주환경의 쾌적함과 생활의 편의를 도모할 수 있는 곳에 입지하여야 하며, 이를 위해 고

려해야 할 요소는 매우 다양하고 복잡한 관계에 있다. 이러한 생태마을 입지분석 요소는 다양한 생태마을에 적용시킬 수 있는 보편적이고 정량적 분석이 가능한 요소이어야 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 생태마을 입지분석 모델은 GIS 분석을 통해 물리적 조건들을 만족하는 지역을 가려내어 최종적으로 생태마을의 입지선정의 의사결정 과정에 활용될 수 있는 결과를 제시하는 것을 목적으로 한다. 또한 생태마을 입지선정 과정에서 사용자들이 GIS 기술을 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위해서는 데이터 획득의 용이성이 반드시 고려되어야 함으로 모든 분석 요소는 누구나 쉽게²⁾ 획득할 수 있는 데이터를 대상으로 선정하였다.

본 연구에서는 입지분석 모델의 분석 요소를 선정하기 위해 생태마을/농촌마을/친환경적 토지이용에 관련된 총 10개의 기존연구를 고찰한 후 생태마을 입지분석의 기본적인 고려 요소를 크게 자연환경 요소, 인문·사회적 요소, 그리고 법적 요소로 분류하였다. 이를 다시 중간 단계로 분류하기 위해 자연환경 요소는 지형/토양/수문/식생으로 분류하였고 인문·사회적 요소는 기존토지이용/교통시설/편의시설/유해시설로 분류한 후 각각의 요소가 기존연구에서 활용된 빈도수를 표 1과 같이 확인하였다. 지형과 교통시설은 빈도수 10으로 모든 기존연구에서 분석요소로 사용되었고,

TABLE 1. Classifying elements of locational site analysis in establishing ecovillage

Classification	Analytical elements	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Frequency
Natural environment factor	Topography	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	10
	Soil	●	●		●		●					4
	Water resources	●	●	●	●	●	●	●	●	●		9
	Vegetation		●	●		●	●	●	●	●		7
Human-social factor	Existing land use	●	●	●							●	4
	Transportation facilities	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	10
	Convenient Facilities	●	●	●			●	●	●			6
	Harmful facilities		●			●	●	●	●		●	6
Legal factor	Area closed for development	●	●	●		●		●	●		●	7

A: Lim and Cho(1995), B: Kim(1997), C: Moon(1998), D: Kim and Chung(2003), E: Song and Yang(2004), F: Bae(2005), G: Nam(2006), H: Baek(2008), I: Yoon(2008), J: Han(2011).

토양과 기존토지이용은 빈도수 4로 가장 낮은 횟수로 기존연구에서 분석요소로 활용되었다. 법제적 요소는 법이나 제도적으로 토지의 개발이 제한되는 지역을 파악하기 위한 요소이고 7개의 기존연구에서 사용된 것을 확인하였다.

기존연구를 바탕으로 도출한 9개의 분석요소에서 GIS를 활용하여 물리적 분석이 가능한 18개의 세부적 요소와 각 요소의 공간적 가치를 판단하기 위한 기준을 표 2와 같이 정하였다. 자연환경 요소는 표고/경사도/향/배수/유효토심(비옥도)/하천/임상을 세부적 분석요소로 선정하였고, 생태마을을 개발할 때 자연

지형과 경관의 훼손을 최소화하고 비옥한 토양/우수한 수자원/식생 환경이 양호하여 이를 적극 활용할 수 있는가에 따라 평가기준을 선정하였다. 인문·사회적 요소는 토지이용현황/도로(일반국도·지방도)/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소/상·하수도/공장/철도를 세부적 분석요소로 선정하였다. 토지이용현황은 기존에 토지가 이용되지 않거나 개발이 용이한 지역일수록 생태마을 입지로 적합하다고 평가할 수 있고 도로(일반국도·지방도)/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소/상·하수도의 편의시설은 접근이 용이할수록 생태마을

TABLE 2. Selecting elements for locational site analysis in detail

Analytical elements			The standard	Input data
Major class level	Medium class level	Minor class level		
Natural environment factor	Topography	Altitude	Suitable with lower altitude	Numerical map
		Slopes	Suitable with gentler altitude	Numerical map
		Orientation	Suitable with nearer south	Numerical map
	Soil	Drainage	Suitable with better drained	Soil map
		Effective soil depth	Suitable with deeper depth of fertile soil	Soil map
	Water resources	Creek	Suitable with nearer	Numerical map
	Vegetation	Vegetation density	Suitable with higher the density or ratio on number of plants	Map of forest type
Human-social factor	Existing land use	Land usage	Suitable with existing non-use or easier development	Map of land coverage
	Transportation facilities	Roads(general national road-local road)	Suitable with nearer	Numerical map
		Bus stops	Suitable with nearer	Numerical map
	Convenient facilities	School	Suitable with nearer	Numerical map
		Hospital	Suitable with nearer	Numerical map
		Districts with dong(neighborhood) office	Suitable with nearer	Numerical map
		Water and sewage	Suitable with nearer	Numerical map
	Harmful facilities	Factory	From the source distance	Numerical map
		Railroad	From the source distance	Numerical map
Legal factor	Area closed for development	Development limitation above 100 m, from the locally set standard altitude	Standard of land development approval (on the urban planning ordinance type)	Numerical map
		Above 25% slope; development limitation	Standard of land development approval (on the urban planning ordinance type)	Numerical map

의 입지로 적합하다고 할 수 있다. 반면 생태마을에 오염/소음 등의 피해를 줄 수 있는 시설과는 적당한 이격거리를 두어 나쁜 영향을 받지 않는 지역이 생태마을의 입지로 선정되도록 하였다. 마지막으로 법제적 요소는 법이나 제도적으로 개발이 금지된 지역으로 선정하였고 도시계획조례상 개발행위허가기준에 따라 개발이 금지된 상대 고도 100m 이상 지역과 경사도 25% 이상인 지역(Lee and Yoon, 2008)을 생태마을 입지로 선정되지 않도록 하였다.

2. 생태마을 입지분석 요소의 등급화를 통한 평가기준 선정

기존연구 분석을 통해 등급화 유형을 살펴본 결과 대체로 3~5등급의 구분이 사용되었고, 본 연구에서는 선정된 생태마을 입지분석 요소를 평가기준에 따라 4등급으로 등급화하였다. 1등급은 3점, 2등급은 2점, 3등급은 1점, 그리고 4등급은 0점의 점수를 표 3과 같이 부여하였으며, 18개 분석요소의 등급을 분류할 때 기존연구에서 사용한 값들을 참고하였다. 입지분석 요소 중 생태마을에 오염/소음 등의 피해를 주는 요소는 등급화하지 않고 영향범위를 이격거리로 설정하여 입지분석 결과에서 제외될 수 있도록 하였으며, 법이나 제도적으로 개발이 불가능한 지역도 분석결과에서 제외될 수 있도록 하였다. 이러한 요소를 계획의 초기단계에서 반영하는 것은 생태마을 입지선정을 위한 검토대상지역을 제한함으로써 시간과 노력을 감소시키려는 목적이 있다(Lee, 2002).

자연환경 요소의 표고와 경사도는 시설물의 위치와 도로 등의 부지선정/건설가능성에 영향을 미치고(Kim *et al.*, 1997), 자연등고를 활용하여 친환경적으로 개발하기 위해 중요한 분석요소이다. 표고는 당해 도시 기반시설이 입지해 있는 지역의 표고보다 50m를 넘지 않는 것이 좋고(Korea Planners Association, 2009), 경사도가 완만할수록 지형을 훼손시

키지 않고 개발할 수 있다. 시·군별로 다른 하나 일반적으로 상대 고도 100 m 이상과 경사도 25% 이상인 토지는 개발이 불가능한 것으로 간주되고 있어(Lee and Yoon, 2008) 본 연구에서는 이를 반영하여 등급화하였다. 향은 생태적 주거환경을 조성하기 위해 생태적 순환의 근원이 되는 태양에너지의 확보와 관련되어 주거지배치와 에너지활용에 기본적으로 고려되어야 할 요소이다(Moon, 1998). 남향/남동향/남서향을 기준으로 배치한 생태마을은 겨울철 난방효과와 여름철 냉방효과를 누릴 수 있다(Yoon, 2008). 반면 북향은 가장 낮은 등급을 주었다. 주거 입지 조건으로 토양의 배수상태와 유효토심은 매우 중요하다. 토양의 배수상태가 양호할수록 물질 순환이 잘 이루어지며, 유효토심이 깊을수록 비옥한 땅이기 때문에 작물의 생산성이 좋고 식생이 자라기 적합하다는 측면에서 생태마을의 입지로 적합하다. 토양의 배수등급은 매우양호/매우양호 내지 양호/양호/약간양호/약간불량/불량으로 나누어지며, 이를 4등급으로 등급화하였다. 마찬가지로 유효토심도 매우 깊음을 1등급으로, 매우 얇음을 4등급으로 등급화하였다. 본 연구에서 수문의 분석 요소로 선정한 하천과 같은 수자원은 생물다양성/물질순환/생물서식과 관련된 요소(Han *et al.*, 2009)이다. 식생은 생물의 서식공간, 생물종다양성, 그리고 에너지 흐름 등 생태계 전반적으로 영향을 미치는 중요한 요소이다(Han *et al.*, 2009). 식생은 보존해야 할 대상인 동시에 마을의 경관자원으로 활용될 수 있다. 임상도의 임상구분 자료를 기준으로 수관 점유면적 또는 입목본수 비율이 75% 이상인 임상을 1등급으로 분류하고 50~75%인 임상을 2등급, 황폐지/목장/경작지를 3등급, 그리고 체지/수체/임간나지/비산림 지역을 4등급으로 등급화하였다.

인문·사회적 요소의 토지이용현황은 토지피복도를 기준으로 나지/밭·논/초지·산림/그 외 지역으로 재분류하여 나지는 1등급, 밭·논은 2등급, 초지·산림은 3등급 그리고, 습

지/수역/시가화 지역은 그외 지역에 해당하며 4등급으로 등급화하였다. 인문·사회적 요소는 접근성을 기준으로 등급을 결정하였고 교통시설과 편의시설이 가까이 있을수록 생태마을의 입지로 적합하다. 교통시설은 도로와 버스정류장을 분석요소로 선정하여 접근성에 따라 등급화하였고, 편의시설은 학교/병원/읍·면·동사무소/상·하수도를 분석요소로 선정하여 접근성에 따라 등급화하였다. 버스정류장과 학교의 경우 도로로 이용이 가능한 범위를 기준으로 등급을 정하였다. 반면 환경오염과 소음을 일으키는 유해시설과는 멀리 떨어진 곳이 생태마을의 입지로 바람직하다. 유해시설에는 다양한 요소가 있을 수 있지만 환경오염원을 배출하는 공장을 분석요소로 선정하였고, 이격거리를 설정하여 공장 주변 300m 이내의 지역이 생태마을의 입지로 선정되지 않도록 하였다(Han, 2011). 마찬가지로 소음공해가 있는 철도로부터 240m 이내의 지역은 생태마을의 입지에서 제외시켰다(Song and Yang, 2004).

마지막으로 법제적 요소의 개발제한지는 법적 기준을 적용하여 개발이 불가능한 지역은 입지선정의 단계에서 제외되도록 하였다. 일반적으로 도시계획조례의 개발행위허가기준으로 상대 고도 100m 이상과 경사도 25% 이상인 토지는 개발이 불가능한 것으로 간주되고 있으며 이는 시·군별로 다르게 기준이 정해져 있다(Lee and Yoon, 2008).

위와 같은 기준에 의하여 표 3과 같이 선정된 18개의 입지분석 요소의 등급화/점수화 결과는 생태마을 입지분석 모델의 각 요소별 파라미터(parameter)값으로 사용되었다.

3. ArcGIS 모델빌더를 이용한 생태마을 입지분석 모델 개발

생태마을 입지분석에 필요한 단계적 분석과정을 통합하여 그림 1과 같이 ArcGIS의 모델빌더를 이용한 생태마을 입지분석 모델을 구축하였다. 모델빌더를 이용하여 입지분석 요

소와 평가기준 결정, 평가기준에 따른 각 요소의 등급화/점수화, 그리고 각 요소별 주제도 중첩분석을 통한 결과 도출의 모든 과정을 하나의 통합모델로 구축하였으며, 이를 통하여 사용자들이 복잡한 분석과정 없이 쉽게 생태마을 입지분석을 수행할 수 있도록 하였다.

입지분석 모델은 자연환경 요소와 인문·사회적 요소, 그리고 법제적 요소로 구분하여 알고리즘을 작성하였다. 먼저 자연환경 요소(표고/경사도/향/배수/유효토심/임상/하천)와 인문·사회적 요소(도로/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소/상·하수도)의 주제도를 구축하였고 이를 Weighted Overlay 도구를 사용하는 중첩분석을 통해 0점에서 9점까지 부여된 생태마을 입지분석 1차 결과를 도출하였다. 다음으로 인문·사회적 요소(공장/철도)와 법제적 요소(상대 고도 100m 이상/경사도 25% 이상)가 반영된 개발제한지 주제도를 작성한 후에 Mask 도구를 이용하여 생태마을 입지분석 1차 결과에서 개발제한지를 제외시킴으로써 생태마을 입지분석의 최종 결과를 도출하였다.

세부적으로 18개 분석 요소의 주제도를 작성하는 과정은 다음과 같다. 표고는 DEM(Digital Elevation Model) 높이 값을 기준으로 등급화하였다. 경사도와 향은 DEM을 입력데이터로 이용하였고, Slope과 Aspect 도구를 사용하여 각각 경사도 분석과 향 분석을 수행한 후에 Reclassify 도구를 사용하여 4등급으로 등급화하고 점수를 부여하였다. 배수/유효토심/임상/토지이용현황은 각각의 입력데이터인 토양도(배수구분과 유효토심구분), 임상도(임상구분), 토지피복도를 셀(cell) 크기 30m×30m인 래스터(raster) 데이터로 변환한 후에 속성정보를 기준으로 Reclassify 도구를 이용하여 4등급으로 등급화하고 점수를 부여하였다. 하천/도로/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소는 수치지도에서 해당 레이어(layer)를 추출한 후 Multiple Ring Buffer 도구를 이용하여 공간적 영향범위를 설정하였고, 이를 셀 크기 30m×30m인 래스터 데이

TABLE 3. Ranking and scoring on the elements for locational site analysis

Analytical elements			Rank(Score)			
Major class level	Medium class level	Minor class level	1(3)	2(2)	3(1)	4(0)
Natural environment factor	Topography	Altitude	0~50m	50~75m	75~100m	100m 이상
		Slopes	0~5%	5~15%	15~25%	25% 이상
		Orientation	South, southeast, southwest	East, west	Northeast, northwest	North
	Soil	Drainage	Somewhat very well drained; somewhat very well drained or well-drained; well-drained	Moderately well drained	—	Poorly drained; very poorly drained
		Effective soil depth	Very deep; from very deep to deep; deep	From deep to average; average	Average; from average to shallow	Very shallow
	Water resources	Creek	0~50m	50~100m	100~200m	Above 200m
	Vegetation	Vegetation density	Above 75%	50~75%	0~50%	Non-vegetated sites
	Existing land use	Land usage	Bare land	Field, paddy field	Forest, Grassland	Wetland, waters, urbanization area
	Human-social factor	Roads (general national road · local road)	0~1km	1~2km	2~3km	Above 3km
		Bus stops	0~200m	200~500m	500~800m	Above 800m
		School	0~500m	500~1000m	1000~1500m	Above 1500m
		Hospital	0~5km	5~10km	10~15km	Above 15km
		Districts with dong (neighborhood) office	0~5km	5~10km	10~15km	Above 15km
		Water and sewage	0~300m	300~1000m	1000~1500m	Above 1500m
Legal factor	Area closed for development	Factory	Exception 0~300m			
		Railroad	Exception 0~240m			
		Development limitation above 100 m, from the locally set standard altitude	Exception above 100m			
		Above 25% slope; development limitation	Exception above 25%			

터로 변환한 후에 Reclassify 도구를 이용하여 4등급으로 등급화하고 점수를 부여하였다. 유해시설인 공장과 철도는 Buffer 도구를 이용하여 이격거리를 설정하였고, 개발제한지는

상대 고도와 경사도 데이터를 Reclassify 도구를 이용하여 재분류하였다.

GIS를 활용하여 생태마을의 입지를 선정하려면 이와 관련된 전문적 지식이 필요하다.

FIGURE 1. Model for locating preferred ecovillage sites using ArcGIS Model Builder

또한 생태마을에 대한 올바른 지식을 바탕으로 합리적인 평가기준을 적용해야 하며, 논리적인 과정에 따라 분석을 수행해야 한다. 본 연구는 기존연구 분석을 통해 선정한 평가기준이 생태마을 입지분석 모델에 기본적으로 입력되어 있어 사용자들이 보다 쉽게 생태마을 입지선정을 할 수 있는 도구를 제시하였다. 또한 고급 사용자가 평가기준을 변경하고 싶다면 모델의 평가기준 파라미터를 변경할 수 있는 장치를 마련하였으며, 모델의 재실행을 통해 반복적으로 새로운 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 생태마을 입지분석 모델은 계획가/건축가/공무원/마을주민 등 다양한 의사결정자들의 의견을 반영할 수 있는 의사결정 지원 도구로 이용될 수 있고, 향후 생태마을 조성에 대한 수요가 증가함에 따라 생태마을 설계 도구 프로그램을 개발하는데 이용될 수 있다.

4. 생태마을 입지분석 모델의 검증

포항시 북구를 테스트 사이트로 하여 개발된 생태마을 입지분석 모델을 적용하였고, 도출된 분석 결과를 고찰하여 모델의 유효성을 검증하였다.

입력자료(input data)는 축척 1/5,000의

수치지도, DEM, 토양도(배수구분과 유효토심구분), 임상도(임상구분), 그리고 토지피복도를 이용하였고 개발된 생태마을 입지분석 모델을 실행하여 18개 입지분석 요소의 주제도가 그림 2와 같이 도출되었다. 표고/경사도/향은 DEM이 입력자료로 이용되었으며, 배수와 유효토심은 토양도의 배수구분과 유효토심구분이 입력자료로 이용되었다. 임상은 임상도의 임상구분이 입력자료로 이용되었으며, 하천/도로/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소/공장은 수치지도가 입력자료로 이용되었다. 토지이용현황은 토지피복도가 입력자료로 이용되었다. 단, 본 연구에서는 상·하수도 데이터를 구하지 못하여 분석에 적용하지 못했고, 철도는 포항시 북구 지역에 없기 때문에 분석 요소에서 제외시켰다.

그림 2와 같은 각각의 결과는 모든 조건에 대한 점수값이 합쳐지는 중첩분석의 입력값으로 자동 적용되어 그림 3(A)와 같이 생태마을 입지분석 1차 분석 결과로 도출되었다. 다음으로 상대 고도 100m 이상, 경사도 25% 이상, 그리고 공장에서 300m 이내인 지역 중 하나라도 해당하는 지역은 생태마을 입지선정에서 제외되어야 할 지역으로 그림 3(B)와

FIGURE 2. Application of the model for locating preferred ecovillage sites on Bukgu, Pohang: the analytical results on each element

C. Aspect

D. Drainage

E. Effective soil depth

F. Vegetation density

G. Creek

H. Land use

FIGURE 2. Continued

I. Roads

J. Bus stops

K. School

L. Hospital

M. Districts with dong(neighborhood) office

N. Development limitation above 100m from the locally set standard altitude

FIGURE 2. Continued

FIGURE 2. Continued

같은 개발제한지 결과로 도출되었다. 생태마을 입지분석 1차 분석 결과와 개발제한지 분석 결과가 중첩되어 최종적인 생태마을 입지 분석 결과가 그림 3(C)와 같이 도출되었으며, 이것은 생태마을 입지분석 모델의 최종 결과 값이다.

모델의 생태마을 입지분석 결과 8점 이상인 지역은 전체면적의 0.11%(820,800m²)가 도

출되었으며, 8점 이상 지역 중에서 이미 개발된 도시지역을 제외하고 가장 높은 점수 분포를 가지고 있는 지역은 그림 3(D)와 같이 포항시 북구 송라면 하송리 일대 지역임이 확인되었다. 이 지역은 주로 논/밭으로 이용되고 있는 평지이며, 북쪽의 임야/남쪽의 청하천/서쪽의 청계 저수지 등 자연환경이 양호한 지역으로서 본 연구에서 설정한 자연환경 요소를

FIGURE 3. Application of the model for locating preferred ecovillage sites: the results of multi-layered analysis

C. Final result for locational site analysis in establishing ecovillage

D. Most preferred site for ecovillage development within the boundary of allowable land for the development

FIGURE 3. Continued

다양하게 만족시키고 있음이 확인되었다. 또한 7번 국도가 우측으로 지나가고 해당 지역의 반경 2km 이내에 청하초등학교/송라중학교/포항송라병원/청하면사무소/송라면사무소가 소재하고 있어 본 연구에서 설정한 인문·사회적 요소를 다양하게 만족시키고 있음이 확인되었다. 이 지역은 글로벌 포항비전 2020 종합구상도의 생태환경 벨트 개발계획과 포항 녹색도시 기본구상도의 생태거점지구 개발계획에 동시에 포함되어 있어 정부에서 추진하는 저탄소 녹색성장 계획과 글로벌 포항비전 2020 계획에서 중요한 지리적 위치를 차지하고 있음이 확인되었다.

위와 같은 고찰을 통해 본 연구에서 개발된 생태마을 입지분석 모델의 유효성을 확인하였다.

결론

지속가능한 개발과 자연친화적인 주거공간에 대한 수요 증가를 반영하여 생태마을 조성사업이 활발히 추진되고 있지만, 국내 생태마을 조성사업은 대부분 실패하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 성공적인 생태마을 사업 시행을 위하여 GIS를 활용한 생태마을 입지분석

방법론 개발과 사용자 편의를 고려한 GIS 분석도구의 개발이 필요하다고 인식하였고, 이를 해결하기 위해 ArcGIS 모델빌더를 활용하여 생태마을 입지분석 모델을 개발하였다.

이와 같은 목적으로 수행된 본 연구는 다음과 같은 과정으로 수행되었다. 먼저 기존연구 분석을 통해 생태마을 입지분석에 필요한 18개의 세부적 분석요소와 평가기준을 선정하였다. 입지분석 요소는 자연환경 요소(표고/경사도/향/배수/유효토심/하천/임상), 인문·사회적 요소(토지이용현황/도로/버스정류장/학교/병원/읍·면·동사무소/상·하수도/공장/철도), 법적 요소(상대 고도 100m 이상, 경사도 25% 이상)로 분류하였고, 각각의 요소를 4등급으로 등급화하여 점수를 부여하였다. 그리고 각 요소별 주제도면을 작성하였고, 중첩분석을 수행하여 최종적인 생태마을의 입지를 등급화하였다. 이 모든 과정을 ArcGIS의 모델빌더 도구를 사용하여 입지분석 모델로 개발하였고, 이를 통해 사용자가 쉽게 입지분석 도구를 사용할 수 있게 하는 사용자 편리성을 확보하였다. 마지막으로 개발된 도구의 유효성을 검증하기 위해 포항시 북구 지역을 테스트 사이트로 하여 생태마을 입지분석을 수행

하였다. 검증 결과로 도출된 지역은 본 연구에서 생태마을 입지조건으로 선정한 분석요소를 다양하게 충족시켰으며, 개발된 모델의 유효성이 확인되었다.

본 연구에서 개발한 모델은 생태마을 입지 선정에 필요한 다양한 분석요소를 종합적으로 고려할 수 있어 시간적/경제적 비용을 절약할 수 있고, 체계적/과학적인 분석과정을 통해 도출되는 분석결과이기 때문에 신뢰성과 객관성을 보장할 수 있다. 또한 생태마을 조성은 계획가/건축가/공무원/마을주민 등 다양한 의사결정자들이 참여한다는 특성을 반영하여 정형화된 모델의 개발로 사용자 편의성을 확보하였다. 본 연구에서 개발된 생태마을 입지분석 모델의 정확성과 활용도를 높이기 위하여 향후 전문가 설문조사와 AHP 기법 등 생태마을 입지분석 요소의 가중치에 관련된 연구와 평가기준에 대한 통계적 방법론의 적용, 거리 분석과 관련된 중력모델, 퍼지함수 등에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

본 연구를 통해 생태마을 계획의 초기단계인 입지선정 과정에서 GIS기술이 어떻게 활용될 수 있는지를 보여주었고, 디자인 방법론에 있어서 과학적인 분석방법이 효율적인 계획을 가능하게 함을 보여 주었다. 또한 사용자 편의를 고려하여 개발된 입지분석 모델은 GIS 기술사용의 진입장벽을 낮추어 GIS 기술사용을 보편화하고 향후 이를 활용한 생태마을 설계도구 개발 등에 이용될 수 있을 것이다. **KAGIS**

주

- 1) 미국 ESRI(社)의 GIS 프로그램 V.9.3
- 2) 본 연구에서 개발된 모델에 사용되는 입력 데이터는 수치지도, 토양도, 임상도, 그리고 토지피복도로서 모두 쉽게 구할 수 있는 데이터임.

참고문헌

- Bae, S.J. 2005. Development of a rural amenity values assessment model using geographic information system and remote sensing. Ph.D. Thesis, Seoul National Univ., Korea. 175pp. (배승중. 2005. GIS 및 RS 기법을 이용한 먼수준 농촌어메니티 가치 평가 모델 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 175쪽).
- Baek, H.J. 2008. A study on the location evaluation of the garden village using feng-shui. Ph.D. Thesis, University of Daegu, Korea. 206pp. (백호진. 2008. 풍수지리를 활용한 전원마을 입지평가에 관한 연구. 대구대학교 대학원 박사학위논문. 206쪽).
- Han, G.S., H.G. Jo, C.H. Lee and T.W. An. 2009. Suitability analysis on land use for eco-city using GIS. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 12(2):111-119 (한갑수, 조현길, 이창환, 안태원. 2009. GIS를 활용한 생태도시의 토지적합성 분석. 한국지리정보학회지 12(2):111-119).
- Han, S.H. 2011. Location selection for residential development with AHP and GIS analysis modeling method. The Journal of the Korea Contents Association 11(4):440-447 (한승희. 2011. 계층적 GIS분석 모델링에 의한 주거지개발 적지선정. 한국콘텐츠학회논문지 11(4):440-447).
- Jeong, H.Y. 2011. A study on the selection of optimal places for the main infrastructure in Gangwon-do DMZ geopark using GIS. Master Thesis, Gangwon National Univ., Korea. 66pp. (정해용. 2011. GIS를 이용한 강원도 DMZ 지리공원(Geopark) 거점시설 최적지 선정에 관한 연구. 강원대학교 대학원 석사학위논문. 66쪽).

Bae, S.J. 2005. Development of a rural

- Kang, S.P. 2012. A study on the selection of evaluation factors on forest carbon cycle community (F.C.C.C.). Master Thesis, Chonnam National Univ., Korea. 90pp. (강성표. 2012. 산림탄소순환마을 선정을 위한 평가인자 도출에 관한 연구. 전남대학교 대학원 석사학위논문. 90쪽).
- Kim, D.S. and H.W. Chung. 2003. Development of integrated planning simulation model for supporting rural village planning. Journal of Korean Society of Rural Planning 9(4):43-51 (김대식, 정하우. 2003. 농촌마을계획 지원을 위한 통합계획모의모형의 개발. 한국농촌계획학회지 9(4):43-51).
- Kim, J.I. and H.W. Chung. 2001. GIS applications for optimum site selection of public facility. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 4(4):8-20 (김재익, 정현욱. 2001. 도시공공시설 적지선정을 위한 GIS 활용방안에 관한 연구. 한국지리정보학회지 4(4):8-20).
- Kim, Y.G. 1997. A study on the strategy for environmentally sound and sustainable development using GIS. Master Thesis, Univ. of Hanyang, Korea. 82pp. (김용기. 1997. 지리정보시스템(GIS)을 활용한 환경 친화적 개발에 관한 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문. 82쪽).
- Kim, Y.P., Y.B. Choi and S.M. Park. 1997. GIS Application for Site Selection. KRIHS, 131pp. (김영표, 최용복, 박성미. 1997. 입지선정을 위한 GIS 활용방안 연구. 국토연구원. 131쪽).
- Korea Planners Association. 2009. Land Use Planning. Bosunggag, Seoul, pp.278 (대한국토·도시계획학회. 2009. 토지이용계획론. 보성각. 278쪽).
- Lee, J. 2002. A study on selection of alternative sites for development of tourist complex using GIS: the case of Gwangyang city. Master Thesis, Chonnam National Univ., Korea. pp.1-54 (이정. 2002. GIS를 이용한 관광지개발 후보지 입지선정에 관한 연구: 광양시를 사례로. 전남대학교 대학원 석사학위논문. 1-54쪽).
- Lee, J.Y. and H.W. Yoon. 2008. An analysis on development capacity using GIS techniques. The Geographical Journal of Korea 42(3):487-500 (이종용, 윤현위. 2008. GIS기법을 이용한 개발가능용량 분석. 국토지리학회지 42(3):487-500).
- Lee, K.S. and J.Y. Yoo. 1993. A study on the analysis of the urban sewer volume using the expert system. Journal of the Korean Society of Survey, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 11(1):67-75 (이규석, 유재용. 1993. 전문가기법을 이용한 도시 하수용량 분석에 관한 연구. 한국측량학회지 11(1):67-75).
- Lim, S.H. and G.S. Cho. 1995. A study on the development of land suitability analysis system using GIS in the landuse planning. Journal of the Korean Society for Geo-Spatial Information System 3(2):43-61 (임승현, 조기성. 1995. 토지이용계획에 있어 GIS를 이용한 적지분석시스템 개발에 관한 연구. 한국지형공간정보학회지 3(2):43-61).
- Moon, J.H. 1998. Master plan for eco-village in Buyong-ri. Yangpyung-kun. Master Thesis, Seoul National Univ., Korea. 118pp. (문정현. 1998. 양평

- 군 부용리 생태마을 조성방안. 서울대학교 대학원 석사학위논문. 118쪽).
- Na, H.Y. and D.Y. Cheon. 2007. A study on the present condition analysis of planning index in ecovillage: focusing on Ansolgi village. *Journal of the Korean Housing Association* 18(6):15-23 (나하영, 천득염. 2007. 생태마을의 계획요소 적용 현황 분석에 관한 연구: 안솔기마을을 중심으로. *한국주거학회논문집* 18(6):15-23).
- Nam, G.H. 2006. Evaluation model building for setting priorities of agro-cultural settlement development projects. Master Thesis, Chungbuk National Univ., Korea. 63pp. (남길현. 2006. 농촌문화마을 개발사업의 입지우선순위 평가모형개발. 충북대학교 대학원 석사학위논문. 63쪽).
- Park, J.I. 2011. A study of the suitability analysis of new and renewable energy power plant using correlation analysis and GIS. Ph.D. Thesis, Mokpo National Univ., Korea. 126pp. (박정일. 2011. 상관 분석기법과 GIS를 이용한 신·재생에너지 발전소 적지분석 연구. 목포대학교 대학원 박사학위논문. 126쪽).
- Sakong, H.S. and J.H. IM. 2002. A study on present condition and policy direction of GIS education. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 5(4):35-44 (사공호상, 임정호. 2002. GIS 전문인력 양성실태 및 정책방향 연구. *한국지리정보학회지* 5(4):35-44).
- Song, B.H. and B.E. Yang. 2004. The suitability analysis of environmentally friendly housing site based on the rural villages model. *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment* 4(2):3-10 (송병화, 양병이. 2004. 농촌마을 조성모델에 기초한 환경친화적 주거단지 입지 적합성 분석. *한국생태환경건축학회논문집* 4(2):3-10).
- Sung, H.H. 2004. Exploitation of GIS(Geographic Information Systems) market and participation of geographers in GIS industry. *Journal of the Korean Geographic Society* 39(4):665-682 (성효현. 2004. GIS 시장개척과 지리학의 가능성. *대한지리학회지* 39(4):665-682).
- Yoon, I.H. 2008. A study on construction standards, evaluation of Korea's ecological villages. Master Thesis, Univ. of Yeungnam, Korea. 150pp. (윤일형. 2008. 우리나라 생태마을의 평가 및 조성기준에 관한 연구: 대구·경북 지역의 생태마을을 대상으로. 영남대학교 대학원 석사학위논문. 150쪽).
- Yun, J.M. and S.H. Lee. 2010. A study on the location analysis of public service facilities considering spatial efficiency and equity. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 13(2):1-10 (윤정미, 이신훈. 2010. 효율성과 형평성을 고려한 공공시설 입지분석에 관한 연구: 금산구 문화시설을 대상으로. *한국지리정보학회지* 13(2):1-10).