

도시숲 평가를 위한 경관생태학적 모형 개발¹

오정학² · 권진오² · 유주한³ · 김경태^{4*}

A Landscape Ecological Model for Assessing the Korean Urban Forests¹

Jeong-Hak Oh², Jin-o Kwon², Ju-Han You³, Kyung-Tae Kim^{4*}

요약

본 연구는 도시숲을 경관생태학적으로 해석하고 평가하기 위한 모형 개발과 적용을 통해 평가의 실효성을 검증하는 것을 목적으로 한다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 평가지표는 층위구조, 입지상태, 활엽수구성비율, 식생구성종수 등 17개이다. 평가지표 간 상관관계분석 결과, 높은 관계성을 가진 것은 임령(X8)과 공간형성기간(X10)으로 상관계수가 0.684로 나타났으며, 부(-)의 상관성을 가진 지표들은 층위구조(X1)와 위험성(X13)으로 상관계수가 -0.412로 분석되었다. 평가모형구축을 위한 다중회귀분석 결과, 10개의 모형이 도출되었으며, 총 17개 변수 중 층위구조(X1), 식생구성종수(X4) 등을 제외한 입지상태(X2), 활엽수구성비율(X3) 등 10개의 변수만이 유의확률 95%에서 통계적으로 유의하였다. 모형의 회귀식과 합산평가 매트릭스법과 비교분석 결과, 모형 3의 회귀식이 정확도 91.7%로써 전체 10개 모형 중 가장 정확한 결과를 나타내는 것으로 분석되었다. 향후 지속적인 모니터링을 통해 평가모형에 대한 정확도 증진기법에 대한 연구도 함께 수행되어야 할 것이다.

주요어: 도시녹지, 평가지표, 생태적 가치, 생물종다양성

ABSTRACT

The purpose of this study is to verify the effectiveness of the biotope model in applying and developing Korean urban forests. We found that there are 17 biotope assessment indicators, including forest layer structure, site conditions, ratio of broad-leaved trees, species richness, etc. In terms of correlation analysis between indicators, the stand ages and the period of space formation have the highest relativity(coefficient 0.684). On the other hand, indicators that have negative relativity are layer structure and risk, with a coefficient of -0.412. Ten models were developed for the multiple regression analysis. 10 variables(site conditions(X2), ratio of broad-leaved trees(X3) and so forth except layer structure(X1), species richness(X4)) were found to have a 95% significance level The results from comparing the regression model and adding-up estimation matrix, the most accurate one was Model 3, which has a 91.7% out of the 10 models. However more monitoring will be needed to improve the accuracy of models for the Korean urban forests in future.

1 접수 2009년 10월 14일, 수정(1차: 2010년 3월 9일, 2차: 2010년 4월 19일), 게재확정 2010년 4월 20일

Received 14 October 2009; Revised(1st: 9 March 2010, 2nd: 19 April 2010); Accepted 20 April 2010

2 국립산림과학원 산림생태연구과 Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul(130-712), Korea

3 동국대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University, Gyeongju(780-714), Korea

4 경북대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Kyungpook National University, Daegu (702-701), Korea

* 교신저자 Corresponding author(free8420@hanmail.net)

KEYWORDS: URBAN GREENSPACE, ASSESSMENT INDICATOR, ECOLOGICAL VALUE, BIOLOGICAL DIVERSITY

서론

도시숲은 인간과 자연이 공생할 수 있는 매개체 역할을 하며, 도시생태계를 건전하게 유도할 수 있는 근원이 될 수 있다. 도시숲의 정의는 행정구역상 도시로 분류되는 시단위 이상의 지역과 도시계획법에 의한 도시계획구역 내에 존재하는 산림이다(Korea Forest Service, 2002). 또한 도시생태계는 숲, 하천 등의 생물적 패치와 도로, 주거지 등의 무생물적 패치로 이루어진 시스템으로 도시생태계에서 숲은 생물의 중요한 공급처 역할을 한다(Park and Choi, 2005).

그러나 오늘날의 도시숲은 열섬화 현상, 대기오염, 토양 산성화, 외래종 유입 등 인간이 야기시키는 다양하고 지속적인 환경압력에 노출되어 있어(Oh *et al.*, 2008) 경관생태학적 관점에서의 평가 및 보전방안이 강구되어야 할 시점이다.

경관생태학적 관점에서의 자연환경 평가 및 보전방안 평가단위로서 비오톱이 많이 활용되는데 비오톱은 식물, 동물이 살 수 있는 경계를 가진 지역이고 또한 동식물의 특정 집합체를 위해 제공되는 균일한 환경조건을 가진 공간으로 간주되며, 경관생태학적 정보를 포함한다. 그리고 비오톱은 생물환경의 중요 요소인 동시에 대기오염 및 소음저감, 열섬방지, 토양유실 방지 등의 다양한 기능을 가지고 있다(Forman, 1995; Sukopp and Weiler, 1988; Marsuroglu *et al.*, 2006). 이러한 비오톱의 개념을 토대로 한 도시숲은 도시내 생물서식공간, 종다양성 보전, 기후보전공간 등의 생태적 특성과 더불어 도시민의 휴식, 레크리에이션 등을 제공하는 공간으로 인간과 생물에 있어 중요한 지역이라고 할 수 있다. 최근 도시숲에 대한 중요성이 부각되어 다양한 연구가 수행되었는데 최근 동향을 살펴보면 다음과 같다.

울산 염포산의 도시숲 연구(Cho and Cho, 2002)는 주로 식물사회학적 방법에 의해 도시숲을 평가하였기 때문에 현장과 지표에 적용이 고려되어 있지 않았으며, 고립임지의 비오톱평가(Kwon *et al.*, 2005)의 경우 대구시 3개 도시숲에 대해 정밀식생도의 식생상관에 의해 평가하였으나 비오톱 등급화 및 유형분류에 한정되어 있어 평가지표의 효용성에 대한 기술이 미비하였다. 또한 도시숲 비오톱 평가(Oh *et al.*, 2008)의 경우 도시숲을 식생경관, 생물서식지 기능으로 평가한 후 비오톱을 등급화하고 있어 조사결과 위주의 한계점을 가지고 있다. 도시숲 평가지표선정(Lee *et al.*, 2008)은 생태적 건강성, 사회·문화적 기능, 경관적 기능 등

도시숲의 포괄적으로 평가할 수 있는 지표를 선정하고 현장에 적용하였으나 검증단계가 미비하였으며, 서울시 도시숲 유형화(Lee *et al.*, 2009)의 경우 다양한 평가지표를 활용하여 도시숲을 유형화하였으나 모형개발과정이 미비하여 향후 유사 지역에 대한 적용성에 대한 논의가 필요하다고 생각된다. 따라서 대부분의 연구들이 현장조사를 통한 현상학적 고찰이나 평가 후 유형분류에 그치고 있어 도시숲 평가에 따른 지표와 모형에 대한 검증을 통해 실효성에 대한 연구가 현 시점에서 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구는 경관생태학적으로 도시숲을 얼마나 정확하고 객관적으로 평가할 수 있는가에 대한 모형구축과 함께 이를 수치적으로 검증함으로써 비오톱 평가의 실효성을 제고할 수 있는 자료 제공에 그 목적이 있다.

연구방법

1. 연구지역

우리나라의 도심지역이 도시화와 산업화라는 슬로건 아래 개발위주의 양적인 팽창으로 인해 녹지공간이 절대적으로 부족하여 도시의 주변과 중심이 생태적으로 단절되어 온 것은 사실이다. 본 연구의 대상지역인 대구·대전·울산인 천광역시의 경우에도 외곽의 산지연계형 도시숲이 가장 중요한 핵녹지로서의 역할을 수행하고 있다. 그러나 그 중간 지점에 시가화 구역이 집중적으로 분포하고 있어 도심외곽 산림지역과 도시내 지역은 심한 단절 현상으로 보이고 있다. 또한, 이들 4개 도시를 선정할 배경 중 하나는 내륙지방(대구·대전광역시)과 해안지방(울산·인천광역시)이라는 지리적 특성도 함께 고려되었으며, 연구의 세부 지역은 대구광역시의 경우 두류 및 범어공원, 대전광역시는 남산공원 및 보문산을, 울산광역시는 함월산 및 염포산, 인천광역시는 철마산과 송학산이다.

대구광역시는 신천 범람원에 위치한 시가화 구역에 도시의 발달과 함께 형성되었으며, 가로녹지축은 녹색의 땅을 구성하여 독특한 도시경관을 형성하고 있다. 또한 시가화 구역을 관통하면서 앞산으로 연결되는 신천을 따라 형성되는 신천대로의 경관은 시가화 구역의 골격을 형성하는 등 풍부한 가로녹지를 보유하고 있는 도시이다. 전체적으로 북쪽의 팔공산(1,192m)과 남쪽의 비슬산(1,084m)이 대구광역시에서 가장 중요한 핵심녹지로서 세로형의 녹지축을 형

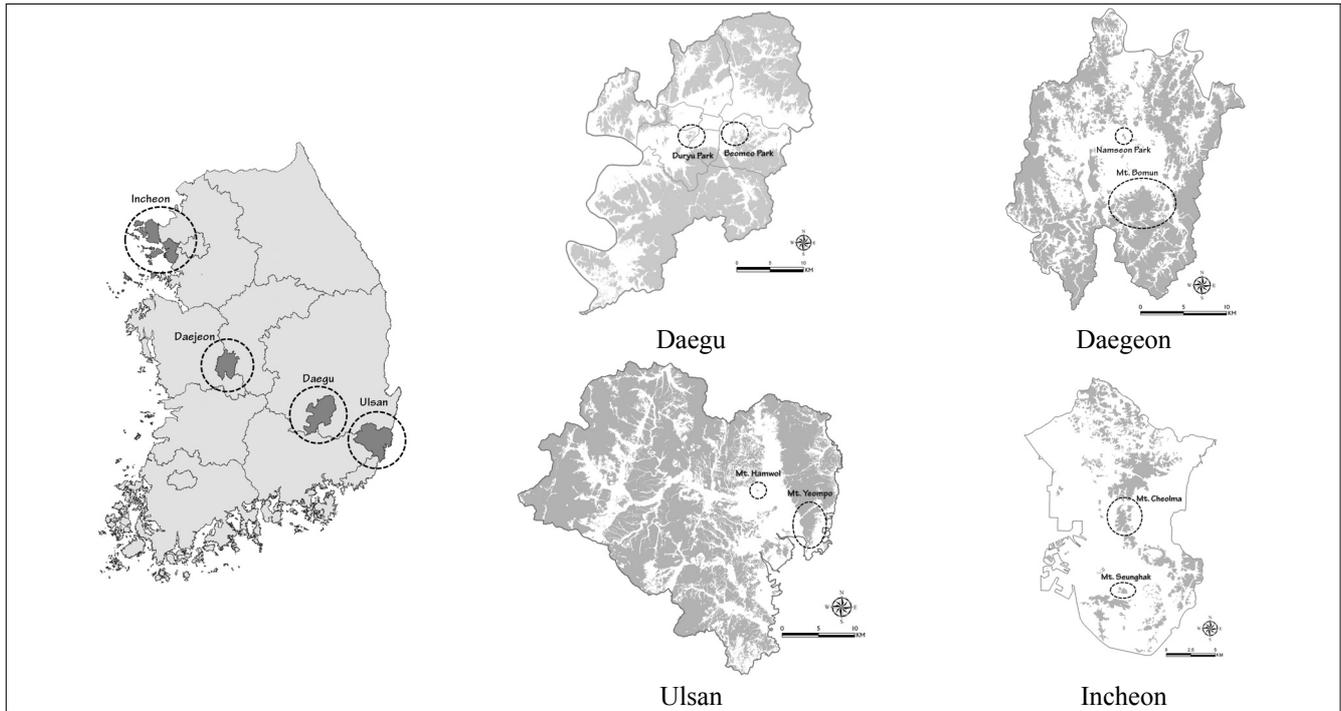


Figure 1. Locations of the studied urban forests

성하고 있으나, 그 중간 지점에 시가화구역이 집중적으로 분포하고 있어 도심외곽 산림지역과 도심내 지역은 심한 단절 현상을 보이고 있다(Ra and Sagong, 2002).

대전광역시는 공간 체계상 국토 중심부에 위치하고 도시 내부는 개발지역으로, 도시 외부는 대규모 산림으로 둘러싸인 분지 형태를 하고 있으며, 띠 형상을 하나 균등하게 배치되지 않아 부분적으로 녹지 연결성이 위협받고 있다. 그리고 대규모 녹지는 경부고속국도, 호남고속국도, 경부 및 호남선 등과 같은 교통망에 의해 3등분되어 있는 실정이다(Chung, 2001; Cheong *et al.*, 2002). 울산광역시는 태화강 하구에 넓은 평야를 동대, 함원, 문주의 산맥과 영봉이 감싸고 있는 형태를 하며, 대규모 중화학임해공업단지가 입지해 있고 경제성장과 함께 도시가 급격하게 성장하였다. 그러나 울산광역시는 1인당 도시공원 면적이 고시면적으로 가장 넓은 반면, 체감 면적은 11.5%(4.57m²/1인)로 국내 7대 도시 중 가장 좁고 산업단지 입지에 따른 녹지부족으로 도시 내 열섬 현상이 발생하는 등 각종 환경문제에 직면해 있다(Sung *et al.*, 2003; Kim, 2007b).

인천광역시는 개항 이후 무역과 상업의 중심지로서, 일제강점기 이후부터 공업도시로 성장하여 산업발달의 역사가 매우 깊은 도시이다. 그러나 100여 년 동안 지속되어온 제조업 중심의 공업발달과 함께 최근 30여년 급속히 진행된 도시의 팽창으로 경인고속국도, 경인선 등 핵심적인 교통시

설이 도시 내부를 가로지르고 있으며, 도심 내 녹지의 부족, 자연녹지의 훼손이 야기되어 도심열섬화, 건조화, 대기오염 등이 심화되고 있는 현실이다(Hong *et al.*, 2008).

이러한 악조건을 가지고 있는 대상도시들의 환경을 개선시키는 역할을 분석하고 평가하기 위해서는 시민들의 생활권과 밀접한 연관성을 가진 지역에 존재하는 녹지를 중심으로 파악할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 대구광역시와 대전광역시, 울산광역시, 인천광역시에 분포하는 잔존녹지 중 산지연계형 녹지 및 도심지내 녹지 각각 2개소(총 8개소, 798지점)를 대상으로 생물서식공간으로서의 비오톱 기능 평가 결과를 기초로 분석을 실시하였으며, 대상지의 공간적 위치와 개요는 Figure 1에서 보는 바와 같다.

2. 분석방법

도시숲의 비오톱 평가를 위해 Korea Forest Research Institute(2005)가 제시한 도시숲의 생태적 가치평가기법을 적용하여 생물서식지로서의 기능평가 및 지도를 작성하였으며, 분석과정은 Figure 2와 같다. 첫 번째, 대구·대전·울산·인천광역시 등 4개 지역을 대상으로 도시숲의 비오톱 조사를 수행하였으며, 평가지표는 도시권역 산림소생물서식공간에서 활용된 평가지표를 활용하였다(Korea Forest Research Institute, 2008).

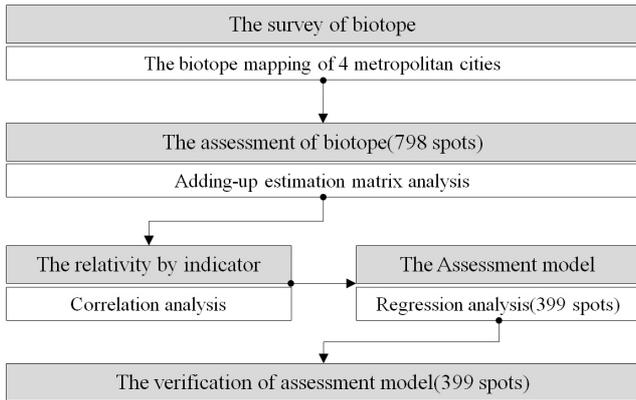


Figure 2. The process of this study

두 번째, 이러한 조사결과를 토대로 비오톱 평가를 4개 지역, 798개 지점에 대해 실시하였고 평가 결과를 도출하기 위하여 비오톱 평가법에서 활용되는 합산평가 매트릭스법을 적용하였다(Grabher *et al.*, 1997). 이 방법은 2개 지표 등급을 매트릭스를 이용하여 열과 행으로 배열하여 조합된 등급이 생성되며, 반복적인 과정을 통하여 최종 종합화된 등급이 산출되는 방식이다(Yeo *et al.*, 2006).

세 번째, 평가모형 개발을 위한 지표들의 통계분석 과정이다. 평가모형 개발 전 단계로 독립변수 역할을 할 수 있는 지표들의 다중공선성과 상호 관계성을 해석하기 위해 Pearson의 상관관계분석을 수행하였다. 그리고 상관성 해석을 거친 후 평가모형 개발을 위해 다중회귀분석을 실시하였으며, 단계별 입력방식(stepwise)을 통해 각각의 모형을 획득하였다. 이때, 전체 798개 조사지점 중 50%에 해당되는 399개 지점은 평가모형의 구축에 적용되었으며, 나머지 399개 지점은 평가모형의 결과와 합산평가 매트릭스 평가법으로 산출되는 결과값 간의 일치성 및 객관성을 검증하기 위해 사용되었다. 마지막으로 합산평가 매트릭스의 결과를 예측하기 위한 평가모형의 정확성을 진단하는 과정으로 본 연구가 진행되었다.

결과 및 고찰

1. 평가지표 선정

비오톱 평가 지표 선정의 경우 Sukopp(1993)이 제시한 도시 비오톱 평가지표는 자연 및 인공녹지를 하나의 녹지로 포괄적인 해석을 하기 때문에 대상공간의 생물서식공간이 통합되는 경향이 있어 다양한 현존식생이 형성되어 있는 자연녹지 평가에는 문제점이 내포되어 있다. 그리고 지표 및 등급 구분의 복잡성과 모호성, 임의적 가중치 부여 등과

같은 단점이 있다. 따라서 유럽의 산림지역 비오톱 평가에 활용하는 Grabher *et al.*(1997)의 방식을 적용하였으며, 이 방식을 한국의 현실에 맞게 수정·보완하여(Korea Forest Research Institute, 2005; 2008; Oh *et al.*, 2008) Figure 3과 같이 평가기준과 지표를 선정하였다.

본 연구에서 사용된 평가지표들은 3개 등급으로 평가한 것과 5개 등급으로 평가한 것으로 분류된다. 3개 등급으로 평가된 지표의 경우 층위구조, 입지상태, 수공간의 존재유무, 이용강도, 고립도, 위험성, 희귀성이며, 5개 등급의 경우 활엽수구성비율, 식생구성종수, 식생천이단계, 헤메로비등급, 포장율, 녹피율, 임령, 공간형성기간, 공간형성동기로 구분된다. 이러한 평가지표에 의한 결과는 합산매트릭스 평가 과정을 통해 생물서식지로서의 기능을 나타낼 수 있는 비오톱 기능평가 등급을 I ~ V 등급으로 구분하였다. 그리고 평가결과는 수치가 높을수록 비오톱으로서 기능이 높은 것을 의미하고 수치가 낮을수록 비오톱 기능이 낮다고 할 수 있다. 이러한 지표는 종합적 요인을 고려하여 문제점을 해결하고 이들을 통해 평가모형을 제시할 수 있으며, 상호관련성을 가지고 있다(You and Jung, 2002). 따라서 지표는 도시숲과 같이 다양한 요인과 속성을 가진 생태계를 평가하는데 중요한 역할을 하나 그 수가 많거나 평가체계가 복잡할 경우 시간과 비용이 소모되기 때문에 향후 도시숲 평가 지표에 대한 적절한 수 및 체계를 조정할 필요성이 있을 것이며, 또한 대상지의 특성을 정확하게 진단할 수 있도록 탄력적인 사용도 고려되어야 할 것이다.

2. 평가지표의 관계성

Criteria	Indicator	Process of Adding Up Estimation Matrix				Synthetic grade
Flora and Fauna	Layer structure	Matrix 1	Matrix 3	Matrix 5	Matrix 6	Matrix 16
	Site conditions					
	Ratio of broad-leaved trees	Matrix 2	Matrix 4	Matrix 7	Matrix 8	
	Species richness					
	Succession stage	Matrix 9	Matrix 10	Matrix 11	Matrix 12	
	Existence of water space					
	Richness of prey plant	Matrix 13	Matrix 14	Matrix 15	Matrix 16	
	Human disturbance					
	Hemeroby	Matrix 17	Matrix 18	Matrix 19	Matrix 20	
	Ratio of paved space					
Capacity of restoration	Ratio of green coverage	Matrix 21	Matrix 22	Matrix 23	Matrix 24	Matrix 25
	Isolation					
	Stand age	Matrix 26	Matrix 27	Matrix 28	Matrix 29	
	Period of space formation					
Riskiness and Rarity	Motive of space formation	Matrix 30	Matrix 31	Matrix 32	Matrix 33	
	Riskiness					
	Rarity	Matrix 34	Matrix 35	Matrix 36	Matrix 37	

Figure 3. The indicator and process adding up estimation matrix to grade the biotope function

평가지표간의 상호관계성을 분석하고 다중회귀분석을 통한 평가모형 구축의 사전 작업으로 다중공선성 파악을 위해 Pearson의 상관분석을 수행하였다(Table 1). 일반적으로 두 독립변수들간의 상관관계수가 0.8 이상이면 두 변수간에 다중공선성이 존재한다고 판단하는데 바이오툰 평가지표간의 상관분석 결과에서는 0.8이상의 값이 나타나지 않아 독립변수들간의 다중공선성에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 한편, 포장율과 고립도는 변수값이 모두 1이므로 변수들간의 관계성을 파악할 수 없어 분석에서 제외되었다.

가장 높은 상관성을 가진 지표는 임령(X8)과 공간형성기간(X10)으로 상관관계수가 0.684로 나타났으며, 그 다음으로 헤메로비(X7)와 공간형성동기(X10)가 0.458, 식생천이단계(X5)와 공간형성동기(X10)는 0.458, 층위구조(X1)와 X4(식생구성종수)는 0.429의 순으로 분석되었다. 이들은 유의확률은 0.01 이하로 통계적으로 유의하였으며, 정(+)의 상관성이 있는 것으로 확인되었다.

임령과 공간형성기간의 관계를 해석해 보면, 이들은 시간에 의해 연결되는 것으로 임령이 높은 지역은 인간의 간섭이 오랫동안 없었다는 의미로 볼 수 있어 생태적으로 건전한 산림이 형성되어 있다고 할 수 있다. 또한 공간형성기간은 산림이 시간흐름에 따라 군락이 안정된 형태로 나타나는 것으로 공간형성기간이 길면 임령이 높고 다양한 생물종이 출현한다고 할 수 있다. 따라서 임령과 공간형성기간은 시간흐름에 따라 산림의 안정성과 건전성을 부여하기 때문에

이들의 상관성이 높은 것으로 판단된다. 그리고 헤메로비와 공간형성동기의 경우 헤메로비는 자연에 대한 인간의 간섭 정도를 나타낸 것이며, 공간형성동기는 자연적으로 형성되었는지 아니면 인위적으로 식생이 조성되었는지를 나타내는 것이다(Ra *et al.*, 2001). 따라서 이들 관계성의 경우 인간의 간섭여부에 의해 결정되는 것으로 바이오툰에 대한 인간의 압력을 표현할 수 있을 것으로 기대된다.

부(-)의 상관성을 가진 지표들은 층위구조(X1)와 위험성(X13)으로 상관관계수가 -0.412로 나타났으며, 그 다음으로 식생구성종수(X4)와 위험성(X13), 식생천이단계(X5)와 위험성(X13), 이용강도(X6)와 위험성(X13)의 순으로 분석되었다. 층위구조는 수직적 종분포 개념으로 다양한 층위구조에서는 다양한 생물종이 분포하며, 안정된 상태라고 할 수 있다(Dumortier *et al.*, 2002). 위험성은 단기간 내에 위기에 처해 있거나 멸종위기가 분포하는 바이오툰의 성질을 의미한다. 따라서 층위구조가 단순하면 조림지의 성격이 강하기 때문에 비교적 다층위구조 지역보다 위험성이 높아지며, 보전등급 또한 낮아질 수 있기 때문에 이들의 관계가 부(-)적으로 나타난 것으로 생각된다.

3. 평가지표의 모형구축

가치평가합산과정으로 도출된 평가결과를 종속변수로 하여 각각의 평가지표와 다중회귀분석을 실시하였으며, 다

Table 1. The pearson's correlation analysis of assessment indicators

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
X1	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X2	-.117**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X3	.183**	.034	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X4	.429**	-.008	-.002	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X5	.224**	-.075*	.141**	.142**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X6	.127**	.018	.301**	-.028	.205**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X7	.112**	.094**	.234**	-.001	.391**	.385**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
X8	.343**	-.103**	.054	.316**	.115**	.025	-.004	1.000	-	-	-	-	-	-	-
X9	.316**	-.020	.045	.177**	.123**	-.008	.017	.684**	1.000	-	-	-	-	-	-
X10	.242**	.076*	.226**	.171**	.445**	.196**	.458**	.244**	.217**	1.000	-	-	-	-	-
X11	.000	.068*	.099**	.104**	-.016	-.014	.052	.012	.026	.096**	1.000	-	-	-	-
X12	-.165**	.150**	-.044	-.115**	.081*	.036	.124**	.076*	.097**	.338**	.087**	1.000	-	-	-
X13	-.412**	.181**	.002	-.320**	-.313**	-.263**	-.197**	-.187**	-.087**	-.169**	.070*	.210**	1.000	-	-
X14	.109**	-.208**	-.006	.040	.056	.025	.049	.083**	.039	.073*	.017	-.087**	-.105**	1.000	-
X15	.143**	-.094**	.240**	.142**	.273**	.131**	.331**	.076*	.011	.307**	.005	-.037	-.178**	.033	1.000

* Correlation is significant at the 5% level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 1% level (2-tailed)

X1: Layer structure; X2: Site condition; X3: Ratio of broadleaved tree; X4: Species richness; X5: Succession stage; X6: Human disturbance; X7: Hemeroby; X8: Stand age; X9: Period of space formation; X10: Motive of space formation; X11: Existence of water space; X12: Rarity; X13: Riskiness; X14: Ratio of green coverage; X15: Richness of prey plant

중회귀분석에 의한 도시 비오톱 평가모형은 단계별 입력방식을 이용하여 통계적으로 유의한 회귀계수($p < 0.05$)를 가지는 독립변수만을 선택하여 산출하였다. 모형구축은 전체 조사지 798개 지점 중 50%에 해당하는 399개 지점의 자료만을 이용하였으며, 최종적으로 구축된 평가모형은 Table 2와 같다.

다중회귀분석 결과, 10개의 모형이 도출되었으며, 총 17개 변수 중 층위구조(X1), 식생구성종수(X4) 등을 제외한 입지상태(X2), 활엽수구성비율(X3) 등 10개의 변수만이 유의확률 95%에서 통계적으로 유의하였다.

평가모형별 분석결과를 살펴보면, 모형 1(Eqa. 1)에서 가장 큰 영향력을 미치는 변수는 위험성(X13)으로 나타났으며, 비오톱평가 결과의 38.7%를 설명해 주고 있다. 그러므로 도시 비오톱에서 위험성 평가는 비오톱 평가에 핵심적인 기능을 할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 위험성은 멸종위기종과 관련이 된다. 멸종위기종이 많다는 것은 건전한 환경이 형성되어 있다는 것과 함께 이런 종은 국한 또는 국지적인 출현이 많기 때문에 생태적 가치가 높다(You and Jung, 2002). 따라서 도시 비오톱에서 멸종위기종의 출현에 대한 정밀 평가가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

그리고 산출된 회귀모형의 적합도를 검정하는 F값, 즉 회귀선에 의해 설명된 잔차와 설명되지 않고 남은 잔차 비율은 251.853($p < 0.01$)로 통계적 유의성을 가지기 때문에 산출된 평가모형의 설명력(R^2)이 0이라는 귀무가설을 기각

하게 되므로 회귀모형이 종속변수를 설명하는데 유용하다고 할 수 있다.

설명력이 68.7%로 가장 큰 모형 10(Eqa. 10)은 위험성(X13), 공간형성기간(X9), 이용강도(X6), 입지상태(X2) 등 식물 및 동물과 관련된 재생복원능력 등의 모든 평가기준을 포함하고 있어 포괄적이고 종합적 평가에 적용될 수 있을 것이다.

4. 평가모형의 검증

일반적으로 회귀모형의 경우 독립변수가 증가할수록 설명력이 증가한다. 본 연구에서도 모형 1(Eqa. 1)에서 모형 10(Eqa. 10)까지 독립변수가 증가하면서 설명력 또한 약 30% 정도 증가하였다. 통계적으로 유의한 변수를 많이 포함시킬수록 모델의 정확도를 높일 수는 있지만 각각의 변수를 조사하기엔 시간적, 경제적 비용이 소모된다. 한편, 가치합산평가과정을 통한 비오톱 평가는 각 인자들의 상호 관계성을 쉽게 파악할 수 있고 계산방법이 비교적 쉽다는 장점이 있지만 평가지표별로 단계적 합산과정을 거쳐야 하므로 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 따라서 전체 조사지점 798개 중에서 회귀식을 이용한 399개 지점의 결과와 나머지 399개 지점에서 도출된 평가결과를 이용하여 합산매트릭스 평가법으로 산출된 결과를 상호 비교하여 그 정확도를 검증하였다(Table 3).

Table 2. The assessment models of biotope by multiple regression analysis

No.	Model	R ² (%)	F-value
Eqa. 1	$Y=2.049+(X13 \times 0.583)$	38.7	251.853**
Eqa. 2	$Y=0.243+(X13 \times 0.698)+(X7 \times 0.517)$	57.9	274.890**
Eqa. 3	$Y=-0.478+(X13 \times 0.638)+(X7 \times 0.499)+(X12 \times 0.322)$	61.5	212.722**
Eqa. 4	$Y=-1.162+(X13 \times 0.645)+(X7 \times 0.488)+(X12 \times 0.284)+(X2 \times 0.275)$	63.3	172.848**
Eqa. 5	$Y=-1.215+(X13 \times 0.646)+(X7 \times 0.454)+(X12 \times 0.291)+(X2 \times 0.285)+(X3 \times 0.043)$	64.9	148.079**
Eqa. 6	$Y=-1.536+(X13 \times 0.667)+(X7 \times 0.459)+(X12 \times 0.251)+(X2 \times 0.310)+(X3 \times 0.043)+(X9 \times 0.139)$	66.0	129.929**
Eqa. 7	$Y=-1.459+(X13 \times 0.647)+(X7 \times 0.451)+(X12 \times 0.263)+(X2 \times 0.297)+(X3 \times 0.045)+(X9 \times 0.269)-(X8 \times 0.104)$	67.0	116.638**
Eqa. 8	$Y=-1.543+(X13 \times 0.677)+(X7 \times 0.422)+(X12 \times 0.249)+(X2 \times 0.297)+(X3 \times 0.036)+(X9 \times 0.283)-(X8 \times 0.109)+(X6 \times 0.080)$	67.7	105.499**
Eqa. 9	$Y=-1.675+(X13 \times 0.685)+(X7 \times 0.397)+(X12 \times 0.248)+(X2 \times 0.294)+(X3 \times 0.030)+(X9 \times 0.289)-(X8 \times 0.113)+(X6 \times 0.085)+(X15 \times 0.073)$	68.3	96.458**
Eqa. 10	$Y=-1.939+(X13 \times 0.683)+(X7 \times 0.400)+(X12 \times 0.254)+(X2 \times 0.319)+(X3 \times 0.031)+(X9 \times 0.284)-(X8 \times 0.114)+(X6 \times 0.082)+(X15 \times 0.072)+(X14 \times 0.185)$	68.7	88.291**

X2: Site condition; X3: Ratio of broadleaved tree; X6: Human disturbance; X7: Hemeroby; X8: Stand age; X9: Period of space formation; X12: Rarity; X13: Riskiness; X14: Ratio of green coverage; X15: Richness of prey plant
 ** : Probability is significant at the 1% level.

Table 3. The verification of accuracy on assessment models

Model	Eqa. 1	Eqa. 2	Eqa. 3	Eqa. 4	Eqa. 5	Eqa. 6	Eqa. 7	Eqa. 8	Eqa. 9	Eqa. 10
No. of concord	336	364	366	355	356	352	348	352	358	355
(Accuracy)z	(84.2)	(91.2)	(91.7)	(89.0)	(89.2)	(88.2)	(87.2)	(88.2)	(89.7)	(89.0)

$$z\text{Accuracy}=\{(\text{No. of concord})/(\text{No. of spots using adding-up estimation matrix})\} \times 100\%$$

분석결과, 모형 3(Eqa. 3)의 희귀식이 정확도 91.7%로써 전체 10개 모형 중 가장 정확한 결과를 나타내는 것으로 분석되었다. 이러한 모형 3을 살펴보면, 위험성(X13), 헤메로비등급(X7), 희귀성(X12)으로 구성되어 있다. 그 중 헤메로비등급은 자연에 대한 인간의 간섭정도를 나타낸 것으로 (You, 2005) 인간 간섭이 많으면 자연식생의 훼손이 많고 토지이용압이 높으며, 내척박성이 강한 귀화식물이 이입될 가능성이 높다. 이는 비오톱 평가에 있어 인위적인 간섭이 도시숲의 생태적 가치와 기능에 악영향을 평가할 수 있는 객관적인 기준이 될 수 있을 것으로 생각되며, 건전한 도시숲 관리를 위해서 인위적 간섭을 최대한 배제하는 방향으로 정책입안이 유도되어야 할 것이다.

또한 희귀성은 희소성이 높은 식물군락이나 종의 분포 또는 희소가치가 높은 비오톱 유형에 대한 것으로 국가적인 희귀 동식물이 생육하는 비오톱, 귀중한 식생군락, 자연도 등급이 높은 군락, 전형적인 계곡 및 습지군락, 문화적 가치가 높은 식생군락 등으로 대표될 수 있다. 따라서 이러한 희귀성이 높은 군락은 도시숲으로서의 가치가 높고 생물서식공간으로 기능이 양호하기 때문에 도시숲에 대한 경관생태학적 평가에 있어 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 한편 희귀성 평가지표 하나만을 이용한 모형 1의 정확도도 84.2%에 해당돼 개략적 평가결과를 도출하기 위한 평가지표로의 활용이 가능할 것으로 판단되며, 향후 지속적인 모니터링을 통해 평가모형에 대한 정확도 증진기법에 대한 연구도 함께 수행되어야 할 것이다.

인용문헌

- Cheong, Y.M., S.T. Kim and M.S. Kim(2002) A study on the analysis of connectivity for green space planning in Daejeon metropolitan city. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 5(6): 14-23.
- Chung, J.Y.(2001) Establishing sustainable city through improvement in city park system: an analysis and planning of Daejeon's park system. *J. Public Affairs and Policy* 13: 105-130.
- Dumortier, M., J. Butaye, H. Jacquemyn, N.V. Camp, N. Lust and M. Hermy(2002) Predicting vascular plant species richness of fragmented forests in agricultural landscape in central Belgium. *Forest Ecology and Management* 158: 85-102.
- Forman, T.T.(1995) *Lans Mosaics, The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press. Cambridge, 632pp.
- Grabher, G.G. Koch and H. Kirchmeir(1997) *Blidatlas: naturnahe osterreichischer waldler*. Sonderdruck zur Osterreichischen.
- Hong, Y.S., D.Y. Chung and K.R. Choi(2008) A Study on the Inter-Relational Interpretation of Street Plant Issues. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 36(1): 80-89.
- Kim, J.H.(2007) Valuing urban parks in Ulsan: application of CVM with double-bounded dichotomous choice and test of inter-dependence of subsequent two answers. *J. Korean Association for Policy Sciences* 11(1): 151-178.
- Korea Forest Research Institute(2005) *The ecological value of urban forest*. 38pp.
- Korea Forest Research Institute(2008) *The vegetation and soil characteristics of Namsan forest*. 59pp.
- Korea Forest Service(2002) *The study of management plan in urban greenspace*. Korea Forest Service, 139pp.
- Kwon, J.N., H.J. Cho, M.S. Choi and J.H. Oh(2005) Vegetation landscape characteristics and assessment of biotope diversity in the isolated forests on the urban areas: Case study on the three parks, Daegu metropolitan city. *Jour. Korean For. Soc.* 94(6): 462-467.
- Lee, D.K., D.H. Kim, E.Y. Kim, J.C. Jeong, Y.C. Oh, S.H. Joo and K.M. Kim(2008) Evaluation indicators for creation and management of urban forest. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 11(5): 104-113.
- Lee, D.K., E.Y. Kim, W.K. Song, C. Park and H.Y. Choe(2009) Classification of urban forest types and its application methods for forests creation and management. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 12(5): 101-109.
- Mansuroglu, S., V. Ortacesme and O. Karaguzel(2006) Biotope mapping in an urban environment and its implications for urban management in Turkey. *Journal of Environmental Management* 81: 175-187.
- Oh, J.H., J.H. Cho, H.J. Cho, M.S. Choi and J. Kwon(2008) A study on the biotope evaluation and classification of urban forests for landscape ecological management. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 11(4): 101-111.
- Park, C.R. and M.S. Choi(2005) Comparison of bird communities at urban forests and streetscapes in Daegu city. *Kor. J. Env. Eco.* 19(4): 367-374.

- Ra, J.H. and J.H. Sagong(2002) An Analysis of Green Space Base for Networking in Daegu Metropolitan Municipality. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 29(6): 37-49.
- Sukopp, H. and S. Weiler(1988) Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany. *Landscape and Urban Planning* 15: 39-58.
- Sukopp, H.(1993) *Stadtökologie* gustav and fischer. 75pp.
- Sung, B.J., J.G. Lee and J.H. Choe(2003) A Study on the Residents' Evaluation of Open Spaces and Cityscape in Ulsan City. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 6(3): 46-55.
- Yeo, U.S., D.H. Oh and S.B. Hong(2006) A study on the conservation and utilization of natural environmental resources in Busan - a case study on Nam-gu, Busan -. Busan Development Institute, 125pp.
- You, J.H. and S.G. Jung(2002) The evaluation model for natural resource conservation areas-Focused on site selection for the National Trust-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 30(2): 39-49.
- You, J.H.(2005) Selection of assessment indicators and rank decision using fuzzy theory for conservation of ecosystem. Ph. D. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 316pp.