Journal of Environmental Science International
26(2); 133~146; February 2017

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2017.26.2.133

ORIGINAL ARTICLE

Marxan with Zones 적용을 통한 북한산국립공원 공원자연보존지구 재설정 방안 연구

염정헌 · 한봉호[1)*]

국립환경과학원 국립습지센터, [1)]서울시립대학교 조경학과

Re-establishment of Park Nature Conservation Area in Bukhansan (Mt.) National Park Using Marxan with Zones

Jung-Hun Yeum, Bong-Ho Han[1)*]

National Wetlands Center, National Institute of Environmental Research, Changnyeong 50303, Korea

[1)] Department of Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

Abstract

This study aimed to develop strategies to re-establish the Park Nature Conservation Area in Bukhansan National Park, reflecting landscape ecological value by using the zonation program Marxan with Zones. Planning unit was set by watershed, and the basic data were mapped, considering topographical and ecological values. Mapped indicators were analyzed with the application framework of Marxan with Zones by indexing some indicators. The zones divided into Park Nature Conservation Area (Zone A), Park Nature Environment Area Ⅰ (Zone B) which is reflected on the concept of Potential Park Nature Conservation Area and Park Nature Environment Area Ⅱ (Zone C). The best solution for each of the scenarios was fixed through the sensitiveness analysis. From these, the final solution was selected considering five criteria including area ratio of conservation area and grouping. Lastly, the final solution was verified in the overlapped analysis with recent zonation. According to the results, the number of watersheds was 77, with an average area of 1,007,481 m^2. In terms of basic mapping and indexation, the slope index and number of landscape resources for topographical property were average 0.22 and 38 places, respectively. Biotope index was average 0.69 and legally protected species was 14 species, reflecting ecological values. As the social and economic indicators, trail index was average 0.04, and the number of tour and management facilities was 43 places. Through the framework of Marxan with Zones, the best solution for scenario 1 which was set by the highest conservation criteria was selected as the final solution, and the area ratio of Park Nature Conservation Area and grouping was excellent. As the result of overlapped analysis, suggested zonation of the Park Nature Conservation was better than the recent zonation in the area raito (28.3%), biotope grade Ⅰ (15.4%) and the distribution points (10 places) of legally protected species with verification of proper distribution of conservation features according to the zone.

Key words : Zonation, Watershed, Eco-tope, Scenario analysis

Received 6 September, 2016; **Revised** 3 November, 2016;
Accepted 8 November, 2016

*__Corresponding author__: Bong-Ho Han, Department of Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 02504, Korea
Phone : +82-2-6490-2844
E-mail : hanho87@uos.ac.kr

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 논문은 2015년도 서울시립대학교의 박사 학위논문의 일부입니다.

1. 서 론

보호지역이란 생물다양성 보전과 더불어 문화적가치를 포함하는 지리적 공간으로서 자연생태계의 보전을 위하여 법적 또는 기타 효과적인 방법에 의해 관리되는 지역이다(Dudley, 2004; Loucks et al., 2008). 보호지역에 대한 체계적 관리계획의 수립은 관리목적 및 관리방향 설정을 원활하게 하며(Joseph et al., 2009; Watson et al., 2011), 관리계획 수립 시 서식지의 보전과 인간 활동을 관리하는 효과적인 수단으로써 관리지구의 설정은 필수적이다(Dudley, 2004). 관리지역의 설정은 특정 목적을 갖는 지역을 공간적으로 구분하여 지정하는 행위이며(Airame, 2005), 보전과 소극적 이용, 적극적 이용을 포함한 활동 간의 잠재적인 갈등 원인들을 조절하기 위한 것이다(Day, 2002; Halpern et al., 2008). 관리지역의 설정과 관련하여 IUCN은 카테고리 적용지침을 통해 보호지역 중 적어도 3/4(75%) 이상이 적용 목적에 맞게 관리되어야 하며, 잔여지역도 주요목적에 반하여서는 안 된다는 기준(Dudley, 2004)을 제시한 바 있다. UNESCO MAB(Man & Biosphere) 프로그램에서는 보호지역에 대한 관리지역 개념을 제시하고 있으며, 생태적 가치가 높은 핵심지역(core area), 핵심지역을 보호하기 위한 완충지역(buffer area), 도심과 인접하여 보호지역의 진입부에 설정되는 전이지역(transition area) 등으로 구분하고 있다(UNESCO, 2008).

국립공원은 우리나라 육상면적의 3.9%(Ministry of Environment, 2014)를 차지하고 있으며, 생물다양성이 뛰어난 대표적인 보호지역 유형으로서 보전 중심의 현명한 이용이 필요한 지역이다. 현재 국립공원의 합리적 공간관리에 대해 자연공원법(제18조)에서 명시하고 있으나 선언적인 용도지구 설정 기준은 현실 적용에는 한계가 있다(Jo, 1994). 1987년 이후 우리나라 국립공원 용도지구 설정의 문제점은 지속적으로 제기되어 왔으며, 자연생태계의 가치가 고려되지 않은 표고, 경사, 등고선 등 단순 지형에 의한 용도지구 지정에 대한 문제점이 가장 많이 부각되어 왔다(Yim et al., 1987; Lee et al., 1994; Jo, 1997). 이를 개선하기 위한 방안으로써 국제적 기준을 반영한 용도지구 지정(Jo, 1994), 용도지구 유형 내 관리를 위한 관리강도 세분화(Jo, 1997), 용도지구 설정 시 GIS 활용의 효율성(Lee et al., 1998) 등이 제시된 바 있으나 자연생태계의 가치를 반영하여 실질적으로 검증한 연구는 전무하였다.

Marxan with Zones는 다양한 용도지구 설정이 가능한 Marxan의 확장판이며, Minimum-set개념과 Simulated Annealing 알고리즘이 반영된 시나리오기법의 프로그램으로써(Watts et al., 2009), 관리지구별 양적 목표치를 달성하기 위한 비용(cost)을 최소화하기 위한 것이다(Stewart and Possingham, 2005; Naidoo et al., 2006). 또한, 생태적, 사회 · 경제적, 문화적 자료의 반영이 용이하며(Ardron et al., 2010), 다양한 기준의 시나리오를 검토함으로써 의사결정을 쉽게 할 수 있도록 설명력(accountability)과 투명성(transparency)을 증진시킨다(Knight et al., 2006; Pressey and Bottrill, 2009; Joseph et al., 2011). 기존의 Marxan with Zones의 적용연구는 해안 관리지구 설정 시 최적화된 보전지역 설정을 위해 자원이용에 대한 영향을 최소화하고(Klein et al., 2008a, 2008b), 자원이용과 보전 사이의 갈등을 조절하기 위한 사회 · 경제적 통합비용의 최소화(Scholz et al., 2004; Crawford et al., 2006; Carwardine et al., 2008; Ban et al., 2009)에 중점을 맞춰 수행되었다. 특히, 산림지역에 대한 연구에서는 점적 종 분포 데이터와 행동권데이터를 활용한 관리지구 설정(Wilson et al., 2010), 다기능 경관분석을 통한 보전 관리지역 설정(Reyers et al., 2012), 생물다양성을 유지하기 위한 시공간적 변화에 대한 주요 식생유형의 효율적 관리비용 시나리오 분석(Levin et al., 2013) 등의 연구가 진행된 바 있다. 하지만, 계획단위 설정에 있어서 대부분 그리드 형태로 분석하고 있어 대상지가 산림지역일 경우 지형적 특성 반영이 제한되었고, 여건에 따라 다양한 생태적, 사회적, 경제적 지표를 적용하고 있었으나 통합적 경관 단위로서 생태계의 가치를 용도지구 설정에 반영하는 것에는 한계가 있었다.

따라서 본 연구는 대표적 도시근교형 국립공원인 북한산국립공원을 대상으로 하여 유역권 개념의 계획단위 설정 및 Marxan with Zones 시나리오 분석틀을 적용함으로써 경관생태적 가치를 반영한 공원자연보존지구 설정안을 제안하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상지

북한산국립공원은 1983년 15번째 국립공원으로 지정 되었으며, 총 면적은 398.2 ㎢이다. 우리나라 국립공원 중 대표적 도시근교형 국립공원(IUCN Category Ⅴ 유형)으로서 도시생물다양성 증진을 위한 핵심지역이며, 한남정맥이 북측 능선을 통과하고 있다. 행정구역 상 서울특별시, 의정부시, 고양시, 양주시 등 대도시에 인접하고 있으며, 연평균 탐방객수 6,371,791명(2015년 기준)의 이용강도가 높은 국립공원이다. 용도지구 지정 현황은 공원자연보존지구가 전체면적의 38.3%이고, 공원자연환경지구는 59.9%이다(Fig. 1).

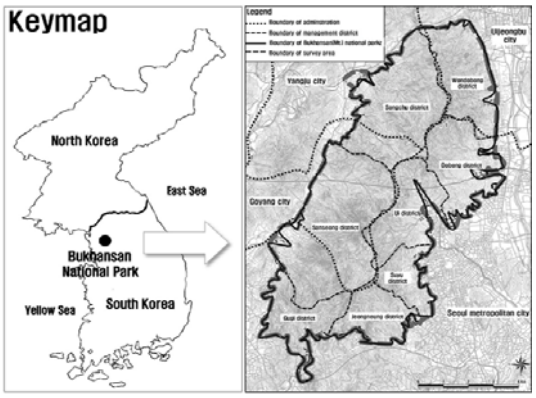


Fig. 1. Study area.

2.2. 연구분석체계

지구 구분을 위한 Marxan with Zones 적용 체계는 Fig. 2와 같다. 계획단위와 삽입파일을 설정하는 데이터 구축단계를 시작으로 데이터 기준설정, 수치보정, 분석 및 시나리오별 최적안 설정, 민감도 분석, 시나리오별 최적안 중 최종안 선정 단계로 진행하였다. 마지막 단계에서는 최종안과 현재의 공원자연보존지구와의 중첩분석을 통해 환경생태적 가치의 적절한 반영 여부 및 개선사항 등을 종합적으로 분석하였다.

2.3. 조사분석방법

2.3.1. 기초자료 구축

2.3.1.1. 계획단위(planing unit) 설정

계획단위(planning unit)는 생태계 시스템에 일반적으로 사용되는 유역권단위를 활용하였으며(Berkes et al., 1998), 산림생태계를 중심으로 생태적관리를 위한 기본단위로서 유역권단위의 개념이 적용된 바 있다(Seo and Park, 2000). 유역권 분석을 위한 수계의 구분은 Horton(1945)과 Strahler(1952)의 방법을 이용하였으며, 수치지형도(1/5,000)의 등고선을 DEM으로 변환 후 ArcGIS 10.1 프로그램의 Hydrology Tool을 활용하였다. 단위유역권은 1차 수계를 기준으로 하여 설정하였다(Seo and Park, 2000).

유역권 규모는 야생동물의 핵심 행동권을 기준으로 하여 설정하였다. 우리나라의 대표적 중형포유류에 대한 행동권을 고려하였으며, 너구리, 삵, 오소리(Lee et al., 2014)와 전국적으로 분포하면서 중형포유류와 유사한 핵심행동권을 갖는 멧돼지(Choi et al., 2006)를 선정하였다. 물이 모이는 유역권의 크기를 조정하는 집수량(flow accumulation)을 10단위로 늘려가면서 단위 유역권의 평균 크기를 행동권에 맞춰가는 방식을 활용하였다.

2.3.1.2. 환경생태지표 선정 및 맵핑

환경생태지표는 자연공원법의 공원지정 목표에 적합한 에코톱개념(Tjallingii, 1976; Farina, 2014)을 통해 설정 가능한 지표 중 자료 및 도면화의 가능성을 판단 하였다. 지형적 특성 지표는 지형적 경계를 구분할 수 있는 특성을 짓는 것으로(Solnetsev, 2007) 개발에 대한 제재기준이 명확하고, 재현불가능성에 따른 가치 반영이 가능한 지형경사(Ministry of Environment, 2009) 및 점적요소로서 경관적 가치를 지니는 경관자원분포 현황 등을 설정하였다. 동·식물 생태 분야에 있어서는 비오톱(Schaller, 1992; Hull et al., 2011), 멸종위기 야생생물 분포 현황(Helliwell, 1969; Jefferson and Usher, 1986; You et al., 2005) 등을 선정하였다. 국립공원의 이용특성을 고려하여 사회·문화적 지표로써 탐방로지수 및 탐방 및 관리시설 등을 맵핑하였다.

맵핑은 Arc GIS 10.1 프로그램을 활용하였으며, 2010년 제2차 국립공원 자연생태계보전종합계획, 2012년 제1차(2013~2022) 공원별 보전・관리계획 수립 시 반영된 GIS 자료를 활용하였다. 현장조사를 통해 맵핑된 비오톱 현황은 산림지역 조사 시 교목층 수종의 식생상관 및 층위구조를 기본으로 하여 분류

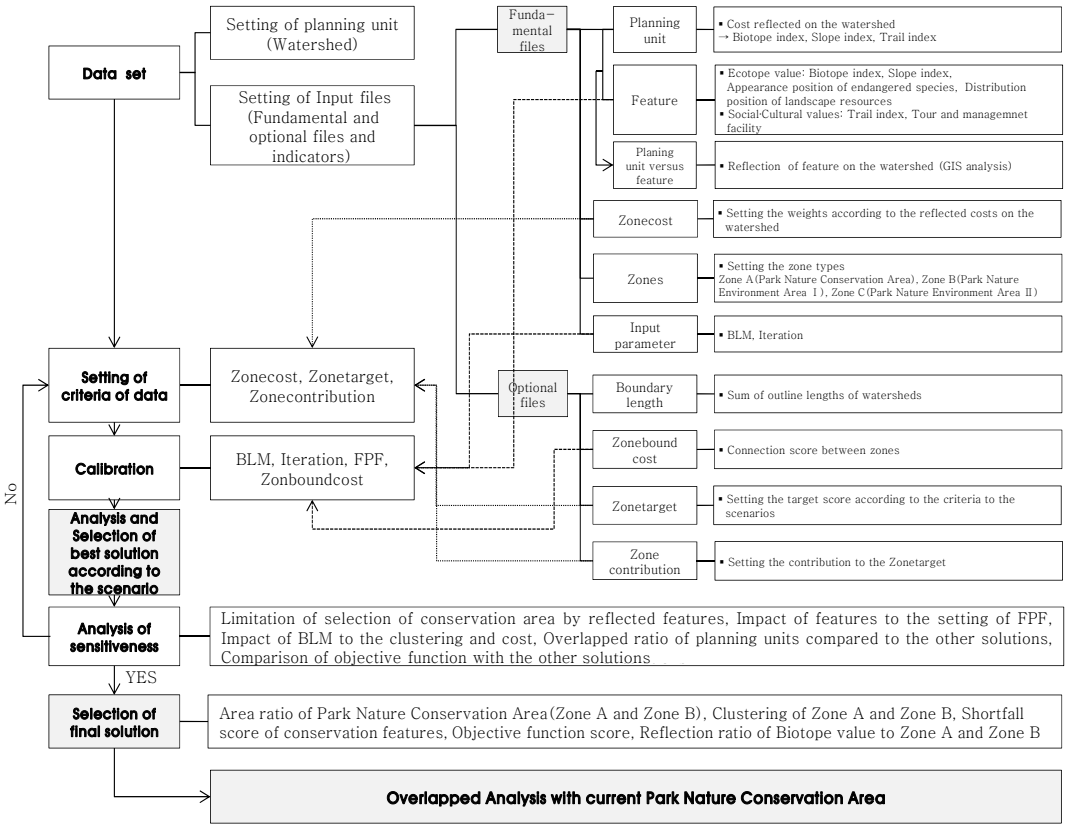


Fig. 2. Implementation framework of Marxan with Zones.

하였고, 사찰, 조경수목식재지 등 산림 외 유형은 토지 이용현황을 기준으로 분류하였다.

2.3.2. Marxan with Zones 분석

2.3.2.1. Marxan with Zones 알고리즘

생태적, 사회 · 문화적 가치를 반영한 지구 구분은 Marxan with Zones(v. 2.01)프로그램을 활용하였으며, 비용발생 정도를 기준으로 최종분석값인 목적기능값(objective function score)을 도출하였다.

목적기능값은 계획단위에 반영된 비용, 계획단위의 외곽 경계길이(bondary length) 비용, 특성지표(feature)가 반영되지 않았을 경우의 벌점(penalty) 비용 등 세 가지 수치의 합으로 구성된다. 목적기능값이 낮을수록 가장 효율적인 해결안으로 판단할 수 있으며, 목적기능 값의 오류를 최소화시키고, 실효성 있는 값을 도출하기 위해 수치보정 단계가 필수적이다 (Watts et al., 2008).

$$\sum_{PUs} Cost + BLM \sum_{PUs} Boundary + \sum_{ConValue} FPF \times Penalty$$

비용(Cost)은 계획단위에 반영된 지표 가치를 측정하는 것이고, 경계(boundary)는 계획단위의 외곽경계 길이를 나타낸다. BLM (Boundary Length Multiplier)은 비용값과의 수치 단위를 맞추기 위한 계수이며, 이와 더불어 유역권의 파편화를 최소화시키기 위해 수치보정 과정을 거치게 된다. FPF (Feature Penalty Factor) 역시 벌칙 비용(penalty)에 반영되는 계수이며, 벌칙 비용은 반영된 보전 및 이용지표의 유역권 내 포함정도에 따라 발생된다.

Table 1. The assessment frame of applied indicators

Division		Indicator	Type	Assessment criteria	Formula
Eco-tope value	Topographic value	Slope index	Polygon	Weight (Extremely steep slope: 1, Steep slope: 0.75, Rapid slope: 0.5, Slope: 0.25, Slow slope:0)	{(Area of extremely steep slope (㎡) × 1.00)+(Area of steep slope (㎡) × 0.75)+(Area of rapid slope (㎡) × 0.50)+(Area of slope (㎡) × 0.25) + (Area of slow slope (㎡) × 0)} / Area of watershed ※ Negative index: 1 - slope index
		Distribution position of landscape resources	Point	Number of points (intensity)	Number of points in each watershed
	Biological value	Biotope index	Polygon	Weight (Grade Ⅰ: 1, Grade Ⅱ: 0.80, Grade Ⅲ: 0.65, Grade Ⅳ: 0.50, Grade Ⅴ: 0.35, Grade Ⅵ: 0.20, Grade Ⅶ: 0)	{(Area of grade Ⅰ(㎡) × 1.00) + (Area of grade Ⅱ (㎡) × 0.80) + (Area of grade Ⅲ(㎡) × 0.65) + (Area of grade Ⅳ(㎡) × 0.50) + (Area of grade Ⅴ(㎡) × 0.35) + (Area of grade Ⅵ(㎡) × 0.20) + (Area of grade Ⅶ(㎡) × 0)} / Area of watershed ※ Negative index: 1 - biotope index
		Appearance position of endangered species	Point	Number of points (intensity)	Number of appearance position of endangered species in each watershed
Social and cultural value		Trail index	Polygon	Weight (Directly penetrated road: 1, Slightly penetrated road: 0.75, Directly penetrated trail: 0.5, Slightly penetrated trail: 0.25, Ridge trail: 0)	[{(Directly penetrated road × 1.00) + (Slightly penetrated road × 0.5) + (Directly penetrated trail × 0.5) + (Slightly penetrated trail × 0.25) + (Ridge trail × 0)} / Number of road and trail in each watershed] × (Number of road and trail in each watershed/Overall number of road and trail)
		Tour and management facility	Point	Number of points (intensity)	Number of facility in each watershed

2.3.2.2. 맵핑 지표 평가 기준 및 척도 설정

맵핑 지표 평가는 비오톱지수, 경사도지수, 탐방로지수 등 면적 지표와 경관자원 분포, 멸종위기 야생생물 분포, 탐방 및 관리시설 분포 등 점적 지표를 구분하여 평가하였다. 유역기반의 계획단위에 반영하기 위해 각각의 적용 지표를 지수화 하였다. 비오톱지수, 경사도지수, 탐방로지수 모두 등 간격의 가중치를 적용하여 산정하였다. 비오톱지수는 비오톱유형화 및 의사결정나무방법(Kleyer, 1994)과 중분류 가중치를 부여하여 평가한 합산평가 매트릭스법(Marks, 1989)을 통해 산정된 비오톱평가 등급을 기반으로 산출하였으며, 가중치 지수구간은 7개 등급으로 구분하였다. 경사도지수는 산림청 보전산림 지정・변경지정 및 해제 지침에 제시된 기준으로 완경사지(15°미만), 경사지(15~20°), 급경사지(20~25°), 험준지(25~30°), 절험지(30°이상) 등 5개의 유형으로 구분하여 분석하였다. 탐방로지수는 포장도로의 관통 및 외곽부 통과, 법정탐방로의 관통 및 외곽부 통과, 능선부를 지나가는

Table 2. The ratio and score according to the zone and scenario

Division			Zone A[1]	Zone B[2]	Zone C[3]
Overall target ratio		S1	70%	25%	5%
		S2	50%	25%	25%
		S3	30%	20%	50%
Zone target ratio	Number of endangered species	S1	70%	25%	5%
		S2	50%	25%	25%
		S3	30%	20%	50%
	Landscape resources	S1	70%	25%	5%
		S2	50%	25%	25%
		S3	30%	20%	50%
	Management facility	S1	-	Reflection of distribution ratio of tour and management facility in Park Nature Conservation Zone	Reflection of distribution ratio of tour and management facility in Park Natural Environment Zone
		S2	-		
		S3	-		
Zonecost	Negative biotope index		1.0	1.0	1.0
	Negative slope index		0.5	0.5	0.5
	Trail index		0.5	0.5	0.5

1: Zone A=Park Nature Conservation Zone
2: Zone B=Park Nature Environment Zone Ⅰ(Potential Park Nature Conservation Zone)
3: Zone C=Park Nature Environment Zone Ⅱ

외곽 탐방로 등 5개로 유형화하였고, 간섭 강도를 적용하기 위한 가중치는 일정 간격(1.0, 0.75, 0.50, 0.25, 0)으로 구분하여(Kim, 2005) 적용하였다(Table 1).

대상지별 지구 설정 시나리오는 세 가지의 안을 작성하였고, 지형 및 생물서식 기반의 유역권 특성을 고려한 유형별 시나리오 기준은 점집합으로부터 확률밀도를 계산하기 위한 비모수방법을 통해 해당 개체의 공간 이용도를 밀도의 개념으로 도출하는 Kernel (Worton, 1989)의 야생동물 행동권면적 추정 비율(minimum area probabilities, 95%, 75%, 50%)을 기준으로 하였다. 전체 목표치 중 Zone A(공원자연보존지구), Zone B(공원자연환경지구 Ⅰ)지역의 합이 MAP의 비율이 되도록 반영하였으며, 시나리오 1(S1)의 보전강도를 95%, 시나리오 2(S2)는 75%, 시나리오 3(S3)은 50% 등이었다. 각 시나리오별 관리지구에 따른 특성지표의 목표치는 Table 2와 같이 설정하였다. 설정 비율은 시나리오 설정 범위를 반영하여 멸종위기종의 출현지점, 지형경관자원은 MAP 비율을 적용하였고, 탐방 및 관리시설의 분포지점은 현재의 이용 특성을 고려하여 현재 공원자연보전지구의 비율은 Zone B, 공원자연환경지구의 비율은 Zone C에 각각 반영하였다. 지구별 비용(zonecost)에서는 계획단위에 반영된 비오톱지수, 경사도지수, 탐방로지수등의 비용발생 값에 가중치를 설정하게 되며, 역 가치(negative cost)를 반영한 역비오톱지수는 생태적 가치를 반영하는 핵심지표로 1.0의 가중치를 부여하였다. 역경사도지수와 이용적 가치를 고려한 탐방로지수는 각각 0.5를 설정하였다.

2.3.2.3. 수치 보정: BLM, 반복횟수, FPF, Zonboundcost

BLM 설정은 연구방법 틀에서 제시한 수치 중 특성지표의 보전 가치 기준을 가장 높게 설정한 95%를 기준으로 적용하였다. BLM 조절 단위는 계획단위의 자리수를 고려하여 0.001부터 10씩 늘려 수치보정 하였으며(Ardron et al., 2010), 1에서 10까지는 외곽경계길이(Perimeter) 값이 급격히 커지는 것을 감안하여 2.5단위로 구분하였다. 0.001, 0.01, 0.1, 1, 2.5, 5, 7.5,

10까지 범위를 늘려가며 적용하였다. 반복횟수는 (iteration) 가장 효율적인 목적기능값(score)을 확인하기 위해 수치보정을 실시하였다. 초기 설정값인 1,000,000회 부터 시작하여 500,000회, 100,000회, 50,000회, 10,000회, 5,000회, 1,000회 까지 반복하여 분석하였다. FPF는 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수의 보전성격의 지표와 탐방 및 관리시설수 등 이용성격의 지표를 구분하여 수치보정 하였다(Watts et al., 2008). 마지막 수치보정단계인 Zoneboundcost는 기존의 설정된 BLM, 반복횟수, FPF값을 고정한 후, Zone A와 Zone B, Zone B와 Zone C, Zone A와 Zone C간의 연결수치를 0.00001로 설정하고 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1까지 수치를 늘려가면서 연결성에 대한 분석을 실시하였다. 보전지구가 충분히 확보된 정도를 우선으로 하여 그룹화 정도를 판단하였다. 수치보정 중 도출하는 해결안의 개수는 결과에 큰 영향을 주지 않아(Watts et al., 2008), 초기 설정값인 10회를 이용하였다.

2.3.2.4. 민감도 분석 및 최종안 선정

민감도분석은 최적안을 검토하기 위해 시행되며 (Ardron et al., 2010), 보전면적이 법적보호종 등 특성지표(feature)에 의해 선택되는 과정에서의 한계점, FPF 설정 시 보전 특성지표의 영향, 그룹화(clustering) 및 비용(cost)에 대한 BLM 영향, 다른 해결안과의 계획단위의 중첩성, 최적안(best solution)과 나머지 안들과의 목적기능값 비교 등 5개의 기준에 따라 세 개의 시나리오 중 최적안을 도출하였다. 시나리오 별 민감도 분석을 통해 선정된 시나리오별 최적안은 전체 선택된 시나리오별 용도지구 면적(Zone A와 Zone B의 면적 75%이상) 만족 여부, Zone A, Zone B의 그룹화 정도, 보전 Feature의 제외 정도(shortfall), 목적기능값이 가장 낮은 시나리오 선정, 용도지구 설정 시 보전 성격의 Zone A, Zone B에 대한 비오톱가치의 적절한 반영 여부 등의 기준을 통해 최종안을 선정하였다.

2.3.3. 중첩분석 및 검증

Marxan with Zones 분석을 통해 제시된 결과는 기존의 용도지구와 중첩하여 명확한 생태계 가치 반영 여부를 규명하였다.

현재의 공원자연보존지구와의 면적 및 비율, 비오톱 등급 Ⅰ면적 및 비율, 법적보호종 출현지점 현황, 특별보호구역 포함 면적 및 비율 등을 비교 분석하였고, 용도지구(Zone A, Zone B, Zone C)별 환경생태지표(경사도지수, 지형경관자원, 비오톱지수, 법적보호종 출현지점 분포)와 이용 지표(탐방로지수, 탐방 및 관리시설) 의 반영정도를 분석하여, 보전 강도에 따라 생태적 가치가 적절히 분포되었는가를 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 계획단위 설정 및 맵핑 지표 분석

계획단위인 1차 유역권의 평균면적은 1.04 ㎢이었고, 총 유역권 개수는 77개이었다. 주요 수계는 정릉계곡, 소귀천계곡, 도봉계곡, 송추계곡 등 모두 2차 수계까지 형성되었다. 북한산국립공원의 비오톱지수 평균은 0.69이었고, 전체 면적의 82.9%가 0.6~0.8 범위에 포함되었다. 가장 양호한 0.8~1.0 범위에는 전체면적의 14.7%가 포함되었다. 북한산국립공원내 비오톱지수가 높은 지역은 소귀천계곡을 중심으로 주 능선부 남동측 유역권에 집중되었다. 경사도지수 평균은 0.22이었고, 0.2~0.4 범위에 전체면적의 65.5%가 포함되었다. 경사가 심한 0.4이상의 지역은 전체 면적의 7.5%이었고, 백운대, 인수봉, 만장봉, 신선대 일대의 유역권의 경사도지수가 높았다. 북한산국립공원 유역권의 탐방로지수 평균은 0.04이었다. 0.05~0.10범위에 전체면적의 52.0%가 포함되었고, 0.05~0.10범위 35.0%, 0.10~0.15범위 13.0% 등이었다. 탐방로지수가 높은 지역은 도봉지구, 원도봉, 북한산성지구, 교현리 우이령길 통과구간이었다. 용도지구별 법적보호종 출현현황을 살펴보면, 공원자연보존지구에서는 멸종위기야생생물 Ⅱ급인 왕은점표범나비 1종과 천연기념물인 두견이 등 3종이 분포하였고, 공원자연환경지구에서 멸종위기 Ⅱ급이자 천연기념물인 독수리, 소쩍새 등 천연기념물 7종, 멸종위기 Ⅱ급인 쌍꼬리부전나비 등 3종이 분석되었다. 공원마을지구에서도 황조롱이 등 법적보호종 3종이 분포하였다. 북한산국립공원의 공원 이용 및 관리시설 중 점적 형태로 맵핑된 시설은 총 43개소이었고, 탐방안내소 1개소, 공중화장실 23개소, 대피소 5개소, 탐방지원센터 14개소 등이었다. 대부분 공원 주연부에 입지하였고, 서울시 정릉

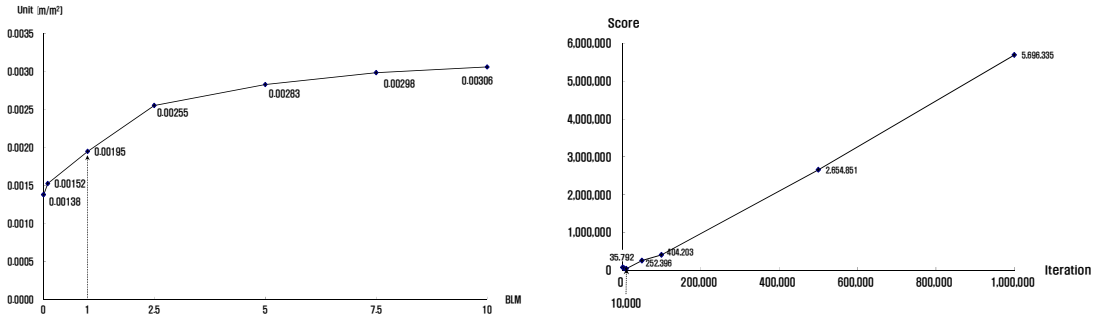


Fig. 3. Calibration of BLM (left) and iteration (right).

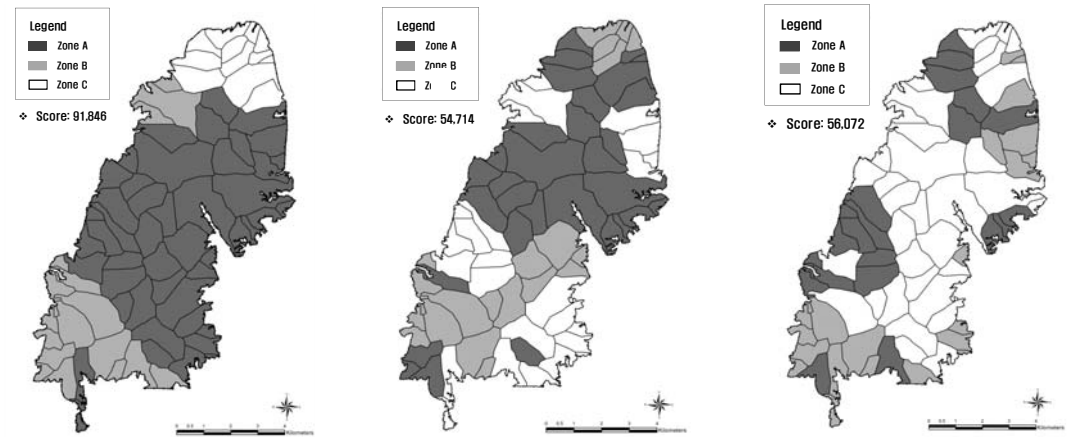
지구, 도봉지구에 집중되었다.

3.2. Marxan with Zones 분석

BLM 설정결과, 지구의 누락 없이 Zone A, Zone B, Zone C 등 3개로 유지되는 수치 중 BLM=1에서 단위면적당 길이(m/㎡)가 0.00195로 가장 짧았고, 연결성이 높은 것으로 분석되었다. 설정된 BLM을 1로 설정한 후 반복횟수에 따른 가장 효율적인 목적기능값을 확인하기 위해 수치보정을 실시하였다. 초기 설정값인 1,000,000회 부터 반복하여 분석하였고, 10,000회에서 35,792로 가장 낮았다(Fig. 3).

북한산국립공원 용도지구 시나리오 1 특성지표 보정계수인 FPF는 특성지표가 제외되는 발생 값을 보정해주는 계수로서, BLM 0.1과 반복횟수 10,000회를 고정한 후, FPF를 보정하였다. 보정 방법은 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수의 보전성격의 지표와 탐방 및 관리시설수 등 이용성격의 지표를 구분하여 수치보정 하였다(Watts et al., 2008). 시나리오 1의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A(공원자연보존지구), Zone B(공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 70%, 25%로 설정되었다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점 수 15개, 경관자원수 40개이었고, Zone B의 목표치는 각각 5개, 15개 이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 10개이었고, Zone C는 25개이었다. 보전성격의 FPF는 이용성격의 탐방 및 관리시설 수 FPF를 0.00001로 고정하고 분석하였고, FPF 1에서 각각의 목표치를 만족하였다. 탐방 및 관리시설의 FPF는 멸종위기종 출현지점수와 경관자원수의 FPF를 0.00001로 고정하고 보정하였으며, FPF 0.001에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 기존의 설정된 BLM, 반복횟수, FPF값을 고정한 후, Zone A와 Zone B, Zone B와 Zone C, Zone A와 Zone C간의 연결수치를 0.00001로 설정하고 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1까지 수치를 늘려가면서 연결성에 대한 분석을 실시하였다. 보전지구가 충분히 확보된 정도를 우선으로 하여 그룹화 정도를 판단하였으며, Zonboundcost 1에서 Zone A의 면적 비율이 72.2%로 가장 넓게 분석되어 최종 선정하였다. 시나리오 1에 대한 최적안을 도출한 결과 목적기능값은 91,846이었고, 목적기능값이 가장 낮은 해결안은 아니었으나 그룹화는 가장 양호 하였다.

북한산국립공원 시나리오 2의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A(공원자연보존지구), Zone B(공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 50%, 25%를 설정하였다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점 수 11개, 경관자원수 29개이었고, Zone B의 목표치는 각각 5개, 15개이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 10개이었고, Zone C는 25개이었다. 보전성격의 지표에 대한 FPF는 0.1에서 각각의 목표치를 만족하였고, 탐방 및 관리시설의 FPF는 0.0001에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 0.0001에서 Zone A의 면적 비율이 51.3%로 가장 넓게 분석되어 최종 선정하였다. 북한산국립공원의 지구 설정 시나리오 2에 대한 최적안을 도출한 결과, 목적기능값은 54,714이었고, 목적기능값이 가장 낮고, 연결성도 양호한 해결안이었다.



Best solution (Scenario 1) Best solution (Scenario 2) Best solution (Scenario 3)

Fig. 4. Best solution according to the scenario of Bukhansan National Park.

북한산국립공원 시나리오 3의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A(공원자연보존지구), Zone B(공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 30%, 20%를 설정하였다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점수 6개, 경관자원수 17개이었고, Zone B의 목표치는 각각 4개, 11개이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 10개이었고, Zone C는 24개이었다. 보전성격의 지표에 대한 FPF는 0.0001에서 각각의 목표치를 만족하였고, 탐방 및 관리시설의 FPF는 0.1에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 0.00001에서 Zone A의 면적 비율이 33.7%로 가장 넓게 분석되어 최종 선정하였다. 북한산국립공원의 지구 설정 시나리오 3에 대한 최적안을 도출한 결과, 목적기능값은 56,072이었고, 목표치에 대한 부족량이 가장 낮은 해결안이었다. 북한산국립공원의 각 시나리오별 최적안을 도면화한 결과는 Fig. 4와 같다.

시나리오 1 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 66.5%, Zone B 21.2%, Zone C 12.3% 등이었다. 백운대, 자운봉 등 주능선을 중심으로한 유역권 및 우이령길을 포함하여 무수골계곡, 소귀천계곡 등이 모두 Zone A에 포함되었으며, 최근 복원 된 송추계곡, 구기·평창지구 일대 등이 Zone B로 설정되었다. Zone C는 의정부 사패산 일대를 중심으로 분포하였다. 시나리오 2 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 46.7%, Zone B 22.9%, Zone C 30.4% 등이었다. 우이령 유역권, 북측 회룡골, 자운봉을 포함한 도봉산 주능선부 유역권 구기지구 일부 유역권 등이 Zone A로 구분되었고, Zone B지역은 백운대를 중심으로한 주능선부와 북측 안골 유역권 등이 포함되었다. 송추지구, 도봉지구, 수유지구, 북한산성지구의 외곽부 유역권은 대부분 Zone C지역에 포함되었다. 시나리오 3 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 24.8%, Zone B 18.3%, Zone C 56.9% 등이었다. 북한산국립공원의 북한산성지구 대부분의 유역권, 사패산능선 일대 유역권, 원도봉계곡, 방학골 일대가 Zone A로 설정되었으며, Zone B는 구기지구, 도봉지구를 중심으로 분포하였다. 주능선을 포함한 우이령 등 나머지 지역은 모두 Zone C로 구분되었다. 보전 기준을 가장 낮게 설정한 시나리오 3은 우이령 등 생태적으로 중요한 지역들이 Zone A와 Zone B에서 대부분 제외되었다(Table 3).

북한산국립공원 시나리오 1의 민감도 분석 결과, 보전 목표치의 설정은 사전 시나리오 설정을 통해 적절하였으며, 특히 Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점수, 경관자원수에 대한 특성지표 목표치를 만족하였다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 수치보정 된 것으로 분석되었다. 중첩 빈도 분석

Table 3. Area and ratio of each zone according to the scenario of Bukhansan National Park

Division	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	area(㎡)	ratio(%)	area(㎡)	ratio(%)	area(㎡)	ratio(%)
Zone A	51,651,507	66.5	36,183,027	46.7	19,213,439	24.8
Zone B	16,418,610	21.2	17,783,048	22.9	14,166,179	18.3
Zone C	9,505,957	12.3	23,609,999	30.4	44,196,456	56.9
Total	77,576,074	100.0	77,576,074	100.0	77,576,074	100.0

결과, Zone A는 71.7%로 양호하였고, Zone B, Zone C는 불량이었다. 시나리오 1 해결안들의 목적기능값 중 최저값은 87,590이었고, 최고값은 154,414이었다. 최적안의 목적기능값은 91,846이었고, 평균값은 121,072이었다. 시나리오 1의 지구 구분 특성으로서, 백운대, 자운봉 등 주능선을 중심으로하여 우이령, 소귀천계곡, 무수골계곡 등이 모두 Zone A에 포함되어 양호하였다. 북한산국립공원 시나리오 2의 민감도 분석 결과, 보전 목표치의 설정은 사전 시나리오 설정을 통해 적절 하였으며, 특히 Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수에 대한 특성지표 목표치를 만족하였다. 하지만 보전 목표치가 중간으로 낮아지면서 백운대를 중심으로 한 주 능선부와 북측 안골 유역권 등이 Zone B에 포함되었다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 수치보정 된 것으로 분석되었다. 중첩 빈도 분석결과 Zone A, Zone B, Zone C는 모두 50~60% 정도로 보통이었다. 시나리오 2의 해결안들의 목적기능값 중 최저값은 54,714이었고, 최고 목적기능값은 69,034이었다. 최적안의 목적기능값은 54,714이었고, 평균값은 61,858이었다. 시나리오 2의 지구 구분 특성으로서, 공원자연보존지구(Zone A)에 포함되어야 하는 것으로 판단되는 백운대 일대의 주능선부 유역권이 보전 목표치가 낮아지면서 특성지표의 영향을 받은 것으로 판단된다. 북한산국립공원 시나리오 3의 민감도 분석 결과, 보전 목표치의 설정은 사전 시나리오 설정을 통해 적절하였으며, 특히 Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수에 대한 특성지표 목표치를 만족하였다. 하지만 보전 목표치가 낮아지면서 주 능선 유역권 및 우이령, 소귀천계곡 등 생태적으로 중요한 지역이 Zone C로 구분되었다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 수치보정 된 것으로 분석되었다. 중첩 빈도 분석결과 Zone A는 77.8%로 양호하였고, Zone B와 Zone C는 보통이었다. 시나리오 3의 해결안들의 목적기능값 중 최저값이 54,548이었고, 최고값은 61,859이었다. 최적안의 목적기능값은 56,072이었고, 평균값은 57,457이었다. 시나리오 3의 지구 구분 특성으로서, 공원자연보존지구(Zone A)에 포함되어야 하는 것으로 판단되는 주 능선 유역권 및 우이령, 소귀천계곡 등이 보전 목표치가 낮아지면서 특성지표의 영향으로 제외된 것으로 판단되었다. Fig. 5는 민감도 분석 시, 10회의 해결안들에 대한 개별 유역권의 중첩빈도를 나타낸다.

북한산국립공원 공원자연보존지구 설정을 위한 세 개의 시나리오 중 최종안 선정을 위해 제시된 5개의 기준을 적용한 결과, IUCN에서 보호지역 중 적어도 3/4(75%) 이상이 적용 목적에 맞게 관리되어야 한다(Dudley, 2004)는 면적기준은 시나리오 1만이 만족하였다. 공원자연보존지구(Zone A)의 그룹화 역시 세 개의 시나리오 중 시나리오 1만이 양호하였으며, 보전 특성지표인 멸종위기종의 분포가 용도지구별 목표치를 만족시키지 못한 양은 47~99이었다. 목적기능값이 가장 낮은 시나리오는 3번으로 212,079이었으며, 보전 강도가 높은 Zone A와 Zone B내 비오톱 등급 Ⅰ의 면적은 58.1~95.2%이었다.

최종적으로 선택된 세 개의 시나리오 최적안 중 시나리오 1의 최적안을 최종안으로 선정하였다. 시나리오 1은 공원자연보존지구의 면적이 가장 넓은 해결안

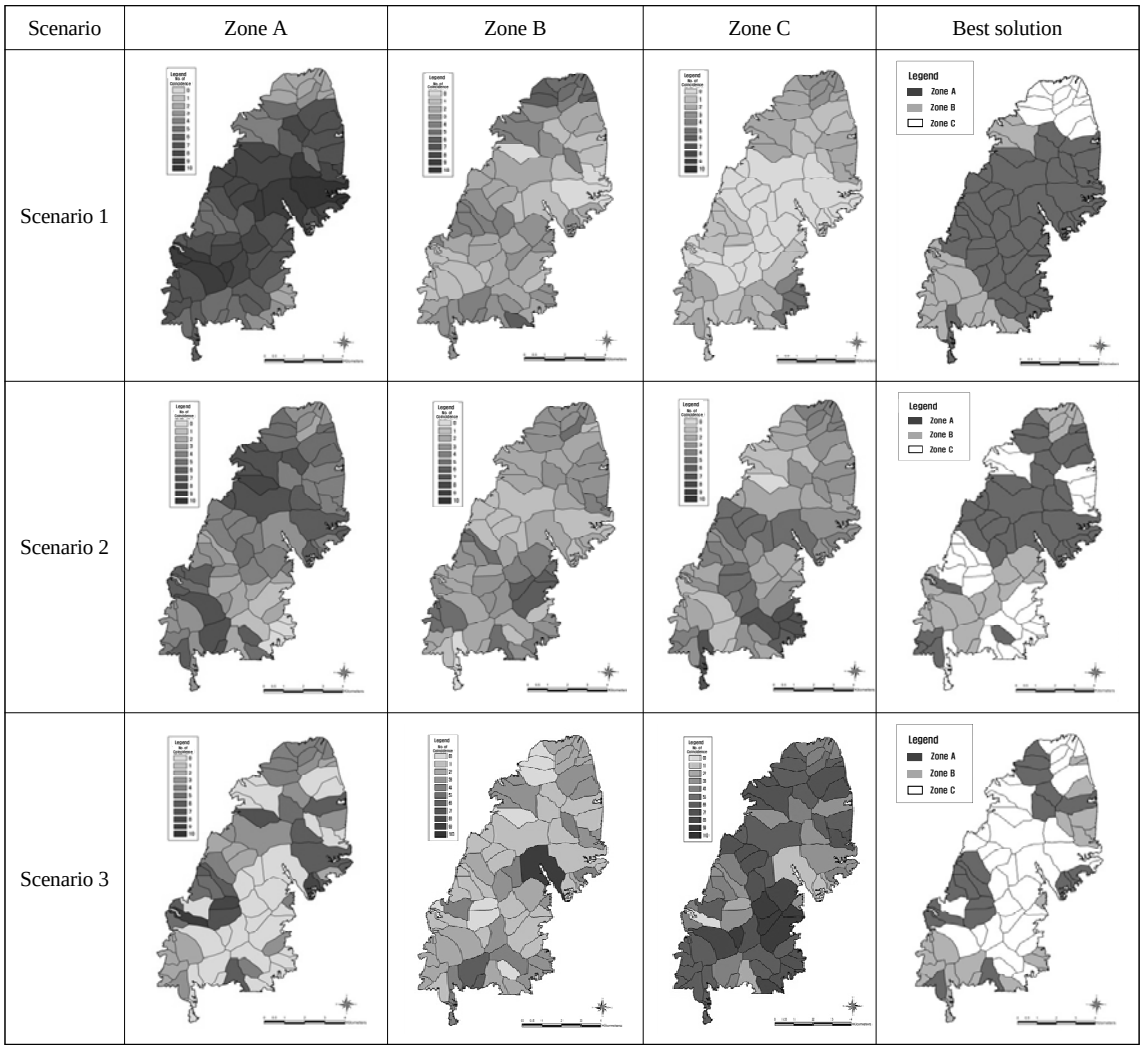


Fig. 5. Sensitiveness analysis(overlap frequency) according to the scenario of Bukhansan National Park.

으로써 그룹화 정도가 양호하였다. 시나리오 2와 시나리오 3은 민감도 분석을 통해 생태적으로 중요한 지역이 제외된 것으로 분석되었다.

3.3. 중첩분석 및 검증

현행 공원자연보존지구와의 중첩분석결과, 제안된 공원자연보존지구의 면적비율은 잠재적 공원자연보존지구인 Zone B를 포함하여 66.6%이었고, 현재 공원자연보존지구의 면적비율인 38.3%에 비해 28.3% 높게 분석되었다. 비오톱 등급 Ⅰ포함 면적비율은 현재의 67.0% 보다 15.4% 높은 82.4%이었다. 법적보호종 출현지점은 5개소에서 15개소로 10개소가 증가하였으며, 특별보호구역 포함면적의 경우, 외곽지역의 계곡부가 다수가 제외되어 있어 49.5%보다 39.3% 낮은 10.2%로 분석되었다. 공원자연보존지구(Zone A), 공원자연환경지구 Ⅰ(Zone B), 공원자연환경지구 Ⅱ(Zone C)의 보전 강도에 따른 생태적 가치 반영정도를 중첩분석 한 결과, 지형적 특이성 및 재현불가능성을 기반으로 한 경사도지수는 Zone A, Zone B가 평균 0.23이었다. 지형경관자원의 수는 Zone A가 15개소로

Table 4. Analysis result according to a zone of final solution to Bukhansan National Park

Division	Indicator(index)	Zone A	Zone B	Zone C
Ecotope value	Slope index	0.23(0.00~0.69)	0.23(0.00~0.47)	0.17(0.0.~0.31)
	Distribution position of landscape resources	38	14	16
	Biotope index	0.73(0.56~0.96)	0.66(0.36~0.78)	0.65(0.63~0.68)
	Appearance position of endangered species	15	5	2
Social and cultural value	Trail index	0.04(0.00~0.13)	0.03(0.00~0.09)	0.03(0.00~0.08)
	Tour and managemnet facility	20	7	0
Area(㎡)/Ratio(%)		51,651,507/66.6	16,418,610/21.2	9,505,95712.3

가장 많이 분포하였다. 생태적 가치를 반영한 비오톱 지수는 Zone A가 평균 0.73으로 가장 높았고, Zone B, Zone C의 순이었다. 멸종위기종 출현지점 분포 현황 역시 Zone A가 15지점으로 가장 높았다. 이용 지표에서는 탐방로지수가 Zone A에서 0.04로 가장 높았고, Zone B, Zone C에도 고루 분포하였다. 탐방 및 관리시설은 Zone A에 집중 분포하였다(Table 4).

환경생태 지표는 대부분 공원자연보존지구에서 가장 높게 반영되어 적절한 것으로 판단되며, 도시근교형 국립공원으로서, 생태적가치가 높은 지역 내 탐방로 및 시설지가 집중되어 있는 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구는 대표적 도시근교형 국립공원인 북한산 국립공원을 대상으로 하여 유역권 개념의 계획단위를 설정하고, Marxan with Zones 시나리오 분석틀을 적용함으로써 경관생태적 가치가 합리적으로 반영된 공원자연보존지구를 설정하고자 하였다. 중첩 분석 결과, 제안된 공원자연보존지구 최종안은 지형경관적 가치, 동 · 식물생태적 가치 측면에서 현재의 공원자연보존지구를 상당부분 개선한 것으로 분석 되었다. 연구의 한계로써 일부 지표의 가중치 설정은 등 간격으로 적용 되었으나 향후 지표 별 전문가 그룹의 설문 등을 반영한 정밀한 가중치 설정 연구가 후속되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 현재 환경 생태적 가치를 반영하지 못하고 있는 다른 산악형국립공원에 대한 적용 필요성을 시사하고 있으며, 더 넓게는 타 보호지역 유형의 용도지구 설정에도 적용 가능 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

Airame, S., 2005, Channel islands national marine sanctuary, Advancing the science and policy of marine protected areas, in: Sholz, A., Wright, D. (eds.), Place matters: Geospatial tools for marine science, conservation, and management in the pacific northwest, Oregon State University Press, Corvallis, 91-124.

Ardron, J. A., Possingham, H. P., Klein, C. J., 2010, Marxan good practices handbook, version 2. Pachific Marine Analysis and Research Association, Victoria, BC, Canada, A Manual.

Ban, N. C., Bodtker, K. M., Nicolson, D., Robb, C. K., Royle, K., Short, C., 2009, Setting the stage for marine spatial planning: Ecological and social data collation and analyses in Canada's Pacific waters, Mar. Policy, 39, 11-20.

Berkes, F., Kislalioglu, M., Folke, C., Gadgil, M., 1998, Exploring the basic ecological unit: Ecosystem-like concepts in traditional societies, Ecosystems, 1, 409-415.

Carwardine, J., Wilson, K. A., Ceballos, G., Ehrlich, P.

R., Naidoo, R., Iwamura, T., Hajkowicz, S. A., Possingham, H. P., 2008, Cost-effective priorities for global mammal conservation, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 105, 11446-11450.

Choi, T. Y., Lee, Y. S., Park, C. H., 2006, Home-range of wild boar, sus scrofa living in the Jirisan National Park, Korea, J. Ecol. Environ., 29(3), 253-257.

Crawford, B. R., Kasmidi, M., Korompis, F., Pollnac, R. B., 2006, Factors influencing progress in establishing community-based marine protected areas in Indonesia, Coast Manage., 34, 39-64.

Day, J. C., 2002, Zoning-lessons from the Great Barrier Reef Marine Park, Ocean Coast Manage., 45, 139-156.

Dudley, N., 2004, Guidelines for applying protected area management categories, Gland, Switzerland: IUCN, A Guideline.

Farina, A., 2014, Soundscape and landscape ecology, in: Jones, B. S., Smith, R. Z. (eds.), Soundscape Ecology, Springer, Netherlands, 1-28.

Halpern, B. S., McLeod, K. L., Rosenberg, A. A., Crowder, L. B., 2008, Managing for cumulative impacts in ecosystem-based management through ocean zoning, Ocean Coast Manage., 51, 203-211.

Helliwell, D. R., 1969, Valuation of wildlife resources, Reg. Stud., 3, 41-47.

Horton, R. E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: Hydro-physical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Am. Bull., 56, 275-370.

Hull, V., Xu, W., Liu, W., Zhou, S., Vina, A., Zhang, J., Tuanmu, M. N., Huang, J., Linderman, M., Chen, X., Huang, Y., 2011, Evaluating the efficacy of zoning designations for protected area management, Biol. Conserv., 144, 3028-3037.

Jefferson, R. G., Usher, M. B., 1986, Ecological succession and the evaluation of nonclimax communities, in: Usher, M. B. (ed), Wildlife conservation evaluation, Chapman and Hall Ltd., New York, 69-91.

Jo, G. H., 1994, On the amendments of the nature park law to conserve the national parks in Korea, J. Kor. Plan. Assoc., 29, 383-408.

Jo, T. D., Lee, M. W., Kim, J. S., 1997, Focused on nature preservation zone and natural environment zone of national parks : A Study for the improvement of the zoning of nature parks of Korea, J. Kor. Plan. Assoc., 32, 185-202.

Joseph, L. N., Maloney, R. F., Watson, J. E. M., Possingham, H. P., 2009, Optimal allocation of resources among threatened species, a project prioritization protocal, Conserv. Biol., 23, 328-338.

Joseph, L. N., Maloney, R. F., Watson, J. E. M., Possingham, H. P., 2011, Securing nonflagship species from extinction, Conserv. Lett., 4, 324-325.

Kim, J. H., 2005, Ecological land use planning considering the characteristic of urban ecosystem : A Case study of Hanam, Kyeonggi province, Ph. D. Dissertation, University of Seoul, Seoul, Korea.

Klein, C. J., Chan, A., Kircher, L., Cundiff, A. J., Gardner, N., Hrovat, Y., Airame, S., 2008a, Striking a balance between biodiversity conservation and socioeconomic viability in the design of marine protected areas, Conserv. Biol., 22, 691-700.

Klein, C. J., Stebeck, C., Scholz, A. J., Possingham, H. P., 2008b, Effectiveness of marine reserve networks in representing biodiversity and minimizing impact to fishermen : A Comparison of two approaches used in California, Conserv. Lett., 1, 44-51.

Kleyer, M., 1994, Habitat network schemes in Stuttgart, in: Landscape planning and ecological networks (ed), Elsevier, Amsterdam, 249-272.

Knight, A. T., Cowling, R. M., Campbell, B. M., 2006, An Operational model for implementing conservation action, Conserv. Biol., 20, 408-419.

Lee, C. H., Ahn, S. M., Lee, K. S., 1998, Comparison of topographic, vegetation, scenic resource distribution between natural preservation zone and natural environment zone in Mt. Teogyu National Park, J. Environ. Impact Assess., 7(1), 49-61.

Lee, K. J., Kim, G. T., Yim, K. B., 1994, Management proposal of Sobaeksan National Park, Kor. J. Env. Ecol., 7, 58-71.

Lee, H. J., Cha, J. Y., Chung, C. U., Kim, Y. C., Kim, S. C., Kwon, G. H., Kim, J. J., 2014, Home range analysis of three midium-sized mammals in Sobaeksan National Park, J. Korean Env. Res. Tech., 17, 51-60.

Loucks, C., Rickets, T. H., Naidoo, R., Lamoreux, J., Hoekstra, J., 2008, Explaining the global pattern of

protected area coverage : Relative importance of vertebrate biodiversity, human activities and agricultural suitability, J. Biogeogr., 35, 1337-1348.

Marks, R., 1989, Meohoden ökologischer planung im kommunalen umweltschutz am beispiel der stadt dortmund, VGFO Band 18, Goettingen, 589-592.

Ministry of Environment, 2009, Regulation about method of natural environment and categorizing criteria of grade.

Ministry of Environment, 2014, Study on strategy establishment of national level of biodiversity.

Naidoo, R., Balmford, A., Ferraro, P. J., Polasky, S., Ricketts, T. H., Rouget, M., 2006, Integrating economic costs into conservation planning, Trends Ecol. Evol., 21, 681-687.

Pressey, R. L., Bottrill, M. C., 2009, Approaches to landscape- and seascape-scale conservation planning : Convergence, contrasts and challenges, Oryx, 43, 464-475.

Reyers, B. J., Patrick, O., Jeanne, L. N., Kerrie, W., 2012, Expanding the conservation toolbox : Conservation planning of multifunctional landscapes, Landsc. Ecol., 27, 1121-1134.

Schaller, J., 1992, Environmental impact of proposal site for 1992 winter games in Berchtesgaden, West Germany, UNESCO.

Scholz, A., Bonzon, K., Fujita, R., Benjamin, N., Woodling, N., Black, P., Steinback, C., 2004, Participatory socioeconomic analysis : Drawing on fishermen's knowledge for marine protected area planning in California, Mar. Policy, 28, 335-349.

Seo, C. W., Park, C. H., 2000, Wild boar (Sus scrofa coreanus Heude) habitat modeling using GIS and logistic regression, J. Korea Spat. Inf. Soc., 8, 85-99.

Solnetsev, N. A., 2007, The natural geographic landscape and some of its general rules, in: Wiens, J. A., Moss, M. R., Turner, M. G., Mladenoff, D. J. (eds.), Foundation papers in landscape ecology, Columbia University Press, New York, 19-27.

Stewart, R., Possingham, H., 2005, Efficiency, costs and trade-offs in marine reserve system design, Environ. Model Assess., 10, 203-213.

Tjallingii, S. P., 1976, Enkele opmerkingen over het begrip ekotoop, Gorteria, 8, 31-35.

UNESCO, 2008, Madrid action plan for biosphere reserves (2008-2013), UNESCO, A Guideline.

Watson, J. E. M., Grantham, H., Wilson, K. A., Possingham, H., 2011, Systematic conservation planning : Past, present and future, in: Whittaker, R., Ladle, R. (eds.), Conservation biogeograph, Wiley-Blackwell, Oxford, 136-160.

Watts, M., Carissa, K., Romola, S., Ian, B., Possingham, H., 2008, Marxan with zones (v. 1.0.1), University of Queensland, A Manual.

Watts, M., Ian, B., Romola, S., Carissa, K., Kerrie, W., Charles, S., Reinaldo, L., Lindsay, K., Possingham, H., 2009, Marxan with zones: Software for optimal conservation based land-and sea-use zoning, Environ. Model Softw., 24, 1513-1521.

Wilson, K. A., Meijaard, E., Drummond, S., Grantham, H. S., Boitani, L., Catullo, L., Christie, L., Dennis, R., Dutton, I., Falcucci, A., Maiorano, L., Possingham, H. P., Rondinini, C., Turner, W. R., Venter, O., Watts, M., 2010, Conserving biodiversity in production landscapes, Ecol. Appl., 20, 1721-1732.

Worton, B. J., 1989, Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home-range studies, Ecology, 70, 164-168.

Yim, K. B., Lee, K. J., Oh, K. K., Lee, M. W., 1987, Management proposal of Bukhan Mountain National Park, Kor. J. Env. Ecol., 1, 83-97.

You, J. H., Park, K. H., Jung, S. G., 2005, A Study on importance of assessment factors and indicators of natural ecosystem for environmentally friendly land conservation, J. Environ. Impact Assess., 14(4), 165-177.