韓國環境復元技術學會誌 27(1) : 17~29(2024)
J. Korean Env. Res. Tech. 27(1) : 17~29(2024)
DOI : https://doi.org/10.13087/kosert.2024.27.1.17
ISSN 1229-3032

산림복원 평가지표를 활용한 산림 훼손지 우선복원대상지 발굴
- 강원도 지역을 대상으로 -

박윤선[1] · 송정은[2] · 박천희[3]

[1]한국산지보전협회 산지정책연구센터 선임연구원 · [2]한국산지보전협회 산지정책연구센터 센터장
[3]한국산지보전협회 산지공간연구센터 센터장

Identification of Priority Restoration Areas for Forest Damage Sites Using Forest Restoration Evaluation Indicators in Gangwon-Do

Yoon-Sun Park[1] · Jung-Eun Song[2] and Chun-Hee Park[3]

[1] Forestland Policy Research Division, Korea Forest Conservation Association,
[2] Forestland Policy Research Division, Korea Forest Conservation Association,
[3] Forestland Spatial Planning Division, Korea Forest Conservation Association.

ABSTRACT

This study was conducted to select the restoration priority of forest damage sites in Gangwon Province. We first identified the status of damaged areas. We then selected restoration evaluation indicators through a literature review. We then set weights for these indicators through expert surveys. We next acquired data that can represent these indicators and spatially mapped them. Finally, we prioritized the restoration target sites by taking the weights. The results of the study showed that disaster sensitivity and ecologicality are important criteria for selecting the restoration priority of damage sites. The analysis showed that damage sites in Doam, Jeongseon, Samcheok and Inje are in urgent need of restoration. The results of this study are significant in that they selected the restoration priority of damage sites in Gangwon Province based on the restoration priority evaluation criteria selected based on expert surveys. However, the priority restoration areas derived from the results of this study are not actually implementing restoration projects at present. Therefore, it is judged that it would be efficient

First author : Yoon-sun Park, Forestland Policy Research Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea,
Tel : 042-610-9098, E-mail : yspark@kfca.re.kr
Corresponding author : Jung-Eun Song, Forestland Policy Research Division, Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea,
Tel : 042-610-9052, E-mail : readjean@kfca.re.kr
Received : 21 September, 2023. **Revised** : 23 January, 2024. **Accepted** : 26 December, 2023

in various aspects to establish the restoration priority area based on scientific analysis techniques and carry out the project for efficient implementation of the restoration project. In this study, it can be pointed out that the priority of restoration of damage sites was derived based on data from the past due to the limitation of data acquisition. However, the fact that the priority restoration area inferred based on past data has been restored over time has improved the reliability of the study by verifying the usefulness of the priority extraction technique. In the future, if the priority of damage sites is extracted by extracting the restoration target area boundary through the latest data based on the methodology applied in this study, it is considered that it will be available as a result that can be applied to the field.

Key Words : *habitat, rank, land use, ecosystem*

I. 서 론

우리나라는 개인 혹은 사회적으로 물질적인 풍요를 이룩하기 위해 개발사업을 추진하였으며 전국적으로 자연생태계, 특히 산림을 개발하고 훼손함에 따라 이는 생태계가 제공하는 혜택을 지속적으로 감소시키고 있다. 우리나라 국토의 60% 이상은 산림지역으로 구분되며(KFS, 2020) 산림의 공익적 가치는 약 259조원에 달해(NIFoS, 2023) 산림이 자연생태계에 기여하는 바는 강조할만하다. 이에, 훼손된 산림의 현황을 파악하고 이를 복구하려는 노력이 필요하며, 복원사업을 시도할 때 장기적인 측면에서 지속성을 고려해야 하며 주변과의 연계성 및 조화가 필요하다. 그러나 개별적인 복원 사업의 시행이나 지속적인 훼손 및 오염과 같은 사업 설계에서의 한계점, 생태계 유형간 상호 연계성과 산림 파편화 고려 미흡 등은 복원사업의 한계점으로 지적되고 있다(최재용, 2016).

2021년 산림청에서 발표한 산림복원 업무처리 지침에는 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 등을 기반으로 산림복원 대상 선정 및 실태조사 관련 내용을 수록하고 있다. 이에 따르면 자연적, 인위적 요인으로 산림생태계가 훼손되거나 우려되는 지역, 우수한 산림생태계의 보전(연속성 회복)이 필요한 지역, 산림생물다양성의 보전 및 복원이 필요한 지역, 지역, 문화적 특성상 식생회복, 경관유지가 필요한 지역 등을 산림복원지의 조사 항목으로 지정하고 있어 현장조사의 정성적인 기준은 수립된 상태이다(KFS, 2021). 하지만 인적·물적 자원이 요구되는 현장조사를 지원하기 위해 필요한 정량적인 복원평가지표 체계나 관련 연구는 미흡한 상황이어서 복원대상지의 조사나, 복원사업의 타당성 평가를 위한 기준은 부재한 실정이다.

산림 복원사업 예산의 효율적인 집행을 위해서는 산림 및 생태계 복원 평가지표를 수립하고 이에 따른 복원지 실태조사나 복원 사업이 이루어져야하기 때문에 이미 해외에서는 관련 선행연구가 다수 이루어진 바 있다. 해외에서는 Orsi et al.(2011)에 의해 문헌리뷰와 전문가 설문을 통한 500여개의 산림복원 우선순위 선정 지표 선정이 이루어졌다. 또한, 마다가스카르 지역을 대상으로 보호지역이나 산림패치로부터의 거리, 토지피복이용, 토양유실율, 인간거주지로부터의 거리, 도로로부터의 거리 지표를 활용하여 토지적합성평가를 수행하였고 가중치법을 활용하여 생태적인 인자와 사회-경제적인 인자 사이의 중요도를 설정하여 최종 산림 복원 우선순위를 선정하기도 하였다(Rajaonarivelo and Williams, 2022). 한편 최근에 이루어 지는 연구중에서는

산림 복원 우선순위를 파악하는데 있어 경제성 원리에 입각한 최적화 이론을 적용하여 다양한 복원 목적이 상충하지 않고 조화를 이루는 해법을 찾아내고 있다(Vogler et al., 2015). 한편 국내에서 최재용(2016)과 이상훈(2015)은 산림 복원에 적합한 평가지표를 선정하는데서 더 나아가 다수의 전문가를 대상으로 각 지표별 중요도를 설문하여 가중치를 선정하기도 하였다. 한국산지보전협회(2019)에서는 주로 DMZ 지역을 대상으로 산림 복원평가지표와 해당 지표의 가중치 그리고 복원에 소요되는 비용을 적용하여 산림 훼손지의 복원 우선순위를 계산하였다. 국내의 연구는 지표의 수립이나 가중치의 선정에 그치거나 혹은 DMZ와 같이 특정지역에 한정된 연구를 수행하는 경향을 보이나 실제 훼손지는 전국에 걸쳐 분포하고 있으며 지표의 수립에서 더 나아가 다양한 지역에서 복원우선순위를 수립하는 연구가 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 1) 훼손지 경계를 바탕으로 훼손지 현황을 파악하고, 2) 복원 평가지표의 선정 및 지표별 가중치를 선정하며, 3) 가중치를 바탕으로 훼손지 복원 우선순위를 선정하고자 한다. 본 연구의 결과는 훼손지의 특성과 영향을 미치는 다양한 인자가 고려된 계획적이고 균형있는 복원사업의 이행을 가능하게 하고, 경제적이고 생태적인 측면에서 효율적인 산림 복원을 가능하게 할 것이다. 본 연구에서 다루는 다양한 평가인자를 고려한 산림 훼손지 복원 우선순위 선정 과정과 결과는 효율적이고 과학적인 복원 계획의 수립과 이행에 기여할 것으로 판단된다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

본 연구에서는 우리나라 강원도지역의 훼손지를 연구대상으로 선정하였다(Figure 1). 강원도는 산불피해 및 인간의 훼손으로 인한 산림생태복원사업이 활발하게 진행되고 있는 지역이다. 고성·속초, 강릉·동해, 인제 지역 등은 산불 피해를 입은 이력이 있어 산림 경관 회복을 위한 사업이 이루어진 바 있고, 정선군 가리왕산의 경우 동계올림픽 경기장 조성을 위해 훼손되었던 산림의 구조와 기능을 원상태로 복원하기 위해 77만여 제곱미터를 총 사업비 420억을 투입하여 5년간 진행하며 30년 동안 모니터링 사업을 실시할 예정이다. 대규모 산림복원 사업이 계획이 포함된 지역인 만큼 훼손지의 복원 우선순위를 선정하여 효율적인 산림복원 사업의 진행이 요구되는 바, 강원도 지역을 대상지로 선정하였다.

강원도 지역에 분포한 훼손지는 총 130개소로(지번으로 구분) 경지가 84개소로 가장 많고, 계곡부가 가장 적다. 삼척에 위치한 29ha 면적의 채석지가 가장 큰 훼손지로 파악되고, 묵호에 위치한 0.11ha 면적의 경지가 가장 작은 훼손지로 파악된다. 또한 삼척에 위치한 40.5도에 이르는 계곡부가 가장 높은 경사를 지니는 훼손지로 파악된다. 또한, 구정에 위치한 도로로부터 6.2km 이격된 경지가 가장 도로로부터의 거리가 먼 훼손지로 파악되며, 내평에 위치한 경지는 도로와 접해있어 교란의 여지가 높은 훼손지로 여겨진다(Table 1).

Table 1. Status of damaged land

lassification of types(Number of locations)			
arable land	barren	valley	quarry
84	27	4	15
area(ha)			
Max		Min	
29.82		0.11	
slope(degree)			
Max		Min	
40.5		0	
distance to road(km)			
Max		Min	
6.3		0	

2. 복원 평가 지표의 선정

Orsi et al.(2011)은 다양한 문헌에서 언급된

Figure 1. Study site(Damaged area in Gangwon-do region)
(resource: Korea Forest Conservation Association, 2016)

500여개의 지표 기반 전문가 대상 설문 및 대면 회의를 통해 산림복원 우선순위의 선정 지표를 선정하였다. 그 결과 코리더 연결성(코리더가 내부 서식처와 연결된 길이, 가장 근접한 산림 패치와의 거리, 가장자리 밀도), 퇴행성(패치 면적, 이전 산림 면적, 천이 단계 및 침식 위험성, 수목 밀도), 방해요소(마을과의 거리, 인구밀도, 도로와의 거리 및 외래종, 가축이 풀을 뜯는 압력, 예상 벌채 위험성), 다양성(생태계 및 경관수준: 향 이질성, 고도 이질성, 피복 이질성), 다양성(종 수준: 위협 수종 출현, 수종 풍부성), 자연 재생 잠재성(기후, 잔존물로부터 거리, 식생 타입) 등의 분류를 최종 복원 지표 결과로 선정하였다. 이외 이상훈(2015) 및 최재용(2016)의 연구에서는 토양성질, 식생 구조, 서식처 특징, 경과 구조나 기능 등의 분류를 통해 일반적인 복원의 지표를 제시하고 가중치를 선정하는 연구를 수행하였다. 한국산지보전협회(2016)의 연구에서는 DMZ 지역을 대상으로 복원대상지를 선정하고 복원 우선대상지 지표를 선정하는 과정에서 재해성, 접근성, 경관성, 생태성 네가지 카테고리를 제시하여 지표를 선정하고 AHP기법을 통한 가중치 선정을 통해 최종 복원 대상지의 우선순위를 선정하는 연구를 수행하였다(Figure 2).

이하 다양한 선행연구를 기반으로 복원 대상 우선순위를 선정하는데 적합한 대표 지표를 선정하였으며(Table 1) 수집된 8종의 지표들에 대한 정량적인 수치를 도출하기 위해 지표의 특성을 대표하는 자료를 활용한 공간분석을 수행하였다. 재해성에 해당하는 고도 및 경사 지표에 대해서는 DEM(수치표고모델)을 활용한 분석을, 유발성에 해당하는 도로 지표에 대해서는 전국 도로 데이터

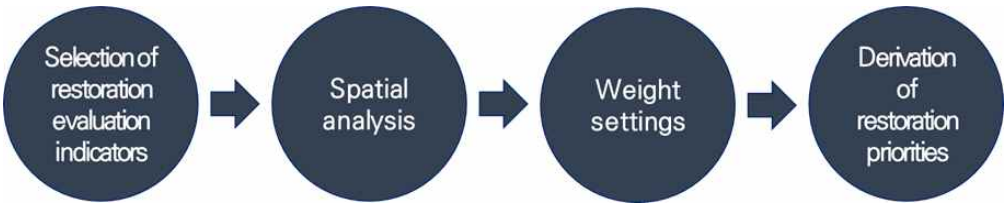


Figure 2. Study flow

Table 2. Derivation of weights through survey

Main Category	weight*	Evaluation factors by function	weight**
disaster	0.310	Altitude	0.342
		slope	0.658
Inducible	0.149	road	0.435
		water system	0.565
landscape	0.205	connectivity	0.605
		landscape patch	0.395
ecology	0.336	flora and fauna habitat	0.523
		Baekdudaegan/DMZ/island	0.477

* CI=0.140
** CI=0.000

를 활용하여 각 지점의 도로로부터의 거리를 계산하였고, 수계 지표에 대해서는 전국 수계 데이터를 활용하여 각 지점의 수계로부터의 거리를 계산하였다. 경관성에 해당하는 연결성 및 경관패치에 대해서는 경관분석도구인 FRAGSTATS3.0 및 중분류 토지피복도(환경부, 2014)를 활용하여 각각 경관의 연결성과 경관 내부에 존재하는 패치의 수를 세어주는 분석을 수행하였고, 생태성에 해당하는 동식물 서식지에 대해서는 생태자연도 1, 2등급에 해당하는 해당 지역의 면적을 계산하였으며, 백두대간/DMZ /도서 지표에 대해서는 해당 지역의 백두대간/DMZ/도서를 병합한 경계까지의 거리가 얼마나 되는지 측정하였다. 이하의 분석은 ArcMap 10.7을 활용하였으며, 분석결과는 수치의 상대적인 비교를 위해 최대/최소 표준화를 통해 0부터 1사이의 값으로 표준화시켜주었고 특히 경관성 지표의 경우 값이 클수록 복원 우선순위가 떨어지기 때문에 역수값을 취한 후 표준화작업을 수행하였다(Figure 2).

3. 복원 평가 지표의 가중치 설정

선정된 기능별 평가인자 및 공간자료를 바탕으로 MCA(다기준 분석, Multicriteria analysis)를 적용하여 전문가 자문을 통해 각 지표의 가중치를 선정하였다. 다기준 분석기법은 다양한 충돌하는 목적들이 존재하는 의사결정 문제를 다룰 때 매우 효과적인 방법으로 입증되어 있다(Malczewski, 1999). 이에 다양한 MCA기법 중 하나인 AHP를 활용하였다. AHP분석은 다수의 대안에 대해 다수 평가 주체에 의한 의사결정을 수행하기 위한 방법으로, 평가기준들을 계층화하고 계층에 따라 중요도를 정하여 분석하는 방법론으로 정량적·정성적인 요소가 함께 고려된 방법론이다. AHP는 다기준 의사결정문제를 계층구조로 파악하고 중요도를 쌍대비교를 통해 결정하여 의사결정과 입지분석에 널리 쓰이고 있다. 본 연구에서는 재해성, 유발성, 경관성, 생태성 네가지 지표의 중요도를 결정하기 위해 그리고 각 상위 지표에 대한 하위 지표의 중요도를 설정하여 가중치로 적용하기 위해 전문가 설문

Table 3. Evaluation indicators for selecting restoration priorities

Main Category[1)]	Evaluation factors by function (middle category)	Analysis of evaluation factors by function[2)]	Description	source
disaster	Altitude	Height of damaged area calculated using digital elevation model (DEM) (↑)	Factors affecting forest disasters such as landslides and debris flows. It is defined that the higher the altitude/larger the slope, the higher the priority for restoration of damaged land.	Orsi et al. (2011); Lee et al. (2015); Choi (2016); KFCA(2016)
	slope	Slope of damaged land (↑)		
Inducible	road	Distance between road and damaged area (↓)	Accessibility to anthropogenic and environmental factors that may affect mountain area degradation. It is defined that the closer the distance between the road/water system and the damaged area, the greater the accessibility to the risk factor, and thus the higher the priority for restoration.	
	water system	Distance between water system and damaged area (↓)		
landscape	connectivity	Internal connectivity analysis of damaged land (↓)	Analysis of habitat, landscape and/or ecological connectivity. It is defined that the smaller the connectivity, the poorer the landscape condition and the higher the priority for restoration.	
	landscape patch	Number of patches inside damaged area (↑)	Indicates the number of patches for each damaged area and the degree of fragmentation. It is defined that the more fragmented the landscape, the poorer the landscape condition and the higher the priority for restoration.	
ecology	flora and fauna habitat	The area of damaged land that includes grade 1 or 2 ecological naturalness (↑)[3)]	Indicates the degree of ecological sustainability. The larger the area of ecologically important areas/ It is defined that the closer the distance to the Baekdudaegan Mountain Range, DMZ, and islands, the higher the restoration priority.	
	Baekdudaegan/DMZ/island	Distance from the damaged area (Baekdudaegan and Baekjeong + DMZ area + island coast combined) (↓)		

을 통해 가중치를 설정하였다. 설문대상은 산림 분야에 종사하고 있는 학계, 연구소, 사업체 등을 포함한 전문가를 대상으로 하였다.

III. 결 과

1. 복원 평가 지표의 가중치 도출

복원 평가지표의 가중치 도출을 위해 학계 및 연구소에 재직하는 24명의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문결과 네 가지 항목 중 생태성을 가장 중요시여기는 것으로 파악되었다(Table 3). 생태성 중에서도 동식물 서식지가 백두대간/DMZ/도서까지의 거리가 더 높은 중요도를 가지는 것으로 파악되었다. 이는 DMZ

Table 4. Result of prioritizing forest restoration sites using AHP technique

top rank	possession	category	Baekdu Daegan	Area (ha)	region	disaster	inducible	landscape	ecology	weighted sum
1	state land	valley	Not included	0.301	Doam (045)	0.842	0.246	0.240	0.001	0.347
2		barren	Not included	1.551	Inje (081)	0.668	0.003	0.656	0.000	0.342
3		quarry	Not included	29.828	Samcheok (013)	0.370	0.101	0.088	0.526	0.325
4		arable land	Not included	1.500	Jeongseon (097)	0.583	0.075	0.579	0.017	0.316
5	state land	arable land	include	0.762	Gujeong (073)	0.416	0.118	0.000	0.477	0.307
6		arable land	Not included	1.145	Imgae(087)	0.699	0.512	0.000	0.018	0.299
7		quarry	Not included	4.301	Gujeong (039)	0.605	0.214	0.211	0.035	0.275
8		barren	Not included	1.715	Anheung (039)	0.581	0.127	0.331	0.017	0.273
9		quarry	Not included	5.000	Jeongseon (059)	0.646	0.161	0.176	0.034	0.272
10		arable land	Not included	1.094	Critical (095)	0.789	0.144	0.020	0.001	0.270
11		arable land	Not included	1.179	Bongpyeong (006)	0.438	0.191	0.510	0.001	0.269
12	state land	arable land	include	1.031	Imgae (049)	0.532	0.426	0.000	0.120	0.268
13		arable land	Not included	1.330	Imgae (095)	0.737	0.244	0.015	0.001	0.268
14		arable land	Not included	2.332	Bongpyeong (015)	0.412	0.066	0.627	0.000	0.266
15	state land	valley	include	0.511	Samcheok (012)	0.408	0.024	0.278	0.225	0.263
16	state land	quarry	Not included	1.763	Jangseong (052)	0.797	0.049	0.000	0.018	0.260
17		arable land	Not included	0.584	Hyeon-ri (061)	0.471	0.075	0.496	0.000	0.259
18		arable land	Not included	0.903	Bongpyeong (006)	0.598	0.119	0.264	0.001	0.257
19		arable land	Not included	1.083	Doam (025)	0.427	0.017	0.591	0.001	0.257
20		valley	Not included	1.099	Samcheok (083)	0.734	0.081	0.019	0.037	0.256
21		barren	Not included	0.250	Doam (042)	0.744	0.166	0.000	0.001	0.256
22		arable land	Not included	1.227	Taebaek (006)	0.769	0.068	0.000	0.021	0.256
23	state land	quarry	include	14.963	Samcheok (012)	0.428	0.048	0.122	0.266	0.254
24		barren	Not included	0.698	Jeongseon (096)	0.602	0.052	0.238	0.017	0.249
25		arable land	Not included	0.387	Doam (047)	0.491	0.630	0.000	0.002	0.247
26	state land	arable land	Not included	1.289	Yemi (044)	0.520	0.044	0.320	0.034	0.245

Table 4. continue

top rank / lower rank	possession	category	Baekdu Daegan	Area (ha)	region	disaster	inducible	landscape	ecology	weighted sum
One		arable land	Not included	0.520	Yeongwol (033)	0.192	0.044	0.000	0.000	0.066
2		arable land	Not included	0.635	Chuncheon (100)	0.188	0.124	0.000	0.000	0.077
3		arable land	Not included	0.234	Chuncheon (099)	0.206	0.097	0.000	0.000	0.078
4	state land	arable land	Not included	0.197	Samcheok (036)	0.225	0.129	0.000	0.001	0.089
5		arable land	Not included	0.313	Chuncheon (027)	0.160	0.024	0.203	0.000	0.095
6		arable land	Not included	0.305	Anheung (092)	0.249	0.141	0.000	0.000	0.098
7		barren	Not included	1.122	Wonju (094)	0.290	0.072	0.000	0.034	0.112
8		arable land	Not included	0.246	Naepyung (095)	0.347	0.038	0.000	0.000	0.113
9		arable land	Not included	0.850	Wonju (013)	0.314	0.074	0.024	0.017	0.119
10	state land	arable land	Not included	4.300	Gujeong (076)	0.357	0.041	0.009	0.006	0.121
11		arable land	Not included	0.602	Wonju (047)	0.376	0.042	0.000	0.000	0.123
12		arable land	Not included	0.827	Gujeong (062)	0.369	0.057	0.000	0.004	0.124
13		arable land	Not included	1.321	Gujeong (072)	0.354	0.040	0.000	0.037	0.128
14		barren	Not included	0.855	Hongcheon (016)	0.324	0.114	0.026	0.017	0.128
15		statearable land	Not included	1.242	Hyeon-ri (001)	0.401	0.007	0.017	0.001	0.129
16		barren	Not included	0.567	Gujeong (062)	0.341	0.126	0.000	0.021	0.131
17		quarry	Not included	1.626	Wonju (059)	0.313	0.131	0.024	0.034	0.133
18		quarry	Not included	0.897	Wonju (056)	0.246	0.074	0.233	0.000	0.135
19		barren	Not included	0.560	Yeongwol (005)	0.425	0.030	0.000	0.000	0.136
20		arable land	Not included	0.540	Doam (044)	0.367	0.160	0.000	0.001	0.138
21		arable land	Not included	6.513	Bongpyeong (057)	0.419	0.054	0.000	0.000	0.138
22	state land	arable land	Not included	1.606	Bongpyeong (057)	0.415	0.065	0.000	0.000	0.138
23		barren	Not included	0.904	Hongcheon (024)	0.174	0.536	0.023	0.000	0.139
24		statarable lande	Not included	0.367	Jeongseon (087)	0.445	0.014	0.000	0.000	0.140
25		barren	Not included	1.793	Yeongok (010)	0.269	0.073	0.217	0.005	0.140
26	state land	arable land	include	0.915	Gujeong (075)	0.379	0.026	0.000	0.057	0.140

를 대상지역으로 삼은 선행연구에서 재해성이나 생태성의 중요도가 각각 0.15나 0.13인 반면, 경관성의 중요도는 0.5로 도출된 연구와는 다른 결과였는데(한국산지보전협회, 2019), DMZ 지역의 특성상 남방한계선과의 거리가 중요한 인자로 인지되어 경관성 지표에 영향을 주기 때문이며, 본 연구의 대상지는 강원도라는 점에서 대상하는 지역이 다르기 때문인 것으로 여겨졌다. 다음으로 우선순위가 높은 항목은 재해성이었다. 재해성 중에서도 고도보다는 경사를 더 높은 우선순위로 두고 있었으며, 산사태나 각종 재해의 발생 가능성이 높은 경사가 가파른 지역의 복원을 더 우선시하는 것을 알 수 있었고, 선행연구에서 재해성의 평가지표로 선정된 해발고의 중요도는 0.17인 반면 경사는 0.83으로 도출된 연구결과와일맥상통하였다(한국산지보전협회, 2019). 다음으로 우선순위가 높은 항목은 경관성이었다. 경관성 중에서도 경관 패치보다는 연결성을 더 높은 우선순위로 두고 있었으나 경관성 자체의 가중치가 낮아 그 영향이 미미할 것으로 파악되었다. 마지막으로 도로나 수계로부터의 거리에 따라 좌우되는 유발성이 가장 낮은 중요도를 가지는 것으로 파악되었다. 도로의 가중치가 수계보다 높아 인위적인 훼손이 자연환경에서 유발되는 훼손 가능성보다 더 높게 평가되어 인간의 압력이 높은 곳 위주로 복원을 선호한다는 것을 알 수 있었다. 하지만 유발성 자체의 가중치가 낮아 전체 결과에 미치는 영향은 높지 않을 것으로 예상되었다. 상기 결과를 바탕으로 생태적으로 중요한 지역이나, 각종 재해의 발생 가능성이 높은 지역을 복원 시 우선적으로 고려해야한다는 응답자의 경향을 파악할 수 있었고, 생태계가 인간에게 제공하는 다양한 혜택인 생태계서비스 측면에서 지지서비스에 해당하는 서식처 질이나 조절서비스에 해당하는 재해방지 서비스가 중시되는 산림복원의 방향성도 함께 파악할 수 있었다.

2. AHP기법을 활용한 산림복원대상지 우선순위 도출

훼손된 130개소의 복원 우선순위 분석결과 훼손지 총 면적 220.17ha 중 복원 우선지 상위 20%에서(26개소) 총 면적의 1/3에 해당하는 77.8ha를 차지하고 있었으며, 하위 20%는(26개소) 28.9ha에 그쳐 높은 복원 우선이 되는 대상의 면적이 낮은 우선순위를 가지는 지역들에 비해 비중이 큰 것으로 나타났다(Table4). 참고로 DEM 자료 구득의 한계로 총 130개 지역 중 4개 지역의 경우 경사와 고도 계산이 불가하여 순위에 포함시키지는 못하였다. 본 분석 결과는 도시화된 유역을 대상으로 복원 우선지를 선정한 지역의 연구에서 가장 높은 우선순위 5.22%, 높은 우선순위 5.76%, 중간우선순위 5.42%, 낮은 우선순위 78.53%를 나타는 결과와 상이하며(Valente et al., 2017), 복원을 필요로 하는 지역에 대규모 채석지가 포함되는 등 대규모 필지로 이루어졌기 때문인 것으로 판단되었다. 또한, 가중치 수치로 보았을 때 생태성과 재해성의 가중치 값은 비슷하나 막상 우선순위 지역의 특성을 보면 재해성이 높은 지역이 주로 상위 복원우선지역으로 선정되었음을 알 수 있다. 이는 마다가스카르 대상으로 토지적합성 분석과 가중치법 기반으로 산림 복원 우선순위를 선정한 연구에서 가중치는 생태성이 우선이나 도출된 결과로 최우선 지역이 도로로부터 거리지표의 영향을 크게 받고, 보호지역 관련 지역은 차우선 지역에 배치된 것과 유사한 경향을 보인다(Rajaonarivelo and Williams, 2022).

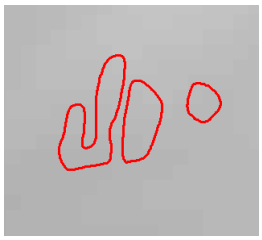
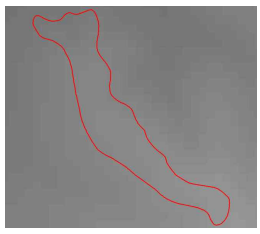
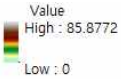
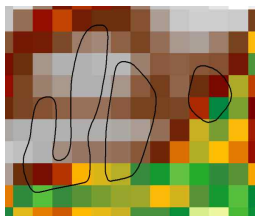
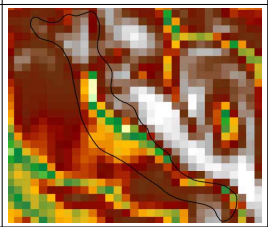
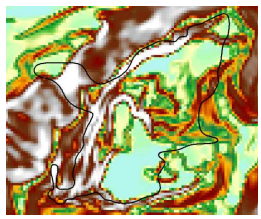
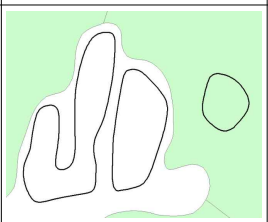
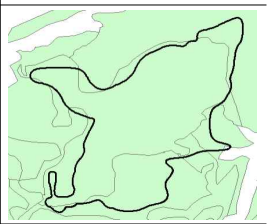
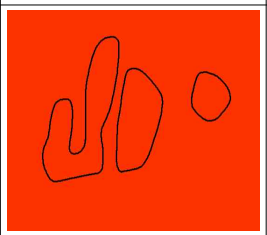
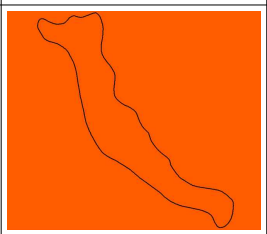
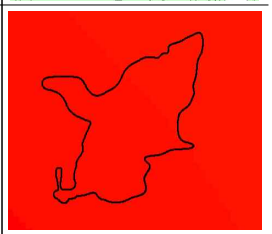
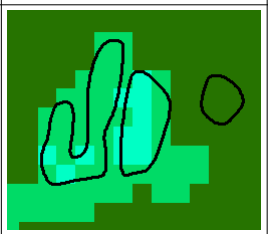
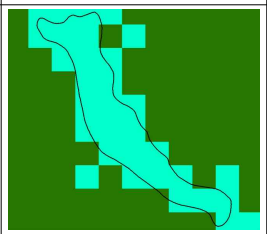
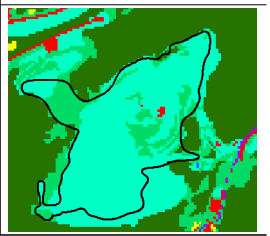
첫 번째로 도암에 위치한 소규모 계곡부가 복

1) * 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제4조 및 같은 법 시행령 제2조제2항제1의3호에 따라 산림복원의 대상이 되는 지역을 기능에 따라 분류하여 제시

2) ** 괄호안의 화살표는 설문 응답 시 우선순위를 판단하기 위한 기준이 됨.
↑: 값이 클수록 우선순위가 높다고 표기/↓: 값이 작을수록 우선순위가 높다고 표기

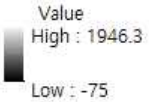
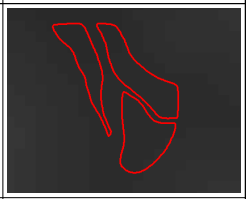
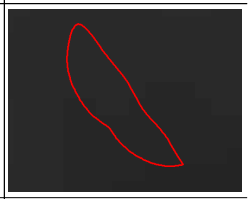
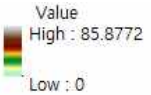
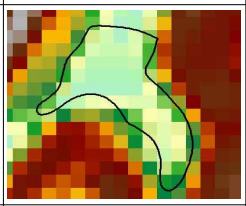
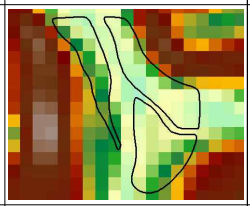
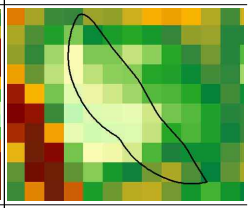
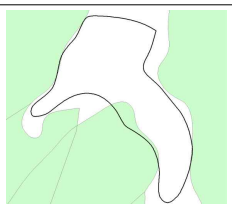
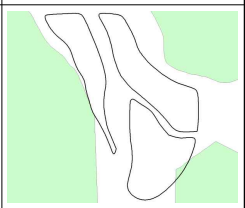
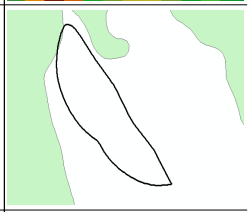
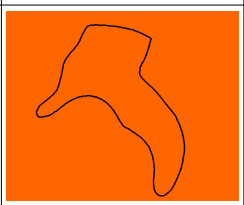
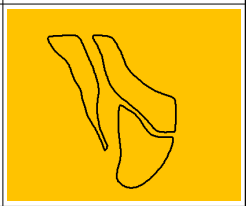
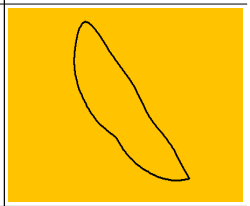
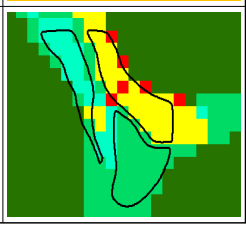
3) *** 생태자연도1등급: 멸종위기 동·식물의 주된 서식지, 자연환경의 보전 및 복원에 활용
생태자연도2등급: 장차 보전의 가치가 있는 지역, 자연환경의 보전 및 개발·이용에 따른 훼손의 최소화

Table 6. Status of damaged forests in Gangwon-do (Status of damaged areas for indicators selected with high weight as a result of AHP)

	Legend	top 1 region	top 2 region	top 3 region
altitude				
slope				
habitat				
Baekdudaegan				
landcover				

원이 시급한 지역으로 도출되었다. 이 지역은 국유지에 속하며 계곡부인 것으로 보아 경사가 급격하여 재해성 점수가 높아 최우선 복원 대상지로 선정된 것으로 여겨진다. 두 번째로 인제에 위치한 소규모 나대지가 복원이 시급한 지역으로 도출되었다. 이 훼손지는 재해성과 경관성 점수가 가장 높았는데, 특히 연결성 평가 점수가 최고점으로 경관생태학 측면에서 경관의 연결성에 중요한 역할을 하는 필지로서 복원의 시급성이 높을것으로 판단되었다. 세 번째로 삼척에 위치한 대규모 채석지가 복원이 시급한 지역으로 도출되었다. 이 지역은 면적이 29ha로 대규모

Table 7. Status of damaged forests in Gangwon-do (Status of damaged areas for indicators selected with low weight as a result of AHP)

	Legend	lower rank 1 region	lower rank 2 region	lower rank 3 region
altitude				
slope				
habitat				
Baekdudaegan				
landcover				

에 해당했으며 생태성의 점수가 매우 높은 1점으로 도출된 지역이었다. 본 지역은 생태자연도 1, 2등급지역을 최다로 포함(31만 제곱미터)하는 지역으로 백두대간을 미포함하고 백두대간/DMZ/도서까지의 거리는 약 2.4km로 밀접한 곳은 아니었다. 멸종위기 동식물이 출현하는 지역이거나 보전의 가치가 높은 지역임에도 불구하고 채석지로 활용되고 있는 것으로 보아 복원이 시급하다는 것을 알 수 있었다. 다음으로 강원도 지역에서 복원우선순위가 가장 떨어지는 지역은 영월에 위치한 소규모 경지였으며, 다음으로 춘천에 위치한 소규모 경지가, 삼척에 위치하고 국유지로 지정된 경지가 뒤를 이었다(Table5, Table6, Table7).

IV. 고 찰

본 연구는 강원도 지역의 산림 훼손지 복원 우

선순위를 선정하기 위해 수행되었다. 훼손지 현황을 파악하고, 문헌검토를 통해 복원 평가 지표를 선정한 후 전문가 설문을 통해 가중치 설정하였다. 또한 복원 평가지표를 대표할 수 있는 자료를 구득하여 공간화 한 후, 가중치를 취하여 복원 대상지의 우선순위를 도출하였다. 연구 결과, 재해성과 생태성이 복원 우선 대상지를 선정하는데 중요한 기준이 되며, 분석 결과 도암, 인제, 삼척, 정선에 포함되는 훼손지순으로 복원이 시급한 것으로 확인되었다. 본 연구의 결과는 전문가 설문을 기반으로 선정된 복원 우선순위 평가 기준을 바탕으로 강원도 지역의 훼손지 복원 우선순위를 선정했다는 점에서 의의를 지닌다. 하지만 본 연구의 한계점으로 복원 이후 상황을 가정하고 복원사업 수행 이후 파급효과를 기준으로 복원의 효용성을 판단했다기보다, 현재 상태를 기준으로 복원 우선순위를 판단하여 복원 이후 상황을 고려하지 못했다. 향후 연구는 현 훼손지 상태 및 복원 이후에 생물다양성, 생태적 연결성 측면에서 향상된 산림의 기능수행이 가능할 것을 염두하고, 추가적으로 복원에 소요되는 예산 등을 분석의 요소로 추가하여 경제성 평가를 포함한 산림 복원 우선순위 선정이 이루어져야 할 것이다. 이와 더불어 본 연구에서는 단순 가중치 합의 내림차순으로 복원 우선순위를 선정했지만, 복원의 다양한 목적이 상충되지 않고 최적의 조화를 이룰 수 있는 조합을 찾아 우선순위를 선정하는 절차가 요구되는 바이다. 이를 위해서는 다목적 최적화기법 등을 적용하여 보다 정량적인 계산절차를 거쳐 우선순위가 선정되어야 할 것이다. 또한, 본 연구에서 대상지로 다룬 훼손지들의 경우 대부분이 산림청에서 지정한 우선복원대상지와 일치하지 않는데[4], 이는 본 연구에서 다룬 지역은 민북지역을 포함하지 않으나 복원이 선행되어 모니터링 대상지로 선정된 지역의 경우 주로 민북지역에 위치해있기 때문이다. 산림복원사업은 생태복원, 백두대간복원, 대규모산림복원, 습원지역 복원 등으로 구분되는데, 강원도 지역의 경우 민북지역에 우선적으로 복원사업의 예산 및 계획이 배치되기 때문에 민북을 제외한 강원도 지역의 산림복원은 후순위로 밀리는 것으로 판단된다. 산림복원 타당성 조사단계보다 선행되는 실태조사가 잘 이루어지지 않는 이유는 예산의 부재(부족)때문인 것으로 판단된다. 하지만, 강원도 지역의 대규모 산불으로 발생한 훼손지를 복원하여 강원도 인근 주민의 삶의 질을 향상시킬 필요성이 크고, 휴양 및 관광기능, 여러 공익적 가치를 생산하기 위해서는 민북지역 뿐만이 아니라 강원도 전역에 분포되어 있는 훼손지에 관심을 가지고 복원사업이 이루어져야 할 것이다. 이에 본 연구의 결과는 산림복원의 타당성을 조사하는 단계에서 그 우선순위를 적용하는데 유용하게 활용될 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 자료구득의 한계로 다소 과거 시점의 자료들을 바탕으로 훼손지의 복원 우선순위를 도출하였다는 점이 한계점으로 지적될 수 있겠으나, 과거 자료를 기반으로 추론한 복원 우선 지역이 시간이 경과했을 때 복원이 이루어졌는지 확인함으로서 우선순위 도출기법의 효용성을 검증할 수 있었다는 점이 결과적으로 연구의 신뢰성을 향상시켜주었다. 향후 본 연구에서 적용한 방법론을 기반으로 최신의 자료를 통해 복원대상지 경계를 추출하여 훼손지 우선순위를 도출한다면 현장 적용이 가능한 결과로서 활용이 가능할 것으로 여겨진다.

4) 본 과제에서 대상지로 다룬 산림 훼손지들을 한국산지보전협회, 한국수목원정원관리원, 국립백두대간수목원 등 산림복원 모니터링을 담당하는 모든 기관의 자료를 수집하여 비교한 결과 일치하는 지역은 거의 없었음.

Reference

NIFoS. 2023. Forest public function evaluation results as of 2020

Lee SH·Lee SH·Lee SA and Choi JY. 2015. Development of Evaluation Indices for Ecological Restoration of Degraded Environments Near DMZ in the Republic of Korea. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology, 18(1), 135-151. (in Korean)

Choi JY· Lee SH·Lee SA·Ji SY and Lee SH. 2016. Evaluation Method Development for Ecological Restorations by Damaged Types. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology, 19(1), 121-133. (in Korean)

KFCA. 2016. Survey of the target site to establish a forest restoration system. KFS

KFCA. 2019. Survey of deforestation areas and restoration technology research by type Ⅰ

MOE. 2014. LandCoverMap

KFS. 2020. Forest basic statistics 2020

Malczewski, J. 1999. Visualization in multicriteria spatial decision support systems. Geomatica, 53(2): 139-147.

Orsi F.· Geneletti D. & Newton A. C. 2011. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. Ecological indicators, 11(2): 337-347.

Rajaonarivelo F. & Williams R. A. 2022. Remote Sensing-Based Land Suitability Analysis for Forest Restoration in Madagascar. Forests, 13(10): 1727.

Valente R. A.· Petean F. C. D. S. & Vettorazzi C. A. 2017. Multicriteria decision analysis for prioritizing areas for forest restoration. Cerne, 23: 53-60.

Vogler K. C.· Ager A. A.· Day M. A.· Jennings M. & Bailey J. D. 2015. Prioritization of forest restoration projects: tradeoffs between wildfire protection, ecological restoration and economic objectives. Forests, 6(12): 4403-4420.