

## 산림기능평가를 위한 공간분석모델링

김형호\*정주상\*\*전준현\*\*박영규\*\*\*김종호\*\*

\*서울대학교 산림자원학과

\*\*임업연구원 산림경영과

### 1. 서론

지속가능한 산림경영기반 구축을 계획목표로 하고 있는 제4차 산림기본계획(1999-2007년)은 산지의 합리적 관리를 위하여 모든 임지는 산림의 다양한 기능이 조화롭게 발휘될 수 있도록 한다는 방향을 설정하고 있다.

우리 나라는 이미 1980년대 말부터 도면분석 및 GIS를 이용하여 산림기능을 구분하거나, 잠재력을 평가하기 위한 연구가 시도되었으나, 기존연구들은 분석도구의 미비, 활용 가능한 자료의 부족, 그리고 평가체계의 한계(이 등, 1989; 이, 1995; 정 등, 1996, 정 등, 1999) 등으로 인하여 매우 제한된 범위에서 이루어진 것으로 판단된다.

한편 최근 급속한 전산기술의 발전에 따라 방대한 지리정보를 다룰 수 있는 도구들이 지속적으로 개발됨으로써 개인용 수준의 컴퓨터를 활용하여 다양한 산림 정보자료의 분석과 복합적인 산림공간분석이 가능해졌다. 또한 1990년대 중반부터 시작된 NGIS 사업 및 FGIS 사업을 통해 지형도를 비롯한 임지도, 임상도, 산림이용기본도, 임소반도, 임도망도 등의 산림관련 정보들이 수치화 되어 실무에 이용되는 단계에 도달함으로써 산림의 기능을 평가할 수 있는 기반이 마련되었다.

따라서 본 연구는 기존 산림기능에 관한 연구의 마지막 문제로 지적되었던 평가체계를 개발하고, 연구대상지를 선정하여 각 기능별 공간분석을 통한 산림기능평가를 수행함으로써 평가체계의 적용성을 검토하고, 최종적으로 산림기능도를 제시하는데 그 목적이 있다.

### 2. 산림기능유형 구분 및 평가기준 설정을 위한 전문가 설문조사

산림기능평가를 위한 기준을 설정하기 위하여 각 기능별 산림분야전문가를 대상으로 1차와 2차로 나누어 우편설문조사를 실시하였다. 제1차 설문조사의 목적은 기능의 정의, 산림기능유형구분, 산림기능별 평가인자 선정 등을 결정하는데 있고, 제2차 설문조사는 산림기능별 평가인자의 조정 및 가중치 결정과 산림기능별 평가인자의 카테고리를 결정하고자 하였다.

#### 2.1 산림기능유형 구분 및 기능별 정의

설문분석결과, 산림의 기능유형은 크게 6가지로 구분되었으며, 각각의 기능에 대한 정의는 <표 1>과 같다.

표 1. 산림기능유형 구분 및 정의

기능분류	정의
목재생산기능	목재자원을 조성함으로써 국민경제활동에 필요한 목재를 안정적으로 공급하는 기능
수자원함양기능	임지에 내린 강수를 지하로 투수시키고 서서히 유출케 함으로써 맑고 깨끗한 생활용수를 풍부하고 지속적으로 공급하는 기능
산지재해방지기능	자연현상 등에 의한 토사붕괴, 토사유출 등 산지재해 발생과 기타 표면침식 등 산지황폐화를 방지하고, 토지를 보전하는 기능
산림휴양기능	쾌적한 환경과 휴식처를 제공하여 인간의 정신·육체적 건강의 유지 증진에 기여하는 기능으로 방문자 중심의 성격을 가짐
생활환경보전기능	도시 또는 그 주변의 풍치 유지에 관한 기능으로 거주자 중심의 성격을 가짐
자연환경보전기능	학술·문화·역사적으로 보호할 가치가 있는 자연을 보전하는 기능

## 2. 2 산림기능별 평가인자의 선정

1·2차 설문조사결과 산림기능별 평가인자는 GIS자료의 이용가능성을 고려하여 <표 2>와 같이 선정하였다. 즉, 목재생산 평가인자는 13개의 성장인자와 3개의 경영인자로 선정하였으며, 수자원함양 및 산지재해방지기능의 평가인자는 식생과 입지·기상인자로 분류하여 선정하였다. 그리고 산림휴양 및 생활환경보전기능의 평가인자는 주거지와 거리의 같은 접근성인자를 추가하여 선정하였다. 마지막으로 자연환경보전기능의 인자는 자연공원, 조수보호구역, 천연보호림 등으로 선정하였다.

## 산림기능평가를 위한 공간분석모델링

표 2. 산림기능별 평가인자

기능분류	평가인자
목재생산기능	-생장인자: 지위지수(지형, 토심, 건습도, 토성, 기후대, 경사, 표고, 퇴적양식, 유기물함양, 방위, 견밀도, 경사형태, 모암) -경영인자: 경사, 도로접근성, 시장까지의 거리
수자원함양기능	-식생: 임상, 임령, 소밀도 -입지 및 기상: 토심, 강수량, 경사, 토성, 견밀도, 토양형, 경사형태, 모암, 표고
산지재해방지기능	-식생: 임상, 경급, 임령 -입지 및 기상: 강수량, 경사, 경사형태, 토심, 경사위치, 토성, 모암, 토양형, 표고
산림휴양기능	-식생: 임령, 임상, 소밀도, 임종 -입지: 수계(계곡), 경사, 표고 -접근성: 도로접근성, 배후시장 및 규모
생활환경보전기능	-식생: 임종, 임령, 임상, 소밀도 -입지: 경사, 표고 -접근성: 주거지와와의 거리
자연환경보전기능	-천연보호림, 조수보호구역, 자연생태계보전지역, 보존녹지지역, 수목원, 자연공원(국,도,군립공원), 보안림 등

### 3. 산림기능별 공간분석모델링

#### 3. 1 기능별 평가인자의 구축

각 기능별 평가인자는 <표 3>과 같이 지형도, 입지도, 임상도, 임도망도, 산림이용기본도 등으로부터 구축하였다. <표 3>에서 대부분의 평가인자는 해당 수치지도로부터 획득이 가능하지만, 목재생산기능의 '시장까지의 거리' 인자는 시장을 제재소로 보고, 제재소의 위치도를 구축한 다음 접근성을 분석하였다. 수자원함양과 산지재해방지기능의 강수량은 최근 10년간 통계자료를 이용하였다. 또한 산림휴양기능의 도로접근성은 고속도로를 기준으로 접근성을 분석하였고, '배후시장 및 규모'는 전국 인구분포도를 이용하여 반경 60km 내의 인구수를 추정하였다. 마지막으로 '경사형태' 인자는 경사형태분석용 모듈을 작성하여 분석하였다.

표 3. 기능별 평가인자와 해당수치지도

구분	목재 생산	수자원 함양	산지재 해방지	산림 휴양	생활환경 보전	자연환 경보전	비고
지형	◎		◎				
경사	□	□	□	□	□		
표고	□	□	□	□	□		
방위	□						
경사형태	■	■	■				
토심	◎	◎	◎				
건습도	◎						
토성	◎	◎	◎				
기후대	◎						
퇴적양식	◎						
토양형		◎	◎				
기후대	◎						
건밀도	◎	◎					
모암	◎	◎	◎				
도로접근성	■			-			구축
시장까지의 거리	-						구축
강수량		-	-				통계자료
임상		☆	☆	☆	☆		
임령		☆	☆	☆	☆		
소밀도		☆		☆	☆		
경급			☆				
임종				☆	☆		
수계				■			
배후시장 및 규모				-			구축
주거지와의 거리					■		
천연보호림						◇	
조수보호구역						◇	
자연생태계보전 지역						◇	
보존녹지지역						◇	
수목원						◇	
자연공원						◇	

□:지형도, ◎: 입지도, ☆: 임상도, ◇: 산림이용기본도, ■:지형도 2차가공

### 3. 2 기능별 평가인자의 카테고리 분류와 가중치

평가인자별 카테고리 구분은 설문조사결과와 공간분석을 통하여 <표 4, 5>와 같이 분류하였다. 즉, 각 기능별 평가인자를 정량적 인자와 정성적 인자로 구분하여 정량적인자의 평가는 Fuzzy set 함수를 적용하여 공간의 점진성에 따른 특성을 고려하였다. 또한 평가인자별 가중치는 설문조사 결과에 AHP기법(Saaty, 1980)을 이용하여 계산하였다.

표 4. 정량적 평가인자의 카테고리 구분에 따른 점수부여 및 가중치

산림기능	평가인자	카테고리 점수				가중치
		0	Sine <sup>a</sup>	Cosine <sup>b</sup>	1	
목재생산	지위지수	저	중		고	0.543
	도로접근성 (100m)	> 10		1 ~ 10	< 1	0.408
	경사(°)	> 30		10 ~ 30	< 10	0.297
	시장까지의 거리(km)	> 100		10 ~ 100	< 10	0.294
산지재해 방지	강수량 (100mm)	>14	-	9 ~ 14	< 9	0.157
	경사(°)	>30	-	10 ~ 30	< 10	0.140
	토심(cm)	>90	-	30 ~ 90	< 30	0.108
	표고(100m)	>10	5 ~ 6	2 ~ 5 6 ~ 10	< 2	0.070
수자원 함양	토심(cm)	< 30	30 ~ 90	-	> 90	0.140
	강수량 (100mm)	< 9	9 ~ 14	-	> 14	0.137
	경사(°)	> 30	-	10 ~ 30	< 10	0.126
	표고(100m)	> 10	-	2 ~ 4	< 2	0.068
산림휴양	수계 (계곡, m)	>1000	-	100 ~ 1000	<100	0.401
	경사(°)	> 30	-	10 ~ 30	< 10	0.317
	표고(100m)	< 2	2 ~ 4	-	> 10	0.282
	도로접근성 (km)	> 30	-	5 ~ 30	< 5	0.547
	배후시장 및 규모(만명)	< 100	100 ~ 500	-	> 500	0.453
생활환경 보전	경사(°)	> 30	-	10 ~ 30	< 10	0.585
	표고(100m)	< 2	2 ~ 4	-	> 10	0.415
	주거지와의 거리(m)	>1000	-	100 ~ 1000	< 100	1.000

a:  $\mu = \sin^2\left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times \frac{\pi}{2}\right)$ , b:  $\mu = \cos^2\left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times \frac{\pi}{2}\right)$

산림기능평가를 위한 공간분석모델링

표 5. 정성적 평가인자의 카테고리 구분에 따른 점수부여 및 가중치

산림기능	평가인자	카테고리 점수					가중치
		0	0.25	0.5	0.75	1	
산지재해방지	임령(영급)	I	II	III	IV	≥ V	0.268
	임상	무입목지	-	침엽수림	-	활엽수림 혼효림	0.436
	경급	무입목지	치수	소경목	중경목	대경목	0.296
	경사형태	복합사면	하강사면	평행사면	-	상승사면	0.123
	모암	화성암	-	변성암	-	퇴적암	0.101
	경사위치	산정	-	산복	-	산록	0.108
	토성	LS	SCL, SL	L	CL, SiL	SiC, SiCL	0.106
	토양형	Va, Er, Im, Li	-	B	-	R-Y, DR, GrB	0.088
수자원함양	임상	무입목지	침엽수림	-	활엽수림	혼효림	0.427
	임령(영급)	I	II	III	IV	≥ V	0.302
	소밀도	-	치수	소	중	밀	0.272
	경사형태	상승사면	-	평행사면	복합사면	하강사면	0.105
	견밀도	강견	견	연	송	송	0.108
	모암	화성암	-	변성암	-	퇴적암	0.092
	토성	SL, LS	SCL	SiL, L	CL	SiC, SiCL	0.118
	토양형	Va, Er, Im, Li	-	B	-	R-Y, DR, GrB	0.106
산림휴양	임령(영급)	I	II	III	IV	≥ V	0.292
	임상	무입목지	침엽수림	-	활엽수림	혼효림	0.273
	소밀도	-	치수	소	중	밀	0.231
	입종	무입목지	-	인공림	-	천연림	0.204
생활환경	입종	무입목지	-	인공림	-	천연림	0.286
	임령(영급)	I	II	III	IV	≥ V	0.271
	임상	무입목지	침엽수림	-	활엽수림	혼효림	0.266
	소밀도	-	치수	소	중	밀	0.177

3. 3 개발된 산림기능평가체계의 적용

1) 연구대상지

대상지 선정은 다양한 기능구분 가능성과 각종 수치도면 작성 여부를 고려하여, 중산간지역 (장우환, 1997)이면서 온대남부지역인 전라북도 운봉지역으로 선정하였다(도엽번호: 357111). 이 지역은 약 9,233ha가 산림면적이며, 지리산 국립공원이 일부 포함되어 있고, 바래봉 (1,165m)을 중심으로 5월에 철쭉제가 열려 많은 휴양객이 찾는 곳이다.

## 2) GIS 응용 접근체계

산림기능도 작성을 위한 공간분석은 Cell 단위(10×10m)의 Grid 분석을 통해 평가하였다. 산림의 기능을 분석하기 위하여 첫 번째로 각 기능별 평가에 요구되는 인자들을 분석하여 주제도를 작성하였으며, 두 번째로 평가기준에 따른 가중치를 부여하였다. 최종적으로 지도대수 분석을 통하여 산림기능도를 작성하였다.

각 기능에 대한 평가결과는 [0-1000] 사이의 값으로 나타나며, 상(h), 중(m), 하(l)의 3단계로 등간격 구분하여 최종 산림기능도면을 작성하였다(그림 1).

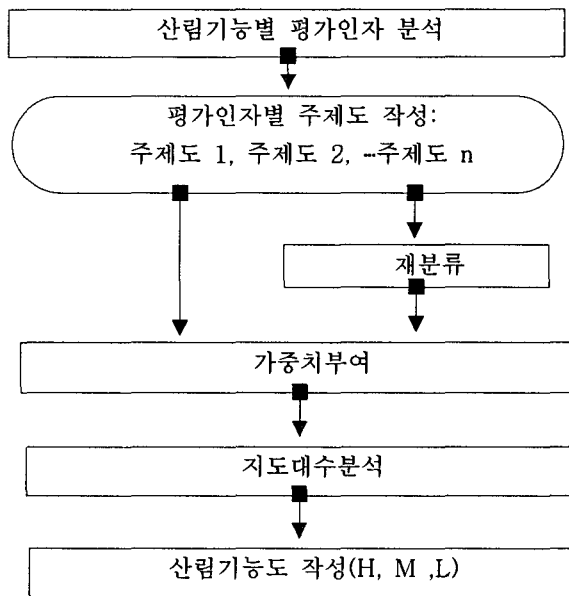


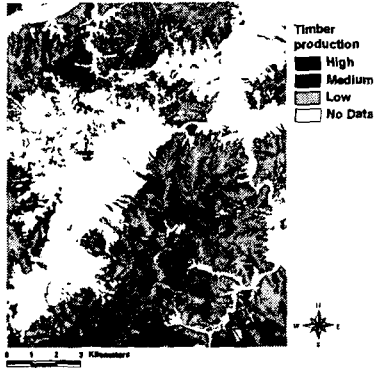
그림 1. 산림기능평가 공간분석 절차

## 3. 4 산림기능도

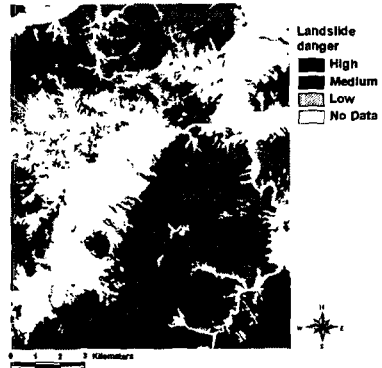
각 기능별로 분석된 산림기능도는 <그림 2>와 같다. 기능별 특성을 살펴보면, 목재생산기능, 수자원함양, 산림휴양, 생활환경보전 기능이 대체로 높게 나타났으며, 산지재해방지기능은 도엽에 걸쳐 낮게 분포하여 잠재적 산지재해의 위험이 높은 것으로 나타났다(표 6). 또한 자연환경보전기능의 경우에는 문화재보호구역, 보안림, 자연공원, 조수보호구역 등이 분포하고 있다.



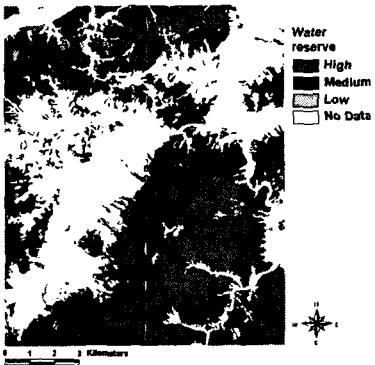
산림기능평가를 위한 공간분석모델링



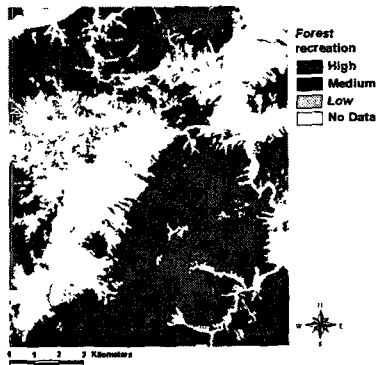
(a) 목재생산기능



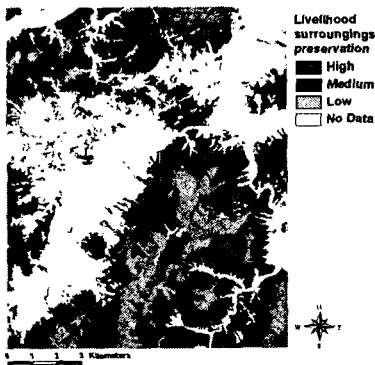
(b) 산지재해방지기능



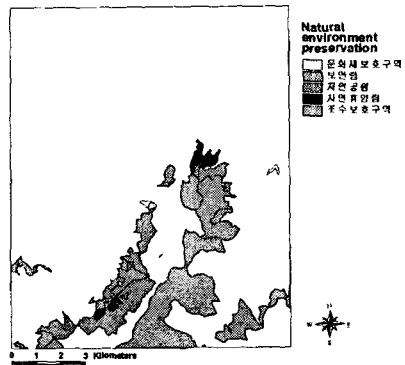
(c) 수자원함양기능



(d) 산림휴양기능



(e) 생활환경보전기능



(f) 자연환경보전기능

그림 2. 산림기능도(운봉)

표 6 산림기능구분별 면적

산림기능	면적(ha)		
	고	중	저
목재생산	4,109.2	2,715.0	2,409.1
산지재해방지	2.0	7,362.3	1,869.0
수자원함양	1,771.6	7,409.1	52.6
산림휴양	5,731.3	3,502.0	0.0
생활환경보전	1,545.8	6,700.8	986.7

#### 4. 결론

본 연구에서는 전문가 설문조사를 통하여 산림기능을 목재생산, 산지재해방지, 수자원함양, 산림휴양, 생활환경보전, 그리고 자연환경보전 기능의 6가지로 구분하였으며, 각 기능별로 GIS에서 응용가능한 평가체계를 개발하였다.

각 기능별 평가인자의 선정에 있어서 목재생산기능은 13개의 성장인자와 3개의 경영인자로, 수자원함양 및 산지재해방지기능은 식생과 입지·기상인자로 분류하여 선정하였다. 그리고 산림휴양 및 생활환경보전기능은 식생, 입지·기상인자외에 '주거지와의 거리' 등의 접근성인자를 추가하여 선정하였다. 마지막으로 자연환경보전기능의 인자는 자연공원, 조수보호구역, 천연보호림 등으로 선정하였다.

개발된 평가체계의 적용성을 검토하기 위하여 운봉지역을 대상으로 산림기능도를 작성하였다. 적용성 검토결과 목재생산기능, 수자원함양, 산림휴양, 생활환경보전 기능이 대체로 높게 나타났으며, 산지재해방지기능은 낮게 분포하여 잠재적 산지재해의 위험이 높은 것으로 나타났다.

산지의 합리적 관리와 조화로운 산림의 기능구현을 위하여 개발된 본 연구의 산림기능 평가체계가 실무적으로 응용되기 위해서는 지속적인 적용성 검토로 수정·보완작업이 이루어져야 할 것이다.

#### 참고문헌

- 이경학. 1995. 산림기능 잠재력 평가 및 분류 시스템, 산림과학논문집 52: 124-137.  
 이진규 등. 1989. 산림의 기능분류 및 평가방법연구. 임업연구원 시험연구보고서(4-IV): 21-54.  
 장우환. 1997. 한국 중산간지역의 구분과 특성에 관한 실증분석. 경북대 박사학위논문  
 정영관, 손영모, 이광수, 강진택, 정수영. 1996. GIS기법을 이용한 산림의 다목적 기능개발. 산

산림기능평가를 위한 공간분석모델링

림경계연구 4(2): 15-28.

정주상, 김의경, 이현호, 신원섭. 1999. 산림기능평가에 관한 연구. 산림청. 216-271.

정주상, 김형호, 차재민, 박영규. 2002. GIS 응용에 의한 산림기능 적합도 분석을 위한 산림구획기법. 한국임학회지 91(1): 1-9.

Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierachy Process. Mcgraw-hill, New York. 21-30.