

# 퍼지이론을 도입한 학교숲 만족도 분석

이슬기\* · 장정선\*\* · 정성관\*\*\* · 유주한\*\*\*\*

\*경북대학교 대학원 조경학과 · \*\*포항 생명의 숲 · \*\*\*경북대학교 조경학과 · \*\*\*\*동국대학교 조경학과

## I. 서론

학교숲은 공원 이외의 도시숲을 확대하는 새로운 대안처로 도시에 많은 면적의 숲이 조성되는 효과를 제공해 준다(변재상 등, 2008). 특히, 학교는 도시 전체에 고르게 분포되어 있어 지역에 따른 공원 부지 매입의 어려움을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 수목을 활용하고, 학교와 지역이 공동으로 이용 관리함으로써 조성 및 관리에 대한 예산절감 효과를 기대할 수 있다(김후경과 이현택, 2005). 또한, 학교는 학생들이 하루 중 가장 많은 시간을 보내는 장소로 이러한 공간에 숲을 조성함으로써 학생들의 환경교육 및 인성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(이재영과 김아연, 2005).

최근 이러한 학교숲의 중요성에 대한 인식이 높아지면서 학교숲 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 선행연구는 설문조사 분석 시 주관적 사고와 감정 개입에 대한 고려를 하지 않고, 산술평균값을 이용하여 분석하기 때문에 그 결과로 학교숲에 대한 평가를 하기에는 미흡한 점이 있다. 이러한 문제를 보완해줄 수 있는 방법 중 하나가 퍼지이론을 도입하는 것이다.

따라서 본 연구는 이러한 문제의식에서 출발하여 학교숲이 조성되었거나 진행 중인 경상북도의 초등학교 학생들을 대상으로 학교숲에 대한 과학적이고 합리적인 만족도 평가를 위해 퍼지이론을 활용하고, 이를 토대로 학교숲 만족도 모형을 구축함으로써 학교숲 조성을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구수행과정

연구의 수행과정은 크게 3단계로 구성하였다. 먼저, 연구대상학교의 선정은 2001년부터 2007년까지 생명의숲에서 담당하고 있는 경상북도의 학교를 추출하여 이들 중 9개의 초등학교를 선정하였다. 대상학교의 학생들 중 4학년 이상의 학생들을 대상으로 2008년 6월 25일에서 7월 10일까지 16일 동안 설문조사를 실시하였다. 측정항목은 선행연구(김인호 등, 2000; 정현모, 2002; 생명의숲, 2007; 변재상 등, 2008)를 토대로 학교숲

조성에서 얻을 수 있는 효과나 기능, 느낄 수 있는 정도를 평가할 수 있는 15개 항목과 학교숲에 대한 전체 만족도를 5점 리커트 척도로 평가하였다. 설문 후 회수된 716부 중에서 응답이 불성실하거나 응답이 누락되어 있는 자료를 제외한 677부를 분석에 이용하였다.

첫째, 항목별 만족도의 순위비교단계에서는 퍼지이론을 도입한 만족도 순위와 산술평균을 이용한 단순 만족도 순위의 결과를 비교·고찰함으로써 학교숲 만족도 평가에 있어 퍼지이론의 실효성과 합리성 유무를 검토하였다. 둘째, 학교별 만족도 평가단계에서는 퍼지이론을 도입한 항목별 만족도를 바탕으로 학교숲에 대한 만족도를 학교별로 분석하였다.

마지막으로 평가모형 도출 단계에서는 학교숲에 대한 전체 만족도에 영향을 미치는 항목들 간의 종합적인 영향력을 알아보기 위해 단계적(stepwise) 회귀분석을 실시하여 모형을 구축하였다.

### 2. 방법론적 고찰

퍼지이론은 1965년 미국 버클리대학교의 교수가 도입한 이론으로 애매하고 불분명한 수량적 정보와 인간적 사고의 불확실성과 같은 여러 문제들을 수학적으로 접근하려는 이론이다(Zadeh, 1973). 퍼지이론에서 소속함수는 가능성(possibility)이라고 말할 수 있으며, X내의 하나의 퍼지집합 A가 X 내의 각 요인 x를 가질 때 소속함수  $\mu_A(x)$ 는 [0 : 1]의 간격 내의 수이다. x가 A에 속한 소속 정도를 나타내며  $\mu_A(x)$ 의 값이 1에 가까우면, x가 A에 속한 소속 정도가 높은 경우이다. 소속도 함수의 유형은 S형, J형, 선형 등이 있으며, 언어변수를 이용한 의사결정에서는 선형이 주로 이용되고 있다(박찬정, 2001). 따라서 본 연구는 5점 척도를 이용한 언어변수의 측정이기 때문에 선형의 소속함수를 이용하였다.

삼각퍼지수의 소속함수 A는  $\mu_A : x \rightarrow [0, 1]$ 이고  $a \leq x \leq b$ 이고  $b \leq x \leq c$ 일 때  $a < b < c$  즉, (a, b, c)로 표현할 수 있다. 매개변수 b는 소속함수  $\mu_A(x)$ 의 최대등급이고 a, c는 각각 평가 가능한 영역의 하한값과 상한값을 의미한다. 또한, 함수식은 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$A = \frac{(x-a)}{(b-a)} \quad (a \leq x \leq b), \quad \frac{(c-x)}{(c-b)} \quad (b \leq x \leq c) \quad (\text{식 1})$$

5점 척도를 삼각퍼지수로 변형시키면 5점은 (0.8, 1, 1), 4점은 (0.6, 0.8, 1), 3점은 (0.3, 0.5, 0.7), 2점은 (0, 0.2, 0.4), 1점은 (0, 0, 0.2)로 생성시킬 수 있으며, 퍼지집합 A로 변환하는 과정을 퍼지화(fuzzification)라고 하며, n개의 삼각퍼지수로 구성된 퍼지화 값은 식 2와 같다.

$$A = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i, \sum_{i=1}^n b_i, \sum_{i=1}^n c_i)}{n} = (a, b, c) \quad (\text{식 2})$$

각 평가항목들이 삼각퍼지수로 표현되어 있기 때문에 이들 상호간의 직접적인 비교는 불가능하므로 이들의 크기를 비교하기 위하여 비퍼지화(defuzzification) 과정이 필요하다. 따라서 가장 간단한 무게중심법을 활용하였고 산정공식은 식 3과 같다.

$$g = c - \sqrt{\frac{(c-a)(c-b)}{2}} \quad \text{또는} \quad g = a + \sqrt{\frac{(c-a)(b-a)}{2}} \quad (\text{식 3})$$

g는 무게중심값을 나타내고, a, b, c는 삼각퍼지수(a, b, c)로 표현된 값이다. 이러한 무게중심값의 산출을 통해 각 평가항목들의 삼각퍼지수 특성값을 구할 수 있다. 무게중심값은 삼각퍼지수를 표현할 수 있는 값으로써 순위 및 만족도 분석을 위해 필요하다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 퍼지이론을 도입한 항목별 만족도의 순위 결정

항목별 만족도 순위비교를 위해 5점 리커트 척도를 산술평균한 값과 퍼지이론을 도입한 무게중심값을 산정하였다. 이러한 방법으로 산출한 각 항목별 무게중심값과 산술평균값의 순위를 살펴보면, '정서 함양', '학교 특색' 두 항목의 순위가 변화되었음을 알 수 있다. 이는 '정서 함양'과 '학교 특색'의 하한값 a와 중간값 b의 크기는 동일하나 상한값 c가 0.01점 차이를 보이고 있기 때문에 발생한 결과라고 사료된다(표 1 참조). 상한값의 차이를 살펴보면 1점 척도일 때 '학교 특색'이 0.4점, 2점 척도일 때 '학교 특색'이 5.2점, 3점 척도일 때 '정서 함양'이 19.6점, 4점 척도일 때 '학교 특색'이 8점, 5점 척도일 때 '학교 특색'이 5점 더 많았다. 결국 상한값의 상승을 크게 작용시키는 것은 평균값에 가까운 3점 척도값이 '정서 함양' 항목에 더 많이 분포하고 있기 때문으로 판단된다. 이러한 퍼지이론의 특성이 인간의 사고나 감정에 의존하는 언어적 특성을 객관화 할 수 있다는 증거가 될 수 있다.

학교숲에 대한 무게중심값의 순위를 살펴보면, 15개 항목 중 '수량 많음'이 0.510점으로 평균값이 가장 높게 나타났다. 이는

표 1. 산술평균값과 무게중심값의 비교

항목	삼각퍼지수	무게중심값(순위)	산술평균값(순위)
계절감	(0.34, 0.51, 0.68)	0.510(5)	3.058(5)
다양한 꽃	(0.27, 0.43, 0.61)	0.435(12)	2.744(12)
그늘 조성	(0.40, 0.58, 0.72)	0.570(2)	3.303(2)
놀이, 운동	(0.29, 0.45, 0.62)	0.453(11)	2.802(11)
산책, 휴식	(0.30, 0.46, 0.63)	0.463(10)	2.854(10)
수업, 학습	(0.26, 0.41, 0.58)	0.415(14)	2.640(14)
자연 체험	(0.32, 0.48, 0.64)	0.480(7)	2.938(7)
자연 소중	(0.34, 0.51, 0.67)	0.508(6)	3.044(6)
먼지 제거	(0.27, 0.42, 0.60)	0.428(13)	2.708(13)
소음 감소	(0.22, 0.35, 0.53)	0.363(15)	2.440(15)
새·곤충 관찰	(0.40, 0.57, 0.71)	0.563(3)	3.261(3)
정서 함양	(0.31, 0.47, 0.64)	0.473(8)	2.877(9)
학교 특색	(0.31, 0.47, 0.63)	0.470(9)	2.879(8)
수종 다양	(0.36, 0.53, 0.69)	0.528(4)	3.139(4)
수량 많음	(0.42, 0.60, 0.75)	0.593(1)	3.384(1)

기존의 학교숲에서 신규의 학교숲이 조성됨에 따라 수목의 수량이 현저하게 증가하였기 때문으로 판단된다. 또한, '그늘 조성'과 '새·곤충 관찰' 항목이 각각 0.570점, 0.563점으로 높은 순위를 나타냈는데, 이는 그늘이 증가하고 새, 곤충 등을 볼 수 있다는 것은 학교숲의 생태학적 기능이 제대로 발휘되고 있음을 말해준다. 반면, '소음 감소' 항목은 가장 낮은 0.363점으로 평가됨으로써 학교숲의 소음저감 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

#### 2. 학교별 만족도 평가

객관적인 학교별 만족도 평가를 위해 퍼지이론을 도입한 결과는 표 2와 같다. 아화초등학교는 15개 항목 중 '먼지 제거', '소음 감소', '정서 함양' 등 3개 항목을 제외한 12개 항목이 0.5점을 초과하는 것으로 나타났으며, 이 중 가장 만족도가 높은 항목은 '수량 많음'으로 분석되었다. 실제로 아화초등학교는 학교숲 조성방향을 공원형 방식을 선택하여 운동장의 많은 부분을 식재공간으로 활용하여 넓은 공간에 학교숲을 조성하였다. 반면, 나산초등학교의 경우 15개 항목 모두 0.5점 이하로 나타나 신규 학교숲 조성이 만족도에 큰 영향을 주지 못한 것으로 판단된다.

#### 3. 학교숲 만족도에 대한 평가모형 구축

학교숲에 대한 전체 만족도에 미치는 항목별 만족도의 영향

표 2. 학교별 만족도

학교 \ 항목	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
나산초	0.41	0.37	0.42	0.36	0.35	0.40	0.39	0.34	0.32	0.29	0.46	0.37	0.36	0.36	0.44
성동초	0.51	0.47	0.43	0.45	0.46	0.42	0.56	0.57	0.50	0.37	0.46	0.44	0.56	0.57	0.53
송림초	0.51	0.44	0.56	0.45	0.50	0.58	0.43	0.49	0.39	0.32	0.64	0.48	0.37	0.53	0.60
아화초	0.54	0.53	0.72	0.51	0.58	0.59	0.56	0.60	0.48	0.33	0.71	0.48	0.62	0.69	0.77
이서초	0.45	0.37	0.54	0.39	0.38	0.33	0.48	0.48	0.42	0.38	0.53	0.49	0.43	0.45	0.54
제철서초	0.55	0.43	0.65	0.50	0.47	0.43	0.46	0.55	0.41	0.37	0.58	0.52	0.47	0.54	0.60
조마초	0.65	0.58	0.70	0.41	0.46	0.45	0.62	0.63	0.57	0.46	0.71	0.56	0.63	0.76	0.76
청림초	0.54	0.41	0.65	0.50	0.52	0.43	0.41	0.47	0.42	0.38	0.46	0.45	0.44	0.47	0.57
포향초	0.56	0.47	0.61	0.52	0.50	0.43	0.54	0.57	0.46	0.45	0.66	0.51	0.51	0.60	0.70

a: 계절감, b: 다양한 꽃, c: 그늘 조성, d: 놀이·운동, e: 산책·휴식, f: 수업·학습, g: 자연 체험, h: 자연 소중, i: 먼지 제거, j: 소음 감소, k: 새·곤충 관찰, l: 정서 함양, m: 학교 특색, n: 수종 다양, o: 수량 많음

성을 규명하기 위해 전체 만족도를 종속변수로 하고 15개 평가 항목을 독립변수로 하는 단계적(stepwise) 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과, '그늘 조성', '놀이·운동', '산책·휴식', '수업·학습', '자연 체험', '먼지 제거', '소음 감소', '새·곤충 관찰' 등 8개 항목을 제외한 '학교 특색', '자연 소중' 등 7개 항목이 전체 만족도에 영향력 있는 변수로 나타났다. 학교숲 전체 만족도에 대한 7개 항목의 설명력은 41.6%로 나타났으며, '학교 특색', '수종 다양', '자연 소중' 등 7개 항목 모두 1%의 유의 수준에서 통계적 유의성이 있는 것으로 판명되었다. 학교숲에 대한 전체 만족도(Y)를 종속변수로 하고, 학교 특색(X<sub>1</sub>), 수종 다양(X<sub>2</sub>), 자연 소중(X<sub>3</sub>), 수량 많음(X<sub>4</sub>), 다양한 꽃(X<sub>5</sub>), 정서 함양(X<sub>6</sub>), 계절감(X<sub>7</sub>) 7개 항목을 독립변수로 하는 모형을 구축하면 식 4와 같다.

$$Y = 0.116 + 0.159X_1 + 0.109X_2 + 0.136X_3 + 0.142X_4 + 0.102X_5 + 0.120X_6 + 0.080X_7 \quad (\text{식 4})$$

식 4를 보면, '학교 특색' 항목이 비표준화 계수값 0.159로 가장 높게 분석되었다. 이는 조성된 학교숲의 경우 각 학교의 특성이 뚜렷하게 나타나지 않고, 일률적인 건물배치와 특색없는 학교경관을 가지고 있기 때문으로 판단된다. 따라서 향후 획일화된 수종선정이나 식재방법이 아닌 각 학교의 역사성, 풍토성, 입지여건 등을 고려한 수종선정과 식재방법을 도입하여 각 학교별 특성이 나타나도록 조성하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 또한, '수량 많음' 항목이 0.142로 '학교 특색' 항목 다음으로 높게 나타나 수목의 양적인 증가가 학생들의 만족도에 높은 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 반면, 가장 영향력이 작은 변수는 '계절감'으로 비표준화 회귀계수값이 0.080으로 나타났다.

## IV. 결론

본 연구는 학생들을 대상으로 학교숲의 바람직한 조성방향을 제시하기 위한 실질적인 연구를 수행함과 아울러 설문 연구의 불확실성을 극복하기 위해 퍼지이론을 도입하여 학교숲의 만족도를 분석하였다.

기술통계분석을 이용한 단순 산술평균값과 퍼지이론을 도입한 무게중심값의 순위를 비교한 결과, '정서 함양'과 '학교 특색' 두 항목의 순위가 바뀌었다. 이는 상한값 c가 0.01점 차이를 보이고 있기 때문에 발생된 결과이며, 이러한 차이는 '정서 함양' 항목이 '학교 특색' 항목보다 평균값에 가까운 3점 척도값이 더 많이 분포하고 있기 때문으로 판단된다.

학교숲 전체 만족도에 영향을 주는 예측모형 구축에 있어서는 '학교 특색' 항목의 비표준화 계수값이 0.159로 가장 높게 나타났다. 따라서 향후 학교숲 조성시 각 학교의 역사성, 풍토성, 입지여건 등을 고려한 수종선정과 식재방법을 도입하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한, '수량 많음' 항목이 0.142로 높게 나타나 많은 수목을 식재할 수 있도록 고려해야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 초등학교 학생들을 대상으로 학교숲에 대한 과학적이고 합리적인 만족도 평가를 위해 퍼지이론을 활용하였으며, 이를 토대로 학교숲 만족도 모형을 구축함으로써 학교숲 조성을 위한 기초자료와 객관적인 분석방법을 제공하였다.

## 인용문헌

- 김인호, 주신하, 안동만(2000) 초등학교 학생들의 환경인식과 태도에 관한 연구. 한국환경교육학회지 13(1): 122-132.
- 김후경, 이현택(2005) 대구광역시 초등학교 소공원 조성에 관한 연구.

- 한국조경학회지 33(3): 78-83.
3. 박찬정(2001) 기업의 성과측정과 경쟁력 평가를 위한 퍼지모형. 회계연구 6(2): 4-27.
  4. 변재상, 윤희정, 김인호(2008) 학교숲 이용실태 및 성과분석. 한국조경학회지 36(1): 49-61.
  5. 생명의 숲(2007) 학교숲 성과 및 경제적 가치 평가. 생명의 숲 연구보고서.
  6. 윤희정, 변재상, 김인호(2008) 학교숲 속성별 가치평가 연구. 한국조경학회지 36(3): 29-38.
  7. 이재영, 김아연(2005) 학교숲이 초등학생의 학교와 자연에 대한 인식에 미치는 효과. 환경교육 18(2): 90-100.
  8. 정현모(2002) 학교숲의 환경교육적 활용에 대한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
  9. Zadeh, L. A.(1973) Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process. IEEE Trans, Man, and Cybernetics 3(1): 28-44.