

노거수의 건강 위험도 평가 요소간 상대적 중요도 및 우선순위

시아티엔티엔* · 장종평* · 강태호**

*동국대학교 대학원 조경학과 · **동국대학교 경주캠퍼스 조경학과

The Relative Importance and Priority of the Health Evaluation Indicators of Old-growth and Giant Trees

Xia, Tian-Tian* · Zhang, Zhong-Feng* · Kang, Tai-Ho**

*Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Dongguk University

**Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University Gyeongju Campus

ABSTRACT

There are many studies on the health and protection of Old-growth and Giant Trees, concentrating on empirical judgment and basic protection measures. The problem this study addresses is the relative importance and priority of the health evaluation indicators of Old-growth and Giant Trees. Firstly, this study exports the evaluation indicators of Old-growth and Giant Trees. The evaluation system for the degree of danger of Old-growth and Giant Trees are composed of two layers: 5 fields and 46 indicators. Secondly, using the AHP and PCA method can determine the weight of each field and each index factor. The process of AHP establishes the relative importance judgment matrix of each field and fully proves that the main cause of danger is individual aging. The PCA method suggested that trunk rot status, light conditions, tree surgeries, bacterial diseases, and soil moisture level are the most important factors in each field. These aspects should be given priority in the management and protection of Old-growth and Giant Trees. Weight values obtained in this study seemed to be useful in the evaluation of Old-growth and Giant Trees.

Key Words: AHP, PCA, Aging, Protection and Management of Old-growth and Giant Trees

국문초록

노거수의 건강 및 보호 등에 대한 연구는 많이 있어 왔지만, 경험적인 판단 또는 원론적인 조치 등에 집중되고 있다. 건강 위험도 평가는 노거수의 현황 및 위험 순위를 반영할 수 있어 노거수의 보호 방안 수립에 귀중한 자료가 된다. 본 연구는 노거수의 건강 위험도를 평가할 수 있는 평가지표를 도출하여 6개 대분야와 46개 지표인자를 2개 층으로 나누고, AHP 및 PCA 기법을 이용하여 각 위험 대분야와 지표인자의 가중치를 산출하였다. AHP 기법은 각 대분야 간의 상대적인 중요성을 판단하는데 유용한 평가 기법으로 평가 결과, 노거수의 자체노화가 위험의 주요 원인으로 나타났다. PCA 기법 평가 결과, 수간의 부패 상태, 수광 상태, 외과수술 흔적, 진균병해, 토양 건조도, 낙뢰 등이 각 대분야의 가장

Corresponding author: Tai-Ho Kang, Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University Gyeongju Campus, Gyeongju 38066, Korea, Tel.: +82-54-770-2232, E-mail: kth@dongguk.ac.kr

중요한 지표 인자로 나타나 보호 관리 시 우선적으로 고려하여야 한다. 각 세부 지표의 상대적 중요도 및 우선순위를 설정하여 건강 위험도 평가에 유용하게 적용할 수 있다. 본 연구 결과는 노거수 위험도 평가에 객관적인 판단 근거가 되며, 노거수 보호 관리에 지침이 될 것이다.

주제어: AHP, PCA, 자채노화, 노거수 보호관리

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

노거수는 재생불가능자원으로서 귀중한 자연 자원이자 역사·문화의 살아있는 증거이며, 기후 변화 및 조경학의 발전 등에 중요한 역할을 한다. 따라서 특정 지역의 노거수 보호 방식은 지역 사회의 문명화 척도를 대표할 수 있다. 그동안 우리나라의 노거수는 1970~80년대 새마을운동 당시 쉼터 제공이라는 명목 아래 노거수 주위에 콘크리트 단을 설치하면서 상당수가 고사하고, 일부는 고급목재로 사용하기 위해 무분별한 벌채가 자행되어 1972년 13,874주에서 1983년 9,515주로 약 30% 감소했다.

또한 경제 발전에 따라 관광 사업도 급속히 발전하여 노거수에 대한 사람들의 무분별한 접근으로 인한 답압과 위험한 외과수술의 실시 등 심각한 위협을 초래하였다. 따라서 정부는 노거수 보호를 위한 관련 법률과 조례를 제정하여 실시하고 있지만 아직도 많은 위협요인이 있다. 노거수 자원의 보호는 시급하고도 중요하기 때문에 노거수 건강 상태의 정확한 진단은 노거수 보호를 위해 매우 필요하다. 특히 노거수의 건강 위험도 평가는 노거수의 현황 및 위험 순위를 반영할 수 있어 노거수의 보호 방안 수립에 귀중한 자료가 된다. 그 중에 평가 요소의 가중치 및 우선순위는 매우 중요하다.

그동안 평가 체계의 연구는 평가지표의 도출, 평가요인 간의 상대적 중요도를 파악하기 위하여 델파이(Delphi) 기법 또는 의사결정방법(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 활용하였다. 델파이 기법은 서로 연락하지 않은 상황에서 전문가의 의견을 수집하고, 약 3~4회의 설문조사를 거쳐 집중된 지표 선정 결과를 도출한다. AHP 기법은 정성 및 정량적인 측정 방법을 결합하고, 많은 인자에 대해 쌍대비교와 가중치 분석을 진행하는 방법이다. 이러한 과정을 통해 얻은 결과는 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 인위적으로 지표를 선정하고, 가중치를 부여하는 것이다. 이렇게 하면 주관적인 편차를 피할 수 없다. 둘째, 지표 간의 상관성 문제로 지표가 많은 경우에는 어떠한 방법을 사용하는지 고려하여야 한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 주성분 분석(PCA: Principal Component Analysis) 기법을 도입하여 인자분석을 실시한다. 분석 원리는 많은 상관성이 있는 통계 수치 중에 독립 성향이 있고 원래의 수치를 충분히 반영할 수 있는 주성분을 추출하

여 각 지표의 가중치를 산출하는 방법이다. PCA 기법은 지표 간의 상관성, 설문지와 가중치 계산 과정의 복잡성 등을 다 해결할 수 있어서 위험도 평가에 큰 도움이 된다.

따라서 본 연구는 노거수의 건강 위험도를 평가할 수 있는 종합 시스템을 구축하기 위하여 델파이 기법으로 노거수 건강의 위험 인자를 선정하고, AHP 및 PCA 기법을 결합하는 방법으로 평가 요소간 상대적 중요도, 즉 가중치 및 우선순위 도출에 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

1) 노거수 건강에 관한 연구

노거수는 수령이 100년 이상 오랫동안 살았던 거목으로(doo-pedia.co.kr) 재생 불능 자원이기 때문에 반드시 보호 관리되어야 할 대상이다. 나무가 건강하다는 말은 나무의 양호한 성장 상태를 반영하는 것이다(Li *et al.*, 2009). 건강한 나무는 수관에서 갈라짐이 거의 없고, 공동이 전체의 30%를 넘지 않고, 직경이 20cm 이상의 고사지가 없고, 병해충과 기생식물이 적고, 뿌리노출은 1/3 이내, 경사도가 30% 이내에 생육하는 나무이다(Dean *et al.*, 2000). 그러나 노거수는 성장에 위험성이 있는 인자, 즉 자연 재해, 인위적인 손상, 수세 쇠약 등이 존재하고 있어서 나무의 생육에 영향을 미친다. 그동안 노거수의 건강 및 보호 등에 대한 연구는 많이 있지만, 경험적인 판단 또는 원론적인 조치 등에 집중되고 있다.

노거수는 오랜 세월 성장 과정 중에 천재지변, 생리적 노쇠화나 전쟁, 화재, 개발행위 등 인위적 외압을 견디면서 생명을 유지한다(Yoon, 2003). 따라서 노거수는 생육환경의 악화와 관리부실(Kim *et al.*, 1996) 등으로 인해 노거수의 성장에 큰 위협이 되고 있다. 또한, 대기오염, 관광객의 답압, 기후 변화 등에 의한 손상이 크다(Kim and Kim, 1995). 여기에 생리 및 기상, 인위적 피해를 받게 되어 수세 약화, 고사 등을 발생시킬 수 있어(Ha, 2003) 수령에 따른 생리적 원인뿐만 아니라, 도로, 바닥포장, 옹벽 설치 등에 인한 뿌리의 성장 둔화, 수분 결핍은 주요 위협요인이 된다(Kang *et al.*, 2002). 답압, 복토는 토양공기량의 부족으로 인하여 신초성장 및 지엽 밀도에 영향을 미치고(Lee, 2004), 빗물, 습기, 부후균의 침입, 각종 해충의 번식은 노거수의 부패를 확산시킨다(Kang *et al.*, 1997). 따라서 노거수의 피해상태, 위험인자, 외부압력요인 등을 파악함으로써

각종 위협인자로부터 노거수의 안정적인 관리방안 수립이 가능하다(Kang, 2014). 노거수림의 경우, 구성 수종의 노령화, 천이의 진행, 수목에서 나타나는 공동, 갈라짐, 맹아 등 잠재적 위협요인의 조사 분석이 필요하다(Seo, 2016). 이들 선행 연구를 보면 주로 위험 원인 등에 대한 직접 실태 조사를 실시한 후 결과를 분석하였다. 그러나 노거수의 건강 상황을 정확하게 평가하는 평가지표, 기준 등에 대한 객관적인 판단 자료는 매우 부족한 실정이다.

2) 위험도 평가 방법에 관한 연구

위험도 평가는 과학적이며, 객관성 있고 합리적인 평가 방법을 구축하여야만 사람들에게 인정을 받는 동시에 노거수 보호에도 기여할 수 있다.

국내외에서 노거수의 건강 평가에 관한 방법은 주로 직접 평가방법과 지표 수치 산정 평가방법이 있다. 직접 평가는 노거수의 외부 성장 상황, 병충해의 위해 정도 등을 현장에서 직접 관찰하고 판단하는 방법이다(Paine, 1971; Paine, 1973; Paine, 1978). 직접 평가의 부족한 부분을 보완하기 위해 평가지표를 설정하고, 계층 분석을 통해 수치로 산정하는 방법을 도입하여야 한다(Weng *et al.*, 2009). 평가 방법 중 가장 광범위하게 사용되는 AHP 기법은 정성 및 정량분석 방법을 서로 결합하고, 복잡한 문제를 모형화, 체계화, 수량화시키는 과정이다(Ye *et al.*, 2006). 그러나 지표가 많으면 AHP 통계 과정이 복잡하고, 가중치 설정이 어려울 뿐만 아니라, 주관적인 영향을 피할 수 없다. 지표가 많은 경우에는 PCA 기법을 이용하여 차원을 축소시키고, 회귀분석으로 가중치를 부여하면(Liu *et al.*, 2015) 통계 과정이 효율적이 된다. 최근에는 노거수 평가에 단층 촬영 기술을 이용하고, 내부 부패상태를 진단하는 방법을 이용하여 평가에 신뢰도를 향상시키고 있다(Shin, 2017).

II. 노거수 위험도 평가지표 도출

성장기와 기후, 환경 등의 변화에 따라 노거수 건강의 위협 원인은 내부원인 및 외부원인을 포함한다. 외부 원인도 자연적 요인과 인위적 요인으로 나눌 수 있다. 노거수의 자체, 인위, 자연적인 위협원인을 충분히 분석하고, 노거수 위험도 평가지표 선정 연구에서는 델파이 기법을 통해 총 4차례 설문조사를 거쳐 최종 노거수 위험도를 평가하여 6개 대분야 및 46개 지표를 도출하였다(Xia and Kang, 2017).

노거수 건강 및 생육의 위협성에 관한 연구를 보면 다른 연구자들이 연구 소요에 따라 나무 건강의 평가 지표를 세분화하였다. 1960년대 Paine는 수종, 나무 크기, 수목의 노쇠화 흔적 등 잠재적인 위험 데이터를 시스템으로 구축하고, 건강 모니터링으로 응용하였다(Paine, 1978). 1980년대 Paul는 가지의

고사, 신장 및 발아 등을 나무의 건강 지표로 평가하였다(Paul *et al.*, 1985). 미국 Vancouver Park Board는 나무의 위치, 수간, 가지, 뿌리 등 85개 지표로 상세한 나무 위험 시스템을 만들었다(Bakken, 1986). Michael은 나무의 성장 상황을 평가할 수 있는 지표 공동, 유합조직, 고사지, 부패, 노출된 뿌리, 수형 등을 택하고, 나무의 잠재적인 위협원인을 분석할 수 있는 평가체계를 구축을 제시하였다(Michael, 1987). 이를 기초로 하여 Hickman은 나무의 성장환경, 구조, 수세 등 지표로 건강성을 평가하고, 수세, 수간상태, 경사도는 나무 건강의 3대 중요한 지표로 판단하였다(Gary *et al.*, 1995).

자체노화란 수목의 활력에 관여하는 자체 위험 요소이고, 수세가 나무뿌리의 성장, 엽색, 발아 등 상황을 대표할 수 있어서 항상 노거수의 위험 상태를 판단으로 이용하였다(<http://www.bjyl.gov.cn>). 활력도 세부항목은 수형, 가지의 신장과 발아, 잎의 크기 및 색, 고사지 및 쇠약지, 가지와 잎의 밀도, 유합조직 형성량, 부패 등으로 나타났다(Shin, 2017). 생육환경은 포장 상태, 배수성, 수광상태, 타수종 침입, 복토 깊이 등을 포함하였다(Cho, 2010). 또한, 대기오염, 관광객의 답압, 기후 변화로 인한 병해 등에 의한 손상이 높다(Kim and Kim, 1995). 가해습성에 따른 수목의 해충은 뿌리가해 해충, 식엽성 해충, 흡즙성 해충, 천공성 해충, 충영형성 해충, 종실 해충으로 분류되었다(Lee, 2015). 그리고 정의에 따라 나무 병해는 세균, 진균, 바이러스, 기생생물 등으로 인한다(<http://www.baik.com/wiki>). 기존 연구를 보면 일부 노거수들이 척박한 토양(비탈면, 현애, 구릉 등)에서 자라고 충분한 영양이 없기 때문에 노쇠하고 고사되었다(Zhao, 2014). Xiong은 노거수의 보호관리 과정 중에 토양 환경(함수율, 유기질, 광물질 함량 등)은 노거수의 성장에 영향을 미치고 정기적으로 토양의 이화학적 성질을 측정하고, 노거수의 성장 환경 지표를 파악할 수 있다고 판정하였다(Xiong, 1999). 토양현황의 분석 항목은 토양산도, 유효인산, 유기물, 전질소, 양이온 교환용량 등이다(Yoo, 2001).

노거수는 수고와 수관 등이 크기 때문에 낙뢰로 인한 화상이 발생한다. 또한 우박, 수재, 가뭄 등도 노거수에 상해를 입힐 수 있다. 대다수 노거수가 내부 부패가 존재하기 때문에 강한 바람을 불면 가지가 부러지는 현상이 발생한다. 또한 오존층의 박막화 때문에 지구 표면의 자외선이 증가하여 노거수에 오존 손상을 일으키고 있다. 노거수의 관리수단은 외과수술, 영양공급, 병해충 방제, 정밀조사 실시 등 관리대책(Jung, 2008)에서 출발하고, 상관관계(Kim *et al.*, 1996)가 적절하였는가도 연구 범위 안에 포함하여 평가지표 후보군을 선정하였다. 그 중에 자체노화, 생육환경, 수목병해충, 토양현황, 기후변화, 관리현황 등이 각각 9개, 9개, 7개, 7개, 6개, 8개가 선정되었다(Table 1 참조).

III. 연구방법

Table 1. Result of Delphi survey(Xia and Kang, 2017)

Field	Index	Field	Index
Individual aging	Tree vigo(u)r	Growth environment	Drainage
	Trunk rotting status		Light condition
	Branches' dead status		Air pollution
	Tree hole		Soil thickness
	Crack		Other tree species' intrusion
	Tree form		Stamping
	Elongation and germination		Concrete cover
	Density of branches and leaves		Biological diversity
	Leaves' fallen status		Root competition
	Diseases and insect pests		Bacterial diseases
Root pests		Soil pH	
Boring pests		Soil moisture level	
Defoliator		Soil organic matter	
Fungal disease		Soil total nitrogen	
Parasites		Soil effective phosphate	
Virus disease		Cation exchange capacity	
Climate change	Thunder	Management status	Disease and insect pest control
	Hail		Management cycle
	Flood		Precision survey
	Drought		Tree pruning
	Strong wind		Management register
	Ozone injury		Trees' surgery
			Nutrition supply
			Support structure

노거수 위험도 평가지표는 델파이 기법을 통해 받았던 지표를 가지고 6개 대분야의 인자로 선정되었다. 평가지표를 보면 세부 지표층 인자의 수량이 너무 많고, 상층 위험 대분야는 정량적이지 못한 단점이 있다. 그러므로 본 연구는 AHP 기법을 이용하여 각 위험 대분야의 가중치를 구하고, PCA 기법을 이용하여 세부 지표층 인자의 차원을 축소시키고, 회귀분석으로 가중치를 구하여 노거수의 실제 상황에 부합하는 객관적이고 정량적인 위험도를 산출한다. 연구과정은 Figure 1과 같다.

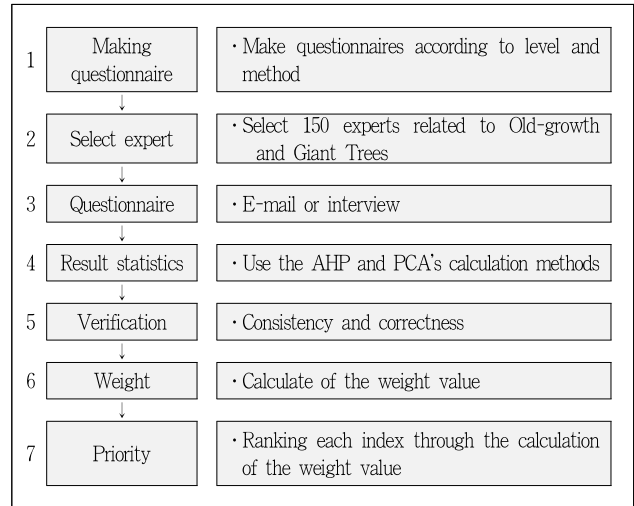


Figure 1. Process of this study

1. AHP 기법

AHP 기법은 여러 가지 인자에 대한 종합적인 판단을 쌍대비교를 통해 가중치를 도출하는 방법이다(Liu *et al.*, 2014; Gao *et al.*, 2011).

연구 수행을 위해 3단계 절차를 거친다. 첫째, 평가지표 시스템, 즉 델파이 기법을 통해 받은 평가지표 계층화를 만든다. 둘째, 노거수 위험도 대분야 간의 쌍대비교 과정이다. 각 대분야의 상대적 중요도를 평가하기 위하여 전문가들에게 설문조사를 통해 쌍대비교를 수행한다. 1~9점 척도를 사용하고, 각 대분야에 대한 쌍대비교로 설문지를 구성한다. 행과 열의 비교는 행의 중요도가 열보다 더 높으면 2, 3, ..., 9를 선택하고, 점수가 클수록 중요도가 더 높다. 반면에, 1/2, 1/3, ..., 1/9를 선택한다. 중요도가 같으면 1로 표기하고, 각 전문가가 정한 점수의 평균치를 얻어 다음과 같이 하나의 비교 매트릭스로 나타낼 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

여기서 $A = |a_{ij}|$ 는 중요도 평가 매트릭스이며, 요소들의 중요도 수치는 $a_{ij}(a_{ij} > 0, i, j = 1, \dots, n)$ 로 나타낸다. $a_{ij} = w_i/w_j$ 이고, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 이다. 또한 위에 있는 식의 행렬 A 에 가중치 벡터 $W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]$ 을 곱하면 A 의 고유치를 구하는 식은 $A \times W = \lambda_{\max} \times W$, 그 중에 λ_{\max} 는 A 의 최대 고유치이다. λ_{\max} 에 대해 각 인자 고유벡터의 합은 1이 되도록 표준화하면 가중치가 추정된다.

마지막 단계는 일관성을 검증하는 과정이다. 먼저 일관성 지수(CI: Consistency Index)를 산출하고, $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ 계산식 중에 n 은 요인의 수량이다. 그 후에 표를 따라 무작위 지수(RI: Radom Index)를 찾아(Table 2 참조) 다음 식을 따라 일관성 비율(CR: Consistency Ratio)을 산출한다.

$$CR = CI \div RI$$

CR는 0.1 이하이면 판단 행렬 A는 일관성이 있는 것으로 판정되고 W는 가중치가 된다(Saaty, 2007). CR는 0.1 이상이면 검증을 통과 못해서 W는 가중치가 될 수 없기 때문에 판단 행렬로 다시 돌아가 수정한 후에 다시 일관성을 검증한다.

2. PCA 기법

PCA 기법이란 많은 변수의 분산방식의 패턴을 간결하게 표현하는 방법으로 주성분을 원래 변수의 선형결합으로서 추출하는 통계 기법이다(Political Science Council, 2002). 본 연구는 세부 지표층 인자가 너무 많고 일정한 상관성을 가질 수도 있어서 평가 결과의 정확성을 쉽게 보장할 수 없다. 그러므로 PCA 기법을 이용하여 세부 지표층의 인자에 대한 차원을 축소하고, 회귀분석 방법으로 가중치를 산출한다(Figure 2 참조).

설문지의 구성은 전문가들에게 지표 인자에 1점(매우 그렇지 않다), 2점(그렇지 않다), 3점(보통), 4점(그렇다), 5점(매우 그렇다)까지 리커트 5급 척도를 사용하였다. 주성분 분석은 요인분석과 달리 먼저 SPSS 18.0을 이용하여 요인분석을 통해 추출된 성분을 가지고 상응하는 초기 고유치의 제곱근($\sqrt{\lambda}$)과 곱하고 고유치의 합을 나누면 각 지표 변량의 계수, 즉 가중치를 구할 수 있다. 요인 분석을 통해 얻은 초기 가중치 모형은 다음과 같다.

$$\begin{cases} F_1 = u_{11}x_1 + u_{21}x_2 + \dots + u_{n1}x_n \\ F_2 = u_{12}x_1 + u_{22}x_2 + \dots + u_{n2}x_n \\ \vdots \\ F_m = u_{1m}x_1 + u_{2m}x_2 + \dots + u_{nm}x_n \end{cases}$$

- F_m : 인자분석 후에 받은 전체 m 개의 주성분
- u_{nm} : 전체 m 개 주성분의 n 번째 초기 계수
- x_n : n 번째 지표의 변량

이를 토대로 한 종합 평가 함수는 다음과 같다.

Table 2. Random index(RI)(Saaty, 2007)

n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.90	1.12
n	6	7	8	9	10
RI	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

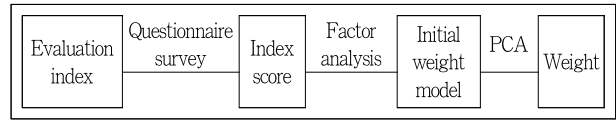


Figure 2. PCA's calculation process

$$Y = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n, \quad w_i = \frac{u_{ij}(\lambda_i)^{1/2}}{(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)}$$

w_i : i 번째 가중치, λ : 고유치

적합성 검증을 위해 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)와 바틀렛(Bartlett)의 유의확률을 적용한다. KMO 값이 0.5를 기준(Kaiser, 1974)으로 1에 가까울수록, Bartlett의 유의확률은 0.05 미만이면 적합하다(Park, 2010). 또한 측정도구의 신뢰성을 검증하기 위해 신뢰도 분석을 실시한다. 신뢰도 분석 결과, Cronbach 알파 계수가 0.6 이상이면 신뢰성이 높은 것으로 판단된다(Jung and Choe, 2001).

3. 전문가 선정 및 조사시간

노거수 위험도의 평가 체계는 지표 시스템 및 상응하는 가중치로 구성한다. 위험도의 5개 대분야를 AHP 기법으로 가중치를 구하고, 세부 지표층 인자의 가중치는 PCA 기법으로 산출하였다. 설문조사의 수행 과정 중에 AHP 및 PCA의 설문지는 6개 노거수 위험 대분야의 쌍대비교 행렬과 지표 인자의 점수표로 같이 표시하였다. 조사연구에서는 피험자수가 각 하위 그룹별로 20~50명씩으로 전체 연구대상은 최소한 100명이 되어야 한다(Seong and Si, 2014). 본 연구에 참여한 전문가는 조경학, 임학, 생태학, 원예학, 식물보호학을 전공한 교육 및 연구자 총 150명을 대상으로 실시하였다(Table 3 참조). 설문조사기간은 2017년 6월 12일부터 7월 12일까지 1개월간 진행하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 대분야 가중치 도출

노거수 위험도는 자체노화, 생물환경, 수목병해충, 토양상황, 기후변화, 관리상태 6개 대분야로 분류되었고, 쌍대비교를 거쳐 Table 4와 같은 결과가 나타났다. 산출된 가중치 벡터는 $w_i = [0.39, 0.22, 0.14, 0.08, 0.11, 0.09]^T$ 이다. 일관성 비율은 0.0001로 0.1 이하이므로 일관성이 있는 것으로 판단되었다. 분석결과, 노거수 건강의 위험도 평가 대분야는 자체노화가 0.39로 가장 위험하다고 평가되었으며, 생물환경 0.22, 수목병해충 0.14, 토양상황 0.08, 기후변화가 0.11, 관리상태 0.06의 가중치

순으로 나타났다. 수령의 증가에 따라 나무 자체의 생리기능이 점차 떨어지고, 뿌리가 수분, 양분에 대한 흡수력도 낮아져서 지상 부분의 생장소요를 만족시킬 수 없으며, 자연법칙에 따라 죽음에 이른다.

2. 세부 지표 가중치 도출

Table 3. Characteristic analysis of responders

	Division	Number of survey	Real effective respondents	Ratio(%)
Major	Landscape architecture	60	56	46
	Forestry	30	20	17
	Ecology	20	12	10
	Horticulture	20	20	17
	Plant protection	20	12	10
	Total	150	120	80
Occupation	Professor	30	23	19
	Researcher	50	49	41
	Technical specialist	40	35	29
	Administration	30	13	11
	Total	150	120	80
Education degree	Doctor	50	48	40
	Master	80	52	43
	Bachelor	20	20	17
	Total	150	120	80
Age	Under 30	30	30	25
	30~40	40	26	22
	40~50	50	43	36
	Over 50	30	21	17
	Total	150	120	80
Working time	Under 5	20	20	17
	5~10	30	29	24
	10~20	50	46	38
	20~30	30	16	13
	Over 30	20	9	8
Total	150	120	80	

Table 4. 5 fields' AHP result

Division	Individual-aging	Growth environment	Diseases and insect pests	Soil condition	Climate change	Management status	w _i
Individual-aging	1.00	1.78	2.79	4.87	3.54	6.52	0.39
Growth environment	0.56	1.00	1.57	2.75	2.11	3.67	0.22
Diseases and insect pests	0.36	0.64	1.00	1.75	1.27	2.33	0.14
Soil condition	0.21	0.36	0.57	1.00	0.72	1.33	0.08
Climate change	0.28	0.47	0.79	1.39	1.00	1.83	0.11
Management status	0.15	0.27	0.43	0.75	0.55	1.00	0.06

* λ_{max} = 6.0004; CR = 0.0001.

델파이 방법으로 도출된 46개 지표는 6개 대분야별로 주성분 분석을 진행하였다.

Table 5를 보면 노거수의 자체노화 분야는 총 9개 지표가 있고, SPSS 18.0을 이용한 요인분석을 통해 3개 주성분을 도출하였다. 표본적합도(KMO)는 0.823으로 매우 높게 나타났다. Bartlett에서는 유의확율이 0.000으로 주성분 추출이 가능한 조건을 충족하였다. 신뢰도 분석결과, Cronbach 알파 계수가 0.830으로 신뢰성이 높은 것으로 판단된다. 그러므로 첫째 주성분 분석의 초기 가중치 선형 모형을 구축하면 다음과 같다.

$$F_1 = [0.782/(4.097)^{1/2}]x_1 + [0.289/(4.097)^{1/2}]x_2 + [0.648/(4.097)^{1/2}]x_3 + [0.686/(4.097)^{1/2}]x_4 + [0.709/(4.097)^{1/2}]x_5 + [0.752/(4.097)^{1/2}]x_6 + [0.841/(4.097)^{1/2}]x_7 + [0.477/(4.097)^{1/2}]x_8 + [0.713/(4.097)^{1/2}]x_9 = 0.39x_1 + 0.24x_2 + 0.32x_3 + 0.34x_4 + 0.35x_5 + 0.37x_6 + 0.42x_7 + 0.24x_8 + 0.35x_9$$

$$F_2 = [0.231/(1.254)^{1/2}]x_1 + [0.795/(1.254)^{1/2}]x_2 + [0.358/(1.254)^{1/2}]x_3 + [0.285/(1.254)^{1/2}]x_4 + [-0.326/(1.254)^{1/2}]x_5 + [-0.280/(1.254)^{1/2}]x_6 + [-0.219/(1.254)^{1/2}]x_7 + [-0.350/(1.254)^{1/2}]x_8 + [-0.063/(1.254)^{1/2}]x_9 = 0.21x_1 + 0.71x_2 + 0.32x_3 + 0.25x_4 - 0.29x_5 - 0.25x_6 - 0.19x_7 - 0.31x_8 - 0.06x_9$$

$$F_3 = [0.229/(1.099)^{1/2}]x_1 + [0.413/(1.099)^{1/2}]x_2 + [-0.413/(1.099)^{1/2}]x_3 + [-0.300/(1.099)^{1/2}]x_4 + [-0.293/(1.099)^{1/2}]x_5 + [0.070/(1.099)^{1/2}]x_6 + [-0.134/(1.099)^{1/2}]x_7 + [0.694/(1.099)^{1/2}]x_8 + [0.158/(1.099)^{1/2}]x_9 = 0.22x_1 + 0.39x_2 - 0.39x_3 - 0.29x_4 - 0.28x_5 + 0.07x_6 - 0.13x_7 + 0.66x_8 + 0.15x_9$$

이 중 F₁, F₂, F₃는 요인 분석을 통해 받은 3개 주성분이고, 모든 지표를 다 포함할 수 있다. X₁, X₂, ..., X₉는 각 지표의 변량이다. 설명 분산은 각 지표가 차지하는 비율을 반영할 수 있어 지표 변량에 대한 가중평균법을 사용하여 가중치를 구할 수 있다. 즉, 수세의 가중계수는 각 주성분 F₁, F₂, F₃ 초기 선형 모형 중 X₁ 변량계수의 가중평균치, 즉

$$\frac{0.39 \times 45.518 + 0.21 \times 13.929 + 0.22 \times 12.207}{(45.518 + 13.929 + 12.207)} = 0.33$$

Table 5. Individual-aging index's PCA result

Individual-aging	Component		
	1	2	3
Tree vigo(u)r	0.782	0.231	0.229
Trunk rotting status	0.289	0.795	0.413
Branches' dead status	0.648	0.358	-0.413
Tree hole	0.686	0.285	-0.300
Crack	0.709	-0.326	-0.293
Tree form	0.752	-0.280	0.070
Elongation and germination	0.841	-0.219	-0.134
Density of branches and leaves	0.477	-0.350	0.694
Leaves' fallen status	0.713	-0.063	0.158
Intrinsic value	4.097	1.254	1.099
Proportion(%)	45.518	13.929	12.207
Cumulation(%)	45.518	59.447	71.654
KMO	0.823		
Bartlett	0.000		
Cronbach	0.830		

이다. 이를 Excel을 이용 모든 지표의 계수를 산출한 후 설정된 종합평가 함수모형은 다음과 같다.

$$Y = 0.33x_1 + 0.36x_2 + 0.20x_3 + 0.22x_4 + 0.12x_5 + 0.19x_6 + 0.21x_7 + 0.21x_8 + 0.24x_9$$

모든 지표의 가중치 총합은 1이어서 지표의 가중치는 종합 모형 지표계수의 기초 위에 모아진다. 마지막으로 노거수 자체 노화 지표, 즉 수세, 수간 부패 상태, 가지 고사 상태, 공동, 갈라짐, 수형, 가지의 신장과 발아, 지엽의 밀도, 낙엽상태의 가중치 벡터는 $w_7 = [0.16, 0.17, 0.09, 0.11, 0.06, 0.09, 0.10, 0.10, 0.12]^T$ 이다.

따라서 노거수의 건강도 평가를 위한 자체노화 분야 세부 지표의 위험도 순위는 수간 부패 상태>수세>낙엽상태>공동>지엽의 밀도>가지의 신장과 발아>가지 고사 상태>수형>갈라짐 순으로 나타났다. 수간 부패는 나무가 필요한 수분과 영양의 전도를 저해할 수 있고, 심각한 경우, 죽음에까지 이를 수 있다. 가중치는 0.17, 가장 높은 위험 정도로 나타나므로 노거수의 건강 보호 관리하기 위하여 수간의 부패 부위를 적합한 치료법으로 치료해 주고 수시로 점검하여야 한다.

Table 6을 보면 KMO는 0.782>0.5이고, Bartlett이 0.000으로 주성분 추출이 가능한 조건으로 판단되었다. Cronbach 알파 계수가 0.787로 신뢰성이 높은 것으로 판단된다. 노거수의 생육 환경 분야는 총 9개 지표를 포함하고, 요인분석을 통해 3개 성분을 받았다. 자체노화 지표의 가중치 계산 방법으로 산출된 배수성, 수광 상태, 공기오염, 복토, 타수종 침입, 답압, 주변

Table 6. Growth environment index's PCA result

Growth environment	Component		
	1	2	3
Drainage	0.532	0.553	-0.098
Light condition	0.173	0.557	0.717
Air pollution	0.614	0.367	0.004
Soil thickness	0.770	0.200	-0.341
Other tree species' intrusion	0.855	0.062	-0.025
Stamping	0.715	-0.121	0.454
Biological diversity	0.366	-0.674	0.361
Concrete cover	0.801	-0.145	-0.345
Root competition	0.614	-0.608	0.046
Intrinsic value	3.677	1.654	1.099
Proportion(%)	40.853	18.381	12.207
Cumulation(%)	40.853	59.234	71.441
KMO	0.782		
Bartlett	0.000		
Cronbach	0.787		

생물 다양성, 콘크리트 피복, 근계 간의 경쟁 가중치 벡터는 $w_7 = [0.14, 0.16, 0.14, 0.12, 0.15, 0.14, 0.02, 0.09, 0.04]^T$ 이다. 따라서 생육환경 분야 세부 지표의 위험도 순위는 수광 상태>타수종 침입>배수성>공기오염>답압>복토>콘크리트 피복>근계 간의 경쟁>주변 생물 다양성 순으로 나타났다. 나무 성장발육이 필요한 모든 에너지는 직접 혹은 간접적으로 태양의 빛에서 얻는다. 수광상태는 노거수 가지, 잎, 뿌리의 성장 및 형태구조와 밀접한 관계가 있고, 생육환경 분야에 있어 가장 높은 위험 정도로 나타났으며, 보호관리를 진행할 때 양호한 수광상태를 보장하여야 한다.

다음으로 Table 7을 보면 KMO는 0.817>0.5이고, Bartlett이 0.000으로 주성분 추출이 가능한 조건을 판단되었다. Cronbach 알파 계수는 0.760으로 신뢰성이 높은 것으로 나타났다. 노거수의 수목병해충 분야는 총 7개 지표를 포함하고, 요인분석을 통해 3개 성분으로 구분된다. 위와 같은 가중치 계산 방법으로 산출된 세균 병해, 뿌리가해 해충, 천공성 해충, 식엽성 해충, 진균 병해, 기생생물, 바이러스 병해의 가중치 벡터는 $w_7 = [0.17, 0.14, 0.16, 0.13, 0.18, 0.10, 0.12]^T$ 이다. 따라서 수목병해충 분야 세부 지표의 위험도 순위는 진균 병해>세균 병해>천공성 해충>뿌리가해 해충>식엽성 해충>바이러스 병해>기생생물 순으로 나타났다. 나무의 부패, 종양 등은 대다수 세균과 진균에 의해 감염된다. 선행 연구 결과, 70~80%의 식물 병해는 진균 병원체가 일으킨다(Kang, 2010). 그러므로 수목병해충 분야의 가장 위험한 지표인 노거수 진균 병해의 예방, 점검, 치료 방법 등을 더 증시하여야 한다.

Table 8을 보면 KMO는 0.717>0.5이고, Bartlett이 0.000으로

Table 7. Diseases and insect pests index's PCA result

Diseases and insect pests	Component		
	1	2	3
Bacterial diseases	0.847	-0.024	0.060
Root pests	0.711	0.220	-0.198
Boring pests	0.082	0.339	0.919
Defoliator	0.791	-0.276	0.101
Fungal disease	0.828	-0.003	0.118
Parasites	0.154	0.903	-0.281
Virus disease	0.785	-0.104	-0.153
Intrinsic value	3.181	1.066	1.015
Proportion(%)	45.443	15.223	14.494
Cumulation(%)	45.443	60.666	75.160
KMO	0.817		
Bartlett	0.000		
Cronbach	0.760		

Table 8. Soil condition index's PCA result

Soil condition	Component	
	1	2
Soil property	0.721	0.043
Soil pH	0.551	0.655
Soil moisture level	0.625	0.607
Soil organic matter	0.757	-0.149
Soil total nitrogen	0.856	0.061
Soil effective phosphate	0.830	-0.436
Cation exchange capacity	0.527	-0.662
Intrinsic value	3.486	1.453
Proportion(%)	49.798	20.757
Cumulation(%)	49.798	70.555
KMO	0.717	
Bartlett	0.000	
Cronbach	0.819	

로 주성분 추출이 가능한 조건을 판단되었다. Cronbach 알파 계수가 0.819로 신뢰성이 높은 것으로 나타났다. 노거수의 토양 상황 분야는 총 7개 지표를 포함하고, 요인분석을 통해 2개 주성분으로 구분된다. 위와 같은 가중치 계산 방법으로 산출된 토성, 산도, 토양 건습도, 유기물, 전질소, 유효인산, 양이온 치환용량의 가중치 벡터는 $w_i=[0.16, 0.19, 0.20, 0.14, 0.18, 0.11, 0.02]^T$ 이다. 따라서 토양 상황 분야 세부 지표의 위험도 순위는 토양 건습도>산도>전질소>토성>유기물>유효인산>양이온 치환용량 순으로 나타났다. 토양건습도는 나무뿌리의 분포와 생장에 직접 영향을 미칠 수 있어서 위험 정도가 가장 높다. 토양 산도도 영양성분의 유효성, 토양의 구조, 나무의 성장과 상관성이 많아서 매우 중요한 위험지표로 나타났다.

Table 9를 보면 KMO는 0.765>0.5이고, Bartlett는 0.001로 주성분 추출이 가능한 조건으로 판단되었다. Cronbach 알파 계수는 0.737로 신뢰성이 높은 것으로 나타났다. 노거수의 토양 상황 분야는 총 6개 지표이며, 요인분석을 통해 2개 주성분으로 구분된다. 위와 같은 가중치 계산 방법으로 산출된 낙뢰, 우박, 수재, 강한 바람, 가뭄, 오존 등의 가중치 벡터는 $w_i=[0.25, 0.24, 0.22, 0.02, 0.16, 0.11]^T$ 이다. 따라서 기후변화 분야 세부 지표의 위험도 순위는 낙뢰>우박>수재>가뭄>오존>강풍으로 나타났다. 낙뢰의 전류는 고온을 발생시켜 노거수에 큰 위험을 가하게 된다.

Table 10을 보면 KMO는 0.815>0.5이고, Bartlett이 0.000으

Table 9. Climate change index's PCA result

Climate change	Component	
	1	2
Thunder	0.609	0.448
Hail	0.443	0.589
Flood	0.713	0.222
Drought	0.641	-0.576
Strong wind	0.825	-0.169
Ozone injury	0.726	-0.253
Intrinsic value	2.694	1.021
Proportion(%)	44.905	17.012
Cumulation(%)	44.905	61.917
KMO	0.765	
Bartlett	0.001	
Cronbach	0.737	

Table 10 Management status index's PCA result

Management status	Component		
	1	2	3
Disease and insect pest control	0.648	0.331	-0.124
Trees' surgery	0.639	0.401	0.089
Precision survey	0.857	-0.048	0.013
Tree pruning	0.095	0.491	0.819
Management register	0.745	-0.356	0.087
Trees' surgery	0.053	0.717	-0.539
Nutrition supply	0.833	-0.111	-0.052
Support structure	0.744	-0.210	-0.078
Intrinsic value	3.378	1.211	1.001
Proportion(%)	42.221	15.139	12.517
Cumulation(%)	42.221	57.359	69.877
KMO	0.815		
Bartlett	0.000		
Cronbach	0.767		

로 주성분 추출이 가능한 조건을 판단되었다. Cronbach 알파 계수는 0.767로 신뢰성이 높은 것으로 나타났다. 노거수의 관리 상태 분야는 총 8개 지표를 포함하고, 요인분석을 통해 3개 성분으로 나눈다. 위와 같은 가중치 계산 방법으로 산출된 병충해 방제, 외과수술 흔적, 정밀조사 실시, 가지치기, 관리대장 작성, 업무 순환주기, 영양공급 주기, 지주대 설치의 가중치 벡터는 $w_i = [0.14, 0.17, 0.16, 0.15, 0.11, 0.03, 0.13, 0.11]^T$ 이다. 따라서 노거수의 관리상태 분야 세부 지표의 위험도 순위는 외과수술 흔적>정밀조사 실시>가지치기>병충해 방제>영양공급 주기>관리대장 작성>지주대 설치>업무 순환주기 순으로 나타났다. 외과수술을 받은 노거수의 수술 주변 부위를 조사해 보면

대부분 고사되거나 몹시 쇠약한 형태로 나타났다(Ha, 2003). 그러므로 외과수술의 실시는 일정한 조건을 만족시켜야 하면 그렇지 않으면 매우 위험한 행위가 된다.

마지막으로 대분야와 세부 지표의 가중치를 곱하면 이 지표의 최종 가중치를 산정할 수 있다(Table 11 참조). 분석결과, 수간부패상태(0.066)의 위험도가 가장 높게 나타났으며, 수세(0.062), 낙엽상태(0.047), 공동(0.043) 등의 순으로 나타났다. 나무 수령의 증가에 따라 가지의 신장과 발아는 뿌리에서 받는 영양성분을 많이 소모하게 되고, 보충이 부족하면 수세가 약해진다. 그러므로 향후 노거수를 보호하기 위해 수간부패 상태를 진단한 후 결과에 따라 수세 회복을 위해 적당한 영양공급 수

Table 11. The total weight and ranking of each index

Section (w_i)	Subsection	w_j	Formula	Total w_j	Priority
Individual-aging (0.39)	Tree vigo(u)r	0.16	0.16×0.39	0.062	2
	Trunk rotting status	0.17	0.17×0.39	0.066	1
	Branches' dead status	0.09	0.09×0.39	0.035	8
	Tree hole	0.11	0.11×0.39	0.043	4
	Crack	0.06	0.06×0.39	0.023	20
	Tree form	0.09	0.09×0.39	0.035	9
	Elongation and germination	0.10	0.10×0.39	0.039	6
	Density of branches and leaves	0.10	0.10×0.39	0.039	5
Growth environment (0.22)	Leaves' fallen status	0.12	0.12×0.39	0.047	3
	Drainage	0.14	0.14×0.22	0.031	11
	Light condition	0.16	0.16×0.22	0.035	7
	Air pollution	0.14	0.14×0.22	0.031	12
	Soil thickness	0.12	0.12×0.22	0.026	16
	Other tree species' intrusion	0.15	0.15×0.22	0.033	10
	Stamping	0.14	0.14×0.22	0.031	13
	Concrete cover	0.02	0.02×0.22	0.004	43
Diseases and insect pests (0.14)	Biological diversity	0.09	0.09×0.22	0.020	23
	Root competition	0.04	0.04×0.22	0.009	41
	Bacterial diseases	0.17	0.17×0.14	0.024	19
	Root pests	0.14	0.14×0.14	0.020	22
	Boring pests	0.16	0.16×0.14	0.022	21
	Defoliator	0.13	0.13×0.14	0.018	24
	Fungal disease	0.18	0.18×0.14	0.025	17
	Parasites	0.10	0.10×0.14	0.014	33
Soil condition (0.08)	Virus disease	0.12	0.12×0.14	0.017	26
	Soil property	0.16	0.16×0.08	0.013	34
	Soil pH	0.19	0.19×0.08	0.015	29
	Soil moisture level	0.20	0.20×0.08	0.016	27
	Soil organic matter	0.14	0.14×0.08	0.011	38
	Soil total nitrogen	0.18	0.18×0.08	0.014	30
	Soil effective phosphate	0.11	0.11×0.08	0.009	42
Cation exchange capacity	0.02	0.02×0.08	0.002	45	

(Table 11. Continued)

Climate change (0.11)	Thunder	0.25	0.25×0.11	0.028	14
	Hail	0.24	0.24×0.11	0.026	15
	Flood	0.22	0.22×0.11	0.024	18
	Drought	0.02	0.02×0.11	0.002	46
	Strong wind	0.16	0.16×0.11	0.018	25
	Ozone injury	0.11	0.11×0.11	0.012	36
Management status (0.09)	Disease and insect pest control	0.14	0.14×0.09	0.013	35
	Management cycle	0.17	0.17×0.09	0.015	28
	Precision survey	0.16	0.16×0.09	0.014	31
	Tree pruning	0.15	0.15×0.09	0.014	32
	Management register	0.11	0.11×0.09	0.010	39
	Trees' surgery	0.03	0.03×0.09	0.003	44
	Nutrition supply	0.13	0.13×0.09	0.012	37
Support structure	0.11	0.11×0.09	0.010	40	

단을 강구하여야 한다.

V. 결론

노거수의 위험 평가 시스템 구축을 위해 6개 대분야 및 46개 지표 등 평가 요소를 2계층으로 나누어 실시하였다. 본 연구는 자체, 자연, 인위 등 위험 요인으로 인한 노거수의 위험도 평가를 위해 AHP 기법을 이용하여 각 위험 인자의 가중치를 구하고, PCA 기법을 이용하여 세부 지표층 인자의 평가 요소를 추출한 후 위험도를 산출하였다.

AHP 기법을 통해 6개 대분야의 분석 결과, 노거수는 오랜 세월 동안 영향을 받은 주변 환경 및 인위적인 손상에 의해 자체노화가 진행되어 위험 요소가 축적되어 온 것으로 나타났다. 노거수에 가해진 자연적 인위적인 원인과 상관성이 있는 생육 환경, 수목병해충, 토양상황은 관리상태보다 위험 정도가 더 높게 나타났다.

델파이 방법으로 6개 대분야를 각 9개, 9개, 8개, 7개, 6개, 8개의 총 46개 세부 평가지표를 선정한 후 PCA 기법을 활용하여 각 평가지표별 수간의 부패, 수광 상태, 진균 병해, 토양 건습도, 낙뢰, 외과수술 흔적 등이 가장 중요한 지표 인자로 나타나 보호 관리 시 이들 문제를 우선적으로 고려하여야 한다. PCA 기법은 평가과정을 간단하게 하고, 지표간의 오차를 최소화 할 수 있도록 하여 평가 결과에 정확성과 객관성을 부여한다. 전체 평가지표의 최종 가중치 및 우선순위를 도출하였으며, 수간의 부패 상태, 수세, 낙엽 상태, 공동 등에 대한 위험 인자는 후속 연구를 통해 평가등급을 설정하여 위험도 평가를 수행하여야 한다.

본 연구 결과는 노거수 각 세부 지표의 상대적 중요도 및 우선 순위를 설정하여 건강 위험도 평가에 유용하게 적용할 수

있다고 판단된다. 각 평가지표에 대한 정량 평가는 노거수 관리에 있어 무엇이 부족한지 정확한 파악을 가능하게 하여 적합한 보호관리 방안 수립이 가능하다. 후속연구로 가장 위험도가 높게 인지되는 인자, 예를 들어, 수간 부패의 경우 수피 부패 비율에 따라 위험도 등급을 정량화하고, 치료 대책을 수립하여야 한다.

References

- Bakken, S. R.(1986) Tree Hazard Control Program: Guidelines and Standards for the California Department of Parks and Recreation, The Resources Agency, Sacramento, CA.
- Cho, M. C.(2010) A Study on Application and Development of Health Index for Old and Big Trees, Master Dissertation, The Graduate School Gyeongsang National University, Korea.
- Dean, A. K., W. G. John and D. C. David(2000) Tree condition associated with topping in southern illinois communities J. Journal of Arboriculture 6(2): 87-91.
- Gao, Q. J., F. B. Yan and B. Chi(2011) Application of AHP in data quality appraising, Information Technology 3: 168-173.
- Gary, W. H., E. Perry and R. Evens(1995) Validation of a tree failure evaluation system, Journal of Arboriculture 21(5): 233-234.
- Ha, T. J.(2003) A Study of the Growth of Large Old-Growth and Giant Trees and the Formation of Calloses After Surgery on the Trees, Graduate School of Sangmyung University, Korea.
- Jung, C. Y. and I. G. Choe(2001) Statistical Analysis by Using SPSSWIN, Muyokpub.
- Jung, J. S.(2008) A Study on the Surgery Condition and Conservation Management Measures in Old-growth and Giant Trees, Ph.D. Dissertation, The Graduate School Sangmyung University, Korea.
- Kaiser, H. F.(1974) An index of factorial simplicity, Psychometrika 39: 31-36.
- Kang, B. G.(2014) The Assessment of Tree Risk of Mulgun-ri Forest(Monument No. 150) of Namhae in Korea, Graduate School of Gyeongnam National University, Korea.
- Kang, H. C., J. H. Lee, K. S. Lee and Y. B. Sagong(2002) An

- evaluation of the vitality and environmental of old-growth and giant trees on the rural area in Jinju. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 20(4): 27-36.
12. Kang, J. Y., S. W. Kim, Y. C. Kim and J. K. Kim(1997) Preservation of Forest Environment. Hyangmoonsa: pp.15-25.
 13. Kang, Z. S.(2010) Current status and development strategy for research on plant fungal diseases in China. *Plant Protection* 36(3): 9-12.
 14. Kim, S. H. and S. H. Kim(1995) A study on the protection trees concerning the present condition and the citizen's consciousness in Pusan. *Depri* 18(1): 121-140.
 15. Kim, S. H. and S. H. Kim(1995) A study on the protection trees concerning the present condition and the citizen's consciousness in Pusan. *Depri* 18(1): 121-140.
 16. Kim, Y. S., W. H. Lee, J. W. Ra and Y. H. Yoon(1996) Study on the protection and practical use of big and old tree. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 14(2): 1-17.
 17. Kim, Y. S., W. H. Lim, J. W. Ra and Y. H. Yoon(1996) Study on the protection and practical use of big and old tree. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 14(2): 1-18.
 18. Lee, K. J.(2015) *Arbor Medicine*. Seoul University Press.
 19. Lee, S. J.(2004) Management Guidelines of Old Monumental Trees through an Analysis of Tree Vigor and Growing Environments. Graduate School of Sang Myung University. Korea.
 20. Li, C. M., S. F. Weng, Y. Lin and R. J. Pang(2009) Advance on assessment of landscaping tree health and hazard. *Guangdong Agricultural Sciences* 7: 186-189.
 21. Liu, S., Y. B. Lu and Z. Y. Zhang(2015) Multi-index evaluation modeling method based on AHP and PCA and its application. *Information and Control* 44(4): 416-421.
 22. Liu, Y. W., Y. J. Wang, L. Liu and S. Dong(2014) Performance evaluation of control system based on the analytic hierarchy process. *Computing Technology and Automation* 33(4): 6-10.
 23. Michael, E. S.(1987) Tree health management: Evaluating trees for hazard. *Journal of Arboriculture* 13(12): 285-293.
 24. Paine, L. A.(1971) Accident hazard evaluation and control decisions on forested recreation sites: PSW-68 R. USA: USDA.
 25. Paine, L. A.(1973) Administrative goals and safety standards for hazard control oil forested recreation sites: Note PSW-160 R. Pacific Southwest Forest Range and Experiment Station, US Forest Service.
 26. Paine, L. A.(1978) Coding hazardous tree failures for a data management system: Note PSW-29 R. Pacific Southwest Forest Range and Experiment Station, US Forest Service.
 27. Park, H. C.(2010) An Analysis of Landscape Images and Satisfaction of the University Street -Focused on 'Dongdae-ro', a Dongguk University Street-. Master Dissertation, The Graduate School Dongguk University. Korea.
 28. Paul, B., F. K. David and J. S. Brain(1985) Environmental factors affecting tree health in New York city. *Journal of Arboriculture* 11(6): 185-189.
 29. Political Science Council(2002) *Encyclopedia of Political Science*. Seoul: Academia Research.
 30. Saaty, T.(2007) *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, RWS Publications.
 31. Seo, S. B.(2016) A Study on Assessment of Potential Hazards of Trees of Sanglim Forest in Hamyang, Korea. The Graduate School Gyeongsang National University. Korea.
 32. Seong, T. J. and G. J. Si(2014) *Research Methodology*. Hakjisa.
 33. Shin, H. S.(2017) Study on the Growth Condition and Potential Risks of Old-growth and Giant Trees. Ph. D. Dissertation. The Graduate School Gyeongsang National University. Korea.
 34. Weng, S. F., C. M. Li and R. J. Pang(2009) Establishment of landscaping tree health assessment model using analytic hierarchy process. *Journal of Northwest Forestry University*. 24(1): 177-181.
 35. Xia, T. T. and T. H. Kang(2017) The evaluation indexes' selection of the degree of danger from old-growth and giant trees. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 45(4): 54-61.
 36. Xiong, H. P.(1999) Study of the rejuvenation of the ancient and famous trees in south. *Journal of Wuhan Urban Construction Institute* 16(2): 6-10.
 37. Ye, Y. C., L. H. Ke and D. Y. Huang(2006) *System Comprehensive Evaluation Technology and Its Application*. Beijing: Metallurgical Industry Press 2006: 49-97.
 38. Yoo, S. H.(2001) *Soil Dictionary*. Seoul University Press.
 39. Yoon, S. R.(2003) A Study on the Effect of Treatment in Old and Big Trees. Master Dissertation. The Graduate School Gyeongsang National University. Korea.
 40. Zhao, J. H.(2014) A preliminary study on the cause of decay and death of ancient tree. *Journal of Green Science and Technology* 4: 119-120.
 41. Doopedia.co.kr (Old tree's concept)
 42. <http://www.baike.com/wiki> (Tree disease)
 43. <http://www.bjyl.gov.cn> (Evaluation Standard of Old-growth and Giant Trees)

Received : 24 October, 2017

Revised : 01 December, 2017 (1st)

19 December, 2017 (2nd)

Accepted : 19 December, 2017

3인익명 심사필