

灰色关联度分析在树种综合评价中的应用

张春锋¹, 殷鸣放^{1*}, 刘海荣¹, 滕德奖², 王金英³

(1. 沈阳农业大学 林学院, 沈阳 110161; 2. 辽宁北方园林工程有限公司, 沈阳 110161; 3. 抚顺市林科所, 辽宁 抚顺 113008)

摘要:城市绿化树种的综合评价, 一直以来都是困扰园林工作者的难题。本文以哈尔滨市主要绿化树种(其中的40种)的生态功能(10个主要指标)综合描述和量化评估为例, 较全面、系统地介绍了灰色关联度分析方法在树种综合评价中的应用。

关键词:绿化树种; 灰色关联分析; 生态功能

中图分类号:S718.56 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2007)01-0070-04

Grey Relational Analysis in the Comprehensive Appraisal to Tree Species

ZHANG Chun-feng¹, YIN Ming-fang¹, LIU Hai-rong¹, TENG De-jiang², WANG Jin-ying³

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. Liaoning North Botanical Garden Project INC, Shenyang, Liaoning 110161, China; 3. Fushun Forestry Research Institute, Fushun, Liaoning 113008, China)

Abstract: The comprehensive appraisal to urban greening tree species is always a problem troubled botanical garden workers. This article takes comprehensive description and quantitative appraisal to ecological function (10 main items) of the main greening tree species (40 of them) in Harbin as example to analyze the application of grey relational analysis more comprehensively and systematically in the comprehensive appraisal to tree species.

Key words: greening tree species; grey relational analysis; ecological function

随着我国城市建设的快速发展, 城市化进程已经进入一个新的阶段。城市居民对其生存空间也有了更高水平的需求, 希望通过城市绿化来美化环境, 减少城市环境中的大量有害气体、灰尘等环境污染。城市森林生态系统的建立应该在充分认识城市绿化树种的生态学特性基础上, 对树种进行合理的选择与搭配^[1,2], 而对树种的综合评价是实现这一目标的前提。灰色系统分析方法针对不同问题性质有几种不同做法, 灰色关联度分析是其中的一种。本文以哈尔滨市主要绿化树种各生态功能的综合评价为例, 运用灰色关联度分析方法对树种进行综合评价。旨在为哈尔滨市树种选择提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本文以东北林业大学孙海燕的硕士论文《哈尔滨市城郊森林生态网络体系建设中树种选择的研究^[5]》中所测树种为主要的研究对象。由于城市环

境的特殊性(人口密集、空气降尘严重、化石燃料燃烧产生大量的二氧化碳和二氧化硫等有害气体), 在城市园林绿化过程中, 人们更加关注树木的固碳释氧、降温增湿、滞尘、杀菌、吸收重金属及有害气体几个方面, 因此本文就这几个方面对树种进行综合的评价, 具体树种和指标量化值见表1。

2 分析方法

2.1 确定参考树种

按灰色系统理论把参加试验的40种树视为一个灰色系统, 每个树种即为该系统中的一个因素。根据城市绿化生态效益的目标, 构造一个理想的参考树种(表1), 其各项指标所构成的数列为参考数列 $X_0(k)$ (其主要生态指标优于或等于参试品种)。参试树种各项生态指标构成的数列为比较数列 $X_i(k)$ ($i=1, 2, \dots, n$, 其中 n 为树种^[3]。

2.2 初值化处理

考虑到同一树种不同生态指标大小及单位差异

收稿日期: 2006-02-22 修回日期: 2006-03-18

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(90411019), 中科院引进国外杰出人才项目(KOTCK-03970250), 中科院沈阳生态所知识创新工程(C12MC-SCXMS013)

作者简介: 张春锋(1981-), 男, 辽宁海城人, 在读硕士研究生。

* 通讯作者: 殷鸣放(1957-), 教授, 从事森林经营方面的教学与科研工作。

甚大,为便于关联分析,必须将原始数据进行初值化 初值化成介于 0 至 1 之间的数据最佳。
处理,即用 $X0(k)$ 数列分别除 $Xi(k)$ 数列,将各数据

表 1 参考树种与参试树种的生态指标

Table 1 The ecological items of referred and subjected tree species

树种 名称	学 名	/g · m ⁻² · d ⁻¹			/mg · g ⁻¹						除菌/%
		W _{H2O}	滞尘	W _{CO2}	含硫	铅	镉	铬	汞	砷	
X0(k)		3145.99	1.55	16.23	13.25	13.09	0.73	12.26	0.77	13.74	89.74
旱柳	<i>Salix matsudana</i>	759.91	0.07	5.72	13.25	7.83	0.73	11.27	0.32	7.80	56.25
银中杨	<i>Populus alba</i> × <i>P. berolinensis</i>	2462.47	0.19	14.26	2.69	6.70	0.55	5.67	0.07	9.09	17.86
白桦	<i>Betula platyphylla</i>	1359.07	0.10	10.25	0.73	13.09	0.33	5.22	0.18	6.54	27.27
蒙古栎	<i>Quercus mongolica</i>	1151.37	0.06	3.02	1.25	4.89	0.15	3.85	0.40	8.00	15.96
榆树	<i>Ulmus pumila</i>	2154.82	0.23	16.23	1.68	7.97	0.13	7.08	0.05	13.38	33.33
垂枝榆	<i>Ulmus pumila</i> var. <i>pendula</i>	1753.94	0.09	13.86	2.69	11.88	0.07	7.74	0.01	10.79	45.31
山梅花	<i>Philadelphus incanus</i>	648.97	0.07	4.41	1.38	2.33	0.04	3.88	0.25	2.60	82.05
秋子梨	<i>Pyrus ussuriensis</i>	729.68	0.08	4.98	0.84	5.68	0.09	5.16	0.21	4.07	76.92
稠李	<i>Padus racemosa</i>	1222.67	0.07	7.24	1.67	5.76	0.05	3.56	0.11	3.40	65.08
山桃稠李	<i>Padus maackii</i>	848.45	0.25	7.13	1.50	6.55	0.09	7.60	0.05	8.04	66.10
杏	<i>Armeniaca vulgaris</i>	1547.77	0.10	8.90	1.52	5.45	0.08	5.47	0.09	13.74	18.75
李	<i>Prunus salicina</i>	897.34	0.10	5.20	1.05	5.86	0.05	7.05	0.08	8.63	36.50
山楂	<i>Crataegus pinnatifida</i>	879.34	0.10	4.75	1.42	2.82	0.04	2.92	0.17	1.80	60.00
花楸	<i>Sorbus pohuashanensis</i>	1614.17	0.08	6.20	0.84	2.94	0.03	5.40	0.16	3.50	71.43
珍珠梅	<i>Sorbaria sorbifolia</i>	1466.19	0.17	8.42	1.33	8.55	0.08	6.69	0.02	5.73	59.52
榆叶梅	<i>Amygdalus triloba</i>	1367.71	1.55	10.50	1.13	7.51	0.13	10.18	0.77	4.91	66.67
毛樱桃	<i>Cerasus tomentosa</i>	1659.92	0.13	4.47	1.92	3.55	0.04	4.73	0.08	3.10	88.89
黄刺玫	<i>Rosa xanthina</i>	2320.27	0.10	14.58	1.47	1.62	0.08	5.65	0.07	5.30	37.01
绣线菊	<i>Spiraea</i> sp.	3145.99	0.07	10.04	1.45	5.03	0.13	5.14	0.21	5.56	72.11
荆条	<i>Amorpha fruticosa</i>	1248.12	0.09	6.80	2.08	1.96	0.03	2.84	0.08	2.60	66.67
山皂荚	<i>Gleditsia japonica</i>	817.70	0.03	8.33	1.56	3.06	0.03	4.08	0.12	3.00	12.50
树锦鸡儿	<i>Caragana arborescens</i>	1855.62	0.17	10.70	2.44	9.18	0.07	5.00	0.16	2.30	30.77
黄菠萝	<i>Phellodendron amurense</i>	645.05	0.07	5.23	6.42	4.00	0.04	12.26	0.45	10.56	23.40
火炬树	<i>Rhus typhina</i>	2459.29	0.57	15.39	1.75	3.06	0.04	2.97	0.10	2.60	26.58
糖槭	<i>Acer negundo</i>	1735.78	0.15	15.38	2.00	7.21	0.17	10.00	0.01	5.77	72.92
色木槭	<i>Acer mono</i>	646.06	0.07	3.70	1.17	8.21	0.10	4.35	0.14	3.80	57.14
文冠果	<i>Xanthoceras sorbifolia</i>	2779.63	0.06	15.53	3.15	2.94	0.04	3.47	0.30	3.20	52.27
华北卫矛	<i>Euonymus maackii</i>	1148.58	0.03	7.73	4.95	7.41	0.10	9.35	0.09	5.92	38.50
紫椴	<i>Tilia amurensis</i>	399.58	0.08	2.58	3.22	6.24	0.07	4.68	0.14	2.20	51.28
红瑞木	<i>Swida alba</i>	1126.24	0.10	7.67	8.60	4.41	0.06	4.35	0.10	2.40	86.21
水曲柳	<i>Fraxinus mandshurica</i>	931.14	0.10	5.01	3.56	6.50	0.05	6.04	0.06	3.80	74.47
东北连翘	<i>Forsythia mandshurica</i>	1416.19	0.29	10.12	1.06	3.55	0.06	3.49	0.46	2.80	89.74
水蜡	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	1101.42	0.08	6.49	4.35	7.84	0.08	7.93	0.19	7.36	58.62
暴马丁香	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>amurensis</i>	1783.69	0.08	9.49	1.94	5.35	0.08	5.82	0.00	6.23	75.17
紫丁香	<i>Syringa oblata</i>	1500.77	0.53	12.03	1.96	8.93	0.11	11.62	0.02	4.86	52.17
梓树	<i>Catalpa ovata</i>	878.94	0.08	6.10	1.98	4.53	0.20	5.38	0.09	2.30	45.00
金银忍冬	<i>Lonicera maackii</i>	851.90	0.14	5.02	2.16	8.17	0.07	5.72	0.14	2.80	57.14
接骨木	<i>Sambucus williamsii</i>	1380.85	0.14	11.39	2.40	5.60	0.08	7.30	0.27	5.63	9.09
锦带花	<i>Weigela florida</i>	911.66	0.23	8.03	1.44	2.20	0.06	3.59	0.13	2.60	32.17
天目琼花	<i>Viburnum sargentii</i>	958.39	0.17	5.25	3.67	2.45	0.10	4.23	0.06	2.60	66.84

2.3 两个层次关联系数 $\xi_i(k)$ 的计算

首先根据表 2 由 $\Delta i(k) = |X0(k) - Xi(k)|$ ($i = 1, 2, \dots, 40, k = 1, 2, \dots, 10$) 分别计算出 $X0(k)$ 与 $Xi(k)$ 各对应点差的绝对值,从结果中可以找到两层最小差和两层最大差如下:

$$\min_i \min_k \Delta i(k) = 0 \qquad \max_i \max_k \Delta i(k) = 0.99$$

将求得的两层差值代入公式:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta i(k) + \rho \cdot \max_i \max_k \Delta i(k)}{\Delta i(k) + \rho \cdot \max_i \max_k \Delta i(k)} \tag{1}$$

式中: ρ 为分辨系数,取值介于 0 ~ 1 之间,一般取 $\rho = 0.5$,分辨系数设定值对关联度并没有影响,但一般以关联系数 $\xi_i(k)$ 小于 1 为原则^[3]。则:

$$\xi_i(k) = \frac{0 + 0.5 \times 0.99}{\Delta i(k) + 0.5 \times 0.99}$$

将相对应的 $\Delta i(k)$ 值代入上式,即可得到 $X0$

(k) 对应 $X_i(k)$ 各生态指标的关联系数^[4], 结果列入 表 2。

表 2 各生态指标的灰色关联系数

Table 2 The grey relational coefficients of ecological items

树种名称	W_{H_2O}	滞尘	W_{CO_2}	含硫	铅	镉	铬	汞	砷	除菌
旱柳	0.39	0.34	0.43	1.00	0.55	1.00	0.86	0.46	0.53	0.57
银中杨	0.69	0.36	0.80	0.38	0.50	0.66	0.48	0.35	0.59	0.38
白桦	0.47	0.35	0.57	0.34	1.00	0.48	0.46	0.39	0.49	0.42
蒙古栎	0.44	0.34	0.38	0.35	0.44	0.38	0.42	0.51	0.54	0.38
榆树	0.61	0.37	1.00	0.36	0.56	0.37	0.54	0.35	0.95	0.44
垂枝榆	0.53	0.34	0.77	0.38	0.84	0.35	0.57	0.33	0.70	0.50
山梅花	0.38	0.34	0.40	0.36	0.38	0.34	0.42	0.42	0.38	0.85
秋子梨	0.39	0.34	0.42	0.35	0.47	0.36	0.46	0.41	0.41	0.78
稠李	0.45	0.34	0.47	0.36	0.47	0.35	0.41	0.36	0.40	0.64
山桃稠李	0.40	0.37	0.47	0.36	0.50	0.36	0.57	0.35	0.54	0.65
杏	0.49	0.35	0.52	0.36	0.46	0.36	0.47	0.36	1.00	0.38
李	0.41	0.35	0.42	0.35	0.47	0.35	0.54	0.36	0.57	0.45
山楂	0.41	0.35	0.41	0.36	0.39	0.34	0.39	0.39	0.36	0.60
花楸	0.50	0.34	0.44	0.35	0.39	0.34	0.47	0.39	0.40	0.71
珍珠梅	0.48	0.36	0.51	0.35	0.59	0.36	0.52	0.34	0.46	0.60
榆叶梅	0.47	1.00	0.58	0.35	0.54	0.38	0.74	1.00	0.44	0.66
毛樱桃	0.51	0.35	0.41	0.37	0.40	0.34	0.45	0.35	0.39	0.98
黄刺梅	0.65	0.35	0.83	0.36	0.36	0.36	0.48	0.35	0.45	0.46
绣线菊	1.00	0.34	0.56	0.36	0.45	0.37	0.46	0.40	0.45	0.72
紫穗槐	0.45	0.34	0.46	0.37	0.37	0.34	0.39	0.35	0.38	0.66
山皂荚	0.40	0.34	0.50	0.36	0.39	0.34	0.43	0.37	0.39	0.37
树锦鸡儿	0.55	0.36	0.59	0.38	0.62	0.35	0.46	0.38	0.37	0.43
黄刺楸	0.38	0.34	0.42	0.49	0.42	0.34	1.00	0.54	0.68	0.40
火炬树	0.69	0.44	0.91	0.36	0.39	0.34	0.40	0.36	0.38	0.41
糖槭	0.52	0.35	0.90	0.37	0.52	0.39	0.73	0.34	0.46	0.73
色木槭	0.38	0.34	0.39	0.35	0.57	0.36	0.43	0.38	0.41	0.58
文冠果	0.81	0.34	0.92	0.39	0.39	0.34	0.41	0.45	0.39	0.54
华北卫矛	0.44	0.34	0.49	0.44	0.53	0.36	0.68	0.36	0.47	0.46
紫椴	0.36	0.34	0.37	0.40	0.49	0.35	0.44	0.38	0.37	0.54
红端木	0.44	0.35	0.48	0.59	0.43	0.35	0.43	0.36	0.37	0.93
水曲柳	0.41	0.35	0.42	0.40	0.50	0.35	0.49	0.35	0.41	0.74
东北连翘	0.47	0.38	0.57	0.35	0.40	0.35	0.41	0.55	0.38	1.00
水蜡	0.43	0.34	0.45	0.42	0.55	0.36	0.58	0.40	0.52	0.59
暴马丁香	0.53	0.34	0.54	0.37	0.46	0.36	0.49	0.33	0.48	0.75
紫丁香	0.49	0.43	0.66	0.37	0.61	0.37	0.90	0.34	0.43	0.54
梓树	0.41	0.34	0.44	0.37	0.43	0.41	0.47	0.36	0.37	0.50
金银忍冬	0.40	0.35	0.42	0.37	0.57	0.36	0.48	0.38	0.38	0.58
接骨木	0.47	0.35	0.62	0.38	0.46	0.36	0.55	0.43	0.46	0.36
锦带花	0.41	0.37	0.50	0.36	0.37	0.35	0.41	0.37	0.38	0.44
天目琼花	0.42	0.36	0.42	0.41	0.38	0.36	0.43	0.35	0.38	0.66
W_k	0.15	0.35	0.06	0.24	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.12

2.4 关联度的计算

将算出的各关联系数代入公式:

$$R_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \quad (2)$$

即可得出各参试树种的等权关联度,但在实际的应用过程中对各生态指标有不同的重视程度,如对于城市中的绿化而言,人们更加关注绿化树种的滞尘作用,而对于吸收重金属的能力相对来说重视的程度要差一些,因此根据城市绿化的主要目标、集中专家的经验与意见,确定出各指标的权重系数 W_k (表 2),从而使树种的综合评价更有意义。利用公

式:

$$R_i' = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N W_k \xi_i(k) \quad (3)$$

计算出加权关联度。等权关联度和加权关联度及关联序见表 3。

2.5 关联分析与评价

由表 3 可看出,按照灰色系统理论关联度分析原理,关联度大的数列与参考数列最为接近^[6],通过各树种每个生态指标的关联系数大小,可以明确各树种的优劣。由加权关联度排序可知,榆叶梅关联系数最大为 0.674 0,其次是旱柳关联度为 0.574

2,再次是绣线菊关联度 0.513 4; 他们与理想品种较接近,说明综合生态功能优良,是哈尔滨城市绿化的适宜树种。而以山皂荚和蒙古栎的关联度最小,

分别为 0.372 5、0.378 7。发挥生态效益的能力也最差,其他树种表现居中。

表3 参试树种与参考树种的关联度及关联序

Table 3 The relational grades and orders of subjected and referred

树种名称	等权 关联度	等权 关联序	加权 关联度	加权 关联序	树种名称	等权 关联度	等权 关联序	加权 关联度	加权 关联序
旱柳	0.614 3	2	0.574 2	2	山皂荚	0.388 3	40	0.372 5	40
银中杨	0.521 3	6	0.463 3	12	树锦鸡儿	0.449 2	23	0.424 1	22
白桦	0.496 2	11	0.408 7	29	黄菠萝	0.502 1	9	0.421 8	24
蒙古栎	0.41 8	33	0.378 7	39	火炬树	0.468 9	15	0.482 2	6
榆树	0.554 9	3	0.469 6	9	糖槭	0.531 9	5	0.476 3	8
垂枝榆	0.533 0	4	0.448 6	14	色木槭	0.419 8	32	0.393 1	34
山梅花	0.427 9	29	0.424 1	21	文冠果	0.498 6	10	0.490 9	5
秋子梨	0.438 0	26	0.417 9	25	华北卫矛	0.456 2	20	0.417 3	26
稠李	0.425 3	31	0.414 4	28	紫椴	0.403 7	37	0.392 2	36
山桃稠李	0.457 1	19	0.424 8	20	红瑞木	0.472 5	14	0.501 9	4
杏	0.475 1	13	0.406 3	31	水曲柳	0.441 7	25	0.431 9	16
李	0.426 4	30	0.387 4	38	东北连翘	0.486 9	12	0.479 3	7
山楂	0.399 6	38	0.398 1	33	水蜡	0.464 5	17	0.427 7	17
花椒	0.432 9	27	0.426 2	18	暴马丁香	0.464 6	16	0.449 2	13
珍珠梅	0.455 9	21	0.425 1	19	紫丁香	0.513 2	7	0.463 5	11
榆叶梅	0.615 4	1	0.674 0	1	梓树	0.409 6	36	0.392 5	35
毛樱桃	0.455 3	22	0.464 3	10	金银忍冬	0.428 8	28	0.406 6	30
黄刺梅	0.463 7	18	0.445 3	15	接骨木	0.443 5	24	0.404 5	32
绣线菊	0.511 6	8	0.513 4	3	锦带花	0.395 4	39	0.391 6	37
紫穗槐	0.411 5	35	0.416 4	27	天目琼花	0.416 2	34	0.423 8	23

3 结论与讨论

应用灰色关联度分析法,对 40 种树木的 10 个主要生态指标进行综合评价,分析结果表明,榆叶梅、旱柳、绣线菊、红瑞木、文冠果的 10 项生态指标的综合效果较好,而锦带花、李、蒙古栎、山皂荚的综合效果较差,因此,建议哈尔滨市在城市绿化树种的选择上,应以榆叶梅等生态效益较好的树种为主,而生态效益相对较差的树种作为点缀树种少量栽植,以增加树种的多样性。

灰色关联度分析法能客观、正确、全面地评价各个树种的优劣,解决了树种评价中,长期以来难以解决的问题,因此用这种分析方法对树种进行综合评价,具有重要的现实意义。

利用灰色关联度分析方法评价城市绿化树种,等权关联度与加权关联度之间存在一定差异,等权关联度的分析在实践中应用价值不大^[5],分析结果也具有一定的片面性,而加权关联度的分析十分有效,与实际比较吻合^[7,8]。

应用灰色关联度分析方法评价城市绿化树种的关键是理想树种的构建、指标的选择及各指标权重系数的确定,这三者均能影响评估结果的可靠

性^[1]。因此,在实际应用过程中,各地应根据自身需要不断探索和完善这 3 个方面,使评价结果更加准确和客观,为树种的合理应用提供理论依据^[9]。

参考文献:

- [1] 鲁敏,张月华.城市特定环境条件和用途的绿化树种选择[J].辽宁林业科技,2003(3):28-30.
- [2] 韩铁,高润宏,刘子龙,等.北方城市森林绿地植物群落的树种选择与配置[J].内蒙古农业大学学报,2004,29(3):9-13.
- [3] 刘辉,侯乐新.灰色关联度分析法在啉大麦育种中的应用[J].作物杂志,2001,(6):-15-18.
- [4] 陈举林,刘桂玲.灰色关联度分析在玉米高产育种中的应用[J].农业系统科学与综合研究,1993,9(2):143-145.
- [5] 孙海燕.哈尔滨市城郊森林生态网络体系建设中树种选择的研究[D].硕士论文.哈尔滨:东北林业大学,2005.6.
- [6] 刘录祥,孙其信.灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J].中国农业科学,1989,22(3):22-24.
- [7] 郭天财.四种类型小麦品种的灰色关联度分析[J].河南农业大学学报,1992,26(3):228-234.
- [8] 吴健明.灰色关联度分析法应用于水稻新品种综合评估的探讨[J].种子,1990,(3):33-35.
- [9] 田伯红,徐玉鹏,李雅静,刘全凤,王静.灰色关联度分析在草地早熟禾品种评价上的应用[J].草业科学,2005,22(7):86-89.