

云南滇中三县城道路绿地树种综合评价

彭艳青

昆明城市学院 云南 昆明 650000

【摘要】：根据研究区域的气候气象特征，自然条件等，选取评价因子，并确定评价体系，建立道路绿地应用树种的灰色综合评价分级模型对其进行综合分析评价。构建云南滇中三个县城道路绿地行道树种综合评价体系，即用灰色关联分析法中的关联度经后归一化处理后作为逼近理想解法中各性状的权重，同时将两种方法的结果排序进行比较分析，最终得出三个县城树种的分级结果，为云南滇中县城行道树选择提供可靠的科学依据和理论依据。

【关键词】：云南滇中县城；道路绿地；树种；评价

Comprehensive Evaluation of Road Green Space Tree Species in Three Counties in Central Yunnan

Yanqing Peng

Kunming City College Yunnan Kunming 650000

Abstract: According to the climatic and meteorological characteristics and natural conditions of the study area, the evaluation factors are selected, and the evaluation system is determined. The grey comprehensive evaluation grading model of applied tree species in road green space is established for comprehensive analysis and evaluation. A comprehensive evaluation system of roadside tree species in three county towns in central Yunnan was established, that is, the correlation degree in grey correlation analysis was normalized and used as the weight of each character in the approximate ideal solution. At the same time, the results of the two methods were compared and analyzed, and finally the classification results of tree species in three county towns were obtained, which provided reliable scientific and theoretical basis for the selection of roadside trees in central Yunnan.

Keywords: Yunnan Central County; Road green space; Tree species; Evaluate

1 三县城道路绿地植物现状

新平县城行道树中应用相对较多的乔木，有天竺桂、香樟、乐昌含笑、小叶榕、垂叶榕、石楠、雄黄豆 7 种。灌木有清香木、叶子花，红叶石楠、假连翘、红花檵木 5 种。

禄劝县城行道树中应用相对较多的乔木仅有香樟、云南樟、垂叶榕、小叶榕、乐昌含笑 5 种。灌木有假连翘、小叶女贞、红花檵木、黄花槐、萼苣荬花 5 种。

通海县城行道树中应用相对较多的乔木仅有天竺桂、悬铃木、小叶榕、黄葛榕 4 种，灌木有假连翘、云南黄素馨、清香木、小叶女贞 4 种。

2 评价指标体系结构模型的构建

在对新平、禄劝、通海 3 个县城道路绿地现状调查的基础上，对 3 个县城的道路绿地常用行道树种的特性及用途进行系统分析，综合 3 个县城立体条件和各类树种实际生长情况等进行分析，并咨询相关专家，确定出评价指标因子为：生态适应性、观赏性、抗病虫害性、生态效益、抗污染能力、抗寒性、抗旱性、经济效益 8 个。以上指标均为定性性状，为使指标量化，更科学和全面，对树种打分应由园林、植物专家、使用者和城市居民等共同完成。本研究以此指标体系为基准，对滇中 3 个县城道路绿地常用行道树种因子分别进行打分，县城

道路绿地常用植物评价因子按所属程度的强弱分别打 10、9、8、7、6、5、4、3、2、1 分。即可得出量化指标（样本数据）

2.1 灰色关联度分析方法

按照灰色系统理论，分别将选取的所有树种均整体看作一个灰色系统，每个县城和参评树种为该系统中的一个因素。建立评价模型：

$$R_i = \sum_{k=1}^n \tilde{c}_{ii}^k (K) \bullet W(K) \quad (i=1, 2, 3 \dots m) \quad \square \text{ (公式 1)}$$

式中，k——评价指标个数；

w——第 i 个评价指标的权重值。

本研究中，分别选取滇中 3 个县城道路绿地常用树种进行综合评价，具体步骤详述如下。

2.2 构造参考数列和比较数列

设 X_i 为系统因素，其在序号 k 上的观测数据为 $X_i(k)$ ， $k=1, 2, 3, n$ ，则称 $X_i = (x_i(1), x_i(2), x_i(3) \dots x_i(n))$ 为因素 X_i 的行为系列；若 k 为指标序号， $X_i(k)$ 为因素 X_i 关于第 k 个指标的观测数据，则 $X_i = (x_i(1), x_i(2), x_i(3) \dots x_i(n))$ 为因素 X_i 的行为序列。

根据上述定义，结合树种选择目标以及各性状特征，设有 m 个样本（树种），n 个性状指标（评价指标），构造参考数

列和比较数列。

参考数列：参考数列一般是由所有指标的极值构成，对于高优指标，则指标越大越好， $x_0(j) = \max(X_{ij})$ ($i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, n$)；对于低优指标，指标越小越好， $x_0(j) = \min(X_{ij})$ ($i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, n$)。显然，上面所有性状指标都是越显著越好，即采用高优指标来确定参考树种，以参考树种的各性状指标 K_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$, n 为性状数) 构成参考数列，记作 X_0 ，即 $X_0(K_j) = \{X_0(K_1), X_0(K_2) \dots X_0(K_n)\}$ (j 树种=1, 2, 3...8)。

比较数列：以待评价数列，即参评树种的各性状指标 K_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$, n 为性状，构成比较数列。)

表1 参考树种与参评树种主要性状指标 (原始数据)

Table1 Data of main properties of the evaluated tree species and reference variet

0	参考树种	10	10	10	10	10	10	10	10
1	天竺桂	8	6	7	8	7	6	8	8
2	乐昌含笑	7	7	7	7	7	7	7	6
3	小叶榕	7	5	5	7	9	5	8	5
4	石楠	9	9	9	9	9	9	9	9
5	加拿利海枣	8	8	7	9	9	8	8	6
6	云南黄桷兰	8	7	6	7	8	7	7	5
7	悬铃木	8	9	9	9	9	9	9	9
8	清香木	9	9	9	9	9	9	9	8
9	假连翘	7	7	6	7	8	7	7	5
10	红叶石楠	9	9	8	9	9	9	9	6
11	薄皮木	7	6	6	9	7	7	7	7
12	双荚决明	7	6	6	8	7	7	7	6
13	栎栎	7	8	7	9	9	9	9	8
14	黄槐	7	6	7	7	7	7	7	6
15	碧松	9	9	9	9	9	9	9	7
16	广玉兰	8	9	9	9	9	9	9	6
17	垂叶榕	6	5	5	8	9	5	7	6
18	南天竹	8	7	6	9	8	6	8	5
19	银杏	8	7	7	9	9	9	9	9
20	叶子花	9	7	7	9	9	6	8	7
21	红花继木	9	9	7	9	9	8	8	7
22	小叶女贞	7	9	7	9	9	9	8	7
23	琴距花	7	6	6	6	7	6	7	5
24	香樟	9	9	9	9	9	9	9	9
25	桂花	9	9	8	9	9	9	8	9
26	滇朴	9	9	9	9	9	9	9	9
27	刺柏	7	9	8	9	9	9	9	8
28	南洋杉	7	6	6	7	7	6	8	7
29	杜鹃	9	9	8	9	9	9	8	6
30	大叶黄杨	8	6	6	6	8	7	8	6
31	八角金盘	7	7	7	8	8	7	8	6
32	羊蹄甲	7	5	6	7	7	6	7	6
33	垂柳	9	9	9	9	9	9	8	7
34	龙柏	8	9	8	9	9	9	9	6
35	拟单性木兰	8	8	8	8	8	8	8	6
36	圆柏	7	9	8	9	9	9	9	6
37	麦冬	6	8	6	8	7	6	7	5
38	肾蕨	6	7	6	8	7	7	7	5
39	冬樱花	9	9	9	7	9	9	9	7
40	小蜡	7	9	6	8	9	9	9	6
41	黄连木	9	9	9	9	9	9	9	8

2.3 对各类列进行初值化处理

根据县城选择目标及其各性状特征、应用要求，采用上限效果测度变换进行参评县城主要性状指标的无量纲化处理，得到一个新数列 (详见表2)，公式为： $(X_{ij} \leq X_{max})$ ，($1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$)，即

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{max}} \quad (j=1, 2, 3, \dots, 10) \quad (\text{公式2})$$

其中， Y_{ij} 为第 i 个县城的第 j 个性状指标值， X_{max} 为指标数据的最大值， X_{min} 表示指标数据中的最小值； X_{0j} 表示指标数据的适宜值或叫样本参考值。

表2 无量纲化处理

Table2 Data disposal of the main traits with non-dimensional change

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
观赏性	生态适应性	生态效益	抗病虫害能力	抗污染能力	抗寒性	抗旱性	经济效益	
天竺桂	0.89	0.67	0.78	0.89	0.78	0.67	0.89	0.89
乐昌含笑	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.67
小叶榕	0.78	0.56	0.56	0.78	1	0.56	0.89	0.56
石楠	1	1	1	1	1	1	1	0.89
加拿利海枣	0.89	0.89	0.78	1	1	0.89	0.89	0.67
云南黄桷兰	0.89	0.78	0.67	0.78	0.89	0.78	0.78	0.56
悬铃木	0.89	1	1	1	1	1	1	1
清香木	1	1	1	1	1	1	1	1
鹅掌柴	0.78	0.89	0.78	0.78	0.89	0.89	0.89	0.67
假连翘	0.78	0.78	0.67	0.78	0.89	0.78	0.78	0.56
...	...	...	...	...	...	...	...	...
杜鹃	1	1	0.89	1	1	1	0.89	0.67
大叶黄杨	0.89	0.67	0.67	0.67	0.67	0.78	0.89	0.67
八角金盘	0.78	0.78	0.78	0.89	0.89	0.78	0.89	0.67
羊蹄甲	0.78	0.56	0.67	0.89	0.78	0.67	0.78	0.67
垂柳	1	1	1	1	1	1	0.89	0.78
龙柏	0.89	1	0.89	1	1	1	1	0.67
拟单性木兰	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.67
圆柏	0.78	1	0.89	1	1	1	1	0.67
麦冬	0.67	0.89	0.67	0.89	0.78	0.67	0.78	0.56
肾蕨	0.67	0.78	0.67	0.89	0.78	0.78	0.78	0.56
冬樱花	1	1	1	0.78	1	1	1	0.78
小蜡	0.78	1	0.67	0.89	1	1	1	0.67
黄连木	1	1	1	1	1	1	1	0.89

表3 参评树种主要性状差序列值

Tab3 Absolute difference of main properties of the evaluated tree spec

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
天竺桂	0.11	0.33	0.22	0.11	0.22	0.33	0.11	0.11
乐昌含笑	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.33
小叶榕	0.22	0.44	0.44	0.22	0	0.44	0.11	0.44
石楠	0	0	0	0	0	0	0	0.11

...	...	...	...	...	...	...	...	...
棕榈	0.22	0.11	0.22	0	0	0	0	0.11
黄槐	0.22	0.33	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.33
雪松	0	0	0	0	0	0	0	0.22
广玉兰	0.11	0	0	0	0	0	0	0.33
垂叶榕	0.33	0.44	0.44	0.11	0	0.44	0.22	0.33
南天竹	0.11	0.22	0.33	0	0.11	0.33	0.11	0.44
银杏	0.11	0.22	0.22	0	0	0	0	0
叶子花	0	0.22	0.22	0	0	0.33	0.11	0.22
红花檵木	0	0	0.22	0	0	0.11	0.11	0.22
小叶女贞	0.22	0	0.22	0	0	0	0.11	0.22
萼距花	0.22	0.33	0.33	0.33	0.22	0.33	0.11	0.22
香樟	0	0	0	0	0	0	0	0
圆柏	0.22	0	0.11	0	0	0	0	0.33
麦冬	0.33	0.11	0.33	0.11	0.22	0.33	0.22	0.44
肾蕨	0.33	0.22	0.33	0.11	0.22	0.22	0.22	0.44
冬樱花	0	0	0	0.22	0	0	0	0.22
小蜡	0.22	0	0.33	0.11	0	0	0	0.33
黄连木	0	0	0	0	0	0	0	0.11

(注: 上接表3)

表4 参评树种主要性状关联系数

Tab4 Correlation coefficients of main properties of the evaluated tree species

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
天竺桂	0.67	0.40	0.50	0.67	0.50	0.40	0.67	0.67

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
乐昌含笑	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40
小叶榕	0.50	0.33	0.33	0.50	1.00	0.33	0.67	0.33
石楠	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67
...	...	...	...	...	...	...	...	...
广玉兰	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40
垂叶榕	0.40	0.33	0.33	0.67	1.00	0.33	0.50	0.40
南天竹	0.67	0.50	0.40	1.00	0.67	0.40	0.67	0.33
银杏	0.67	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
叶子花	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	0.40	0.67	0.50
红花檵木	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.67	0.67	0.50
小叶女贞	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.67	0.50
萼距花	0.50	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.67	0.50
香樟	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
...	...	...	...	...	...	...	...	...
圆柏	0.50	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40
麦冬	0.40	0.67	0.40	0.67	0.50	0.40	0.50	0.33
肾蕨	0.40	0.50	0.40	0.67	0.50	0.50	0.50	0.33
冬樱花	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50
小蜡	0.50	1.00	0.40	0.67	1.00	1.00	1.00	0.40
黄连木	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67

表5 参评树种主要性状等权关联度和权重值

Tab5 Correlation and weight of main properties of the evaluated tree species

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
ri	0.671	0.71	0.596	0.782	0.800	0.712	0.736	0.517
W(k)	0.122	0.127	0.108	0.142	0.145	0.129	0.134	0.094

3 DTOPSIS 法

按照 DTOPSIS 法的基本原理，将所选取的 42 种的 8 个性状都量化为可比较的规范标准值，借助于多目标决策问题的“理想解”和“负理想解”进行排序。“理想解”是指一设想的最优理想方案，其各项指标值均达到各方案的最优值；“负理想解”则相反。同时由于该方法把每个指标都量化为可比较的规范化标准数值，且对每一指标均找到了其理想解和负理想解，所以能详细地比较各指标间的差异，以此来判别和确定各树种的优劣。具体为：将各处理方案的实际解多项指标与理想解作比较，按照 C_i 值的大小排序，最大者即为最优方案，在本研究中，最大者即为最优良树种。

3.1 建立矩阵 V

设有 m 个目标， n 个属性，专家对其中第 i 个目标的第 j 个属性的评估值为 X_{ij} ，在本研究中，即有 m 个树种， n 个评价因子，原始数据见附表 7。建立评价矩阵 V ，则

$$V = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (\text{公式 7})$$

3.2 矩阵 V 无量纲化处理

将矩阵 A 按下列公式进行无量纲化处理，使其值介于 0 与 1 之间，成为可相互比较的规范化矩阵 D ，则

$$V = \begin{cases} a_{ij}/a_{j\max}, & a_{j\max} = \max(a_{ij}) \\ a_{i0}/[a_{i0} + \text{abs}(a_{i0} - a_{ij})] & \\ a_{j\min}/a_{ij}, & a_{j\min} = \min(a_{ij}) \end{cases} \quad (\text{公式 8})$$

(i=1, 2, 3 阵 42; j =1, 2, 3, ...8)

式中为性状目标值；abs 为绝对值符号。

鉴于本研究中所选取的树种各性状（8 个评价因子）均希望越大越好，故上式中选用正向指标来进行无量纲化处理，方法同灰色关联分析法，得到规范化矩阵 D 。

3.3 建立决策矩阵 R

建立加权的规范化决策矩阵 R ，即，式中 W_j 为第 j 个性状的权重，各性状权重系数采用灰色关联分析法所量化得到的数值（详见表 1）。加权决策矩阵 E 计算结果列于附表。

表 6 DTOPSIS 法决策矩阵 V

Tab6 decision matrix of DTOPSIS method

项目	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
天竺桂	0.081	0.051	0.054	0.095	0.073	0.052	0.089	0.063
乐昌含笑	0.061	0.064	0.054	0.071	0.073	0.065	0.067	0.038
小叶榕	0.061	0.042	0.036	0.071	0.145	0.043	0.089	0.031
石楠	0.122	0.127	0.108	0.142	0.145	0.129	0.134	0.063
...	...	...	...	...	...	...	...	...
圆柏	0.061	0.127	0.072	0.142	0.145	0.129	0.134	0.038
麦冬	0.049	0.085	0.043	0.095	0.073	0.052	0.067	0.031
肾蕨	0.049	0.064	0.043	0.095	0.073	0.065	0.067	0.031
冬樱花	0.122	0.127	0.108	0.071	0.145	0.129	0.134	0.047
小蜡	0.061	0.127	0.043	0.095	0.145	0.129	0.134	0.038
黄连木	0.122	0.127	0.108	0.142	0.145	0.129	0.134	0.063

3.4 构建“理想解”“负理想解”

根据决策矩阵 R ，求出各性状 R 值的最大值（理想解） X_j^+ 和最小值（负理想解） X_j^- ，数列，则

$$X_j^+ = \{(\max R_{ij}/i)/i\} = \{X_1^+, X_2^+, \dots, X_n^+\} \quad (\text{公式 9})$$

$$X_j^- = \{(\min R_{ij}/i)/i\} = \{X_1^-, X_2^-, \dots, X_n^-\} \quad (\text{公式 10})$$

$$\text{即：} X_j^+ = \{(\max R_{ij}/i)/i\} = \{0.122, 0.127, 0.108, 0.142, 0.145, 0.129, 0.134, 0.094\}$$

$$X_j^- = \{(\min R_{ij}/i)/i\} = \{0.049, 0.042, 0.036, 0.057, 0.058, 0.043, 0.067, 0.031\}$$

3.5 计算各树种与理想解、负理想解的距离

采用欧几德范数作为距离的测定，计算得到各树种各性状与最佳性状距离 S_i^+ 以及最差性状间的距离 S_i^- ，公式如下：

$$\text{与理想解的距离为：} S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (R_{ij} - X_j^+)^2} \quad (\text{公式 11})$$

$$\text{与负理想解的距离为：} S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (R_{ij} - X_j^-)^2} \quad (\text{公式 12})$$

3.6 计算各树种对理想解的相对接近度

$$\text{根据公式：} C_i = S_i^+ / (S_i^+ + S_i^-) \quad (\text{公式 13})$$

式中， $i=1, 2, 3, \dots, 42$ 。按照大小排序，最大者即为综合性状最优良的树种。计算结果见表 7。

表 7 DTOPSIS 法计算结果

Tab7 The results of DTOPSIS method

种名	与正理想解 的距离	与负理想解 的距离	理想解的相对 接近度	序 值	等 级
天竺桂	0.0681	0.1639	0.2936	31	IV
乐昌含笑	0.0567	0.1811	0.2384	39	IV
小叶榕	0.0969	0.1856	0.3431	29	IV
石楠	0.2199	0.0313	0.8753	4	I
加拿利海枣	0.1475	0.1157	0.5603	22	IV
云南黄 素馨	0.0685	0.1727	0.2840	32	IV
悬铃木	0.2213	0.0407	0.8448	6	I
清香木	0.2308	0.0000	1.0000	1	I
...	...	...	...	...	...
垂柳	0.2065	0.0648	0.7610	9	II
龙柏	0.1941	0.0783	0.7125	13	IV
拟单性 木兰	0.1041	0.1278	0.4488	24	IV
圆柏	0.1917	0.0905	0.6792	16	III
麦冬	0.0675	0.1824	0.2702	33	IV
肾蕨	0.0599	0.1835	0.2461	36	IV

种名	与正理想解 的距离	与负理想解 的距离	理想解的相对 接近度	序 值	等 级
冬樱花	0.1990	0.0851	0.7003	15	III
小蜡	0.1724	0.1155	0.5988	21	IV
黄连木	0.2199	0.0313	0.8753	4	I

4 结果分析

从以上灰色关联度分析法和 DTOPSIS 方法两种方法的分析计算结果可以看出,滇中县城道路绿地常用的 42 种树种,排序在前,等级较高的树种有:清香木、黄连木、石楠、红叶石楠、滇朴、悬铃木、雪松、香樟、桂花、冬樱花、刺柏等,排序靠前即优良树种的大部分为乡土树种,同时,在以后三个县城道路绿地建设甚至滇中县城道路绿地中,可以选择排序在前的云南樟、红叶石楠、清香木、冬樱花、高山榕、雪松、女贞这些树种作为基调树种首选树种,可以选择垂柳、香樟、小叶榕、、黄连木、假连翘、天竺桂、乐昌含笑、悬铃木、拟单性木兰、加拿利海枣、桂花等树种作为骨干树种的首选树种。加拿利海枣、假连翘、黄连木、清香木、黄连木。

在三个县城的分析中可以看出,滇中县城道路绿地植物乔木层可适当增加应用评价结果排序在前的雪松、黄连木、滇朴、垂柳和多应用拟单性木兰、红花木莲、滇润楠等乡土树种,将乡土树种和特色树种结合,同时增加观花观果植物的应用,如植物评价结果中排序在前的广玉兰、桂花、黄花槐等均可使用,还可增加蓝花楹、复羽叶栎树、鸡冠刺桐、鸡嗉子、冬樱花、紫薇、茶梅、紫荆、云南山茶等观花植物,可在适当的道路整条使用观花植物,或者部分使用、搭配使用等;观果植物可适当增加枇杷、石榴、南天竹等。

参考文献:

- [1] 邹薇,胡希军,成璐洁,余晨,李好.上杭县城区道路绿地植物景观评价[J].西北林学院学报.2020,(35)4.
- [2] 杨瑞卿,陈宇.城市绿地系统规划[M].重庆:重庆大学出版社,2011.2.
- [3] 王亚南,王丹琦,刘帅.城市道路绿地景观体系规划研究[J].城乡建设,2019,561(6).