

古树名木旅游最优路线设计与实现

李 记^{1,2}, 徐爱俊^{1,2}

(1. 浙江农林大学 信息工程学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省林业智能监测与信息技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311300)

摘要: 为了提高公众对古树名木的研究、管理及保护政策的认知与响应度, 更好地提高社会保护森林资源的意识, 设计与实现综合评估价值最优的古树名木旅游路线。对研究区浙江省金华市各区县的人口密度、服务业发展状况、公路密度和古树名木区域分布等作相关性分析, 为古树名木旅游线路设计提供可行性分析; 通过层次分析法(AHP)对古树名木综合价值进行量化, 并进行邻接点矩阵存储; 利用 Dijkstra 算法遍历加权无向图, 确定综合价值最优的古树名木节点集(区域内规划和手动预设 2 种形式); 古树名木综合价值最优节点集与百度地图 Javascript API 进行集成, 最终实现最优古树名木旅游路线的规划, 从而吸引更多的社会资源投入到古树名木的相关研究中, 在一定程度上解决了古树名木前期研究的可操作性不强、社会认知度不够等问题。图 3 表 3 参 20

关键词: 森林资源信息系统; 古树名木; 最优旅游线路; 综合价值评价; 邻接点矩阵

中图分类号: S759.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2018)01-0153-08

Design and implementation of the optimal tourist route of ancient trees

LI Ji^{1,2}, XU Aijun^{1,2}

(1. School of Information Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Forestry Intelligent Monitoring and Information Technology, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to improve the public's cognition and response to the research, management and protection policies of ancient trees, and raise the awareness of the social protection forest resources better, the paper designed and implemented the optimal comprehensive evaluation value of ancient trees tourist route. Specific implementation process: the paper analyzed the relation on the population density, the development status of service industry, the highway density and the ancient trees regional distribution in Jinhua City, Zhejiang Province, and provided a feasibility analysis for the design of ancient trees tourist route; Through the AHP method to quantify the ancient tree comprehensive value, and the storage of the adjacency matrix of ancient tree was completed; Using the Dijkstra algorithm to traverse the weighted undirected graphs to determine the optimal combination of ancient tree nodes (Intra-area optimal and manual presetting); The optimal node set of ancient trees was integrated with Baidu map Javascript API, and finally the optimal ancient trees tourist routes were planned. Thus attracted more social resources into the relevant research of ancient trees and resolved the problem that operability and social cognition the earlier study of ancient trees is not strong. [Ch, 3 fig. 3 tab. 20 ref.]

Key words: forest resource information system; ancient tree; optimal tourist route; comprehensive value evaluation; adjacency matrix

收稿日期: 2017-01-16; 修回日期: 2017-04-19

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(LY14C160005); 国家自然科学基金资助项目(31670641)

作者简介: 李记, 从事资源与环境信息系统研究。E-mail: lijixy@aliyun.com。通信作者: 徐爱俊, 教授, 博士, 从事资源与环境信息系统、森林资源信息管理研究。E-mail: xuaj1976@163.com

古树是指 100 年生以上的树木；名木是指具有社会影响力，闻名于世且树龄往往也是在 100 年生以上的树木^[1]。古树名木具有科研价值、历史价值、社会价值、文化价值和景观价值等多元价值特征。对古树名木的前期研究主要在数据标准化采集与建档以及数据库建设，其中在数据库的建设方面国外文献相关研究较早，如 PMRD(植物微数据库)^[2]、MEDDB(药用植物数据库)^[3]、NIASGBdb(尼亚斯资源库遗传资源和植物病害信息数据库)^[4]的建设；国内研究起步相对较晚，但是发展很快，例如植物种子信息图像数据库^[5]、药用植物基因数据库^[6]、以及地方植物数据库^[7]等的建设，实现了对古树名木的各种性状及基因特征永久性记录。古树馆的建设是从实践应用的层次上提高社会公众保护古树名木意识的成功尝试^[8]。随着乡村生态游、民俗文化游和自驾游等旅游形式快速发展^[9-11]，以古树名木为主题特色的森林生态旅游也逐渐成为一种旅游形式，促使古树名木价值研究逐步成为热点。CIAPALA 等^[12]对树木年轮进行分析，探究了影响游客评估的一个潜在方法；贾永生等^[13]基于层次分析法(AHP)建立了古树名木的部分价值的评价指标体系；徐炜^[14]通过选取古树名木中简单而且可操作性强、指标代表性广的 9 个因子，对古树名木的综合价值进行了定量分析；另外，对古树名木的景观价值^[15]、等级价值^[16]和损失额价值^[17]等方面也有相关研究。古树名木大多立于偏远地区、风景旅游胜地以及乡村，社会关注度较低；再加上近几年中国新农村建设不断推进、生态旅游快速发展、环境污染日益加剧等构成了古树名木管理与保护的诸多不利因素。本研究为了提高公众对古树名木的认知度以及社会参与度，以浙江省金华市古树名木为研究对象，设计综合价值最优的古树名木旅游路线——适应当今生态游、自驾游等旅游形式的发展潮流，使人们在游乐中感受古树名木的文化内涵。

1 数据准备与可行性分析

1.1 研究地区概况

金华市位于浙江省中部，28°32'~29°41'N，119°14'~120°46'30"E，东西跨度 151 km，南北跨度 129 km，土地面积为 10 941 km²^[18]。截至 2014 年底，全市公路总里程 12 269 km(浙江省排名第 4 名)，高速公路里程 354 km，一级公路 580 km，二级公路 1 201 km，二级以上公路占公路总里程的 17.41%^[19]。

1.2 古树名木信息概况

金华市 9 区县(兰溪市、永康市、义乌市和东阳市，浦江县、武义县和磐安县，金东区和婺城区。金东区和婺城区同归属于市区)，截至 2014 年统计到的古树名木为 10 614 株(表 1)。

表 1 金华市古树名木概况

Table 1 Ancient trees profile information in Jinhua City

区/县	古树名木/株	古树名木保护级别/株			古树名木科属种数		
		一级	二级	三级	科	属	种
磐安县	1 866	200	443	1 223	24	46	57
武义县	3 016	122	463	2 431	37	67	94
浦江县	575	45	117	413	21	35	44
东阳市	812	124	193	495	31	46	57
市区	1 830	192	399	1 239	36	56	84
兰溪市	912	68	220	624	24	31	32
永康市	863	82	191	590	20	32	47
义乌市	740	48	102	590	24	30	38
合计	10 614	881	2 128	7 605	51	98	181

根据表 1 可知：古树名木隶属于 51 科 98 属 181 种，一级保护古树名木 881 株，二级保护古树名木 2 128 株，三级保护古树名木 7 605 株。其中武义县古树名木最多，为 3 016 株，占据统计数据的 28.41%(一级保护古树名木 1.15%，二级保护古树名木 4.36%，三级保护古树名木 22.90%)，占到各个级别的百分数为一级保护古树名木 13.85%，二级保护古树名木 21.76%，三级保护古树名木 31.97%；浦江县最少，为 575 株，占据统计数据的 5.42%(一级保护古树名木 0.42%，二级保护古树名木 1.10%，三级保护古树名木 3.89%)，占到各级别的百分比为一级保护古树名木 5.11%，二级保护古树名木 5.50%，三

级保护古树名木 5.43%。

1.3 MATLAB 程序最优旅游路线可行分析

Pearson 相关系数是用来衡量定距变量间的线性关系，一般按 r 值的相关性强度进行划分。 $|r| < 0.4$ 为相关不显著， $0.4 \leq |r| \leq 0.7$ 为显著相关， $0.7 < |r| < 1.0$ 为极显著相关^[20]。

设定金华市各区县人口密度变量 x_1 ，金华市各区县服务业发展状况变量 x_2 和金华市各区县公路密度变量 x_3 。分别为： $x_1 = [145.704\ 754\ 0; 221.876\ 981\ 6; 411.829\ 537\ 1; 450.097\ 847\ 4; 462.564\ 692\ 4; 477.923\ 497\ 3; 689.704\ 480\ 5; 1\ 116.742\ 081\ 0; 497.055\ 483\ 9]$ ； $x_2 = [37.870\ 000\ 0; 82.390\ 000\ 0; 223.500\ 000\ 0; 910.690\ 000\ 0; 352.780\ 000\ 0; 70.790\ 000\ 0; 474.570\ 000\ 0; 1\ 028.730\ 000\ 0]$ ； $x_3 = [0.970\ 000\ 0; 0.870\ 000\ 0; 0.910\ 000\ 0; 1.340\ 000\ 0; 1.280\ 000\ 0; 1.040\ 000\ 0; 1.100\ 000\ 0; 1.290\ 000\ 0]$ 。数据经方差齐次性检验，利用 Pearson 相关性分析显示，金华市各区县人口密度与服务业发展状况极显著正相关($r=0.764, P < 0.01$)，金华市各区县人口密度与公路密度呈显著正相关($r=0.588, P < 0.05$)，金华市各区县服务业发展状况与公路密度呈极显著正相关($r=0.824, P < 0.01$)。另外，金华市各区县古树名木分布变量设置为 $x_4, x_4 = [1\ 866; 3\ 016; 575; 812; 1\ 830; 912; 863; 740]$ ，与金华市各区县服务业发展状况变量 x_2 做相关性分析，显示金华市各区县古树名木分布与服务业发展状况呈显著负相关($r=-0.500, P < 0.05$)。

依据 MATLAB 程序运行结果分析，金华市各区县人口密度、服务发展状况和公路密度之间具有较强的正线性相关，各个要素之间具有一定平衡度，金华市各区县古树名木特征分布与金华市服务业发展状况呈比较明显的负线性相关关系，补缺了经济服务发展相对薄弱的区县。这样，古树名木旅游路线的设计可以引导人们选择偏远地区的民俗文化和乡村生态游产品，减小热点地区的旅游压力，从而达到双赢的目的。

2 古树名木综合价值评价

2.1 古树名木综合评估价值体系框架

本研究参照文献[13]和[14]从古树名木的生态价值(生物量价值如胸径、树高等，生物质量价值如生长势)，科研价值(保护价值如保护级别，稀有价值依据中国稀有植物库和统计的株数为标准)，景观价值(树木立地地段价值如立地小地名，观赏价值如树容树貌)，历史价值(历史价值如历史典故)和社会价值(民俗文化如和当地民族文化是否相融合，文化信仰价值如民众供奉或者参拜祈福)等 5 个方面建立古树名木综合价值评价体系框架，如表 2 所示。

根据表 2 中的初始价值加权 $D_{P_1}, D_{P_2}, D_{P_3}, D_{P_4}, D_{P_5}, D_{P_6}, D_{P_7}, D_{P_8}, D_{P_9}, D_{P_{10}}$ ，构建方案层各指标的初始加权值的判断矩阵 A 。

$$A = \begin{pmatrix} 1/1 & 1/1 & 1/3 & 1/2 & 1/6 & 1/1 & 1/3 & 1/7 & 1/6 & 1/3 \\ 1/1 & 1/1 & 1/3 & 1/2 & 1/6 & 1/1 & 1/3 & 1/7 & 1/6 & 1/3 \\ 3/1 & 3/1 & 3/3 & 3/2 & 3/6 & 3/1 & 3/3 & 3/7 & 3/6 & 3/3 \\ 2/1 & 2/1 & 2/3 & 2/2 & 2/6 & 2/1 & 2/3 & 2/7 & 2/6 & 2/3 \\ 6/1 & 6/1 & 6/3 & 6/2 & 6/6 & 6/1 & 6/3 & 6/7 & 6/6 & 6/3 \\ 1/1 & 1/1 & 1/3 & 1/2 & 1/6 & 1/1 & 1/3 & 1/7 & 1/6 & 1/3 \\ 3/1 & 3/1 & 3/3 & 3/2 & 3/6 & 3/1 & 3/3 & 3/7 & 3/6 & 3/3 \\ 7/1 & 7/1 & 7/3 & 7/2 & 7/6 & 7/1 & 7/3 & 7/7 & 7/6 & 7/3 \\ 6/1 & 6/1 & 6/3 & 6/2 & 6/6 & 6/1 & 6/3 & 6/7 & 6/6 & 6/6 \\ 3/1 & 3/1 & 3/3 & 3/2 & 3/6 & 3/1 & 3/3 & 3/7 & 3/6 & 6/6 \end{pmatrix}。$$

以矩阵 A 来表示方案层各指标的重要程度，其中 1 表示两指标同等重要，3 表示前者比后者重要，5 表示前者比后者明显重要，7 表示前者比后者强烈重要，9 表示前者比后者极其重要。2, 4, 6, 8, 10 分别表示略高于前奇数且略小于后者奇数的强度。

通过层次分析方法确定每个指标的权重的数学公式为：

$$W_{P_i} = \frac{D_{P_i}^2}{(n-1) \sum_{i=1}^n D_{P_i}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{D_{P_i}} \quad (1)$$

2.2 MALAB 程序一致性检验

在 MATLAB 窗体的 Command Window 中输入一致性检验程序，根据运行结果可得：方案层的初始加权值通过了一致性检验，同时得到各方案层的指标权重 W_{P_i} 。生物量价值 P_1 的权重 $W_{P_1}=0.030\ 3$ ，生物质量价值 P_2 权重 $W_{P_2}=0.030\ 3$ ，树龄调整价值 P_3 的权重 $W_{P_3}=0.090\ 9$ ，保护价值 P_4 的权重 $W_{P_4}=0.060\ 6$ ，稀有性价值 P_5 的权重 $W_{P_5}=0.181\ 8$ ，树木立地地段价值 P_6 的权重 $W_{P_6}=0.030\ 3$ ，观赏价值 P_7 的权重 $W_{P_7}=0.090\ 9$ ，历史史实价值 P_8 的权重 $W_{P_8}=0.212\ 1$ ，民俗文化价值 P_9 的权重 $W_{P_9}=0.181\ 8$ ，文化信仰价值 P_{10} 的权重 $W_{P_{10}}=0.090\ 9$ 。依据方案层 $P_1\sim P_{10}$ 的权重值和古树名木方案层的指标得分 ($T_{D_1}\sim T_{D_{10}}$)。古树名木 V_Z 综合评估价值数学表达式为：

$$V_Z = T_{D_1} \times W_{P_1} + T_{D_2} \times W_{P_2} + \dots + T_{D_n} \times W_{P_n} \quad (2)$$

表 2 古树名木综合价值体系框架

Table 2 Ancient trees integrated value system framework

目标层(Z)	准则层(C)	方案层(P)	初始加权值(D)	指标得分(T)
综合评估价值 Z	生态价值 C ₁	生物量价值 P ₁	1	1.5
		生物质量价值 P ₂	1	1.2
		树龄调整价值 P ₃	3	30.0
	科研价值 C ₂	保护价值 P ₄	2	3.0
		稀有性价值 P ₅	6	1.0
	景观价值 C ₃	树木立地地段价值 P ₆	1	1.5
		观赏价值 P ₇	3	1.5
	历史价值 C ₄	历史史实价值 P ₈	7	1.0
	社会价值 C ₅	民俗文化价值 P ₉	6	1.0
		文化信仰价值 P ₁₀	3	1.5

2.3 古树名木综合评估价指标调整价值设定

利用模糊综合评价(FSE法)，对古树名木综合价值体系框架中的10个方案层(表2)进行等级量化，如表3所示。

表 3 古树名木综合价值评价指标调整价值设定

Table 3 Adjustment value of comprehensive evaluation index of ancient trees

标准层	指标层	方案一	调整价值	方案二	调整价值	方案三	调整价值
生态价值	生物量价值	冠幅≥10.0 m	1.5	冠幅≥6.0 m	1.2	冠幅<6.0 m	1.0
	生长质量价值	生长特/很旺盛	1.5	一般	1.2	差/濒死	1.0
	树龄调整价值	调整价值=树龄/50 (50作为树龄的调整参数)					
科研价值	保护价值	一级	3.0	二级	2.0	三级	1.0
	稀有性价值	总株数≤100	1.5	总株数≤1 000	1.2	总株数>1 000	1.0
景观价值	立地地段价值	一类	1.5	二类	1.2	三类	1.0
	观赏价值	很强	1.5	较强	1.2	一般	1.0
历史价值	历史史实价值	资料/考古见证	1.5	传说轶闻	1.2	无	1.0
社会价值	民俗文化价值	文艺形态	1.5	民间故事	1.2	无	1.0
	文化信仰价值	人民祭拜祈福	1.5	神话传说	1.2	无	1.0

3 古树名木邻接点的存储

本研究采用邻接矩阵的方式存储古树名木节点信息，这样可以方便判断2个古树名木节点是否通路且很快计算出通路的综合评估价值总和，不需要开辟多余空间来存储古树名木之间的关系和通路信息。存储对象为：①一级保护古树名木；②二级保护古树名木和三级保护古树名木中的综合评估价值高于一级保护古树名木评估价值中值的部分。

通过百度地图对选定的古树名木节点进行两两互联并用直线进行手绘划分，如图1所示。图1百度地图上标注的古树名木节点为随机选取的浦江县9株古树名木(T_i)，地图缩放到乡镇/街道显示时，可以发现相离很近或同立地小地名的古树名木的标注重合在一起，如 T_4 标注是位于浦江县的塔山公园内的3株古树名木的重合， T_7 标注是位于浦江县江南第一家的2株古树名木的重合。另外，对于不在同一个立

地的小地名，且密度相对很高的古树名木，利用百度地图 Javascript API 提供的点聚合思想，以古树名木为圆点，1 000 m 为半径，添加圆形覆盖物，如图 2 所示。

根据图 2 可知： T_3 和 T_4 虽然不在同一个立地小地名，中心辐射区却有交集，因此将它们按照集群对象处理，又 T_3 的综合评估价值 $V_{T_3}=2.026$ ， T_4 综合评估价值 $V_{T_4}=1.512$ ，所存储对象为 V_{T_3} 。本研究对古树名木集群或者立地同小地名的古树名木节点选取综合价值最高的为存储节点。

古树名木邻接点存储的实现方法：对所有的古树名木进行综合价值评价。筛选出一级保护古树名木以及二级保护古树名木和三级保护古树名木符合存储条件的部分。2 个古树名木节点是否通路判断条件为：

2 株古树名木之间联通公路不多于 2 条的形成通路。边权值设定方法为：两联通古树名木节点综合评估价值倒数和的一半。同样的 9 株浦江县的古树名木节点，筛选出符合存储条件的 6 株为(为了方便说明与计算，古树名木评价值取整)： $V_{T_1}=3$ ， $V_{T_2}=3$ ， $V_{T_3}=2$ ， $V_{T_4}=2$ ， $V_{T_5}=4$ ， $V_{T_6}=2$ 。进行邻接点矩阵存储为：

$$A_r = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{3} & \infty & \infty & \infty & \frac{5}{12} \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{5}{12} & \frac{5}{12} & \frac{7}{24} & \frac{5}{12} \\ \infty & \frac{5}{12} & 0 & \frac{1}{2} & \infty & \infty \\ \infty & \frac{5}{12} & \frac{1}{2} & 0 & \frac{3}{8} & \infty \\ \infty & \frac{7}{24} & \infty & \frac{3}{8} & 0 & \frac{3}{8} \\ \frac{5}{12} & \frac{5}{12} & \infty & \infty & \frac{3}{8} & 0 \end{pmatrix}。$$

依据同样的方法完成金华市所有古树名木节点的邻接矩阵存储。

4 最优旅游路线的实现

4.1 最优古树名木旅游路线的设计

起止点获取的方法：①金华市各区县内综合价值排名前 2 位的古树名木节点；②手动预选取的古树名木节点。

利用 Dijkstra 算法遍历无向图(古树名木邻接点矩阵)，得到综合价值最优的古树名木队列。具体实现为：①根据古树名木邻节点矩阵建立加权无向图。②初始化，即 $S=\{v\}$ ， v 的权值为 0。③设置 U 包含除 v 外的其他古树名木节点，即： $U=\{\text{其余古树名木节点}\}$ ，若 v 与 U 中古树名木节点 u_i 有边，则 $\langle u_i, v \rangle$ 正常有权值；若 u 不是 v_i 的出边古树名木邻接点，则 $\langle u_i, v \rangle$ 权值为 ∞ 。④从 U 中选取一个权值 v 最小的顶点 u_i ，把 u_i 加入 S 中。⑤以 u_i 为新中间点，更新 U 中各古树名木节点的权值；若从源点 v 到古树名木节点 u_i 的权值(经过古树名木节点 v)比原来权值(不经过古树名木节点 v)短，则修改顶点 u_i 的权值，修改后的权值的顶点 v 的权值加上边上的权值。⑥重复步骤④和⑤，直到所有古树名木节点都包



图 1 古树名木节点划分图
Figure 1 The partition map of ancient trees nodes



图 2 古树名木节点辐射区交集图
Figure 2 The overlap figure of ancient trees nodes radiative zone

含在 S 中。

最优古树名木队列与百度地图 API (Javascript API) 进行兼容性设计, 通过百度地图渲染出古树名木旅游线路。

4.2 代码实现

```
functionBegin
.....
//古树名木的邻接矩阵的建立
TreeNodeBeg[]="" ;//初始化起点数列
TreeNodeEnd[]="" ;//初始化终点数列
ResultNotesArray[]="" ;//初始化最优路径节点队列
Public string TreeNodeArrayt(int[][] g, TreeNodeBegin[i], TreeNodeEnd[i])
//g 矩阵图, TreeNodeBegin[i]第 i 个起点,TreeNodeEnd[i]终点,返回最优路径节点集
{for(int i=0;i<g.Rows.length;i++){
for(int j=0;j<g.Cloumn.length;j++){//判断此节点是否为最优,最优返回 true
bool NoteState=DijkstraSearchNote(g[i][j]);
//最优节点进入 ResultNotesArray[]
if(NoteState==true) AddToResultNotesArray(g[i][j]);
else contiue; //跳出次循环,继续向前遍历
}}
return ResultNotesArray[n];//返回最优路径节点集数列
}
//调用百度地图 API
<script type=" text/javascript" src=" http://api.map.baidu.com/api?v=1.5&ak=></script>
var map = new BMap.Map(" container" ); // 创建地图实例
int i=0;
//最优路径节点集的经纬度在百度地图上的绘制
foreach(tree as in ResultNotesArray[n])
{var spoi[i] = new BMap.Point(tree.Longitude,tree.Latitude);}
for(int i=0;i<n;i++)
{ // 驾车实例,并设置回调
var driving = new BMap.DrivingRoute(map,{onSearchComplete:drawLine}) ;
driving.search (spoi[i],spoi[i+1]); // 搜索节点 i 到节点 i+1 的线路
}}
functionEnd
```

4.3 实现效果

区域内古树名木最优旅游路线的实现, 经过预提取区域内的古树名木综合评估价值最高的 3 个节点的提取, 经过技术兼容性设计, 调取百度地图 javascript API 进行地图渲染出最优行车路线(图 3)。图 3 实现了浙江省金华市武义县区域内的最优旅游线路的规划, 当行车启动时, 利用 H5 maps API(`document.addEventListener("plusready" ,plusReady,false)`)获取用户当前的全球定位系统(GPS)坐标, 同时调用百度地图 javascript API 重绘古树名木起始节点与当前用户位置 GPS 坐标的路线, 进行实时导航。

5 结论与讨论

本研究以浙江省金华市古树名木数据为研究对象, 分别对研究区各区县的人口密度、公路密度、服务业发展状况与古树名木区域分布特征进行相关性分析, 论证了古树名木旅游最优路线设计的可行性; 利用 AHP 法和 FSE 法实现了古树名木综合评价的评价, 完成古树名木邻接点矩阵的存储; 利用 Dijkstra

算法遍历古树名木的邻接点矩阵得到综合评价价值最优的古树名木节点集, 经过与百度地图 Javascript API 进行兼容性设计, 最终实现了古树名木最优旅游路线。

实现的古树名木最优旅游路线, 综合考虑了乡村生态游、民俗文化游和自驾体验游等因素, 引导人们选择以古树名木为特色的旅游形式, 在游乐中丰富古树名木知识。研究的最终目的是提高社会公众对古树名木的关注度, 为古树名木相关研究及政策制定与实施提供一个良好的社会氛围; 在此基础上, 吸引更多的社会资源投入到古树名木的相关研究中去, 一定程度上解决古树名木前期研究的可操作性不强、社会认知度不够等问题。

6 参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部. 城市古树名木保护管理办法[Z/OL]. (2000-09-01)[2017-04-13]. http://www.mohurd.gov.cn/fjms/fjmszcfb/200611/t20061101_157014.html.
- [2] ZHANG Zhenhai, YU Jingyin, LI Daofeng, *et al.* PMRD: plant microRNA database [J]. *Nucl Acid Res*, 2010, **38** (database issue): D806-D813. doi:10.1093/nar/gkp818.
- [3] MARY J A, PRIYADHARSHINI K C, AMAL G P, *et al.* MEDDB: a medicinal plant database developed with the information gathered from tribal people in and around Madurai, Tamil Nadu [J]. *Bioinformation*, 2012, **8**(8): 391 – 393. doi: 10.6026/97320630008391.
- [4] TAKEYA M, YAMASAKI F, UZUHASHI S, *et al.* NIASGBdb: NIAS Genebank databases for genetic resources and plant disease information [J]. *Nucl Acid Res*, 2011, **39**(database issue): D1108–D1113. doi: 10.1093/nar/gkq916.
- [5] 宁静, 杜中赫, 刘雅慧, 等. 植物种子信息图像数据库的建立[J]. 种子, 2016, **35**(4): 126 – 129.
NING Jing, DU Zhonghe, LIU Yahui, *et al.* Construction of information and image database of plant seeds [J]. *Seed*, 2016, **35**(4): 126 – 129.
- [6] 朱英杰. 药用植物基因资源的生物信息学研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2014.
ZHU Yingjie. *Bioinformatics Studies for Genetic Resource of Medicinal Plants* [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2014.
- [7] 盛耀, 罗云波, 谢子鑫, 等. 药用/工业用转基因植物数据库的构建[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, **5** (8): 2544 – 2549.
SHENG Yao, LUO Yunbo, XIE Zixin, *et al.* Construction of database of pharmaceutical and industrial transgenic plants [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, **5**(8): 2544 – 2549.
- [8] GREGORY R, SLESSOR C. Ancient tree pavilion [J]. *Arch Rew*, 2009, **226**(1354): 104 – 105.
- [9] 卢小丽, 成宇行, 王立伟. 国内外乡村旅游研究热点: 近 20 年文献回顾[J]. 资源科学, 2014, **36**(1): 200 – 205.
LU Xiaoli, CHENG Yuhang, WANG Liwei. 20 years of rural tourism [J]. *Resour Sci*, 2014, **36**(1): 200 – 205.
- [10] 翁钢民, 李凌雁. 中国旅游与文化产业融合发展的耦合协调度及空间相关分析[J]. 经济地理, 2016, **36**(1): 178 – 185.
WENG Gangmin, LI Lingyan. The coupling coordination degree and spatial correlation analysis on integrational development of tourism industry and cultural industry in China [J]. *Econ Geogr*, 2016, **36**(1): 178 – 185.
- [11] 程哲, 蔡建明, 崔莉, 等. 乡村转型发展产业驱动机制: 以盘锦乡村旅游为例[J]. 农业现代化研究, 2016, **37**(1): 143 – 150.
CHENG Zhe, CAI Jianming, CUI Li, *et al.* Facilitating rural transformation development by tourism industry: a case study of Panjin, Liaoning Province [J]. *Res Agric Mod*, 2016, **37**(1): 143 – 150.

最优古树名木旅游路线规划

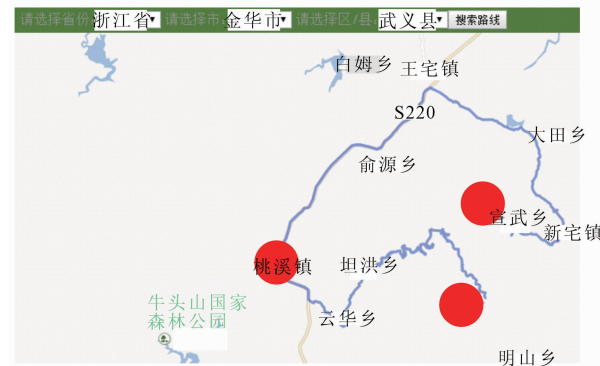


图 3 金华市武义县古树名木最优旅游路线设计的实现
Figure 3 Realization of the optimal travel route design of ancient trees in Wuyi, Jinhua City

- [12] CIAPALA S, ADAMSKI P, ZIELONKA T. Tree ring analysis as an indicator of environmental changes caused by tourist trampling: a potential method for the assessment of the impact of tourists [J]. *Geochronometria*, 2014, **41**(4): 392 – 399. doi:10.2478/s13386-013-0170-1.
- [13] 贾永生, 乌志颜, 于海蛟, 等. 基于 AHP 的赤峰市古树名木综合价值评价[J]. 内蒙古林业科技, 2014, **40**(1): 43 – 46.
JIA Yongsheng, WU Zhiyan, YU Haijiao, *et al.* Evaluation on comprehensive value of ancient and famous trees in Chifeng based on AHP [J]. *J Inner Mongolia For Sci Technol*, 2014, **40**(1): 43 – 46.
- [14] 徐伟. 古树名木价值评估标准的探讨[J]. 华南热带农业大学学报, 2005, **11**(1): 66 – 69.
XU Wei. A probe into the value assessment standard of antique and noted trees [J]. *J South China Univ Trop Agric*, 2005, **11**(1): 66 – 69.
- [15] 孙超, 车生泉. 古树名木景观价值评价: 程式专家法研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2010, **28**(3): 209 – 217.
SUN Chao, CHE Shengquan. The landscape evaluation method of the heritage tree: based on the formulaic expert method [J]. *J Shanghai Jiaotong Univ Agric Sci*, 2010, **28**(3): 209 – 217.
- [16] 杨韞嘉, 王晓辉, 乐也, 等. 古树名木价值等级的评估研究[J]. 中国农学通报, 2014, **30**(10): 28 – 34.
YANG Yunjia, WANG Xiaohui, YUE Ye, *et al.* Research of the value level evaluation of ancient trees and heritage trees [J]. *Chin Sci Agric Bull*, 2014, **30**(10): 28 – 34.
- [17] 米锋, 李吉跃, 张大红, 等. 北京地区林木损失额的价值计量研究; 有关古树名木科学文化价值损失额计量方法的探讨[J]. 北京林业大学学报, 2006, **28**(增刊 2): 141 – 148.
MI Feng, LI Jiyue, ZHANG Dahong, *et al.* Quantitative estimation of forest tree loss in Beijing: discussion on the computation method of measuring the loss of antique and rare trees' scientific culture values [J]. *J Beijing For Univ*, 2006, **28**(suppl 2): 141 – 148.
- [18] 金华市人民政府网. 金华市服务业发展状况[EB/OL]. (2015-07-20)[2017-04-13]. http://www.jinhua.gov.cn/art/2015/7/20/art_3098_575559.html.
- [19] 浙江统计信息网. 2015 浙江统计年鉴[Z/OL]. (2015-08)[2017-04-13]. <http://www.zj.stats.gov.cn/tjsj/tjnj/DesktopModules/Reports/12>.
- [20] 贾平俊, 何晓群, 金勇俊. 统计学[M]. 4 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2009: 299 – 306.