

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2020.053

楼阁式古塔建筑夜景照明色温表现 视觉适宜性评价研究

侯万钧^{1,2}, 贾铁², 王立雄¹, 王卿臣¹, 李静³

(1.天津大学建筑学院,天津 300072;2.河北工程大学建筑与艺术学院,河北邯郸 056000;
3.东北财经大学公共管理学院,辽宁大连 116000)

摘要:为改善楼阁式古塔建筑夜景照明效果不良的现状,合理优化楼阁式古塔夜景照明色温表现视觉适宜性,在只考虑色温效果视觉呈现的基础上,结合古塔周边夜景照明实际环境特征、古塔照明设计色温应用现状及照明手册色温推荐,开展不同模拟场景下的楼阁式古塔夜景照明色温视觉舒适度主观评价实验,将视觉舒适度评价值作为标签,利用C-SVM支持向量机分类算法构建在不同色温及亮度工况下楼阁式古塔夜景照明色温视觉舒适性主观评价模型,并通过散点图及ROC曲线,对比不同分类模型的分界面及结果,得到楼阁式古塔建筑最佳色温及亮度表现区间,在不同色温及亮度工况下与视觉舒适度之间的映射关系,进而对楼阁式古塔建筑照明设计色温表现情况进行评价和预测。将C-SVM分类算法与照明领域问题相结合,为设计者更好地利用照明手段还原人们心目中本质的楼阁式古塔建筑特性提供理论依据,改善楼阁式古塔建筑夜景照明效果。

关键词:楼阁式古塔;相关色温;视觉舒适性;数据挖掘;C-SVM

中图分类号:TM923

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2021)05-001-08

Evaluation of visual suitability of illumination color temperature in night lighting of ancient tower building

HOU Wanjun^{1,2}, JIA Tie², WANG Lixiong¹, WANG Qingchen¹, LI Jing³

(1. School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, P. R. China; 2. College of Architecture and Art, Hebei University of Engineering, Handan 056000, Hebei P. R. China; 3. School of Public Management, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116000, Liaoning P. R. China)

Abstract: Currently, the night lighting performance of pavilion-style ancient tower buildings is poor and there are few special studies in this area. In order to improve the current situation of poor night lighting effects of pavilion-style ancient tower buildings and optimize their color temperature to show visual suitability, on the basis of only considering the visual presentation of the color temperature effect, subjective evaluation experiments on the visual comfort of the color temperature of the night lighting under different simulation scenarios are carried out, combining with the actual environmental characteristics of

收稿日期:2020-01-05 **网络出版日期:**2020-04-01

基金项目:河北省教育厅河北省研究生创新资助项目(CXZZSS2019079);2019年度河北省社会科学发展研究课题(2019031305005)。

Supported by Hebei Province Graduate Student Innovation Ability Development Funding Project (CXZZSS2019079), Research Projects on Social Science Development in Hebei Province in 2019 (2019031305005).

作者简介:侯万钧(1980—),男,博士研究生,主要从事建筑照明、绿色建筑研究,(E-mail)12666343@qq.com。

通讯作者:贾铁,男,硕士研究生,主要从事建筑照明研究,(E-mail)609336634@qq.com。

the night lighting around the ancient tower, the presentation of the color temperature and the color temperature recommendation of the lighting manual. In the subjective evaluation experiment, the visual comfort evaluation value is used as the label, and C-SVM support vector machine (SVM) classification algorithm is used to construct the subjective evaluation model. By comparing the classification interface and results of different classification models through the scatter diagram and ROC curve, the best color temperature and brightness performance interval of pavilion-style ancient tower buildings and the mapping relationship between the visual comfort under different color temperature and brightness conditions are obtained. Then, the color temperature performance of the night lighting of the ancient towers is evaluated and predicted. Combining the C-SVM classification algorithm with the problems in the lighting field, this study provides a theoretical basis and guidance for designers to better use lighting methods to restore the essential architectural characteristics of pavilion-style ancient towers in people's minds, so as to improve the night lighting effect of pavilion-style ancient tower buildings.

Keywords: pavilion ancient tower; color temperature; visual comfort; data mining; C-SVM

国内照明行业起步较晚,近几年正处于快速发展阶段,在高品质夜景照明需求快速增长的背景下,对于楼阁式古塔这类作为各地区重要景观建筑节点的东方特有建筑,夜景照明效果整体较差,对于其照明效果的研究潜力较大^[1-3]。设计者只是简单地利用照明手段来点亮古塔,很少考虑到去还原人们心目中最本质的古塔建筑特性及印象,文中以楼阁式古塔建筑为主体,参考调研及实测数据,进行视觉舒适度主观评价实验,搭建 C-SVM 楼阁式古塔夜景照明色温及亮度表现主观视觉评价分析模型,最终确定楼阁式古塔建筑夜景照明效果在人眼视觉感受下色温及亮度表现的合理区间,为楼阁式古塔夜景照明设计提供第一手的数据及理论支撑,改善楼阁式古塔建筑夜景照明效果。

1 楼阁式古塔建筑夜景照明色温设计表现现状

实验前期对国内多座典型楼阁式古塔建筑夜景照明现状进行了调研和实测,定州开元寺塔使用 3 000 K 色温并辅以 6 000 K 色温,正定凌霄塔、澄灵塔、须弥塔、华塔均使用 3 200 K 色温,丹阳万善塔使用琥珀色光(2 800 K~3 500 K)并辅以 6 000 K 色温,上海龙华塔多选用 1 000 K~2 000 K 低色温效果,锦州辽塔、宁波天封塔多使用 2 300 K~3 500 K 中低色温效果,上饶双塔常选用 5 000 K~6 000 K 高色温效果,亳州薛阁塔使用 RGB 效果,各种色温均有使用。

经过调研和实测发现,现阶段楼阁式古塔建筑在夜景照明设计中色温的实际应用上,各种色温均有使用且没有特定规律,但以 2 800 K~3 500 K 色温居多,说明此范围光色已被古建照明设计者普遍接受且有一定审美优势,为接下来的实验样本选择提供实际依据。

2 色温表现模拟视觉舒适度评价实验

实验结合人眼视觉舒适性、楼阁式古塔周边夜景照明环境特征、现阶段照明常用色温、现阶段照明合理亮度比例等因素,在实验室条件下,模拟楼阁式古塔建筑在各色温工况及不同亮度比例工况下实际照明效果,分析其在人眼视觉角度的舒适度感受,最终得出楼阁式古塔建筑夜景照明色温表现人眼视觉舒适性程度,深入探讨影响色温表现视觉适宜性的重要因素^[4-5]。实验不考虑古塔外表材质,只关注色温及亮度效果的最终视觉呈现,选取的相关色温(corelated color temperature, CTT)也是古塔建筑的最终视觉呈现色温而非灯具色温。

2.1 实验场景的选择与标定

在场景选择上主要为建筑主体选择、古塔类建筑照明色温选择、古塔类建筑环境背景亮度及亮度比例确定 3 部分。建筑主体选择上尽量减少形体复杂所带来的影响,选择形体简单且极具楼阁式古塔特征的建筑形体,依托此建筑主体,辅以色温及亮度结合工况下合理的照明效果。在色温选择上,根据实际调研现状并

结合色温样本的全面性及科学性,选定16种色温作为样本色温,分别为1 500 K、2 000 K、2 500 K、3 000 K、3 200 K、3 400 K、3 600 K、3 800 K、4 000 K、4 500 K、5 000 K、5 500 K、6 000 K、6 500 K、8 000 K、10 000 K^[6]。

经过实测及参考相关资料,选定背景亮度值为 5 cd/m^2 ;古塔前景为广场及道路,其亮度标准参照CJJ 45—2015《城市道路照明设计标准》确定为 1.5 cd/m^2 左右^[4-7];古塔主体亮度与背景亮度比例参照北美照明工程学会(IES)《照明手册》(第9版)中推荐的室外照明效果亮度比,如表1所示,根据实际情况及实验条件进行适当的调整确定为“1:1、1:2、1:3、1:4”4个亮度比例,即对应的 5 cd/m^2 、 10 cd/m^2 、 15 cd/m^2 、 20 cd/m^2 4种亮度水平^[1-7]。

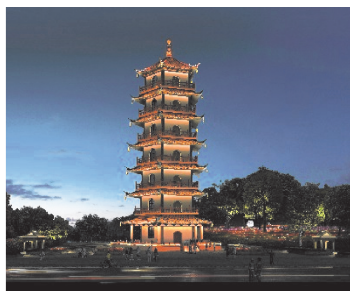
在实验室条件下,结合已选定的16种色温工况及4种亮度比例工况对古塔主体建筑辅以合理的照明效果,通过投影仪投射出场景,采用TOPCON BM-5AS色度亮度计分别进行标定,如图1所示,以满足各场景色温及亮度要求,共得到符合色温及亮度比例工况的64个场景(部分场景如图2所示)。由于实验目视时间较长,为了减少外界环境以及仪器更换对实验效果的影响,实验前,对投影仪进行30 min以上预热,使其达到正常且稳定的亮度输出水平,实验场景标定以及主观评价实验均在19点后的河北工程大学建筑馆103光学实验室进行^[1,8-9]。

表1 推荐室外照明效果亮度比
Table 1 The luminance ratio for outdoor lighting effects recommended

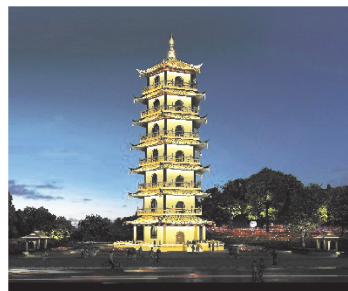
照明效果	最大亮度比
与周围环境协调	1:2
轻微强调	1:3
强调的	1:5
非常强调的	1:10



图1 TOPCON BM-5AS 场景工况定标
Fig. 1 Scene condition calibration



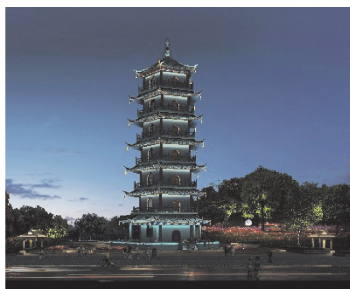
(a)1 500 K,10 cd



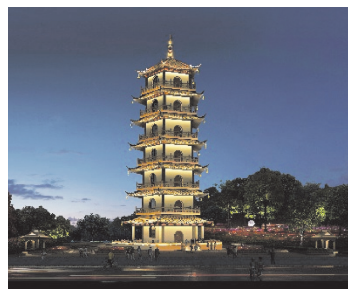
(b)3 200 K,20 cd



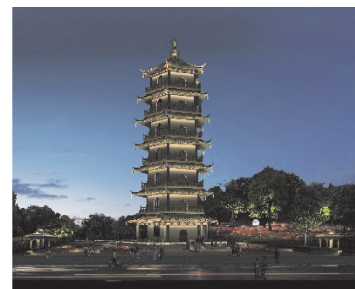
(c)1 500 K,5 cd



(d)8 000 K,5 cd



(e)2 500 K,15 cd



(f)3 800 K,5 cd

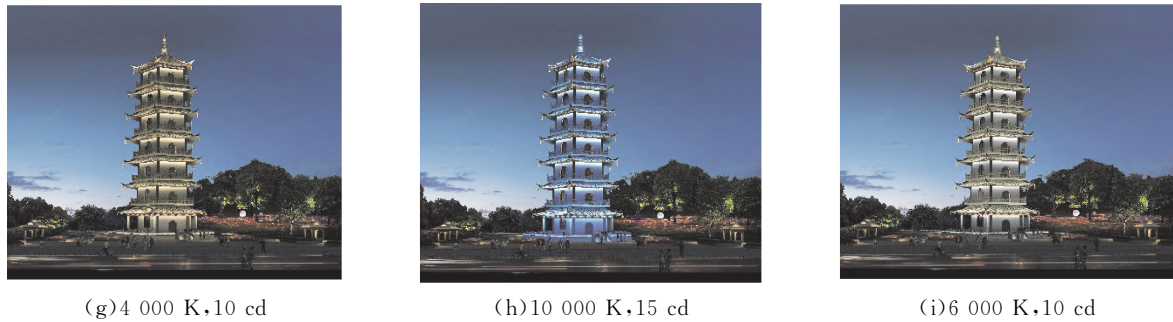


图 2 楼阁式古塔色温适宜性实验部分场景

Fig. 2 Some scenes of the color temperature suitability experiment of ancient tower

2.2 实验评价方法

实验评价方法采用语意差别量表法。实验样本视觉舒适度的评价等级选用 9 个等级,如图 3 所示。中间等级“0”表示既不感到满意,也不感到不满意,越往正数方向表示满意程度增加,越往负数方向表示满意程度减少。为了保证实验中评价数据的有效性和可信度,对每位参加实验的人员提前进行实验目的、实验方法、实验流程的讲解,并随机挑选 30% 的测试样本进行预测试,使实验者对实验样本观察效果的满意程度有初步的了解。

文中色温表现视觉适宜性主要通过对其样本中色温表现的视觉舒适度评价满意程度来呈现,视觉舒适度评价满意程度越高,其色温表现视觉适宜性越好;色温表现舒适度评价原则为样本展示工况在视看条件下,视觉感受的舒适性程度及对照明效果的满意程度的综合评价。实验自变量为色温数值及亮度数值,对其所组成的实验场景的主观评价满意度数值为因变量。

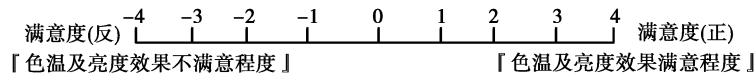


图 3 主观评价尺度用表

Fig. 3 Subjective evaluation scale

2.3 评价试验流程

实验整体分为初次实验及回访实验,2 次实验时间间隔为 30 d,实验人员为河北工程大学在校学生,年龄在 20~30 岁之间。初次实验共 112 人参加,回访实验将在初次实验中随机选择 42 人参加。进行实验时,关闭室内所有照明工具,并根据实际古塔尺度、观察角度及距离进行适宜比例缩放,以确定观察位置,保证观察效果符合实际情况及条件^[1,8,9]。

3 C-向量机色温表现视觉评价模型搭建

3.1 数据前处理

实验中初次实验样本 112 人,回访实验样本 42 人,将所得 64 个场景的舒适度评价价值,借助 Python 编程语言进行数据前处理,采用四分位数法批量去除异常值,即:对 64 个场景下获得的视觉舒适度评价价值,将超过上、下四分位点 1.5 倍四分位距(inter quartile range, IQR)的异常点删除,用以排除被试者在某些工况下的无效评价。为了加强数据图示化的清晰度,使得最终色温视觉舒适度评价模型更具准确性和易用性,决定在-4—4 的评价区间内,细致分为“四分类”和“三分类”,四分类为-4—-2、-2—0、0—2、2—4,分别代表“极不舒适”、“较不舒适”、“比较舒适”、“特别舒适”,“三分类”为-4—0、0—2、2—4,分别代表“不舒适”、“比较舒适”、“特别舒适”^[9-11]。

3.2 基于 C-SVM 的色温视觉评价模型搭建

支持向量机(SVM)是在统计学框架下的 Vapnik-Chervonenkis 维理论和结构风险最小化原理的基础上建立起来的一种机器学习算法,能够有效提高模型的泛化能力,即使是对小样本数据的分类或建模同样具有准确性,对独立的测试集以及有限数据集得到的判别函数误差较小,数据模型的搭建和分析过程中使用了科

学数据分析常用的 Python3.6 和 sikit-learn 等工具包^[10]。将初次实验数据和回访实验数据合并,进行前处理后得到最终模型搭建数据,如表 2 所示,将最终实验评价数据的均值和众数分别做离散化处理(数据分桶),使用 LabelEncoder 将标签转化为标准格式,使其转化成“三分类”和“四分类”的 C-SVM 色温视觉适宜性评价模型搭建问题。模型搭建以及数据处理中核函数选择形式为 $K'(x,y)=\exp(-\gamma||x-y||^2)$ 的径向基函数(RBF), γ 为参数变量^[10,12-13]。

表 2 评价数据前处理后模型搭建数据

Table 2 Evaluation data pre-processing and post-modeling data

色温/K	亮度/cd	初次实验 均数	回访实验 均数	去除异常值后 实验均数	初次实验 众数	回访实验 众数	去除异常值后 实验众数
1 500	5	-2.83	-2.62	-2.77	-4	-4	-4
1 500	10	-2.17	-2.45	-2.25	-3	-3	-3
1 500	15	-0.74	-0.57	-0.70	-1	-1	-1
1 500	20	-1.18	-1.14	-1.17	-4	2	-4
2 000	5	-2.58	-2.76	-2.63	-2	-2	-2
2 000	10	-0.72	-1.07	-0.82	-2	-2	-2
						
						
8 000	20	-1.61	-1.50	-1.58	-3	-3	-3
10 000	5	-3.44	-3.67	-3.50	-4	-4	-4
10 000	10	-2.87	-2.98	-2.90	-4	-4	-4
10 000	15	-1.63	-1.19	-1.51	-2	-3	-2
10 000	20	-2.38	-2.17	-2.32	-4	-4	-4

将最终实验数据(64 组)进行训练集和测试集划分,经过调试最终将训练集选取比例定为 85%,测试集选取比例定为 15%,训练并测试 C-SVM 模型的性能^[10-14],同时将均数、众数分别做“四分类”和“三分类”处理,查看 4 种情况下各场景视觉评价数值数量分布情况后,将 4 种情况的特征数据均做归一化处理,通过比较 4 种情况下 ROC(receiver operating characteristic)曲线和 AUC(area under the curve)值(见表 3)后得到均数“四分类”结合情况下 ROC 曲线最好,AUC 值也最高,达到了 0.947(见图 4),模型准确度达到了非常一致的地步,最终选取均数四分类情况进行数据集的分类界面可视化分析^[10,15-16]。

表 3 4 种情况 AUC 值

Table 3 AUC values of four cases

名称	四分类	三分类
平均值	0.947	0.901
众数	0.853	0.876

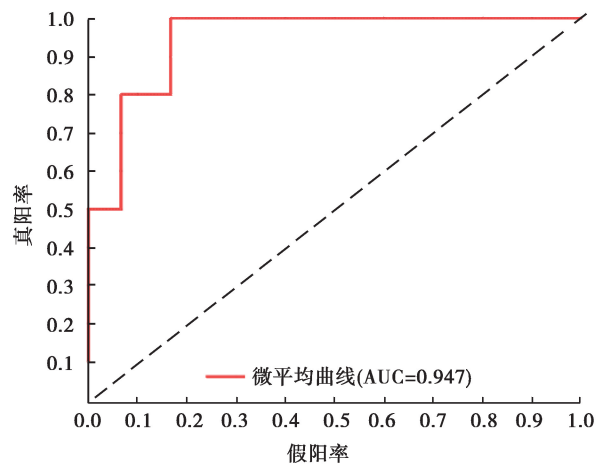


图 4 四分类-平均值 ROC 曲线及 AUC 值

Fig. 4 Four classification-average ROC curve and AUC value

将训练集样本中的亮度值和相关色温值作为特征变量,前处理后的最终实验数据的舒适度评价等级作为目标变量,作为模型输入,通过网格搜索和 K 折交叉验证进行参数调节,得到最优的 C 和 gamma 值(C 为误差惩罚因子, gamma 即为 RBF 核函数中的 γ 参数),通过查看训练集预测准确度来防止模型过拟合^[9,16-17]。

利用得到的最优 C 和 gamma 参数组合,对训练集进行训练,得出基于 C-SVM 的色温视觉舒适度评价模型^[14]。用训练好的 C-SVM 模型对测试集样本进行预测,根据预测结果的准确率值来评价模型性能,测试集预测准确度为 0.8,训练集预测准确度为 0.87,说明模型的性能较好,在保证预测准确性的同时,防止模型的过度拟合,可以用于真实场景的色温视觉舒适度评价预测^[10-18]。最终得到楼阁式古塔夜景照明色温表现视觉舒适度评价的 C-SVM 模型,结果如图 5 和图 6 所示,其中白色点“o”表示“特别舒适”,黄色点“●”表示“比较舒适”,红色点“●”表示“较不舒适”,黑色点“●”表示“极不舒适”。由于评价数据均衡性较弱,处在“特别舒适”区域的评价数据只有 2 个,且与“比较舒适”区域数据距离较近,所以在模型最优化计算过程中,没有将其单独划为一类^[18]。

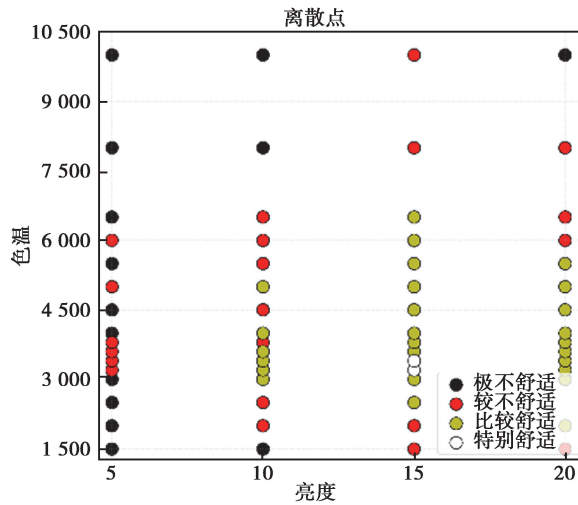


图 5 各工况样本视觉舒适度评价数据散点图

Fig. 5 Scatter diagram of visual comfort evaluation data of each working condition sample

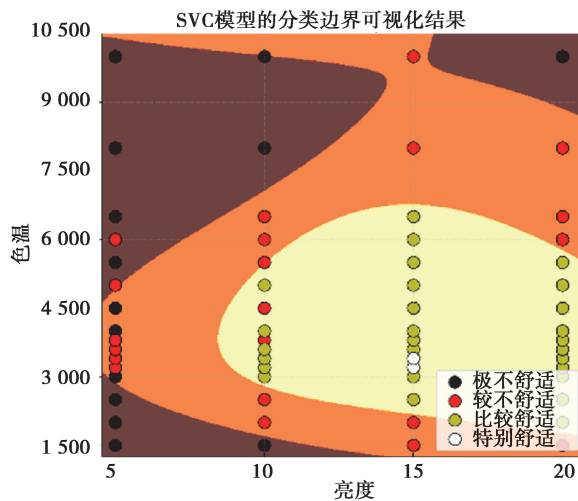


图 6 各工况样本视觉舒适度评价分类界面可视化图

Fig. 6 Visual comfort evaluation classification interface of each working condition sample

3.3 模型结果

根据楼阁式古塔夜景照明色温视觉舒适度评价模型最终数据分布及分类界面可视化结果,如图6所示,横轴为亮度,纵轴为相关色温,深棕色区域为极不舒适区,橙色为较不舒适区,黄色为比较舒适区。色温3 200 K~3 800 K状态下色温视觉舒适度评价满意度较高,在绝大部分亮度情况下处于舒适区域,在3 200 K和3 400 K色温状态下视觉舒适度评价满意度最高,在亮度水平15 cd(背景亮度与主体亮度比例为1:3)工况下达到满意的程度;同时,在亮度视觉舒适度上15 cd情况下各色温表现满意程度最高,在亮度为5 cd情况下各色温表现视觉舒适度程度最差;高亮度状态下比低亮度状态下色温视觉舒适度更高;7 500 K以上的高色温状态视觉舒适度均为不满意。

4 结 论

通过楼阁式古塔夜景照明色温视觉舒适度主观评价实验,将不同的色温和亮度工况作为特征变量,把初次实验数据与回访实验数据合并,应用C-SVM支持向量机模型对样本数据进行分类前处理后所得视觉舒适度评价价值作为目标变量,并对各场景评价价值所得均数和众数分别进行三分类、四分类划分,对比4种模型训练结果ROC曲线与AUC值,得到最优模型划分情况为均数四分类,最终将均数四分类模型训练结果进行可视化表达。经过调研、实测及数据分析得出以下重要结论:

1)通过实验分析结果得到楼阁式古塔建筑各色温及亮度表现视觉适宜性程度。建议在进行楼阁式古塔夜景照明设计时,色温多选用3 000 K~4 500 K,其中3 200 K~3 800 K色温视觉适宜性最高,更符合古塔建筑的建筑特性,夜景照明效果最好;尽量减少使用视觉舒适度及夜景照明效果较差的2 000 K以下低色温工况和7 500 K以上高色温工况;除特殊需强调部位亮度选择在20 cd(背景亮度的4倍)以上外,其他照明设计部位建议以15 cd(背景亮度的3倍)为主,既起到适当强调作用,又在保障色温视觉舒适度满意的基础上,使其可以有更多色温变化的可能。

2)楼阁式古塔建筑作为城市重要景观节点,现阶段夜景照明效果较差,色温杂乱,视觉舒适度偏低,无法满足大众的审美需求,更无法还原人们心中最本质的楼阁式古塔建筑特性,严重影响着一个地区的夜景照明品质。在楼阁式古塔建筑的夜景照明设计上,直观展现了大众对于各种色温表现的视觉舒适度感受情况,为设计者更好地通过照明手段还原楼阁式古塔建筑本质特性提供理论依据,优化此类建筑照明设计,推动夜景照明和夜游经济的发展。

3)实验结果表明,基于C-SVM的楼阁式古塔夜景照明色温视觉舒适度主观评价模型具有良好的可解释性,具有泛化能力强、错误分类风险小等特点,在小样本数据情况下建立模型依然能够有良好的表现,能够很好地识别数据,准确地反映出观察者对楼阁式古塔夜景照明各色温表现的主观偏好性,对建筑景观照明设计及实验状况下视觉适宜性研究具有一定的指导意义和实际应用价值。

参考文献:

- [1] 张明宇, 王立雄, 苏晓明, 等. 城市核心区中国传统古建筑夜景照明亮度适宜性评价研究[J]. 照明工程学报, 2012, 23(5): 29-33.
Zhang M Y, Wang L X, Su X M, et al. Adaptability analysis of nightscape lighting luminance of Chinese ancient architecture in urban core areas[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2012, 23(5): 29-33.(in Chinese)
- [2] 戴孝军. 中国古塔及其审美文化特征[D]. 济南: 山东大学, 2014.
Dai X J. Chinese ancient pagodas and their aesthetic cultural features[D]. Jinan: Shandong University, 2014. (in Chinese)
- [3] 贺炜. 浅谈中国古塔建筑文化特点及其在当今建筑设计中的传承与发展[J]. 美术与市场, 2014(4): 33-34.
He W. On the characteristics of Chinese ancient tower architectural culture and its inheritance and development in today's architectural design [J]. Art & Market, 2014(4): 33-34.(in Chinese)
- [4] 刘燊. 基于视觉心理学的休闲广场照明光环境研究与设计[D]. 大连: 大连工业大学, 2017.
Liu S. Research and design of the luminous environment in leisure square based on visual psychology[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2017. (in Chinese)
- [5] Kutlar N, Mengüç M P. Daylighting design process for visual comfort and energy efficiency for a signature building [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 290: 012145.
- [6] Kazemi R, Choobineh A, Taheri S, et al. Comparing task performance, visual comfort and alertness under different lighting sources: an experimental study[J]. EXCLI Journal, 2018, 17: 1018-1029.

- [7] 赵建平. 城市照明设计标准及规范[J]. 灯与照明, 2009, 33(1): 7-10,16.
Zhao J P. Standards about urban lighting design[J]. Light & Lighting, 2009, 33(1): 7-10,16.(in Chinese)
- [8] 田会娟, 刘欢, 郝甜甜, 等. 基于视觉舒适度的 LED 背光显示器最优亮度控制模型[J]. 天津工业大学学报, 2019, 38(1): 83-88.
Tian H J, Liu H, Hao T T, et al. Optimal brightness control model of LED backlight display based on visual comfort[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2019, 38(1): 83-88.(in Chinese)
- [9] Huang H P, Wei M C, Ou L C. Effect of text-background lightness combination on visual comfort for reading on a tablet display under different surrounds[J]. Color Research & Application, 2019, 44(1): 54-64.
- [10] 党睿, 王卿臣, 刘刚. 基于 C-支持向量机算法的教室照明舒适度研究[C]. 中国建筑学会第十三届建筑物理学术大会. 西安: 中国建筑学会, 2018: 769-774.
Dang R, Wang Q C, Liu G. Study on classroom lighting comfort based on c-support vector machine algorithm [C]. 13th architectural physics conference of China architectural society. xi ' an, China architectural society, 2018: 769-774. (in Chinese)
- [11] Dagher I, Azar F. Improving the SVM gender classification accuracy using clustering and incremental learning[J]. Expert Systems, 2019, 36(3): e12372.
- [12] 吴志辉. 基于支持向量机的径向基网络基函数中心确定方法研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
Wu Z H. Research on radial basis function center determination based on support vector machine[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018. (in Chinese)
- [13] 赵丹. SVM 核函数与选择算法[J]. 数字技术与应用, 2014(9): 226.
Zhao D. SVM kernel function and selection algorithm[J]. Digital Technology and Application, 2014(9): 226.(in Chinese)
- [14] Hamidzadeh J, Moslemnejad S. Identification of uncertainty and decision boundary for SVM classification training using belief function[J]. Applied Intelligence, 2019, 49(6): 2030-2045.
- [15] Amos B, Rimona P. Earning movement prediction using machine learning-support vector machines (SVM)[J]. Journal of Management Information and Decision Sciences, 2019, 22(2): 192-201.
- [16] Zhang C K, Zhou Y, Guo J W, et al. Research on classification method of high-dimensional class-imbalanced datasets based on SVM[J]. International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2019, 10(7): 1765-1778.
- [17] Moreira C A, Philot E A, Lima A N, et al. Predicting regions prone to protein aggregation based on SVM algorithm [J]. Applied Mathematics and Computation, 2019, 359: 502-511.
- [18] Tang T L, Chen S Y, Zhao M, et al. Very large-scale data classification based on K-means clustering and multi-kernel SVM[J]. Soft Computing, 2019, 23(11): 3793-3801.

(编辑 陈移峰)