基于实景图像与大语言模型的高校校园环境美景度季节差异*

许沉风[1,2] 朱梓博[3] 黄浩澜[4] 程 岩[5] 胡一可[1,2]

(1. 天津大学建筑学院，天津 300072；2. 中国城市科学研究会人居环境专业委员会，北京 100835；3. 华中农业大学园艺林学学院，武汉 430070；4. 东南大学艺术学院，南京 210096；5. 清华大学建筑学院，北京 100084)

摘要：【目的】构建涵盖多源数据采集、四季风格模拟、形态与色彩特征提取、感知评分获取及驱动机制解析的技术路径，揭示高校校园环境美景度视觉感知的多维驱动机制及其阈值特征，并据此提出面向不同季节的针对性景观优化策略，为校园景观优化提供定量参考。【方法】以天津大学卫津路校区为例，首先，利用 ChatGPT-4o 平台将现场采集的人视角度实景图像进行四季风格迁移，生成具有春、夏、秋、冬典型特征的季节性图像集；其次，基于 DeepLabV3+语义分割模型与多种色彩计算模型系统提取形态与色彩特征；再次，结合提示词工程与 ChatGPT-4o 平台对四季图像进行美景度视觉感知自动评分；最后，利用 XGBoost 模型识别关键驱动因素，并结合 SHAP 与 PDP 方法分析非线性与阈值效应。【结果】1）天津大学校园环境的美景度视觉感知呈现明显的季节性差异，整体表现为“春冬低-夏秋高”的趋势；2）形态特征方面，空间绿视指数是全年最主要的正向驱动因素，而界面围合指数在春夏季作为稳定的负向驱动因素，在秋季则由行人自由指数主导；3）色彩特征方面，美景度视觉感知的驱动呈现明显的季节性波动，其中色彩丰富性与协调性在春夏表现为积极作用，在秋冬则转化为负向影响。【结论】空间形态的层次性与秩序性是美景度视觉感知的重要形成基础，过度简化或过度复杂的空间结构均可能削弱感知；色彩的心理效应具有明显的双重性，其作用强度与方向受季节性光照条件与视觉负荷平衡状态的共同调节。

关键词：高校校园环境；美景度；视觉感知；季节差异；大语言模型

DOI：10.12169/zgcsly.2026.01.21.0004

Seasonal Differences in Scenic Beauty of University Campus Environments Based on Real-Scene Images and Large Language Models

Xu Chenfeng[1,2] Zhu Zibo[3] Huang Haolan[4] Cheng Yan[5] Hu Yike[1,2]

(1. School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Human Settlements Professional Committee, Chinese Society for Urban Studies, Beijing 100835, China; 3. College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 4. School of Arts, Southeast University, Nanjing 210096, China; 5. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: 【Objective】 This study constructs a technical framework encompassing multi-source data acquisition, four-season style simulation, morphological and color feature extraction, perceptual scoring and driving mechanism analysis, to reveal the multidimensional driving mechanisms and threshold characteristics of visual scenic beauty perception of university campus environments. The aim is to offer targeted landscape optimization strategies tailored to different seasons and provide quantitative references

收稿日期：2026-01-21

* 基金项目：国家自然科学基金重点项目（52038007）

第一作者：许沉风，男，2002 年生，硕士生，研究方向为人工智能在风景园林领域的应用。E-mail：xcf2024@tju.edu.cn

通信作者：胡一可，男，1978 年生，博士，教授，研究方向为人工智能在风景园林领域的应用。E-mail：18066040984@163.com

for campus landscape improvement.【Method】 Taking Tianjin University's Weijin Road Campus as a case, we first use the ChatGPT-4o platform to perform four-season style transfer on real-scene images collected on-site at the human-eye level, and generate seasonal image sets with typical characteristics of spring, summer, autumn, and winter. Second, morphological and color features are systematically extracted based on the DeepLabV3+ semantic segmentation model and multiple color computation models. Third, prompt engineering is combined with the ChatGPT-4o platform to automatically score the visual scenic beauty of the seasonal images. Last, the XGBoost model is used to identify key driving factors, and SHAP and PDP methods are employed in combination to analyze nonlinear effects and threshold effects.【Result】 1) The visual scenic beauty perception of the Tianjin University campus environment shows significant seasonal variations, overall exhibiting a pattern of "low in spring and winter while high in summer and autumn"; 2) In terms of morphological features, the spatial green view index is the most important positive driver throughout the year, while the interface enclosure index serves as a stable negative driver in spring and summer. In autumn, the pedestrian freedom index is the dominant factor; and 3) In terms of color features, the drivers of visual scenic beauty perception show pronounced seasonal fluctuations, while color richness and color harmony exert positive effects in spring and summer, but they shift to negative influences in autumn and winter.【Conclusion】 The hierarchical structure and orderliness of spatial morphology constitute an important foundation for visual scenic beauty perception, and both overly simplified or complex spatial structures may weaken the perception. The psychological effects of color exhibit a clear duality, and their strength and direction are concurrently regulated by seasonal lighting conditions and the balance of visual load.

Keywords: university campus environment; scenic beauty; visual perception; seasonal difference; large language model

高校校园环境是学生日常学习与生活的重要空间载体，其空间品质与景观特征持续影响学生的视觉体验、心理状态及行为活动[1]。大量研究表明，良好的高校校园环境有助于缓解视觉疲劳、降低焦虑与抑郁水平，进而促进个体身心健康与社会交往活力[2]。随着健康校园理念的推进以及校园精细化管理水平的不断提升，高校校园环境的景观质量与空间感知正逐渐被视为亟需优化的重要内容[3]。因此，如何构建科学、定量且智能的研究框架，揭示校园环境特征对学生视觉感知的作用机制，已成为实证设计的重要支撑。

近年来，在大数据与计算机视觉技术的推动下，公众视觉感知研究取得了明显进展[4]。基于街景图像的空间感知分析方法已广泛应用于城市研究领域[5]。然而，此类研究多聚焦于尺度较大、形态相对开放的城市街道空间[6]，在小尺度场地中的数据获取精度与语义解译能力仍显不足[7]。在此背景下，传统实地调查与问卷访谈虽能获取较为可靠的感知数据，但时间成本高、空间覆盖有限，难以满足多时段、多情境下的对比分析需求[8]。同时，美景度作为衡量空间秩序、自然要素、界面连续等多维特征的综合评价标准，具有可量化、可比较和跨情境应用的优势，在环境心理学实证研究中已形成较为成熟的测度范式，但研究场景集中于城市公园与自然环境，仍缺乏在高校校园环境中的量化研究[9]。因此，如何在小尺度空间中构建智能化且高精度的美景度视觉感知分析框架，已成为推动高校校园环境智能感知与精细管理的重要方向。

景观要素在四季演替中通过重塑色彩与形态结构持续影响公众对环境的视觉感知，具有明显的季节动态性[10]。然而，高校校园环境等高频使用空间的季节性感知特征及其驱动机制仍缺乏系统研究[11]。传统人工调研需跨季节重复采集数据，成本高、周期长且易受拍摄一致性限制。近年来，生成式人工智能的发展为四季景观的高效模拟与跨季表达提供了新的技术路径[12]，但其在景观研究中的应用深度仍较有限。因此，亟需探索高效自动的技术路径，实现四季景观变化的精准模拟与动态解析。

综上，本研究以天津大学卫津路校区为例，构建涵盖多源数据采集、四季风格模拟、形态与

色彩特征提取、感知评分获取，以及驱动机制解析的技术路径，并据此提出面向不同季节的针对性景观优化策略。重点围绕以下 3 个科学问题展开：1）如何在小尺度高校场景中构建科学、定量且智能的图像解译流程，以系统提取季节性形态与色彩特征？2）在四季更替过程中，学生对高校校园环境的视觉感知差异呈现何种变化规律？3）如何将感知驱动机制的分析结果转化为可实施的季节性优化策略，以支撑高校校园环境的精细化提升？

1　研究区概况

天津大学卫津路校区位于天津市南开区卫津路 92 号，校园整体占地约 182 万 m^2，建筑总面积约 142.5 万 m^2[13]。学校校园环境整洁，景色优美，被誉为花园式学校（图 1）。

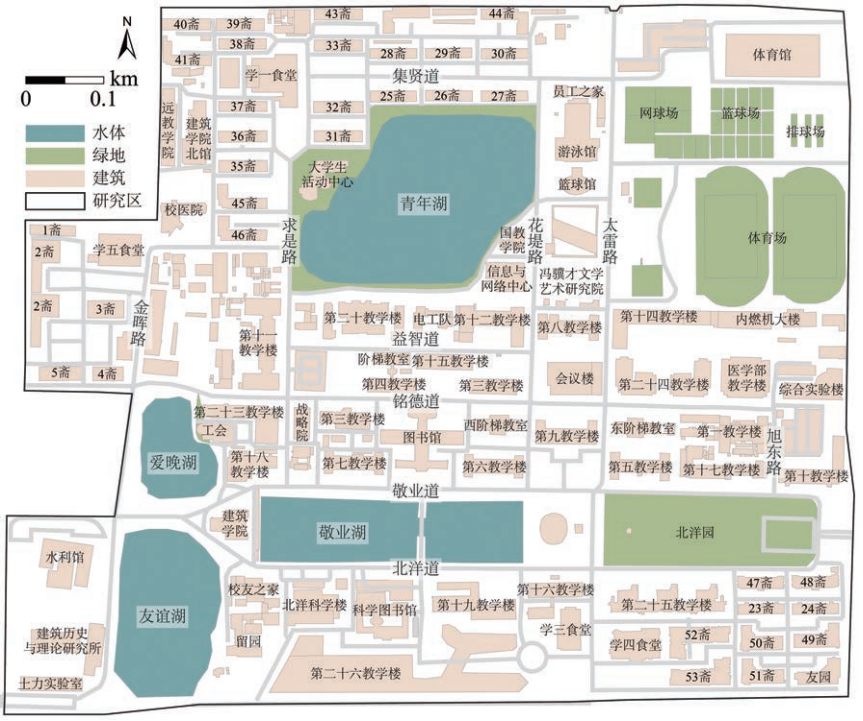


图 1　天津大学卫津路校区总体布局

2　研究方法

首先，对实景图像进行四季风格迁移，构建季节化数据集；随后基于 DeepLabV3+提取多维形态特征，并结合多种色彩模型计算色彩指标；在此基础上，通过提示词约束与小样本验证校准生成结果，构建美景度视觉感知评分框架；最后采用 XGBoost 模型分析环境特征的驱动机制，并借助 SHAP 与 PDP 揭示其非线性效应与阈值特征（图 2）。

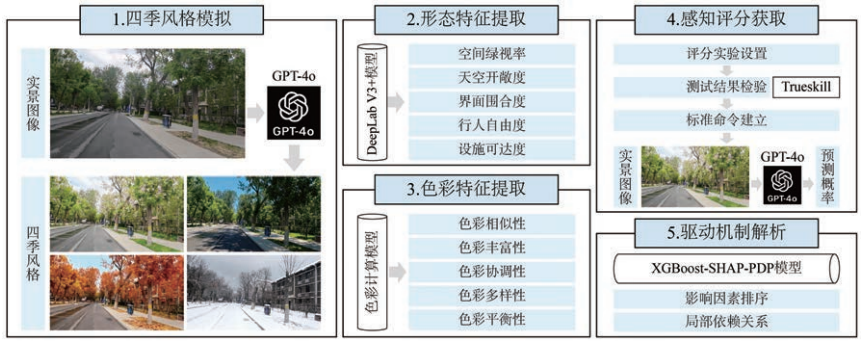


图 2　技术路线图

2.1 实景图像采集

采用大疆 Action4 相机进行实景视频记录，开启地平校正、自动白平衡、自动曝光与畸变矫正，以保证几何与光照一致性。相机高度设为约 1.6 m，模拟行人视角。拍摄于 2025 年 5 月 1 日晴天、低人车流条件下，沿校园主干道以约 5 m·s^{-1}匀速骑行完成连续采集，并通过路段编号与节点控制实现全区覆盖、避免重复。视频采集后利用 Python 语言中的 OpenCV（cv2 模块）每 4 s 自动截帧，共获得 1 396 张分辨率为 3 840×2 160的图像样本，构成基础数据集；随后采用自适应直方图均衡化以减弱光照与阴影差异对后续分析的影响。

2.2 四季风格模拟

将采集的实景图像输入 ChatGPT-4o 平台进行四季风格迁移处理[14]。在保持原始图像基本构图与主体内容一致的前提下，通过生成式模型分别生成对应的春、夏、秋、冬四季图像，以构建具有季节差异性的视觉数据集。在多轮提示词工程优化与生成效果比对后，确定最优提示语：“在确保原图场景构图与主体内容保持一致的前提下，请分别生成呈现春、夏、秋、冬 4 个季节特征的图像版本。调整画面中的光线、色调、植物状态及环境氛围，以真实反映各季节的自然变化。同时注意不同树种应符合其生物特性，例如常绿植物不能出现明显的枯黄现象。每个季节请生成一张独立的图像。”

生成完成后，邀请景观专业与非专业学生各 25 名对图像进行评价。被试视力正常、完成知情同意。考虑到美景度感知存在主体差异性，样本招募时兼顾年龄、学历、性别、文化背景等因素，使样本结构相对均衡。由于个体审美经验等差异难以完全消除，通过随机招募被试与随机呈现图像减弱其干扰。共评审 50 组场景（200 张图像），采用 5 分制从“前后场景一致性”“季节特征明显性”“植物物候合理性”“整体色调协调性”“图像细节完整性”5 个维度进行评分，并计算加权均值。结果显示总体平均得分为 4.13，各维度标准差均低于 0.60。

进一步开展小样本补充实验，选取秋、冬季各 1 天（2025 年 9 月 20 日与 12 月 8 日），在既有空间分布基础上获取 50 个固定点位的真实季节影像，并与对应位置的 AI 生成图像进行配对比较。采用 SSIM 为核心指标，辅以 PSNR 与 LPIPS 进行综合评估。结果显示，秋季样本的平均 SSIM 为 0.879、PSNR 为 28.12 dB、LPIPS 为 0.178；冬季分别为 0.864、27.03 dB 和 0.191。这表明生成图像与真实季节场景具有较高结构一致性与视觉可靠性。

2.3 形态特征提取

在 Python 3.9.13 环境部署基于 Cityscapes 开源数据集预训练的 DeepLabV3+图像语义分割模型，并运用网格搜索算法进行参数调优[15]。考虑到实景图像采样具有瞬时性和随机性，本研究在分析过程中排除了车辆、行人等具有社会动态特征的干扰因素，最终选取空间绿视指数（Spatial Green Index，SGI）、天空开敞指数（Sky Openness Index，SOI）、界面围合指数（Interface Enclosure Index，IEI）、步行自由指数（Pedestrian Freedom Index，PFI）及设施可达指数（Facility Accessibility Index，FAI）5 项指标用于评估形态特征[16]。

2.4 色彩特征提取

通过 Python 3.9.13 环境对实景图像的色彩相似性（Color similarity，CS）、色彩丰富性（Color richness，CR）、色彩协调性（Color compatibility，CC）、色彩多样性（Color diversity，CD）和色彩平衡性（Color balance，CB）5 个色彩特征指标进行提取[17]。

2.5 感知评分获取

使用 GPT-4o 对实景图像进行智能化美景度视觉感知评分[18]。为确保视觉感知评分的科学性与一致性，采用提示词工程方法以优化其视觉理解与生成表现。GPT-4o 作为目前领先的多模态大语言模型，具备处理图像与文本混合输入的能力，可执行图像识别、图像描述及视觉问答等多类型任务[19]。

2.5.1 评分实验设置

以实景图像与文本提示组合作为输入，综合评估提示语结构与语义强度对模型输出的影响。在统一任务设定下构建多级提示模板，并对同一图像进行多轮重复测试，引入不同随机种子以降

低随机偏差；样本按空间类型与季节分层，训练集与验证集比例为 4∶1。通过比较多轮输出的中位数与离散度评估提示稳定性，当评分中位数≥0.80、绝对中位差≤0.05 且在训练与验证集间保持一致时，认定该提示为稳定有效，并作为后续自动评分的标准模板。

2.5.2　测试结果检验

为提升模型评分的可解释性与可靠性，在正式实验前进行人工校准。采用 Python3.9.13 作为编程环境，基于 TrueSkill 算法构建小样本图像评价程序。再次邀请上述 50 名学生分别对 100 组配对图像进行评分比对。完成全部街景图像的多轮次主观评价后，汇总计算两两比较结果，并在 TrueSkill 框架下获取各街景图像的相对排序值，并将其线性映射为 0~10 区间的连续评分；随后对所有被试的评分结果进行汇总与求均值，作为该图像的最终评分。在此基础上，计算模型输出与人工结果之间的 Pearson 相关性系数，认定模型输出与人工判断具有较高一致性（图 3）。

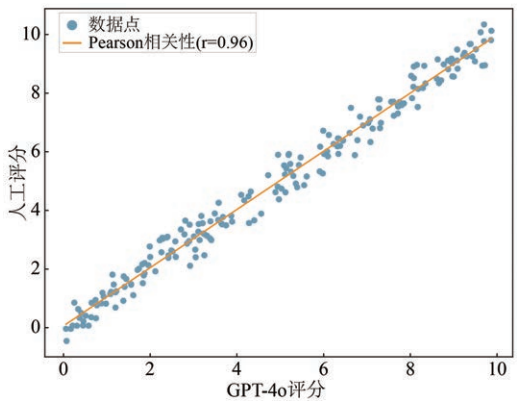


图 3　人工与 AI 打分对比

2.5.3　标准命令建立

为确保 GPT-4o 输出的稳定性与可比性，采用模块化提示设计，将提示结构化为 5 个要素：1）角色设定（限定为“高校学生”视角）；2）任务说明（围绕形态与色彩特征进行综合判断）；3）约束条件（排除天气、行人、车辆等偶发因素）；4）输出格式（量化评分）。最终，标准提示词命令为“请以一名高校学生的视角观察以下高校校园环境图像，从形态与色彩特征方面进行视觉感知综合评价，并对美景度进行 0~100 分评分（分数越高表示越美丽）。忽略天气、行人、车辆等偶发因素，输出最终得分。”在此基础上，将标准化提示词与实景图像共同输入 GPT-4o，生成 0~100 分区间的美景度视觉感知评分。

2.6　驱动机制解析

在 Python 3.9.13 环境通过 XGBoost 模型探究各类形态特征与色彩特征对美景度视觉感知的季节性驱动机制。其通过集成多个弱学习器，在处理因变量和自变量之间的复杂非线性问题方面具有明显优势。为提升模型可解释性，引入 SHAP 与 PDP 方法量化各驱动因素的贡献方向、强度与阈值，并实现结果可视化[20]。

3　结果与分析

3.1　形态色彩特征季节差异

由图 4 可知，10 类指标在季节尺度上呈现由差异化向均衡化收敛的连续演进特征。形态类指标中，秋季普遍表现为结构稳定性减弱而内部差异增强，随后在冬季部分恢复；色彩类指标则表现出清晰的冷暖季分异，秋冬季一致性与集中度增强，而多样性与离散度降低。

3.2　美景感知评分季节差异

由图 5~8 可知，美景度视觉感知在空间上呈现明显的季节性与区域分异特征，整体表现为春冬低而夏秋高，高值等级的空间集聚度明显高于低值等级。春、冬季以中等等级占优，高值主要集中于西北与东南宿舍区，低值多出现在青年湖周边。夏季高值范围扩大但空间分布相对离散，秋季高值则沿河岸呈带状集聚。

如图 9~10 所示，美景度视觉感知在四季中的变化趋势可归纳为 6 种类型：持续稳定型、逐渐上升型、逐渐下降型、波动不定型、波动上升型以及波动下降型。其中，波动上升型与波动下降型分布数量相对较多，且多呈局部聚集式分布，其余类型则表现为零散化、片段化分布特征。

3.3　关键影响因素季节差异

从时间维度看（图 11），SGI、IEI 与 CR 在四季中保持较高稳定性，是美景度视觉感知的核心驱动因素。形态维度在春夏占据主导地位，其中 SGI 表现为稳定的正向贡献且具有明确阈值效应，而 IEI 在暖季持续呈负向影响；至秋季，驱动重心转向 PFI，其阈值以上对美景度产生明显

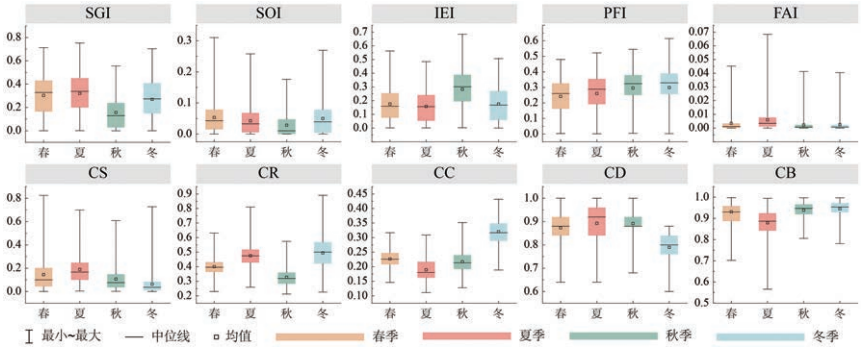


图 4 形态与色彩特征的数值结构差异



图 5 春季美景度视觉感知空间分布



图 6 夏季美景度视觉感知空间分布

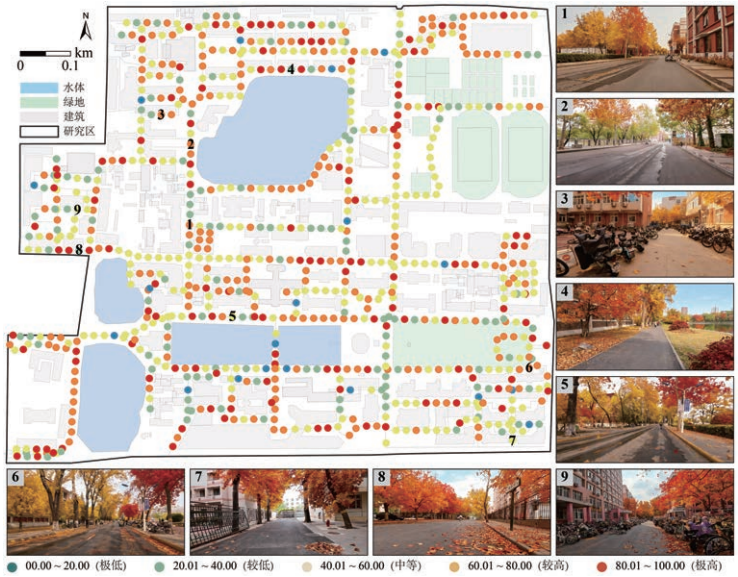


图 7　秋季美景度视觉感知空间分布

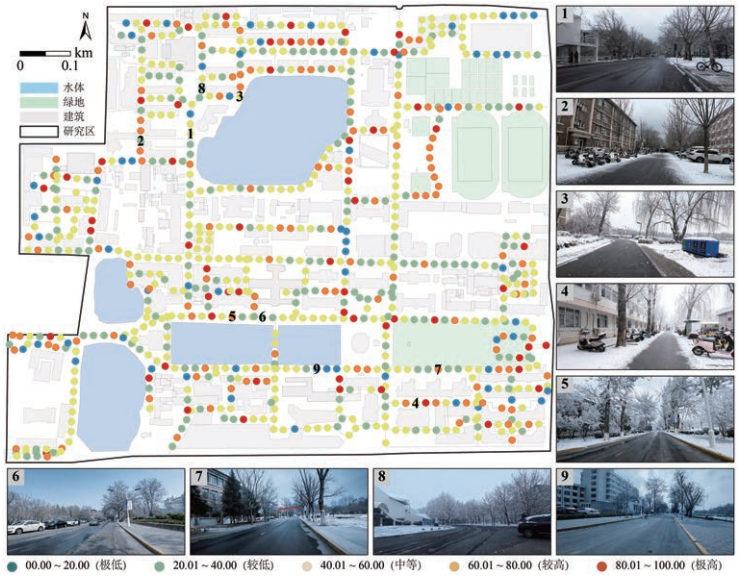


图 8　冬季美景度视觉感知空间分布

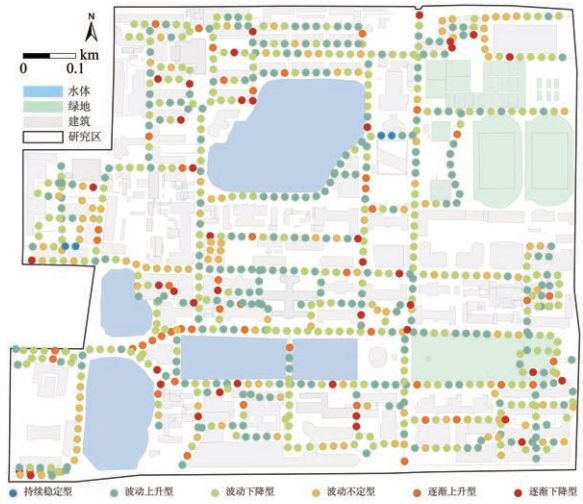


图 9　不同变化趋势的空间分布



图 10 不同变化趋势的代表性场景

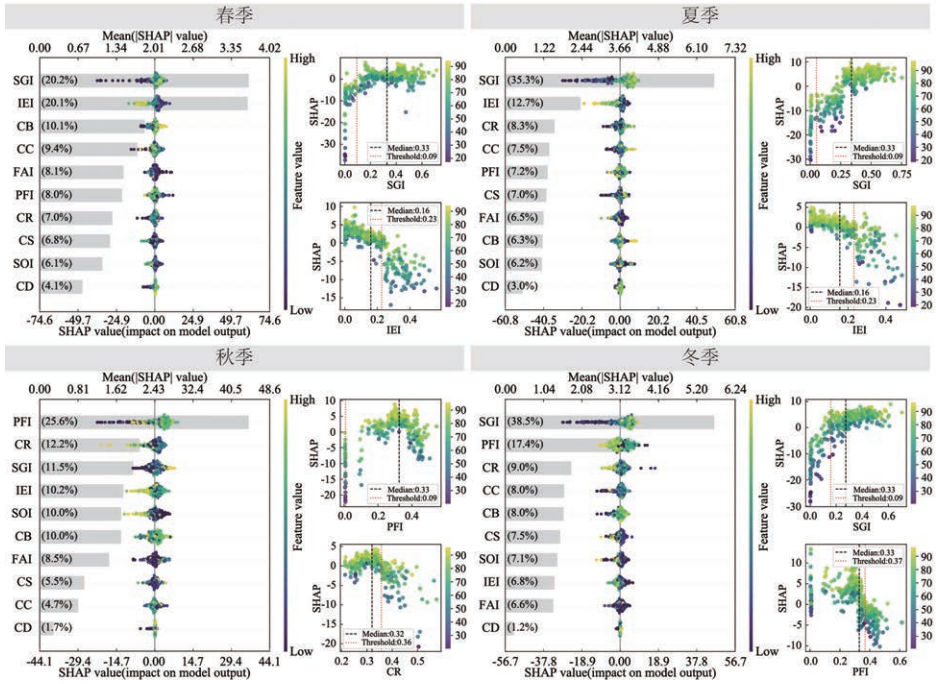


图 11 影响因素的重要性排序及前两位因素的局部依赖关系

促进作用。相较之下，色彩因素整体影响次于形态因素且季节依赖性更强，暖季以正向驱动为主；冷季中 CR 由正转负，超过稳定阈值后对美景度产生抑制效应。

4 讨论

4.1 智能模型应用流程优势

AI 技术的迅猛发展正深刻重塑城市空间视觉感知研究的认知体系与技术路径。以大语言模型为代表的新一代系统，正推动相关分析方法从传统的经验判断与问卷调查，迈向数据驱动与自动解译的智能阶段[21]。AI 模型具备在高维异构数据中识别潜在规律的能力，能够以更高效率、更广时空覆盖与更低成本实现复杂城市环境的认知建模。本研究以 GPT-4o 为核心模型，融合风格迁移与视觉理解功能，实现了高校校园环境四季自

动模拟与感知评估，有效突破了实地采样在时间跨度与资源消耗上的限制[22]。此外，AI 模型的引入使城市空间视觉感知研究从单纯的形态识别迈向了对空间意义的深层理解。通过提示词工程的系统优化，GPT-4o 能够在多模态输入的基础上综合解析图像的空间结构、构图层次与环境氛围，并以自然语言形式生成符合公众感知逻辑的评价结果[23]。上述方法能够在跨季节、跨场景条件下推动视觉感知研究从定性描述走向智能的定量分析[24]。

4.2　影响机制季节差异成因

研究表明，天津大学卫津路校区校园环境的美景度在空间分布上呈现春冬季整体偏低，夏秋季整体偏高的明显特征；美景度的形成机制在时间维度上呈现以形态因素主导、色彩因素次之的特征，并呈现明显的阈值效应。其中，SGI 在春、夏、冬三季均为主要正向因素，而 PFI 则成为秋季的主导因素。究其原因，季节差异反映了环境信息强度对视觉刺激的动态影响。首先，SGI 的阈值效应揭示了信息负荷与美景感知之间的非线性关系，即适度的植物景观可通过自然要素的疏密变化与高低错落激活个体感知，而当 SGI 超出感知系统的信息密度时，植物的重复性与均质化特征会削弱视觉层次的辨识度，进而引发认知疲劳，导致美景度下降[25]。相对而言，IEI 在春、夏季呈现明显的负向影响，表明过强的空间围合会削弱环境结构的清晰度与形态可读性，进而降低个体的认知秩序感。进入秋季后，空间秩序趋于稳定，环境的杂乱信息减少，色彩特征对视觉刺激的重要性随之上升，个体易产生心理期待[26]。同时，CR 在全年中发挥次级调节作用，其在春夏的正向效应表明色彩层次能够增强感知，而在秋冬负向效应则揭示过度的色彩复杂度易形成视觉噪声，破坏色彩平衡[27]。

4.3　优化策略

应从因季而调、因域施策的综合视角出发，强化暖季空间形态优化与冷季色彩环境调控的协同引导。首先，在春夏季重点提升形态类指标的空间韧性，通过增加连续开放界面的植物配置、优化局部空间围合度与视域通达性，促进 SGI 稳定高于关键阈值、避免 IEI 突破临界点；同时，应结合秋季 PFI 的主导作用，沿滨水廊道与景观带开展结构连续性与步行感知友好度引导，构建带状景观序列与渐进式视觉引导空间，以增强季节过渡期的景观稳定性与连续性。其次，需从色彩维度强化季节性差异化配置与阈值敏感控制。春夏阶段应优先增强 CB 与 CC 的正向驱动效应，在核心景观节点与宿舍区聚集区域引入适度高饱和度、协调性色彩植被与立面要素；针对秋冬季 CR 由正转负的临界响应特征，应通过引入低明度暖色系与季相适应性植物群落，维持整体色彩平衡与环境舒适感。

5　结论

高校校园环境的美景度呈现明显的季节分异，其变化并非单纯由要素更替引起，而是景观结构与视觉信息复杂度在季节背景下共同调节所致；形态对美景度的影响体现为适度有序的效应，清晰的层次与秩序是积极感知的基础，而形态过简或过繁均会削弱审美体验；色彩的感知效应具有情境依赖性，其正负作用随季节光照条件与视觉负荷的平衡而转化，存在最优区间。据此提出针对高校校园环境的优化策略，有助于构建面向季节动态、阈值响应与多维特征协同的循证设计体系，为健康校园的智能化景观治理提供方法路径参考。

参考文献

[1]侯万钧,柳亚磊,苏薇.沿市郊干道高校宿舍区交通噪声影响研究[J].建筑科学,2016,32(10):55-58.

[2]刁建新,岳娟,张博然.海绵城市理念下的校园宿舍区生态景观改造:以河北工业大学宿舍区为例[J].建筑节能,2019(2):132-137.

[3]钱俊伟,郑重,安钰峰.新时代中国“健康校园”体系的理论与实践:以北京大学为例[J].北京体育大学学报,2021,44(9):145-155.

[4]罗琳,杨喜平,李君轶,等.基于街景数据的城市街道感知特征空间异质性研究:以西安市为例[J].地理与地理信息科学,2024,40(5):51-58.

[5]黄扬飞,黄馨瑶,钟晨健,等.多源大数据解析城市生活性街道步行安全研究:以 H 市 L 街道为例[J].城市发展研究,2025,32(6):34-39.

[6]杨瀚文,邹尚恩,胡一可.城市街道绿化泛类结构的视觉感知特征:以天津市市内六区为例[J].风景园林,2025,32(5):37-

44.
[7]张哲,林金颖,黄志欢,等.历史街区街景语义分割及步行环境研究[J].现代城市研究,2025(9):45-51.
[8]彭建东,王璇.社区客观与感知建成环境对居民心理健康的影响机制及差异:基于武汉市 58 个社区的研究[J].上海城市规划,2024,5(5):72-79.
[9]许沉风,李敏,胡一可,等.基于街景图像的南京市市区美景度评估及驱动机制时空演变[J].中国城市林业,2025,23(4):61-71.
[10]段艺凡,白骅,李树华,等.不同植被结构绿地冬夏季感知体验对人体生理恢复的影响[J].西北林学院学报,2025,40(2):251-258,272.
[11]苏畅,陈一秀,殷利华,等.基于用户生成数据与自然语言处理的园林植物感知偏好研究:以武汉城市公园为例[J].中国园林,2025,41(1):125-132.
[12]吴超群.基于图像风格迁移的四季延时摄影视频生成方法[D].武汉:华中科技大学,2024.
[13]许沉风,黄浩澜,杜丙旭,等.年龄差异视角下高校建筑外立面色彩视觉感知与驱动机制分析:以天津大学西北区域为例[J].建筑创作,2026,(1):187-194.
[14]LIU Z Y,LI T T,REN T Y,et al.Day-to-night street view image generation for 24-hour urban scene auditing using generative AI[J].Journal of Imaging,2024,10(5):112.
[15]许沉风,朱梓博,胡一可,等.历史文化名镇街道路网形态对空间品质的影响研究:以南京市淳溪镇为例[J].小城镇建设,2025,43(12):94-107.
[16]许沉风,朱梓博,李敏,等.眼动追踪视角下城市街道建筑外立面视觉注意力影响机制[J].南方建筑,2026(1):61-73.
[17]SONG M K,XIAO Y.Does streetscape color matter for urban perceptions? A deep learning approach to street view images[J].Land Use Policy,2025,155:107581.
[18]刘进轩.生成式人工智能 ChatGPT 与人类对城市景观感知与偏好对比研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2025.
[19]YIN M Y,SING M C P,YUNG E H K.Can ChatGPT-5 assess human perceptions of dynamic urban streetscape transitions? Insights from Hong Kong[J].Building and Environment,2026,290:114155.
[20]郝源斐,刘喆,郑曦,等.大语言模型驱动下基于街景影像的街道空间视觉质量评价与优化[J].地球信息科学学报,2025,27(9):2070-2085.
[21]许沉风,黄瀚霆,胡一可,等.人工智能在建筑方案设计中的应用综述[J].建筑细部,2025,23(5):680-687.
[22]ZHANG J X,LI Y Q,FUKUDA T,et al.Urban safety perception assessments *via* integrating multimodal large language models with street view images[J].Cities,2025,165:106122.
[23]XIAO Y,TANG Y W.Can ChatGPT-4o assess the perceptions of streetscape change? Evidence from Shanghai, China [J].Sustainable Cities and Society,2025,130:106674.
[24]ZHU H X,CHANG J,AN X Y,et al.Global and local feature extraction of urban historical spatial perception using large language models:a case study of Harbin Central Street District[J].Cities,2025,165:106183.
[25]SONG M X,XU M J,WANG Y T,et al.Is more vegetation always better? Evaluation of restorative benefits and preference for window views [J].Building and Environment,2025,272:112660.
[26]郭华贵,张铭桓,万博宇,等.基于机器学习的街道环境色彩对老年人愉悦感知的影响研究[J].风景园林,2025,32(8):119-127.
[27]CHEN N J,WANG L,XU T,et al.Perception of urban street visual color environment based on the CEP-KASS framework[J].Landscape and Urban Planning,2025,259:105359.