

城市滨水绿道景观视觉质量评估及影响因素分析 ——以南京夹江滨江绿道为例

Visual Quality Assessment and Influencing Factors Analysis of Urban Waterfront Greenway Landscape: A Case Study of Nanjing Jiajiang Riverside Greenway

熊星^{1*} 温晓雨¹ 杨善睿¹ 刘澜² 曾伟³
XIONG Xing^{1*} WEN Xiaoyu¹ YANG Shanrui¹ LIU Lan² ZENG Wei³

(1.南京农业大学园艺学院, 南京 210095; 2.三江学院建筑学院, 南京 210012; 3.东南大学艺术学院, 南京 214135)
(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu, China, 210095; 2. College of Architecture, Sanjiang University, Nanjing, Jiangsu, China, 210012; 3. The School of Art, Southeast University, Nanjing, Jiangsu, China, 214135)

文章编号: 1000-0283(2024)09-0069-09

DOI: 10.12193/j.laing.2024.09.0069.008

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2024-02-21

修回日期: 2024-05-08

摘要

城市滨水绿道是城市绿地建设中的重要一环,兼具生态、游憩、经济、连接等多类功能,是城市景观的重要组成部分,评估和提升其视觉质量对城市特色、风貌的塑造具有积极意义。以南京夹江两岸滨江绿道为例,运用OpenStreetMap获取路网数据生成街景采样点,借助Python和百度街景API爬取街景图像。通过深度学习技术对图像进行语义分割,结合美景度评价,分析景观要素与视觉质量的影响机制。结果显示,南京滨水绿道景观视觉质量仍有提升空间,夹江以南滨江绿道景观视觉质量优于夹江以北;道路宽度、色彩丰富指数、绿视率、建筑可视度均显著影响滨水绿道景观视觉质量,其中建筑可视度负向影响视觉质量,其余三项均为正向影响;城市滨水绿道景观视觉质量是公众视觉感知和环境空间双向作用的结果,建议关注显著影响指标,依据其影响力度设置优先级以有效提升滨水绿道景观质量。研究结果揭示城市滨水绿道景观视觉感知的影响因素,为滨水绿道景观的优化提供参考。

关键词

深度学习; 街景图像; 滨水绿道; 视觉质量; 景观评价

Abstract

Urban waterfront greenway is an important part of the construction of urban green space, which has multiple functions such as ecology, recreation, economy, and connection. As an important part of the urban landscape, the visual quality of the urban waterfront has a positive significance for shaping urban characteristics and style. Taking the riverside greenway on both sides of the Jiajiang River in Nanjing as an example, OpenStreetMap is used to obtain road network data to generate street view sampling points, and street view images are crawled with the help of Python and Baidu Street View API. The semantic segmentation of the image was carried out by deep learning technology, and the influencing mechanism of landscape elements and visual quality was analyzed in combination with the evaluation of scenic beauty. The results show that there is still room for improvement in the visual quality of the Nanjing waterfront greenway landscape, and the visual quality of the riverside greenway south of the Jiajiang River is better than that of the north of the Jiajiang River. Road Width Index, Green Visual Index, and Color Richness Index positively affect visual quality, while Building Visibility is restrained. The visual quality of urban waterfront greenway landscape is the result of the two-way effect of public visual perception and environmental space, and it is recommended to pay attention to the significant impact indicators and set priorities according to their impact intensity to effectively improve the landscape level of waterfront greenway. This study reveals the factors that influence the visual perception of urban waterfront greenway landscapes and provides a reference for the optimization of waterfront greenway landscapes.

Keywords

deep learning; street view imagery; waterfront greenway; visual quality; landscape evaluation

熊星

1984年生/男/江西南昌人/博士/副教授/
研究方向为风景园林规划与设计、景观感知

温晓雨

2000年生/女/山东聊城人/在读硕士研究生/
研究方向为风景园林规划与设计

杨善睿

2001年生/男/山东聊城人/在读硕士研究生/
研究方向为风景园林规划与设计

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: xiongxing@njau.edu.cn

基金项目:

江苏省高校哲学社会科学项目“公共健康视角下的城乡慢行空间‘景一体’耦合机理及设计响应研究”(编号: SKYC2024017); 江苏省研究生实践创新计划项目“步行视角下的人群情绪特征及视觉环境公平性研究”(编号: SJCX24_0243)

城市滨水区是城市中重要的景观资源,在提高城市环境质量、丰富地域风貌等方面具有极为重要的价值^[1]。当前中国许多城市将滨水区视作城市发展的重要增长点,滨水区再开发成为改善城市形象、实现经济增长的有力抓手^[2-3]。作为滨水区的重要组成部分,城市滨水绿道被认为是综合自然生态、串联风景名胜和游憩资源的绿色开放空间^[4],兼具生态、游憩、经济、连接等多元功能^[5],不仅是重要的线性生态廊道,还为城市提供了休闲游憩的理想场所,对于激活城市空间、提升城市品质等方面具有积极意义。

自2010年广东省珠江三角洲绿道网络的建设以来,中国系统性开启了绿道建设的实践探索^[6]。此后绿道建设发展如火如荼。2016年2月,《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》对绿道建设作出部署。随后,住建部发布《绿道规划设计导则》为推进绿道建设提供规范与指导^[7]。2022年《“十四五”全国城市基础设施建设规划》明确提出完善绿道网络建设,串联公园绿地、山体、江海、河湖水系、文化遗产和其他城市公共空间^[8],随之涌现出上海黄浦江滨江绿道、武汉东湖绿道等一批优秀滨水绿道建设案例。以南京为例,截至2018年底,南京以夏季青年奥林匹克运动会为契机,陆续建成河西滨江风光带绿道、环紫金山绿道、明城墙绿道等彰显特色的城市绿道^[9]。2022年7月,南京市编制《南京市绿道详细规划(2020-2035年)》,提出要以江为轴,以河为脉,在市域形成江南江北相对独立、环带相接、串点连景的两个绿道结构。城市滨水绿道正在成为城市滨水区重要游憩空间和绿色媒介,在串联城市滨水空间、激发城市活力与改善城市形象等方面发挥着重要作用。

随着滨水绿道关注度的提高,滨水绿道研究正在呈现出系统性、多领域、多学科交叉研究的发展趋势^[10],逐渐从关注绿道本身转向游人与绿道之间关系的探讨。研究内容主要集中在绿道功能^[11]、景观格局^[12]、规划设计^[13-14]、景观感知与评价^[15-16]等领域。在绿道功能领域,重点关注生态修复、交通连接、休闲游憩等功能。Hartig等^[17]基于指标报告对边境城市滨水绿道开发进行案例研究,揭示了河流绿道的连通性及潜在效益。谢波等^[18]发现滨湖绿道的建设显著促进了周边2 km范围小区居民心理健康水平的提升。在景观格局领域,聚焦于廊道尺度、空间结构与气候影响研究。Liu等^[19]从小气候适宜性和行人热舒适度的角度出发,考察深圳滨海绿道景观空间格局与小气候影响之间的关系。周聪惠等^[20]对城市蓝绿系统进行梳理与问题辨析,并提出建立蓝绿一体型的功能中心,为城市滨水绿道建设提供新思路。在规划设计领域,侧重绿道选线、规划体系、景观提升等内容。Sisman等^[21]研究河流生态因城市生活而发生的变化,并提出包含该地区生态、娱乐和文化潜力的绿道提案。在景观感知与评价领域,重视游人的亲身体验与反馈,多从游人感官感知和生理数据监测等方面展开研究。Guo等^[22]以滨水绿道为例,探索视觉刺激以及自然环境中视听因素的结合对精神恢复的作用。Zhao等^[23]采用语义差异法和重要性-绩效分析(IPA)模型来评估居民对河滨绿道的感知和偏好。

城市街道、游憩绿道、游步道等线性空间是视觉感知的重要研究对象。近年来,学者们以AI智能技术作为语义分割工具来促进视觉质量的量化评估。基于深度学习实现对图像数据的批量化处理,在降低时间、人力等成本投入的同时,能够更细致地对复杂的

景观空间进行识别与特征提取。Yin等^[24]结合深度学习构建了历史核心街景(HCSV)数据集,并提出景观特征分割网络,为历史街区的保护和更新提供依据。Ding等^[25]基于2bulu户外助手平台上的照片数据,将深度学习与人工分类相结合,对国家森林步道展开游客景观偏好研究。王林森等^[26]基于图像深度学习方法来测度城市空间活力和品质。周洋等^[27]基于PSPNet算法对街景图像进行语义分割,实现对南京秦淮河滨水景观视觉质量的评估。李鑫等^[28]基于深度学习算法对滨水绿道景观视觉感知展开研究,并建立起一套量化的视觉景观评价机制。

以南京市夹江两岸滨水绿道为实证对象,利用深度学习技术实现对滨水绿道街景图像的精准识别与要素分类,深入剖析其物质空间构成与景观特征。从人本视角出发,结合游人美景度评价,探究城市滨水绿道景观要素的视觉影响机制,并构建科学的景观视觉质量评估体系。研究结果旨在为滨水景观更新提供精准、高效的评估手段和相关技术支撑。

1 研究范围与数据

1.1 研究范围

南京市位于长江中下游地区,是中国横跨长江南北的特大城市之一^[29],拥有长达275.5 km的长江岸线(包括长江干流岸线和洲岛岸线),是“江苏省唯一拥有两岸岸线的城市”^[30]。选取具有街景图像且道路较为连贯的夹江两侧滨江绿道作为研究对象(图1),包括夹江以北的江心洲江堤路沿线绿道(全长约6.5 km)和夹江以南的鱼嘴湿地公园—南京绿博园沿线绿道(全长约7.7 km)。研究区绿道串联起鱼嘴湿地公园、南京绿博园、青奥森林公园、江心洲鼋头石湿地风景区等众多

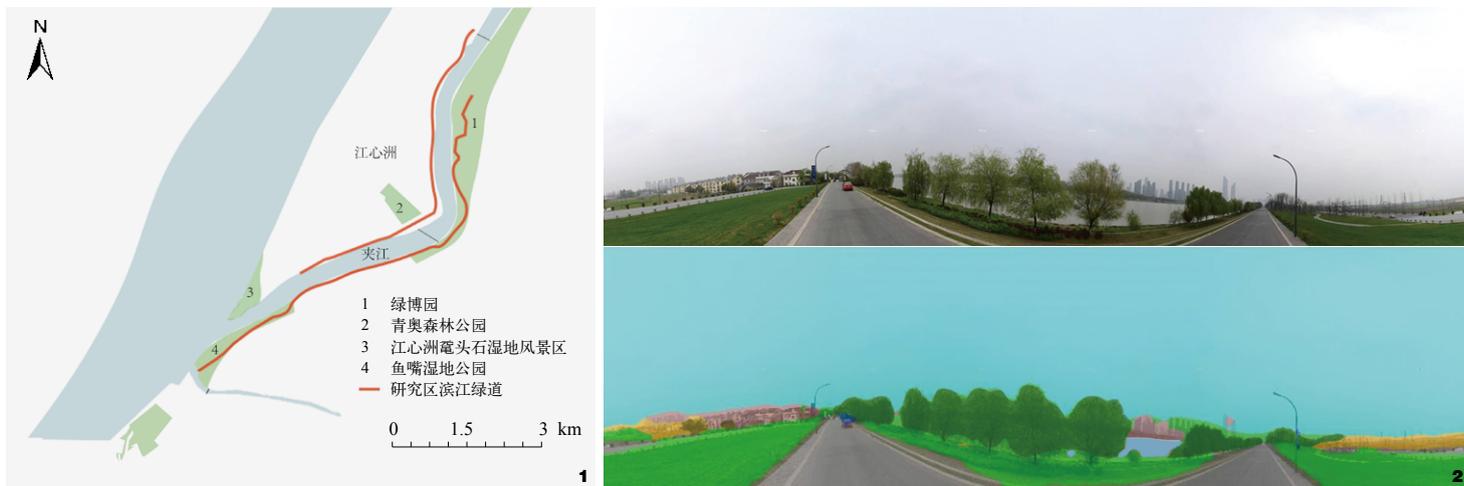


图1 研究区平面图
Fig. 1 Study area

多景观资源，具有较强的代表性。

1.2 数据来源与处理

基于 OpenStreetMap 开源地图网站获取研究区路网数据，并将获取的路网OSM文件导入ArcGIS中。由于OSM路网数据较为复杂，需要进行道路类型筛选、拓扑校正等预处理，以减少无关信息的干扰。使用构造点工具沿处理后的路网每隔30 m生成均匀分布的474个采样点，并计算其经纬度，作为采集街景数据的参数。

研究区域内街景数据更新时间为2014–2020年，通过Python调用百度街景API爬取街景数据。对采集的数据进行整理，剔除畸变严重和封闭、施工路段的街景图像，最终实际采集到451张有效街景图像。选择其中45张全景街景图像作为景观视觉质量评估的样本，确保所选样本覆盖全部景观类型，具有较强的代表性。根据图像效果对图像进行适当调整和处理，以降低拍摄时光线、时间等造成的主观影响。

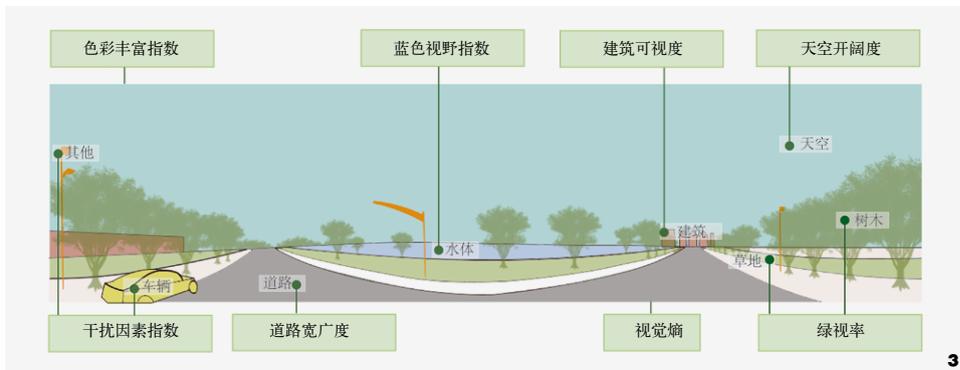


图2 图像处理前后对照图
Fig. 2 Before and after image processing

图3 评价指标示意图
Fig. 3 Schematic diagram of evaluation indicators

2 研究方法

2.1 基于深度学习的语义分割

DeepLabv3是一种语义分割架构，经测试DeepLabv3 (backbone为ResNet-101) 在PASCALVOC测试集上分割模型的准确性为85.7%左右。采用DeepLabv3深度神经网络模型实现对ADE20K数据集的迭代训练，并对爬取的街景数据进行图像分割与识别(图2)，分割完成后对结果进行统计分析，最终共识别出150种要素类型及其视觉占比数据。对ADE20K数据集中包含的150个类别进行筛选，考虑到街道环境中的场景要素，研究重点关注天空、水体、树木、草地、建筑、车辆、道路

及其他等8项要素。

2.2 景观视觉质量评价

2.2.1 评价指标的制定

根据南京市滨江绿道街景图像语义分割数据及滨水风貌特征，结合专家的意见进行筛选和补充，从自然环境、整体风貌和绿道建设三个维度建立视觉舒适性、视觉丰富性、视觉安全性三类指标类型(表1)，并选取8项指标因子对滨水绿道景观视觉质量进行评估(图3)。与视觉舒适性有关的参数包括天空开阔度(Sky Open Index, SOI)、蓝色视野指数(Blue Visual Index, BVI)、绿视率(Green

表1 指标体系
Tab. 1 Indicator system

类型 Types	指标项 Metric items	指标计算 Metric calculations	指标描述 Description of the metric
视觉舒适性	天空开阔度 (SOI)	$SOI_n = \frac{S_n}{A_n}$	城市滨水绿道中天空的比例, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, S_n 为图像 n 中天空的像素数
	蓝色视野指数 (BVI)	$BVI_n = \frac{W_n}{A_n}$	城市滨水绿道中水面的比例, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, W_n 为图像 n 中水面的像素数
	绿视率 (GVI)	$GVI_n = \frac{T_n + G_n}{A_n}$	城市滨水绿道中植被绿化的情况, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, T_n 为图像 n 中树木的像素数, G_n 为图像 n 中草地的像素数
视觉丰富性	视觉熵 (H)	$H = - \sum_{i=1}^n P_i \lg P_i$	城市滨水绿道中视觉感知的复杂程度, 式中, P_i 表示第 i 类要素占比, n 表示要素识别类别, 对数以 10 为底数
	色彩丰富指数 (CRI)	$CRI_n = - \sum_{i=1}^n CP_i \lg P_i$	城市滨水绿道中色彩的丰富程度, 式中, C 表示色彩因子指数, P_i 表示第 i 类要素占比, n 表示要素识别类别, 对数以 10 为底数
视觉安全性	建筑可视度 (BV)	$BV_n = \frac{B_n}{A_n}$	城市滨水绿道中建筑的比例, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, B_n 为图像 n 中建筑的像素数
	干扰因素指数 (IFI)	$IFI_n = \frac{C_n + O_n}{A_n}$	城市滨水绿道中影响行人景观视觉感知的、有潜在安全风险的因子比例, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, C_n 为图像 n 中车辆的像素数, O_n 为图像 n 中其他要素 (如垃圾桶、行人、标识牌等) 的像素数
	道路宽广度 (RWI)	$RWI_n = \frac{R_n}{A_n}$	城市滨水绿道中所有道路面积占比, 反映了其容纳力, 式中, A_n 为街景图像 n 的总像素数, R_n 为图像 n 中道路的像素数

Visual Index, GVI); 与视觉丰富性有关的参数包括色彩丰富指数 (Color Richness Index, CRI)、视觉熵 (Visual Entropy, H); 与视觉安全性有关的参数包括建筑可视度 (Building Visibility, BV)、干扰因素指数 (Interference Factor Index, IFI)、道路宽广度 (Road Width Index, RWI)。

2.2.2 评价程序与结果

通过景观美景度评价量表获取实验数据, 评价等级分为5个等级: 非常满意 (5分)、较为满意 (4分)、感觉一般 (3分)、较不满意 (2分)、非常不满意 (1分)。邀请30位风景园林相关专业的同学进行美景度评价, 随机放映45张样本图像幻灯片, 每张幻灯片间隔7秒。在正式开始测评之前, 请受试者快速浏览图像, 以便大致了解研

究区整体景观风貌。为了尽可能减少不同个体之间审美差异对结果的影响, 对不同评价者的评分进行标准化处理。计算见公式 (1) (2)。

$$Z_{ij} = (R_{ij} - R_j) / S_j \quad (1)$$

$$SBE_j = \sum_j Z_{ij} / N_j \quad (2)$$

式中, Z_{ij} 为第 j 位评价者对第 i 个景观照片的标准化评分; R_{ij} 为第 j 位评价者对第 i 个景观照片的评分; R_j 为第 j 位评价者对所有景观照片评分的平均值; S_j 为第 j 位评价者对所有景观照片评分的标准差; N_j 为评价第 j 个景观照片的总人数; SBE_j 为第 j 个景观照片的标准化评分值。

3 结果与分析

3.1 景观空间要素分布

景观要素反映了景观空间客观物质构成情况, 对于了解景观空间品质和视觉质量具有重要作用。基于街景图像语义分割结果, 取算数平均值来衡量南京滨江绿道中各视觉要素总体分布情况, 对各视觉要素进行层级划分与描述, 共划分为三个层级 (表2)。数据显示: 天空要素与树木要素位于第一层级, 两者以高占比成为滨水景观的主体构成要素; 草地、道路、其他和水体要素共同构成第二层级要素, 其中水体要素占比处于较低水平, 表明环境中存在树木或建筑遮挡等情况致使水体的可视度下降; 建筑和车辆共同构成第三层级要素, 表明整体景观空间相对开阔、布局疏朗且慢行环境较为安全友好。

表2 要素层级划分
Tab. 2 Feature hierarchy

层级 Level	要素 Element	占比 / % Percentage
第一层级 (> 10%)	天空	57.36
	树木	20.18
第二层级 (1% ~ 10%)	草地	9.10
	道路	7.96
	其他	3.07
	水体	1.09
第三层级 (< 1%)	建筑	0.96
	车辆	0.28

景观要素的空间序列变化是景观空间的内在逻辑表达和要素个体与景观整体之间关系的外在表现。各要素在空间变化过程中形成不同的节奏变化，综合作用于城市滨水绿道的景观视觉风貌。将街景图像语义分割后的结果导入GIS中进行可视化呈现，使用自然间断点分级法对数据进行5级分类(图4)，表现各要素在空间序列上的变化。综合来看，天空、树木、草地、道路要素在空间分布上呈现可视范围广、序列多变化且差异较明显的特点；水体要素视觉空间相对集中，主要分布于选线中段的夹江两岸滨江绿道区域；建筑、车辆、其他要素在空间上可视范围处于较低水平且相对分散。

3.2 视觉影响因素评定

3.2.1 模型评价

利用相关性分析方法，对美景度评价和各评价指标之间的关系进行探索(表3)。美景度评价与天空开阔度、蓝色视野指数、绿视率、建筑可视度、道路宽度、色彩丰富指数共计6项评价指标显著相关。其中绿视率、道路宽度、色彩丰富指数与景观视觉质量呈正相关，天空开阔度、蓝色视野指数、建筑可视度与景观视觉质量呈负相关。结果显示，存在显著相关因子和不同等级的相关关系，表明评价指标变量不可以单独解释滨江绿道景观视觉质量。

对美景度评价进行正态分布检验，Kolmogorov-

Smirnov、直方图和Q-Q图的结果表明美景度评价服从正态分布。为了更准确地解释各评价指标对美景度评价的作用差异，建立多元逐步回归模型。逐步回归通过逐个引入评价指标进行筛选，将其中不显著的指标剔除，直至方程中所有评价指标都显著，最优地建立了城市滨水绿道景观视觉质量评价模型。数据没有显著异常值，残差近似正态分布，且不存在多重共线性。考虑到自变量取值范围的差异，对色彩丰富指数进行了对数处理，以降低量纲影响。

将评价指标与美景度评分导入SPSS进行线性逐步回归分析(表4)，其中评价指标为自变量，美景度评分为因变量，建立滨水绿道景观视觉质量评价模型。该回归模型调整后的 R^2 的数值0.641，整体的F检验的统计值为20.631，显著性数值为0.000，说明拟合的多元逐步回归模型具有统计学意义。通过残差异方差检验，可认定为无异方差情况。由回归结果，构建城市滨水绿道景观视觉质量评估模型，见公式(3)。

$$Y = -2.372 + 1.433 \times CRI - 3.152 \times BV + 7.696 \times RWI + 1.224 \times GVI \quad (3)$$

式中，Y表示城市滨水绿道景观视觉质量，

表3 相关性分析
Tab. 3 Correlation analysis

	SOI	BVI	GVI	BV	IFI	RWI	H	CRI	SBE
SOI	1	0.394*	-0.615**	-0.328*	-0.179	-0.176	-0.560*	-0.379*	-0.296
BVI		1	-0.347*	-0.104	0.001	-0.212	0.002	-0.090	-0.263
GVI			1	-0.432*	-0.167	-0.307*	0.043	0.232	0.433*
BV				1	0.006	0.345*	0.357*	0.065	-0.351*
IFI					1	-0.035	0.472*	0.351*	0.014
RWI						1	0.282*	-0.104	0.281
H							1	0.416*	0.135
CRI								1	0.456*
SBE									1

注：**表示绝对值在0.6以上为强相关关系；*表示为绝对值在0.3~0.6范围内为中等强度相关关系；无标识表示绝对值在0~0.3范围内为弱相关关系；数值加粗表示具有显著意义。

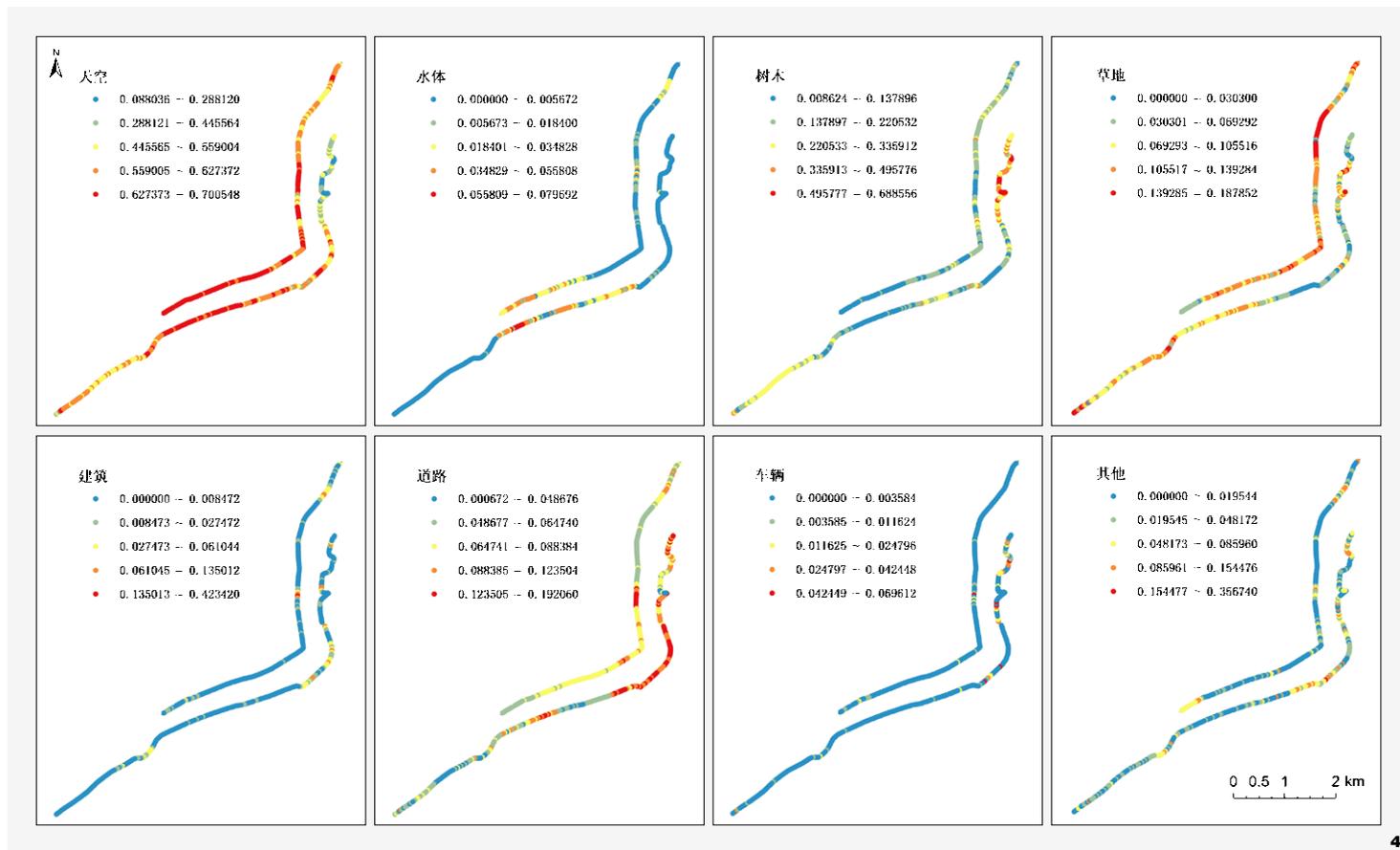


图4 要素空间序列分布
Fig. 4 Feature spatial sequence distribution

CRI表示色彩丰富指数, BV表示建筑可视度, RWI表示道路宽广度, GVI表示绿视率。

3.2.2 影响因素分析

如表4所示, 色彩丰富指数、建筑可视度、道路宽广度、绿视率均与美景度评价在 $p < 0.01$ 水平上具有显著意义, 其中建筑可视度对美景度评价表现为负向影响, 其余指标均为正向影响; 作用力从高到低依次为道路宽广度、色彩丰富指数、建筑可视度、绿视率。结果表明, 色彩是影响景观视觉质量的极显著视觉感知要素, 其构成与外在表现较强影响了人们对滨水景观空间的偏好与评价。

表4 多元线性回归
Tab. 4 Multiple linear regression

评价指标 Evaluation indicators	非标准化系数 Non-normalized coefficients		标准系数 Standard coefficients	t	p
	系数	标准误差			
(常量)	-2.372	0.318		-7.455	0.000
色彩丰富指数 CRI	1.433	0.285	0.476	5.034	0.000
建筑可视度 BV	-3.152	0.738	-0.449	-4.271	0.000
道路宽广度 RWI	7.696	1.301	0.582	5.916	0.000
绿视率 GVI	1.224	0.410	0.314	2.987	0.005

注: $R^2=0.641$, $F=20.631$, $Sig=0.000$ 。

同时, 视觉安全、友好的慢行环境也是人们关注的焦点, 有利的人工建设如宽广舒适的道路、协调相宜的建筑等对于滨水景观视觉

质量具有广泛深远的促进作用, 不利的人工建设如狭窄逼仄的道路、风格突兀的建筑等则会产生消极影响。此外, 相较于天空、水

体要素,人们更关注环境中的植被(树木、草地要素)情况,植被风貌优良与否显著影响其视觉感知与评估。

3.3 模型视觉质量预测

根据回归结果,以研究区滨江绿道为例,将各要素值代入城市滨水绿道景观视觉质量评估模型,获得整体景观视觉质量得分结果,并利用GIS对其进行空间可视化与地图绘制(图5)。数据显示:研究区绿道整体上景观视觉质量处于较高水平;夹江以南滨江绿道景观视觉质量明显优于夹江以北;植被分布密集区的绿道景观视觉质量普遍高于植被较少的区域。

3.4 滨水绿道景观优、劣势对比

城市滨水绿道景观视觉质量是客观滨水景观空间与主观游人视觉感知、评价的综合作用结果。景观视觉质量处于较低水平的滨水景观(图6-a),往往以天空、道路、建筑、车辆为主体要素,表现出视觉要素多样化、要素风格偏人工化的特点,且要素之间多存在一定程度的遮挡,不利于景观视觉感知。比如建筑、车辆及其他要素等对自然景观界面(天空、水体、树木和草地要素)产生较强的遮挡作用,使得视觉舒适性有所下降。同时,车辆和其他干扰因子如行人、电线杆、标识牌等,也在一定程度上降低了景观空间的视觉安全性。

景观视觉质量处于较高水平的滨水景观(图6-b),往往以天空、树木、草地、道路为主体要素,表现出要素风格偏自然化的特点。且视觉要素之间较为协调,空间较少遮挡,滨水自然景观界面得以较好地展现,在一定水平上提升了视觉感知的舒适性。景观空间中的干扰因子有所下降,表明慢行环境更加

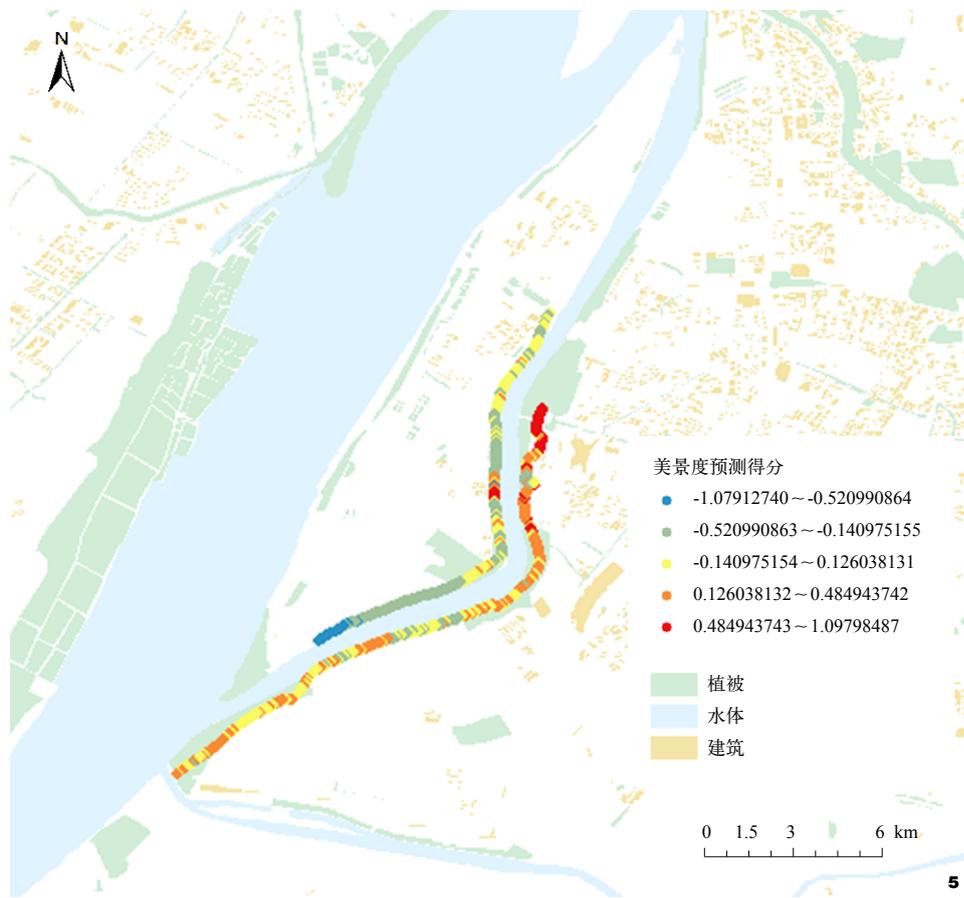


图5 美景度预测图
Fig. 5 Scenic advantage prediction chart

安全友好。相比之下,结果反映了人们对自然式景观的亲与需要,关注景观视觉感知过程中的多重体验。因此,在滨水绿道景观营建与提升过程中,需要注重对滨水自然风貌的保护,通过构建更多的亲水、亲自然的滨水空间景观,从而有效拉近人与自然的距离。注重对环境中服务设施和通行车辆的管理,以营造安全友好、美观舒适的景观空间。

4 结论与讨论

以南京市滨江绿道为例,研究旨在揭示城市滨水绿道景观质量与公众视觉感知之间的影响机制。研究可知:色彩丰富指数、建

筑可視度、道路宽度、绿视率显著影响城市滨水绿道景观视觉质量,其中色彩丰富指数、道路宽度、绿视率表现为积极影响,建筑可視度表现为消极影响。影响力度从高到低依次为道路宽度、色彩丰富指数、建筑可視度、绿视率。

不同于以往滨水景观研究中水的存在与游人好感度显著相关^[31],研究中滨水特色要素如水体未能表现出较为显著的影响。尽管研究区绿道选址距江水尽可能接近,但是由于江滩保护以及地形高差等原因,相较于滨水公园中的亲水平台和亲水栈道等近水空间,滨江绿道与水体的距离仍相对较远,且临江

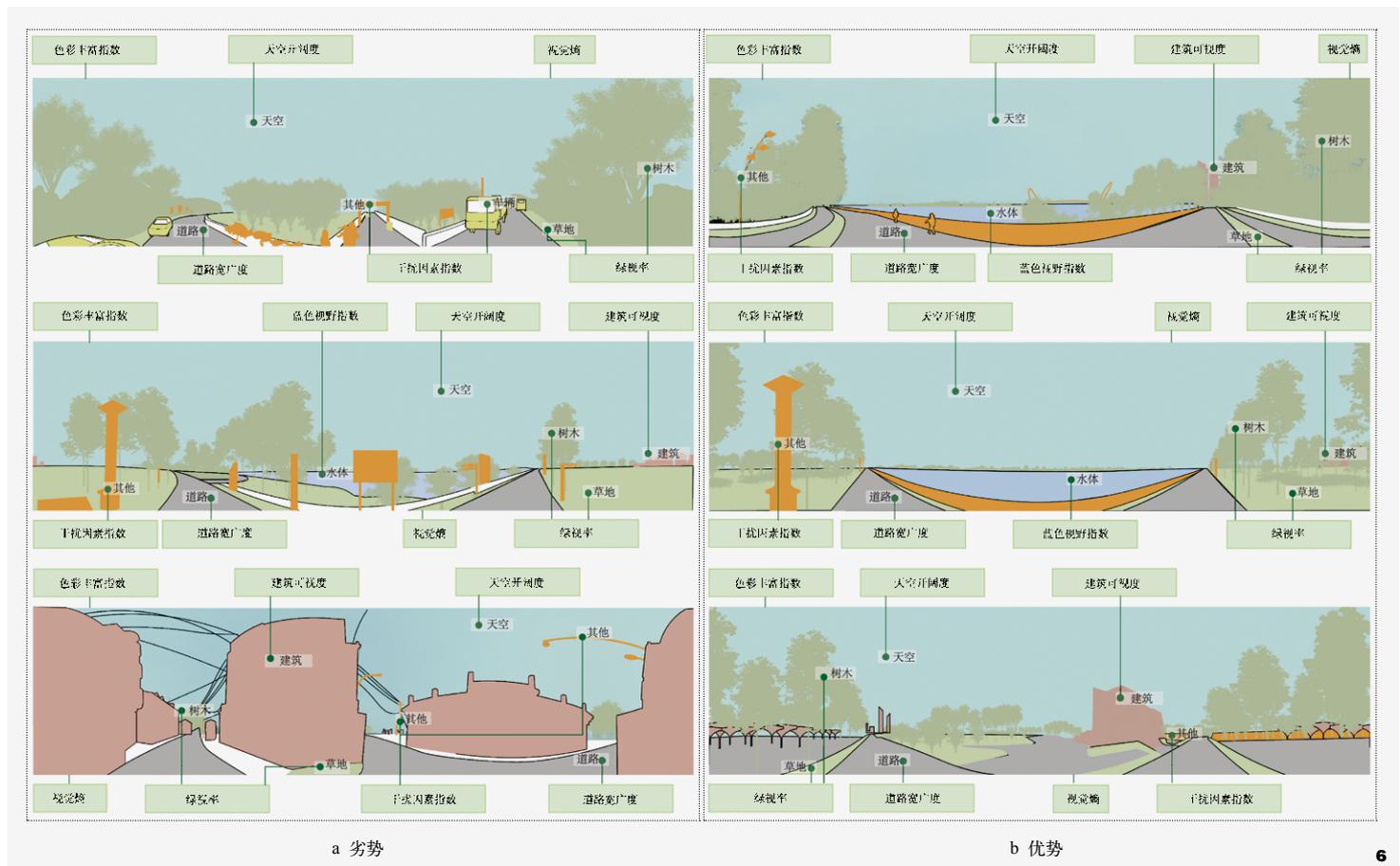


图6 滨水景观空间对比
Fig. 6 Spatial comparison of waterfront landscape

界面多受到江滩植物和围墙等要素的遮挡，导致水体的可视性处于较低水平，这些都可能在一定程度上削弱了水体的影响力度。

研究发现游人在滨江绿道景观中，更关注道路的宽广程度。推测可能的原因是游人在步行或骑行过程中，由于视野有限且视觉焦点较为集中，更关注视觉中心区的道路要素。因此在道路要素占比较低的路段，可考虑进行绿道的改造与管控，通过拓宽游步道、铺设绿道标识、限速禁鸣等措施，提升游人感知安全感^[32]。色彩是视觉吸引的重要因素，往往能够为游人带来较强的视觉刺激，促进游人初步印象的形成。在城市滨水绿道

景观设计过程中，要将景物色彩有机融合，打造形象鲜明的艺术性滨水空间，以满足人们多元化的观赏需求。绿色植被不仅可以为游人带来色彩上的审美感知，还具有重要的生态功能如调节气候、净化空气、提供荫蔽等，是影响游人感知舒适度的重要因素之一，规划设计中可适当提升道路绿量，通过合理的植物配置和布局，营造绿量适宜、形态丰富、疏密有致的道路绿色空间。建筑在空间中的布局往往起到较强的围合效果，使得游人在步行或骑行过程中，视野更加闭塞，不利于游人感知体验，适当的后退建筑、合理的建筑体量、疏朗的建筑布局有助于解决这

一问题。此外，建筑的外观和整体风格也应充分考虑环境特点，可适当借助植被等进行修饰。

值得注意的是，处于较高景观视觉质量的滨水空间开敞度平均低于处于较低景观视觉质量的滨水空间，表明空间开敞程度并非越高越好，反映了游人对私密性的关注和多样化空间的向往及需要。这也为景观进一步提升提供了方向，要注重景观的空间扬抑对比、开合收放，从而形成愉悦的景观体验。

研究尚存在诸多不足之处，具体表现在：(1) 研究关注城市滨水区绿道景观视觉质量，受植被或建筑遮挡等影响，对水体

的关注度有所欠缺,未来可结合高精度遥感图像、无人机倾斜摄影等方法展开进一步研究。(2)在视觉感知与评价上,研究采用二维图片作为评价媒介,缺乏身临其境的立体感和真实感,评价过程中存在一定的个体差异和主观性,可能对评分结果产生影响,可考虑结合多种技术手段如虚拟现实、眼动仪、皮电、脑电等参与研究。(3)大数据环境下,可以进行多维度数据收集,如软件数据、网页评论、业态POI数据等,不仅可以对研究结果进行验证,还可以进一步探究不同数据间的耦合关系。随着人工智能的发展,可探索深度学习技术等,以期早日建立针对城市滨水绿道景观视觉质量的自动化预测框架,从而实现对景观的精准、高效识别与评价。

注:文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 刘博敏. 发展在水:城市滨水时代来临[J]. 城市规划, 2018, 42(03): 72-79.
- [2] 李子枫, 黄耿志, 薛德升. 全球化背景下多主体推动的滨水区更新——以德国科隆莱茵瑙港为例[J]. 国际城市规划, 2021, 36(03): 122-128.
- [3] 苏婷, 刘玮辰, 吴巍, 等. 城市滨水区再开发的研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2023, 42(02): 392-405.
- [4] 查志军. 生态视域下的城市滨水绿道景观设计研究——评《城市滨水绿道景观设计》[J]. 人民黄河, 2022, 44(11): 178.
- [5] 张光辉. 城市滨水绿道发展研究综述[J]. 建筑与文化, 2016(05): 173-175.
- [6] 陈宇, 周叶子. 成都天府绿道与上海黄浦江绿道建设探析——国内优秀绿道建设探析[J]. 国土绿化, 2023(03): 50-53.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 稳步推进城市绿道建设推动形成绿色发展方式和生活方式[J]. 低温建筑技术, 2019, 41(04): 65.
- [8] 《“十四五”全国城市基础设施建设规划》印发实施[J]. 重庆建筑, 2022, 21(08): 69.
- [9] 王晓晓, 赵海清, 嵇彩凤. 基于绿道网络的低碳经济型城市建设研究——以南京市为例[J]. 生态经济, 2017, 33(08): 60-67.
- [10] 彭彩婷, 张河清, 王蕾蕾. 基于CiteSpace的我国游径系统发展文献综述可视化研究[J]. 安徽建筑, 2022, 29(04): 74-78.
- [11] LI M, LIU R, LI X, et al. The Effect of Perceived Real-Scene Environment of a River in a High-Density Urban Area on Emotions[J]. Land, 2023, 13(1): 35.
- [12] 邱彩琳, 邱宁, 张天洁. 基于主动出行的建成环境对绿道使用强度的空间格局及效应研究——以北京中心城区为例[J]. 中国园林, 2023, 39(11): 83-89.
- [13] 曾峻峰. 荆州市关沮滨水生态绿道景观规划设计[J]. 世界林业研究, 2023, 36(02): 147.
- [14] SUN S, WANG B. Repair Methods of River Channel Ecological Landscape[J]. Energy Procedia, 2018, 153: 202-206.
- [15] MCCANN J E, ZAJCHOWSKI C A B, HILL E L, et al. Air Pollution and Outdoor Recreation on Urban Trails: A Case Study of the Elizabeth River Trail, Norfolk[J]. Atmosphere, 2021, 12(10): 1304.
- [16] YANG Y, CHEN Y, LIU Y, et al. Evaluation and Optimization of Cultural Perception of Coastal Greenway Landscape Based on Structural Equation Model[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(3): 2540.
- [17] HARTIG J H, SCOTT T, GELL G, et al. Reconnecting People to the Detroit River – A Transboundary Effort[J]. Aquatic Ecosystem Health & Management, 2022, 25(1): 27-38.
- [18] 谢波, 王潇, 伍蕾. 基于自然实验的城市绿色空间对居民心理健康的影响研究——以武汉东湖绿道为例[J]. 地理科学进展, 2021, 40(07): 1141-1153.
- [19] LIU L, CAI Y, JIN L, et al. Landscape Pattern Optimization Strategy of Coastal Mountainside Greenway from a Microclimatic Comfort View in Hot and Humid Areas[J]. Urban Climate, 2022, 46: 101297.
- [20] 周聪惠, 张诗宁, 赵金, 等. 城市蓝绿系统一体规划编制的关键问题与对策[J]. 规划师, 2023, 39(11): 109-116.
- [21] SISMAN E E, BOLU E. An Ecological Approach for the Planning of Urban River Green Ways: A Meric (Maritza/Evros) River Case Study, Turkey[J]. J. Environ. Prot. Ecol, 2015, 16: 372-384.
- [22] GUOS, ZHOU Y, YU J, et al. Effects of the Combination of Audio and Visual Factors on Mental Restoration in a Large-Scale Urban Greenway: Perspectives from Wuhan, China[J]. Land, 2022, 11(11): 2017.
- [23] ZHAO Z, GAN H, QIAN X, et al. Riverside Greenway in Urban Environment: Residents' Perception and Use of Greenways Along the Huangpu River in Shanghai, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(3): 1120.
- [24] YIN S, GUO X, JIANG J. Extracting the Urban Landscape Features of the Historic District from Street View Images Based on Deep Learning: A Case Study in the Beijing Core Area[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2022, 11(6): 326.
- [25] DING Y, BAI Z, XIA H, et al. Tourists' Landscape Preferences of Luoxiao Mountain National Forest Trail Based on Deep Learning[J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022.
- [26] 王林森, 郑重, 周素红, 等. 基于街景感知的城市空间品质对空间活力的影响作用研究[J]. 规划师, 2022, 38(03): 68-75.
- [27] 周祥, 徐浩洋. 图像深度学习技术支持下南京秦淮河滨水景观视觉质量评价研究[J]. 中国园林, 2022, 38(S2): 84-87.
- [28] 李鑫, 吴丹子, 李惊, 等. 基于深度学习的城市滨水绿道景观视觉感知评价研究[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43(12): 93-104.
- [29] 何淼, 徐梦洁. 长江文化资源保护利用的基本维度与价值形态[J]. 南京社会科学, 2023(02): 143-152.
- [30] 张童, 陈爽, 郑涛, 等. 城市滨江地区生态空间质量快速评价——以长江南京段为例[J]. 生态学报, 2022, 42(24): 9945-9956.
- [31] LEE J, LEE H S, JEONG D, et al. The Relationship Between User Perception and Preference of Greenway Trail Characteristics in Urban Areas[J]. Sustainability, 2019, 11(16): 4438.
- [32] 汪小琦, 李星, 乔俊杰, 等. 公园城市理念下的成都特色慢行系统构建研究[J]. 规划师, 2020, 36(19): 91-98.