

基于多情景可视化模型的乡土景观规划设计教学

Vernacular Landscape Planning and Design Pedagogy Based on Multi-scenario Visualization Modeling

倪达凡 王颖然 刘京一*

NI Dafan WANG Yingran LIU Jingyi*

(华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642)

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong, China, 510642)

文章编号: 1000-0283(2025)10-0055-09

DOI: 10. 12193 / j. laing. 2025. 10. 0055. 008

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-05-30

修回日期: 2025-08-22

摘要

乡土景观作为复杂的景观系统, 具有动态性与不确定性。不同利益相关者的偏好差异往往导致多种可能的演变路径, 使得规划设计需在多种策略间权衡, 但准确评估不同发展策略的未来影响仍面临挑战。为了在乡土景观教学中引导学生理解复杂系统、提出综合决策的能力, 以广州市南沙区圩田景观的城镇化设计为规划教学案例, 提出一种基于多主体模型 (Agent-Based Modeling, ABM) 的数字辅助设计方法, 生成并评估多种未来演化情景。模型以自然发展、分区规划与传统景观格局三类策略的采用程度为变量, 构建 25 种演化情景。不同情景下多种景观服务的综合结果表明, 以传统景观格局为主导的策略具有最佳可持续性。在此基础上, 学生团队进一步完成空间深化设计。验证 ABM 在复杂乡土景观设计中的应用潜力, 提升数字技术对规划决策的支持能力, 为景观规划教育与实践提供有益参考。

关键词

风景园林教学; 乡土景观; 多情景权衡; 多主体模型; 规划设计

Abstract

Vernacular landscapes, regarded as intricate systems, are distinguished by their intrinsic dynamism and uncertainty. The different preferences of stakeholders frequently result in varied evolutionary trajectories, thereby presenting challenges for planners to reconcile multiple strategies and precisely evaluate the future consequences of various development pathways. To augment students' comprehension of complex systems and their capacity to make integrated decisions within vernacular landscape education, this study introduces a planning studio case situated in the urbanizing polder landscapes of Nansha District, Guangzhou. We propose a digital design-assisted methodology grounded in Agent-Based Modeling (ABM) to simulate and assess various prospective development scenarios. The model incorporates the degree of implementation of three strategic approaches, natural development, zoning planning, and traditional landscape pattern preservation, as key variables, generating 25 distinct evolutionary scenarios. Comparative analysis of landscape multifunctionality across these scenarios reveals that strategies dominated by traditional landscape patterns achieve the highest level of sustainability. Building upon the modeling results, student teams further completed detailed spatial design proposals. This study demonstrates the potential of ABM in addressing complexity in vernacular landscape design, enhances the capacity of digital tools to support planning decisions, and offers valuable insights for both landscape planning education and professional practice.

Keywords

landscape architecture education; vernacular landscape; multi-scenario trade-off; agent-based modeling; planning and design

倪达凡

2000年生/男/广东汕头人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划与设计

王颖然

2001年生/女/广东惠州人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划与设计

刘京一

1989年生/男/江苏徐州人/博士/副教授/研究方向为地域性景观

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: liujingyi@scau.edu.cn

基金项目:

2024年度广东省本科高校教学改革项目“新工科背景下风景园林设计表达课程教学改革研究”

1 研究背景

作为自然与人类共同塑造的景观, 乡土景观是包含森林、农田、城市绿地等多种生

态系统类型的景观镶嵌体^[1]。其承载着地域的历史、技术和社会经济特征, 兼具美学价值与生态服务功能, 是连接社会文化与自



图1 南沙区局部卫星图
Fig. 1 Partial satellite image of Nansha District

然环境的桥梁^[2]。乡土景观作为由生物群落、人类社会、经济系统聚集而成的“整体”，具有“大于部分之和”的复杂性^[3]。而如今，在不可避免的快速城镇化浪潮中，土地利用方式剧烈变动导致传统景观格局受到冲击^[4-5]，乡土景观这一“复杂适应系统”正面临多重挑战。在此背景下，探索乡土景观可持续发展路径，已成为当前城乡一体化背景下的重要议题^[6]。

传统教学中，乡土景观设计往往侧重于生态或审美某一单一维度，近年来虽已有兼顾多目标的尝试^[7-8]，但整体来看，仍面临以下两方面不足：（1）缺乏对景观复杂性与不确定性的有效回应。乡土景观作为一个动态演化的复杂适应系统，承载生态、文化、经济与审美等多元价值，并受到多类利益相关者的共同影响。然而现有教学模式中，设计方法仍与常规可持续城市景观设计相似，并没有充分回应其复杂的系统性和适应性特征。学生对乡土景观的认知多停留在静态或单目标层面，缺乏对复杂适应系统的分析能力。

而当代生态设计不仅仅是被动的环境和资源保护，更需要通过创造性和能动性设计和管理复杂适应系统。在多目标、多利益冲突的情境中，培养学生进行量化权衡与方案迭代优化的能力是十分有必要的。（2）参与视角较为狭窄，难以覆盖多元利益主体的真实需求。可持续的乡土景观规划需平衡个人决策、社会需求、政策限制及环境承载力等多个因素^[9]。参与式规划虽能整合各利益方诉求，但其目标差异常导致决策冲突^[10]。在此背景下，教学需引导学生理解不同主体间的博弈逻辑，并通过多方案建模与量化评估，探索协同共识下的可行路径。同时，认识到可持续性的本质是一个长期演化的动态过程，也有助于学生树立更具前瞻性的设计理念。

为弥补以上教学短板，本研究提出以“设计方案参数化—可视化—定量评估”多方案模拟试验为核心的数字化教学流程。立足于乡土景观城镇化设计教学，通过应用数字化技术，生成、模拟并权衡乡土景观未来发展的多方案情景，帮助学生掌握多目标权

衡的分析方法，提升其在复杂问题中提出综合性解决策略的能力。

2 案例研究

本研究案例基于华南农业大学风景园林专业在2023年秋季学期组织的研究生规划设计课程，由指导教师带领研究生团队，围绕广州南沙地区的乡土景观演变与空间更新议题，开展了场地研究与方案设计等系列工作。

2.1 场地概况

南沙区兼具自然地理的特殊性及区域战略的重要性。该区域位于广州市南端、珠江三角洲中部，地势低洼，河网密布，面积784 km²。截至2024年底，常住人口98.39万人，城镇化率达75.95%。历史上，南沙区的大部分土地由泥沙长期淤积而成。为抵御洪水泛滥，满足农业生产需求，当地人沿河涌筑堤围田，聚落沿堤呈线性分布，堤围内部则形成由农田和鱼塘构成的圩田景观。“一涌一田一塘一村”的圩田景观结构在生产、生态、生活等方面发挥着重要功能，构建出南沙地区典型的乡土景观格局。虽然珠三角多数圩田景观在过去40年中因城市化而消失，但是南沙仍较完整地保留了这一格局。近几年，南沙区被规划为国家级新区和粤港澳大湾区重点发展区域，其传统圩田景观正面临建设用地扩张、生态系统破碎化等挑战，成为探讨乡土景观可持续发展问题的典型案例。

2.2 多种设计策略的提出

观察南沙区的遥感图像可以发现，在南沙城镇化进程中，多主体围绕土地利用进行不同程度与多种类型的互动，共同塑造出多样化的景观格局。基于现状聚落发展情况（图1），

可将其概括为三种典型的土地利用策略：自然发展策略、传统景观格局策略与分区规划策略。这三种土地利用策略为未来城镇化提供了三种潜在策略。在自然发展策略中，城镇化方式主要受利益相关者意愿驱动，城镇化区域围绕现有建设用地周围扩展；在传统景观格局策略中，城镇化过程遵循原有圩田结构，建设用地优先沿河涌线性分布，圩田内部的农业用地得以较大程度保留；分区规划策略则基于现有分区规划体系，城镇化建设区域按规划用地范围呈块状分布（图2）。

三种城镇化的典型范式代表了利益相关者决策、传统景观格局、分区规划在用地方方式演化过程中的不同优先级。而在实际演化过程中，由于景观系统的复杂性和不确定性，土地格局往往是三重策略以不同程度融合而呈现出的复杂景观特征。为此，有必要进一步量化各策略的表达优先程度，进而构建多维度的城镇化发展模拟情景。

2.3 多主体模型的构建

为模拟并可视化表达多种不同情景的未来演化过程，进一步比较不同方案对景观可持续性的影响，研究首先采用多主体模型（Agent-Based Modeling, ABM）的方法构建未来规划情景。ABM是一种能够模拟大量本土决策单元在时空维度下与环境、社会和政策背景相互作用并产生反馈的技术工具^[11]。在乡土景观研究中，ABM可用于对多主体决策进行情景模拟，并使用特定指标来评估其结果^[11-13]。与其他模型相比，ABM可动态呈现逐年变化过程。同时，ABM并不限于历史过程，可以模拟对历史上未发生过的情景，因而更具探索性，适合设计导向的研究。此外，ABM可以将景观中的微观行为与宏观设定相结合，适合研究城镇化背景下的乡土景观。

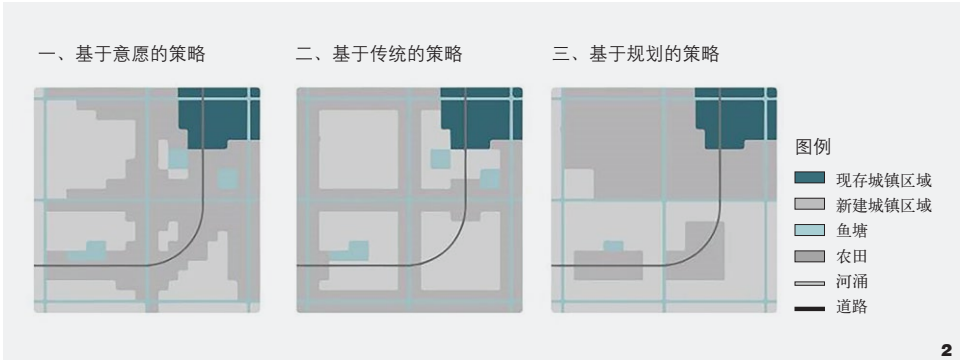


图2 三类典型城镇化策略示意图
Fig. 2 Diagram of three typical urbanization strategies

建模始于自然发展模式下的城镇化内生过程，主体根据自身意愿决定是否城镇化、如何城镇化及定居位置，不受历史景观格局或土地利用规划的外部限制^[14]。研究前期通过分层抽样方式开展问卷与访谈调研，涵盖127位普通利益相关者（64位城镇居民、63位村民）及10位专家利益相关者（包括5位学者、4位规划师及1位政策制定者），围绕城镇化意愿、住址选择偏好及景观服务需求三个方面收集数据，作为情景构建与可持续性评估的重要依据。

在情景构建的相关设定中，自然发展策略下的城镇化过程完全依照利益相关者的城镇化意愿设定；传统优先策略、分区规划策略则依据不同的城市形态规划目标，对主体城镇化行为施加约束。基于此，研究构建了“自然发展—传统格局”（W-H）及“自然发展—分区规划”（W-P）两个维度的设计参数，量化各种策略在情景中的优先表达程度。每一维度划分为1-5的5个等级，最终衍生出25种城镇化演化情景（图3）。

25个演化情景中，筛选出5个更贴近真实情况的典型情景：意愿优先情景（W-H=2，W-P=2）、历史优先情景（W-H=4，W-P=2）、规划优先情景（W-H=2，W-P=4）、权衡情景（W-

H=3，W-P=3）及低意愿情景（W-H=4，W-P=4）。模拟过程参考《广州南沙新区城市总体规划（2012-2025）》所提出的城镇化目标，以总人口数达230万人作为模拟终点，这一过程持续了19年。

情景的优劣权衡以景观可持续性为评价标准。在景观可持续性相关研究中，Szetey等^[15]指出，地方尺度的可持续规划应将可持续发展目标进行本土化处理，倡导以自下而上的方式制定符合当地实际的发展方案；Termorshuizen等^[16]、Vallés- Planells等^[17]则强调，在评估特定区域的景观服务时，应综合考虑自然环境、文化要素以及地方空间格局，并融入利益相关者的价值观。基于此，本研究将前期访谈调研中获得的利益相关者景观服务需求转化为对应的生态系统服务指标。指标体系的构建综合环境、经济与社会三个维度，最终筛选出11个指标（表1），以评估不同情景对景观可持续性的影响。其中，农田斑块连通性指数（Cf）、相似性加权水体斑块边缘密度（SEDw）、城镇斑块的凝聚度指数（PClu）、城镇与其他斑块的散布与并置指数（Ulu）通过导出模拟过程中生成的景观格局数据，并借助Fragstats v4计算获得；其余指标则直接在模型内部计算得出。

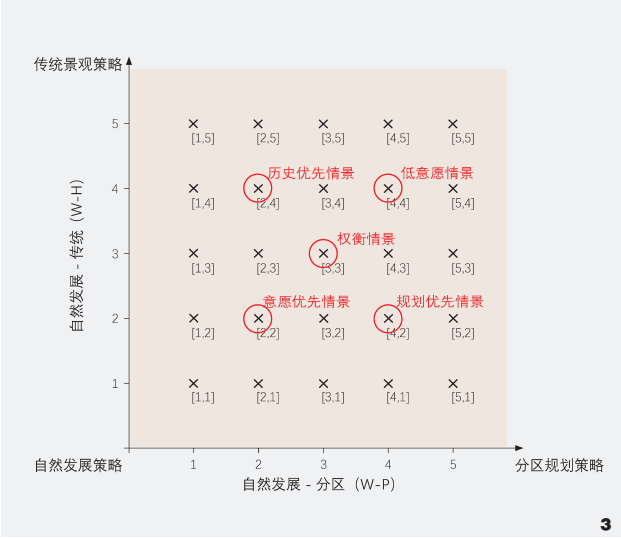


图3 三种策略以不同采用度组合生成的25种情景
Fig. 3 25 Scenarios generated by different adoption levels of three strategies

图4 多情景可视化模拟面板
Fig. 4 Multi-scenario visualization simulation panel



表1 景观可持续性评估指标体系
Tab. 1 Indicator system for landscape sustainability assessment

维度 Dimension	生态服务指标 Ecological service indicator	缩写 Abbreviation
环境维度	雨水储存量	RS
	城市地块平均排水距离	DDu
	农田斑块连通性指数	CIf
	相似性加权水体斑块边缘密度	SEDw
经济维度	农田归一化植被指数	NDVIf
	新城镇地块的土方量	EVu
	新城镇地块的平均功能类型数	FTu
	城镇斑块的凝聚度指数	PCLu
社会维度	城镇地块到高速公路的平均距离	DMu
	城镇地块到道路的平均距离	DRu
	城镇与其他斑块的散布与并置指数	IJlu

3 研究结果

3.1 可视化模型功能与结果展示

为进一步应用于教学展示，模型演化过程及结果通过 Netlogo 软件建模，生成具有交互性和可视化功能的情景模拟面板（图4），以引导学生模拟并观察不同城镇化策略影响下的未来景观格局和多种景观服务的实时变

化。面板集中呈现了单个情景模拟的相关参数、土地利用时空动态变化过程及可持续性指标动态变化趋势。“情景”模块可调节“自然发展—传统”（W-H）及“自然发展—分区”（W-P）两个参数，以选择具体情景进行模拟；“参数”模块呈现城镇化模拟的设定参数，包括当前总人口数、城镇化率、目标

总人口数、目标城镇化率等，用于控制城镇化的起始点及发展速率。模型运行过程中，面板中的土地利用时空动态图、“数据监测”模块及“指标”模块反馈实时的城镇化演进过程，其中土地利用时空动态图实时展现景观格局动态变化；“数据监测”模块反馈所模拟的城镇化进程，包括城镇率、人口规模及土地利用类型面积；“指标”模块则展示生态系统服务指标在城镇化进程中的动态变化，有助于深入理解城镇化对景观可持续性的影响。

图5展示了5种较为现实的土地利用模拟演化进程。通过局部放大图可观察到，在不同W-H值和W-P值约束下，城市布局空间形态呈现显著差异：意愿优先情景中的城镇化地块呈不规则形态，分布较为集中；传统优先情景较大程度地保留原有圩田景观结构，城镇化区域沿河涌两岸线性布局；而在规划优先情景中，城镇用地呈规则式布局，有序取代原有农田。

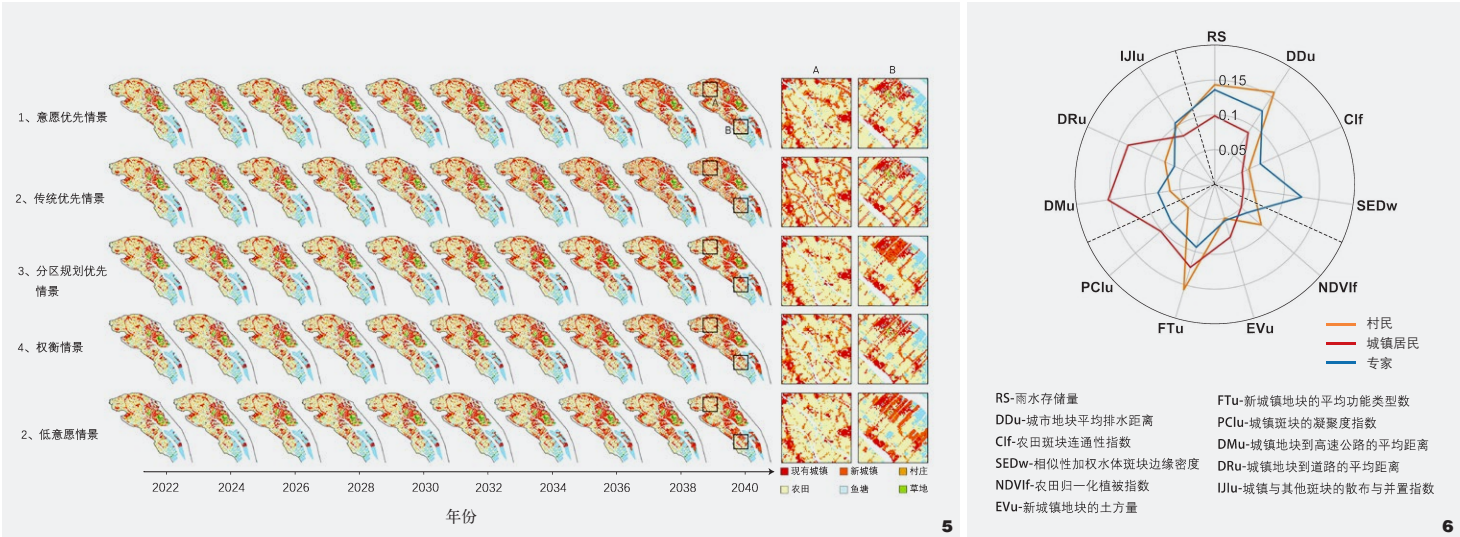


图5 5种典型情景模拟演化过程图
Fig. 5 Evolutionary processes of five representative scenario simulations

3.2 数据分析

以11项生态系统服务指标在短期、长期发展中可持续性综合表现作为不同情景的可持续性对比评估依据。数据处理过程如下：(1) 依据利益相关者感知的重要性对ES指标进行加权处理(图6)，以充分体现不同利益相关群体对城镇化的不同需求和价值观；(2) 基于加权后的指标结果，采用多重生态系统服务景观指数(Multiple Ecosystem Services Landscape Index, MESLI)，从短期和长期两个时间尺度上综合分析，以评估25个模拟情景的整体可持续性水平。

加权后的MESLI指数通过二次多项式趋势面分析，揭示整体景观可持续性(短期、长期时间尺度上的多年MESLI平均值)与不同W-H和W-P组合间的关系。趋势面分析结果(图7)显示，在所有模拟情景中，“完全遵循自然发展策略”情景(W-H=1, W-P=1)的MESLI得分最高。随着传统景观结构策略(W-H)和分区规划策略(W-P)的采用程度提

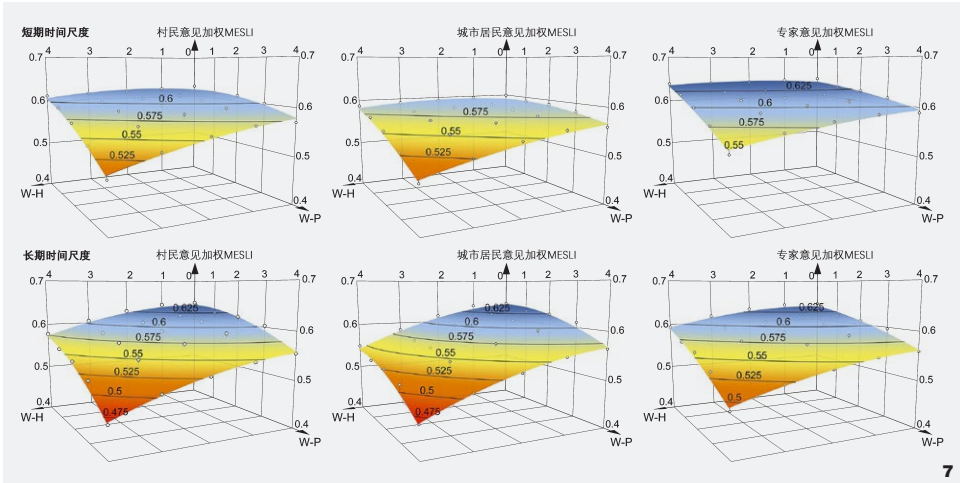


图6 ES指标利益相关者感知重要性加权图
Fig. 6 Stakeholder-weighted importance map of ES indicators

图7 利益相关者感知重要性加权下的(长期、短期)MESLI指数趋势面
Fig. 7 Long-term and short-term trends of the MESLI index weighted by stakeholder perceived importance

升，MESLI呈现不同程度的下降趋势。由等值线的分布可以看出，在短期时间尺度下，W-P值提升对于MESLI的影响比W-H值更大；而在长期尺度下，村民和专家加权下的MESLI指数呈现出与短期结果相一致的趋势，城市居民加权下的MESLI则在W-H和W-P两个维度上呈现较为均衡的影响。

后续分析聚焦于三个较为典型且贴近现实的情景：意愿优先情景(W-H=2, W-P=2)、

历史优先情景(W-H=4, W-P=2)、规划优先情景(W-H=2, W-P=4)。针对以上情景进行生态系统服务指标归一化累计分析(图8)。结果显示，意愿优先情景(W-H=2, W-P=2)在19年的城镇化演变中总体生态服务水平最高。然而，该情景与分区规划优先情景均存在环境服务指标在发展中后期出现急剧下降的问题；相比之下，传统优先情景的环境效益在前15年中均保持平稳。

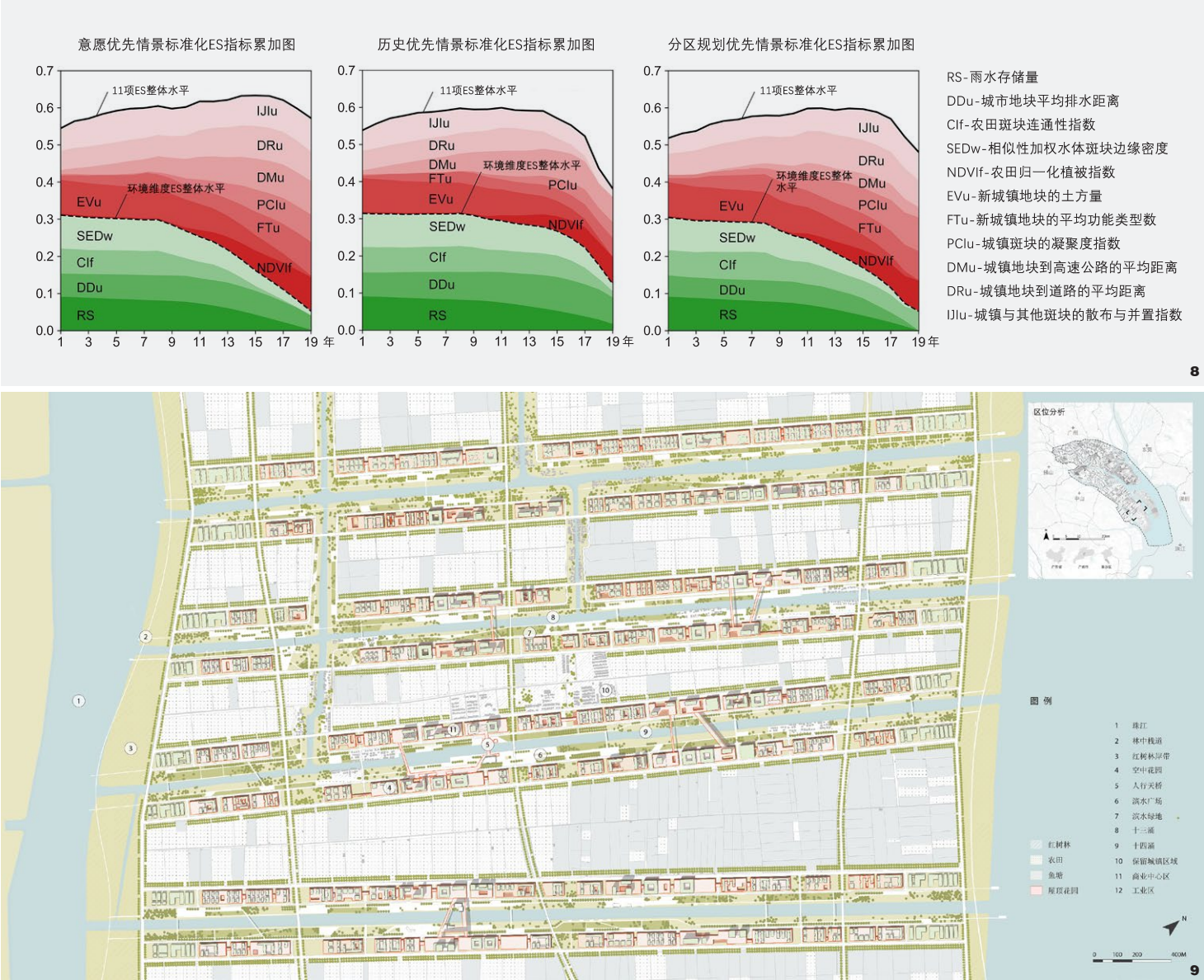


图8 ES指标归一化累计分析图
Fig. 8 Normalized cumulative analysis of ES indicators

图9 设计平面图
Fig. 9 Master plan layout

实现强可持续性需同时满足经济、社会与环境三方面的可持续发展。以往研究在强可持续性弱可持续性对比中指出，由于自然资本损失具有不可逆性，经济与社会的发展应受环境约束^[18-19]。在三种典型情景中，尽管规划优先情景与意愿优先情景在生态系

统服务总量上表现较优，但其发展以消耗大量环境资本为代价，发展后期对环境造成不可逆影响，难以满足强可持续性的发展要求；相比之下，历史优先情景在前17年环境维度指标表现相对稳定，具备更强的可持续性。但在第17年后，相关指标出现明显下滑，

表明整体发展已超出环境承载限度，难以避免生态退化。因此，建议将第17年所达城镇化率作为城市发展的合理上限目标。

3.3 基于研究结果的规划设计

本教学案例借助情景模拟的可视化交互



图10 滨水线性公园效果图
Fig. 10 Rendering of riverside linear park

图11 保留圩田效果图
Fig. 11 Rendering of preserved polder fields



图12 多功能综合体建筑效果图
Fig. 12 Rendering of multifunctional complex building

图13 城市鸟瞰效果图
Fig. 13 A bird's-eye view rendering of the city

面板，引导学生理解各类发展策略对未来景观格局及景观可持续性的影响，并基于模拟结果展开规划设计。设计范围选择南沙区东南部十三涌、十四涌一带。该区域目前仍保留典型的传统景观风貌，尚未进行大规模征地建设，但已被规划为未来发展重点，在此区域展开设计探索具有典型示范性。

鉴于历史优先情景在综合可持续性评估中表现最优，学生团队在设计中提出一种更符合现有景观特征的探索性方案——保留南沙地区“圩田—聚落—河涌”的传统结构（图9），并尊重当地人的意愿，循序渐进地推进城镇化更新。区别于以往征地模式，这一城镇化过程拟分为三个阶段：第一阶段，在原有线性村落的内侧逐步建设新城楼房；第二阶段，村民就近迁入新居后，拆除河

堤上的村落；第三阶段，对河堤进行生态化改造，提升其生态服务功能。针对不同功能地块，规划中提出三种设计策略：（1）保留河涌作为传统圩田格局的结构骨架，延续其在雨洪调蓄、运输与灌溉中的基础功能，并对河堤进行生态化改造，转变为兼具生态服务、景观美学与公共活动功能的线性生态公园，成为新城的重要滨水空间（图10）；（2）最大限度保留现有农田，维持农业生产功能，同时对公众开放为农田景观公园，在洪水期间则发挥涵养与滞洪作用（图11）；（3）沿河涌布置高密度城镇，高层建筑架设于平台之上，平台之间通过廊桥相连，底部保留通畅的道路与水道，实现立体化交通系统（图12）。

学生团队在设计中提出一种“圩田上的

城市”的构想，试图在城市发展中保留并强化南沙地区独特的圩田景观结构，并在其基础上构建多样化的城市生活空间。该方案的独特性在于，未来城镇的发展规划遵循传统结构，沿河涌两侧线性延伸；而非常规的片状规划模式（图13）。这种规划路径的优势在于，可以最大限度地保护自然资本，通过生态修复和景观保护，恢复和提升圩田的生态功能，以提升城市发展的可持续性。同时，该方案重视传统景观价值，延续以圩田为基础的“人—水—田”共生格局，从而构建出延续本土文化、适应时代发展的独特社区。

4 结论与讨论

本文介绍的教学案例基于ABM模拟了多种情景下的景观未来演变过程，建立指标体

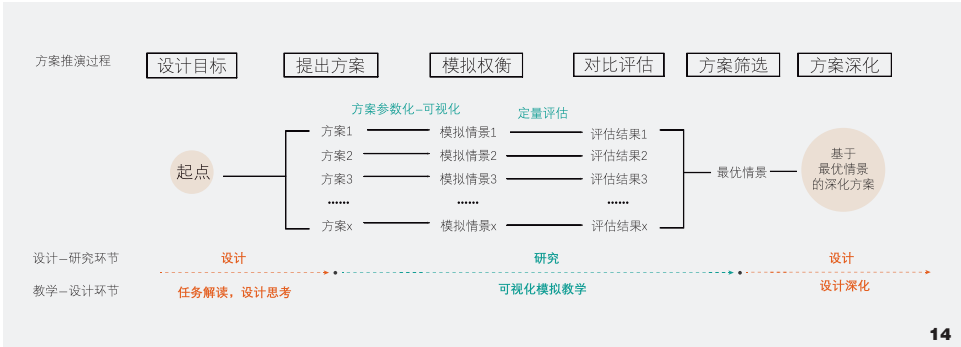


图14 数字技术支持下的多方案决策及设计教学环节
Fig. 14 Multi-scheme decision-making and design teaching links supported by digital technology

系对比、评估、筛选出可持续性较高的方案情景，并在教学案例中引导学生团队探索新的城镇化解决方案，最终提出具有本土特征的探索性未来城市方案。

4.1 数字技术支持多方案决策：从参数化模拟到科学评估

在乡土景观系统高度复杂且持续演变的情况下，对现状的描述性知识有时不足以支撑对未来景观的本土化设计决策^[20]，科学的设计过程需要考虑多解性与反馈学习机制^[3]。利用数字技术的“设计方案参数化—可视化—定量评估”多方案模拟试验赋予了多方案权衡以标准及可视化载体（图14），能探索未来景观的更多可能性，分析多因素影响下的方案有效性。

4.2 乡土景观演进的矛盾协调：传统智慧与现代城镇化的融合

研究及设计结果展示了传统景观格局与城镇化之间相互融合的景观演进方式，对南沙圩田景观格局的城镇化发展提供了新的智识性想象。事实上，乡土景观在常年累月的发展中通常经过反复的试验和调整，构建出适应当地气候、契合农业生产及生活需求的

空间格局体系^[21]。在快速城镇化背景下，乡土景观亟需适应经济社会环境的变化，但其传统的可持续土地利用方式在今天仍有重要价值。当今城镇化快速发展的进程中暴露出诸多生态风险，场所关怀和人文价值的断裂亦不容忽视，区域城镇化方式有待进一步创新优化。事实上，景观是不断演进的过程，城镇化并非意味着彻底抛弃传统景观。相反，应在理解演化逻辑的基础上重新审视乡土景观价值，汲取传统土地利用、生态治理的经验智慧，为乡土景观的区域营建提供与时代发展协同演进、与传统景观兼容并蓄的新的规划方式^[21-22]。

4.3 可视化赋能设计教学：动态认知与批判性思维的培养

在规划设计教学中，树立系统性的景观认知框架对于设计思维训练至关重要，能够有效帮助学生理解规划设计的本质及价值。在本次教学案例中，应用可视化模型在以下两个方面起到重要作用。（1）理解景观的动态演化过程：教学面板以可视化的形式展现景观结构持续变化的过程及可持续性指标的实时变化，使学生能更清晰地了解设计方案对景观的持续影响，增强了对景观动态性的感知。

（2）权衡多方案，重塑对景观复杂性的理解：在本次教学案例中，可视化模型结果强调综合环境、社会、经济维度权衡方案可持续性，指引学生选择了以尊重本土传统景观格局的方式推进城镇化的方案，对现代的规划模式提出质疑。这一认知的转变有助于学生在设计方案深化过程中，更加深入地理解乡土景观的价值所在，并以批判性视角思考景观的可持续发展。最终，学生通过对多方案的定量对比分析得出更科学的场地干预方式，以更加科学的方式选择并优化设计方案。

4.4 讨论

相较于传统的景观规划流程，借助数字技术开展的“通过设计之研究”（research through design）方法强调以科学研究的形式探讨设计方案，有望协同多目标解决设计问题。面对气候变化、社会经济条件深刻变革等多重不确定性因素，该方法为未来景观设计提供新的理论框架与实践路径^[23-24]，是当前及未来景观设计科学的重要研究范式^[25-27]。在规划设计教学中，面对乡土景观这类复杂系统，可视化技术在教学中的引入有利于提升学生对景观的理性理解能力，强化设计逻辑，完成“多方案生成—方案权衡—最佳方案—设计表达”的设计思路闭环。在当前数字化与信息化快速发展的时代背景下，使用可视技术辅助设计已成为未来设计行业发展的重要趋势。同时，规划设计方案的深度离不开对于景观的思考深度。使用数字化工具是为了辅助设计思考，而不是以工具代替思考^[28]。在设计教学中鼓励学生利用数字化工具辅助设计思考，对数字时代的风风景园林人才培养有重要意义^[29]。WJ

注：文中图1、图2、图11、图12为研究团队成员冯丽萍绘制，其余图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] WU J G. Landscape of Culture and Culture of Landscape: Does Landscape Ecology Need Culture?[J]. *Landscape Ecology*, 2010, 25(08): 1147-1150.
- [2] AGNOLETTI M. Rural Landscape, Nature Conservation and Culture: Some Notes on Research Trends and Management Approaches from a (Southern) European Perspective[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 126: 66-73.
- [3] 刘京一, 张梦晗, 李欣怡, 等. 复杂景观的认知与设计: Mapping的作用、逻辑与机制研究[J]. *景观设计学(中英文)*, 2021, 9(05): 80-102.
- [4] LIU S Q, YU Q, WEI C. Spatial-temporal Dynamic Analysis of Land Use and Landscape Pattern in Guangzhou, China: Exploring the Driving Forces from an Urban Sustainability Perspective[J]. *Sustainability*, 2019, 11(23): 6675.
- [5] YU H R, VERBURG P H, LIU L M, et al. Spatial Analysis of Cultural Heritage Landscapes in Rural China: Land Use Change and Its Risks for Conservation[J]. *Environmental Management*, 2016, 57(06): 1304-1318.
- [6] PLIENINGER T, VAN DER HORST D, SCHLEYER C, et al. Sustaining Ecosystem Services in Cultural Landscapes[J]. *Ecology and Society*, 2014, 19(02): 59.
- [7] 王敏, 侯晓晖, 汪洁琼. 生态——审美双目标体系下的乡村景观风貌规划: 概念框架与实践途径[J]. *风景园林*, 2017, 24(06): 95-104.
- [8] 苏丽, 董建文, 郑宇. 乡村景观营建中公众参与式设计的评价指标体系构建研究[J]. *中国园林*, 2019, 35(12): 101-105.
- [9] KOK K, VAN VLIET M, BÄRLUND I, et al. Combining Participative Backcasting and Exploratory Scenario Development: Experiences from the SCENES Project[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2011, 78(05): 835-851.
- [10] DOLLEY J, MARSHALL F, BUTCHER B, et al. Analysing Trade-offs and Synergies Between SDGS for Urban Development, Food Security and Poverty Alleviation in Rapidly Changing Peri-urban Areas: A Tool to Support Inclusive Urban Planning[J]. *Sustainability Science*, 2020, 15(06): 1601-1619.
- [11] VALBUENA D, BREGT A K, MCALPINE C, et al. An Agent-based Approach to Explore the Effect of Voluntary Mechanisms on Land Use Change: A Case in Rural Queensland, Australia[J]. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91(12): 2615-2625.
- [12] TIESKENS K F, SHAW B J, HAER T, et al. Cultural Landscapes of the Future: Using Agent-based Modeling to Discuss and Develop the Use and Management of the Cultural Landscape of South West Devon[J]. *Landscape Ecology*, 2017, 32(11): 2113-2132.
- [13] VAN BERKEL D B, VERBURG P H. Combining Exploratory Scenarios and Participatory Backcasting: Using an Agent-based Model in Participatory Policy Design for a Multi-functional Landscape[J]. *Landscape Ecology*, 2012, 27(05): 641-658.
- [14] LIU J Y, ZHANG M H, XIA Y, et al. Using Agent-based Modeling to Assess Multiple Strategy Options and Trade-offs for the Sustainable Urbanization of Cultural Landscapes: A Case in Nansha, China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 228: 104555.
- [15] SZETEVY K, MOALLEMI E A, ASHTON E, et al. Participatory Planning for Local Sustainability Guided by the Sustainable Development Goals[J]. *Ecology and Society*, 2021, 26(03): 16.
- [16] TERMORSHUIZEN J W, OPDAM P. Landscape Services as a Bridge Between Landscape Ecology and Sustainable Development[J]. *Landscape Ecology*, 2009, 24(08): 1037-1052.
- [17] VALLÉS-PLANELLIS M, GALIANA F, VAN EETVELDE V. A Classification of Landscape Services to Support Local Landscape Planning[J]. *Ecology and Society*, 2014, 19: 44.
- [18] WILSON M C, WU J G. The Problems of Weak Sustainability and Associated Indicators[J]. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2017, 24(01): 44-51.
- [19] WU J G. Landscape Sustainability Science: Ecosystem Services and Human Well-being in Changing Landscapes[J]. *Landscape Ecology*, 2013, 28(06): 999-1023.
- [20] LENZHOLZER S, NIJHUIS S, CORTESÃO J. RTD in Landscape Architecture: A First State of the Art[C]// Proceedings of DRS. Design Research Society, 2018: 293.
- [21] 王向荣, 林箐. 国土景观视野下的中国传统山水—田—城体系[J]. *风景园林*, 2018, 25(09): 10-20.
- [22] 王向荣, 张晋石. 风景园林——地表空间管理与塑造的科学和艺术[J]. *中国园林*, 2023, 39(01): 14-22.
- [23] MOOSAVI S. Design Experimentation for Nature-based Solutions: Towards a Definition and Taxonomy[J]. *Environmental Science & Policy*, 2022, 138: 149-161.
- [24] DE SIQUEIRA G, MALAJ S, HAMDANI M. Digitalization, Participation and Interaction: Towards More Inclusive Tools in Urban Design: A Literature Review[J]. *Sustainability*, 2022, 14(08): 4514.
- [25] 王志芳, 李明翰. 如何建构风景园林的“设计科研”体系?[J]. *中国园林*, 2016, 32(04): 10-15.
- [26] 朱育帆, 郭湧. 设计介质论——风景园林学研究方法论的新进路[J]. *中国园林*, 2014, 30(07): 5-10.
- [27] 沈洁, 吴语婧, 章晴. “双线并行、三环往复”: 设计过程主导下的风景园林设计研究体系建构[J]. *风景园林*, 2024, 31(08): 12-21.
- [28] 冯潇. 瑞士苏黎世联邦理工学院风景园林数字化设计探索——以苏黎世联邦理工学院风景园林高级研修课程为例[J]. *中国园林*, 2015, 31(11): 50-54.
- [29] 杨锐, 钟乐, 赵智聪. 在大变局中研发风景园林学的新引擎[J]. *中国园林*, 2021, 37(11): 14-17.