DOI：10.13718/j.cnki.xdzk.2020.11.018

GIS 技术支持下智慧风景区植被规划与仿真

张　诚[1,2]，　朱昌平[1]，　马　新[3]，　张志伟[3]

1. 安徽省教育厅无人机开发及数据应用重点实验室(皖江工学院)，安徽 马鞍山 243031；
2. 皖江工学院 艺术设计学院，安徽 马鞍山 243031；3. 重庆大学城市科技学院 建筑学院，重庆 永川 402167

摘要：为提升智慧风景区设计的智能化水平，基于地理信息系统(geographic information system，GIS)对智慧风景区植被格局进行了规划与仿真. 首先，利用 GIS 技术采集不同类型景区的基础性数据，计算景区植被的景观格局指数，深度分析植被分布状况；其次，根据景区植被格局存在的问题，利用 GIS 技术在虚拟仿真平台对植被格局重新规划，使其满足景区生态环境长久可持续发展的需求. 实际仿真测试表明：规划后的山峰湖泊结合型景区破碎度降低，形成了多个较大规模的植被斑块，与智慧景区建设目标高度契合，景区植被格局规划的可行性强.

关　键　词：地理信息系统(GIS)；智慧景区；植被规划；仿真设计

中图分类号：TP391.9　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673－9868(2020)11－0154－07

地理信息系统(geographic information system，GIS)集成了相对完整的空间信息与地理分布数据[1]，GIS 以计算机硬件、软件作为技术载体，实现地理分布数据的采集、储存、计算、分析和显示等功能[2]. 国外应用 GIS 技术规划景观、分析景观发展动态较为普遍，在技术交流合作下，我国使用 GIS 规划景观格局的频率逐渐增加[3]. 随着信息时代进程加快，国家对于智慧风景区的建设力度加大，植被景观格局的规划已成为智慧风景区的重要组成部分[4]. 本研究以 GIS 作为技术支持模拟智慧风景区植被规划，具体实现思路为：① 利用 GIS 技术获取景区基础数据，包括地形点云数据、地表正射影像和植被分布图等信息，并计算分析该区域的植被景观格局指数和分析植被分布情况；② 根据植被分布的优势与劣势规划景区植被格局，利用基础数据在计算机中构建地形、树木和草地等模型，呈现虚拟的植被格局仿真规划结果. 采用仿真模拟的形式进行智慧风景区植被规划利于实时改变景观格局指数，修正植被布局情况，提升景区植被规划效率与科学性，为智慧风景区规划与设计提供决策支持.

1　智慧风景区植被格局分析与仿真规划

1.1　GIS 在植被规划中的功能应用

1.1.1　GIS 基础功能简介

计算机科学是 GIS 技术实施的前提条件，在计算机技术支持下 GIS 涵盖景观学、地理学、测绘学等众多学科，是 GIS 技术综合性的良好体现[5]. GIS 技术的综合性功能有：① 数据采集. 获取 GIS 技术可用格式数据组建数据库，一部分来自现场调查的人工数据，一部分来自 RS 技术与 GPS 技术数据；② 数据管理. 分类、编辑、转换均属于 GIS 数据管理功能范畴，管理后的数据以高逻辑性的网格数据库形式存在. 此外，GIS 具备强大的互换矢量文件与栅格文件的功能；③ 空间分析及统计. GIS 技术提供空间分析与统计

收稿日期：2019－11－30
基金项目：中国高校创新创业教育改革研究基金项目(2017CCJG001)；安徽省教育厅无人机开发及数据应用重点实验室(皖江工学院)基金项目(WRJ19003)；国家自然科学基金项目(31270746)；安徽省教育厅 2020 年高校优秀人才基金项目(gxyq2020088)；安徽省质量工程线下精品开放课程基金项目(2019kfkc308).
作者简介：张　诚(1991－)，男，硕士，讲师，主要从事园林规划与虚拟仿真研究.

功能将空间内的地理元素连接在一起，系统化的分析区域空间的景观格局分布信息，在空间规划中发挥强大功能，为空间规划决策提供科学、便利的工具[6]；④ 数据导出. 栅格化文件输出格式一般为网格格式，矢量化文件导出为数据表格、地图统计等常用形式，导出的图像具备分层功能.

1.1.2　景观格局指数分析

景观格局指数是描述区域空间格局的定量性指标，将景观空间格局关键信息提炼出来集中表达，用于描述区域空间的分配特征和结构组成特征[7]. 本研究根据智慧风景区的景观格局指数判断其植被规划是否科学、合理，在此基础上对景区植被进行重新规划.

1）植被景观类型分维度均值计算

分维度数值体现了植被景观的形状特征，是表征景观斑块形状复杂程度的重要指标，空间景观格局分析可通过分维度定量化实现[8]. 景观类型分维度均值计算方法为

$$Z=\frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{2\ln(0.25\boldsymbol{Q}_{ij})}{\ln(\lambda_{ij})}\right]}{H} \tag{1}$$

其中：植被景观的斑块面积、数量、斑块周长分别用 λ_{ij}，H，Q 表示；植被斑块 i 在全部植被中的占比为 Q_i；m，n 分别表示植被斑块总类型数和不同类型植被斑块涵盖的斑块数量.

分维数取值在[1，2]之间，若植被斑块形状复杂度低，受人工影响的程度小，分维数值则越接近 1；若植被斑块形状复杂度高，受人工影响大，分维数值则越接近 2. 以此作为评估智慧风景区植被景观受人为干扰情况.

2）物种多样性指数计算

多样性指数计算方法较多，本研究采用 Shannon 多样性指数，该指数计算涉及均匀度指数、物种丰富度指数，计算公式为

$$D=-\sum_{i=1}^{F}B_i\ln B_i \tag{2}$$

其中：B_i 表示第 i 个物种的重要值占比，F 为物种丰富度指数，D 为 Shannon 多样性指数，V 为 Pielou 均匀度指数. 物种多样性指数的上限与真实调查的物种多样性指数分别用 $D_{\max}$ 和 D 表示，Pielou 均匀度指数为 D 与 $D_{\max}$ 的比值.

通过分析智慧风景区的植被景观格局指数，分析其植被规划存在的优势与劣势[9]，在此基础上进行植被景观格局重新规划，为合理保护生态资源、发挥植被生态作用提供有效途径.

1.2　植被规划虚拟仿真技术研究

植被是智慧风景区的主要覆盖部分，本文利用 GIS 技术获取景区植被格局存在的问题，在虚拟仿真平台中对智慧风景区植被进行合理规划，为智慧风景区的长久可持续发展提供科学的参考依据，提升景区植被规划的智能化水平.

1.2.1　智慧风景区地形模型生成

智慧风景区植被模拟以地形为基础，在三维地形模型上构建树木、草地等植被. 智慧风景区地形生成需要构建数字正射影像图（digital orthophoto map，DOM）与数字高程模型（digital elevation model，DEM），其中 DOM 模型是虚拟地形仿真的纹理数据. DOM 模型制作：采用无人机获取景区的激光点云数据构建数字表面模型，用以描述风景区地表起伏变化状态，由于点云数据采样精确、精准度高，据此构建的三维影像效果清晰，进一步构建智慧风景区的 DOM 模型[10]. DEM 模型制作：去除景区地形点云数据的噪声，仅体现地形表层信息的点云数据可经过点云插值处理得到，由此构建地形 DEM 模型.

在 ArcGIS Engine 组件中统计处理地形 DOM 模型与 DEM 模型，以裁剪的方式在 Osg Earth 中渲染得到可视化的三维地形模型，根据实际需求添加地形纹理贴图，为景区植被规划仿真提供基础.

1.2.2　智慧风景区树木模型生成

由于景区植被具有高覆盖率、大规模性等特点，景区植被规划过程逐一渲染植被模型不符合实际情况，为生动展示植被形态，所以采用 Lindenmayer 系统构建智慧景区虚拟规划的三维植被模型，以满足生

动、高效的仿真需求.

Lindenmayer系统本质上是用于细胞交互作用的数学模型,在植物生长过程中效果良好. Lindenmayer系统中,采用字符重写系统与形式化语言方法抽象概括能够描述植物生长过程的经验公式形成公理与产生集,植物结构的字符串发展序列由此形成,最终得到植物的拓扑结构. 树干、树枝以及树叶是树木的关键组成,树木生长是由小变大的过程,所以树木模型中的小构件被大构件代替,由此呈现了树木动态生长的过程. 基于Lindenmayer系统是数学模型的本质,所以其构建的树木虚拟模型采用字符串描述,树枝模块、树叶模块和树干模块等均用字符表示. 同理,采用字符替换式描述树木不同模块的替换规则,Lindenmayer系统植被模型的生成就是通过替换规则与迭代次数进行数次累积替代实现的. 字符串植被模型向计算机图形转换之前,需为各个字符赋予图形绘制的意义,最终在计算机界面显示植被虚拟模型.

图1详细描述了在Lindenmayer系统中构建植被模型的过程.

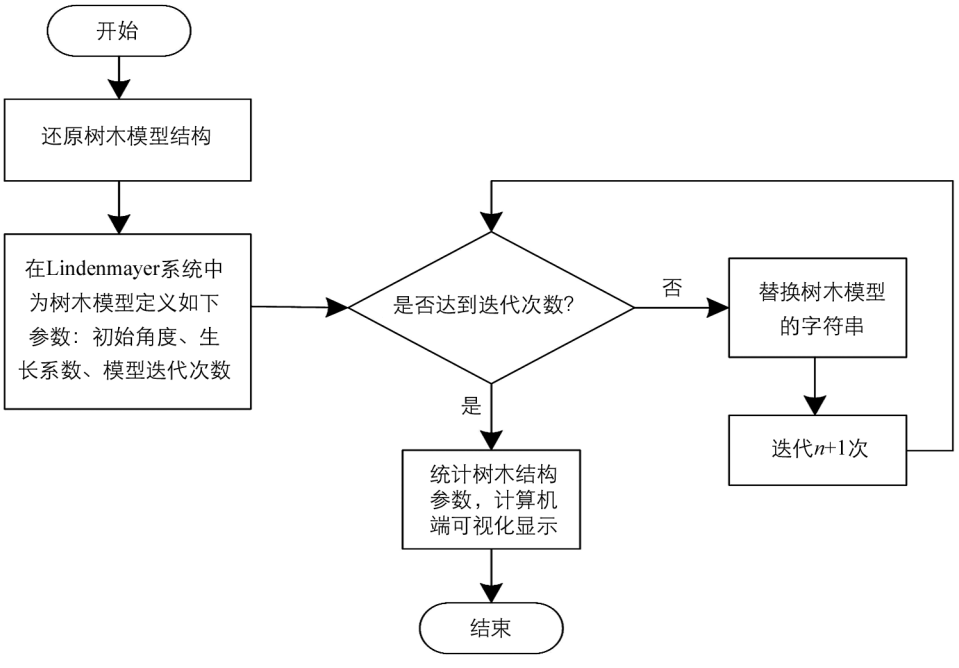


图1 Lindenmayer系统中构建植被模型的过程

结合图1可知,在Lindenmayer系统中生成的植被模型存在以下特点:树叶采用间断的多边形描述,而树枝、树干一类的刚体模块采用不间断的三角面片描述. 此外,为使植被中树叶更加形象化,采用纹理映射技术模拟虚拟的树叶[11],同时减少了多边形绘制的时间投入.

1.2.3 智慧风景区草地模型生成

由于智慧风景区属于大空间,因此在这种环境中模拟的草地无须考虑精细化程度[12],所以本研究绘制草地植被的原理为:将地表正射影像与描述差异性覆盖度的草地纹理融合,融合依据为视点距离,由此得到绘制完成的虚拟草地.

首先,绘制智慧风景区中不同草地类型分布情况,在地表正射影像alpha通道添加各类型草地分布图.

其次,为各类型草地定义几种典型的覆盖度纹理贴图,每个数字表示的草地覆盖度有所不同.

最后,确定草地生成的片元纹理值,该纹理值根据两个参量得到:一是视点与片元间的长度,二是片元在地表正射影像alpha通道的纹理值,此过程的详细解析为:定义e表示视点与片元间的长度,基于经验选取两个长度值分别为E_1和E_d,$E_d<E_1$. 分两种情况论述:将地表正射影像纹理值作为片元纹理值时,$E_1<e$;将草地纹理值作为片元纹理值时,$E_d>e$;将地表正射影像与草地纹理值依据e值线性混合后得到的纹理值作为片元纹理值,此时e在区间(E_d, E_1)内.

地表正射影像alpha通道的草地类型分布图是确定虚拟草地最终纹理值的依据. 假设此过程中采用$A_1, A_2, \cdots, A_n$表示分布图内各类型草地对应值,不存在草地覆盖时用0表示. 草地覆盖程度采用a表示,若$0<a<A_1$,证明此时应融合A_1对应的草地纹理贴图与地表正射影像;若$A_1<a<A_2$,证明应融合A_1

与 A_2 对应的草地纹理贴图，按照此规律重复执行.

在片元着色程序中，按照上述步骤通过判断视点和地表间的长度不断对全部景区草地植被进行虚拟绘制.

2　应用分析

选取 3 个国家级智慧风景区作为实验分析对象，采用本研究方法进行植被虚拟规划与仿真测试. 3 个实验景区类型分别为湖泊型景区、山峰型景区和山峰湖泊结合型景区，实验景区的详细信息见表 1.

表 1　实验景区基本信息描述

信息描述	湖泊型景区	山峰型景区	山峰湖泊结合型景区
景观类型分布	以湖泊为主，配置树林、草地、农田.	树林、草地、水体、硬质建筑景观.	树林、苗圃、草地、湿地、水体、硬质覆盖等景观.
景区面积	约 120 km^2	约 56.8 km^2	约 62.4 km^2
气候条件	亚热带季风气候，全年潮湿多雨，海拔在 650 m 左右.	位于亚热带和暖温带地区，气候温和，雨量适中.	以热带大陆性季风气候为主，气候温和，降水充沛，日照充足.
植被类型	以亚热带常绿阔叶林为主	落叶阔叶林、落叶常绿阔叶混交林和常绿阔叶林交错分布.	最高海拔为 149.5 m，植被类型以中亚热带常绿落叶阔叶林为主.

实验采用 Fragstats 3.3 软件计算植被景观格局指数，分析景观格局，将区域比例尺地形图、激光点云数据、航拍影像图和实地调查数据等作为景区植被虚拟模型构建的基础性数据，转换成 GIS 可用格式后输入数据库中备用. 景区植被仿真设计在 Intel@coreTMi7-6700k 处理器配置 8 GB 内存的计算机硬件环境下进行.

2.1　植被景观格局指数分析

3 个实验景区的植被景观格局指数见表 2，据此分析当前智慧风景区植被规划存在的问题.

表 2　实验景区植被景观格局指数

植被景观格局指数	湖泊型景区	山峰型景区	山峰湖泊结合型景区
植被斑块数量/个	1 846	3 042	2 706
植被景观面积/hm^2	8 523.64	3 851.16	5 125.31
最大斑块在植被景观中的占比/%	5.60	4.64	6.51
植被景观分维数	1.42	1.11	1.71
植被景观形状指数	18.94	20.54	22.36
Shannon 多样性指数	1.52	1.48	1.59

结合表 2 可知，山峰湖泊结合型景区最为典型. 景区的植被覆盖面积较大，植被覆盖率约为 82.13%，人工绿化植被和自然生态植被一应俱全，具有良好的植被规划基础；但是景区植被斑块多达 2 706 个，证明景区呈现较高的破碎状态，其优势是创造了良好生物多样性发展环境，弊端是不存在突出的、典型的景观斑块，不利于构建景区主题特色，同时不利于生存于大面积斑块的生物繁衍；该景区植被景观分维数(1.71)相对接近于 2，所以该地区的景观斑块形状复杂程度较高、不同斑块间的边界呈现不规则分布状态，受人为干扰程度较大.

湖泊型景区的植被斑块数量为 1 846 个、植被景观面为 8 523.64 hm^2，植被覆盖率约为 71.02%，由于该景区的主题景观是湖泊，所以该地的植被覆盖率较高，植被基础较好、破碎程度相对较低；湖泊型景区的植被景观分维数为 1.42，和 2 相比，更接近于 1，所以该景区植被斑块受人工影响的程度适中，应注意减小人工干预的程度，否则在人工的长期干扰下，自然生态特征减少，将会失去智慧景区的观赏特色.

此外，山峰型景区的斑块数量为 3 042 个，植被破碎度较高，植被覆盖率为 67.82%，植被基础条件相对较弱，不利于植被规划；该景区的植被分维数为 1.11，证明景区植被人工干扰程度低，保持较好的原生状态.

基于上述分析采用本研究方法规划山峰湖泊结合型智慧风景区的植被格局，规划前后的山峰湖泊结合型景区植被格局见图2和图3.

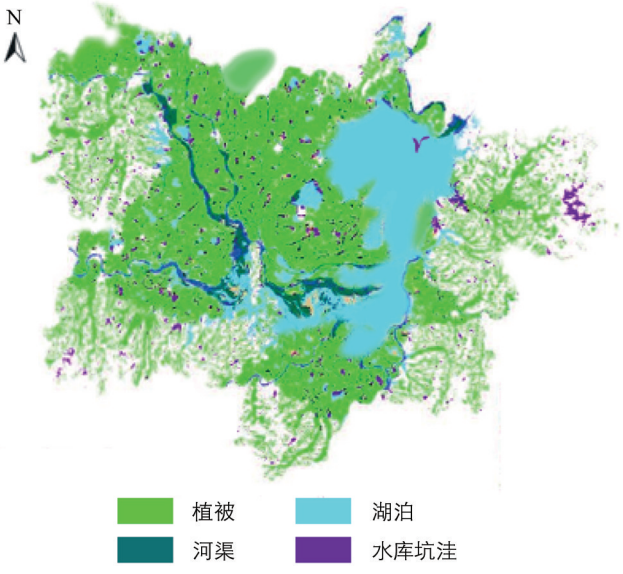


图2 规划前的山峰湖泊结合型景区植被格局

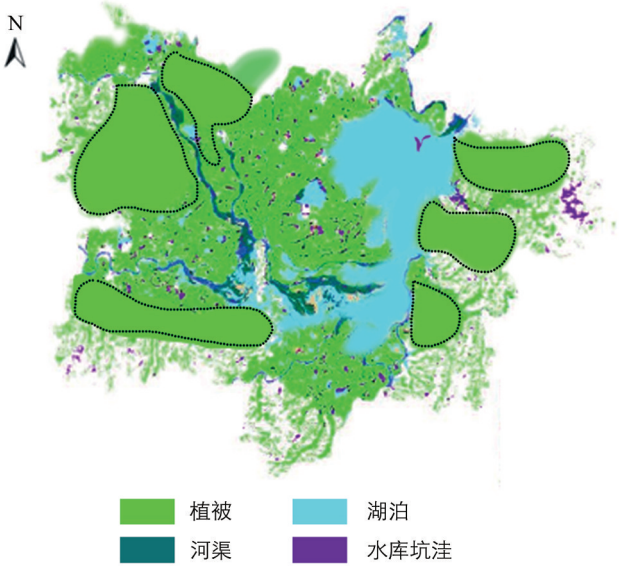


图3 本文方法规划后的山峰湖泊结合型景区植被格局

结合图2与图3可知，和规划前的景区植被格局相比，规划后的植被景观斑块破碎程度得到优化，西部形成3个较大规模的植被景观斑块，东部形成3个规模相对较小的植被景观斑块，解决了景区植被景观斑块破碎化的问题，证明本研究提出的方法规划智慧风景区植被格局具有可行性.

规划后实验景区植被景观格局指数见表3.

表3 规划后实验景区植被景观格局指数

植被景观格局指数	山峰湖泊结合型景区	植被景观格局指数	山峰湖泊结合型景区
植被斑块数量	824	植被景观分维数	1.28
植被景观面积/hm^2	4 125.31	植被景观形状指数	21.36
最大斑块在植被景观中的占比/%	15.61	Shannon多样性指数	1.33

最大斑块在植被景观中的占比增加至15.61%，形成了突出的植被斑块区域. 植被景观分维数降低至1.28，植被斑块形状复杂程度降低，总体看来，本研究方法规划后的景区植被格局更加合理.

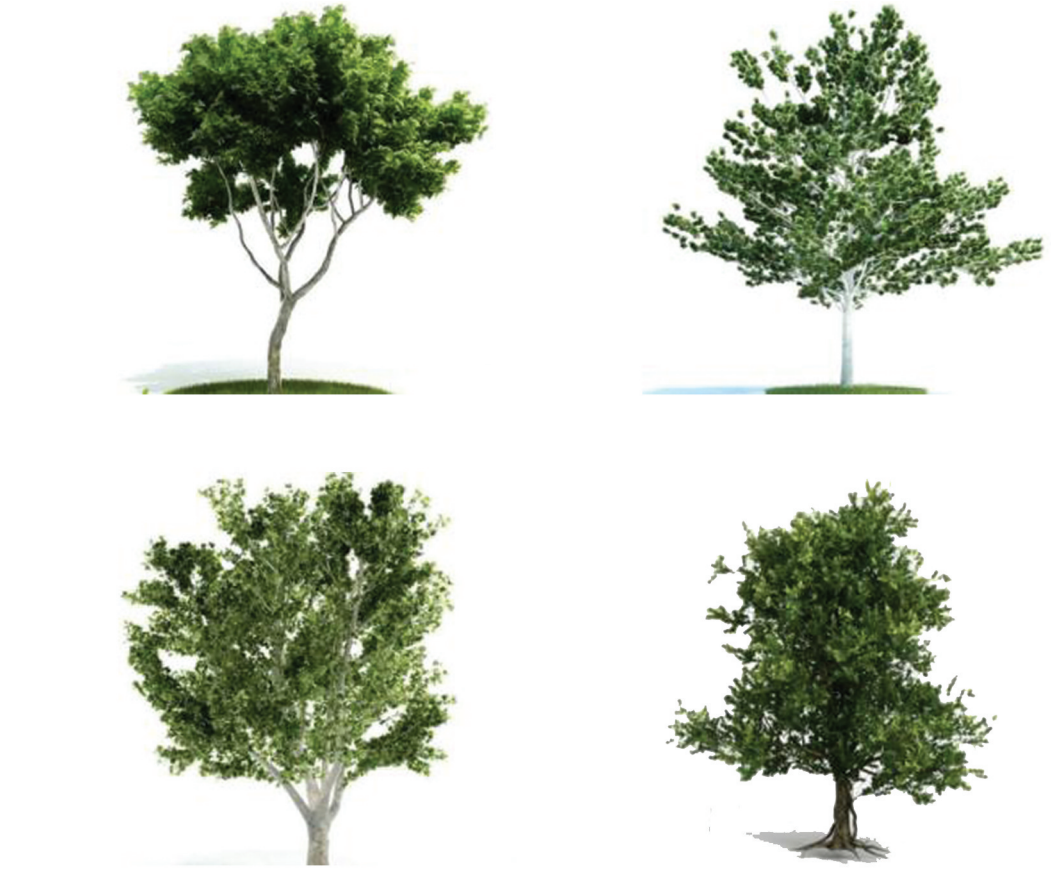
2.2 智慧风景区植被规划仿真效果分析

用本研究方法进行植被规划中，虚拟植被仿真效果见图3，限于篇幅，仅展示部分效果图. 其中图4a为不同种类树木三维可视化模型，图4b为景区湖泊与植被联通区域，图4c为景区林道，立体的三维可视画面展示了栩栩如生的植被状态，呈现给用户真实的视觉感受，用户可在三维漫游场景中感受植被规划的合理性，高效优化景区植被格局规划效果.

除此之外，用户可根据需求设置树木的高度、树叶密度、树林密度、水体宽度和行道间距等参数，满足个性化设置的需求.

3 结 论

本研究首先将GIS技术与虚拟仿真技术相结合，探讨一种规划智慧风景区植被格局的智能化方法. 此方法基于GIS技术采集的真实景区地理信息数据，在计算机上进行景区格局规划设计，规划成果科学有效，同时此方法可根据用户需求随时调整格局规划方案，实现了智慧景区规划设计的可视化. 具有准确计算景区植被景观格局指数的功能，可及时评估每种设计方案的景观格局指数情况，提高了景观植被规划方法的实用性.



a. 不同种类树木三维可视化模型

b. 湖泊与植被联通区域

c. 景区林道

图 4　虚拟植被仿真效果

其次植被景观规划方法将 GIS 技术作为辅助性指导技术，是合理规划植被格局的定量参考工具. 未来研究中将进一步发挥 GIS 在空间格局规划与设计中的作用，结合 GIS 技术与现代化技术手段构建完善的空间格局规划体系，还可从数字图像处理和图像信息特征提取等角度入手，以数字化技术获取多层次地面数据，以图数结合的方式深入探究植被覆盖度时空变化因素以及影响机理，为生态环境深度优化提供科学依据.

参考文献：

[1] 张　晨，牛树奎，陈　锋，等. 基于 GIS 的景观格局对云南省森林火灾的影响 [J]. 林业科学，2016，52(7)：96-103.

[2] 汪芳甜，安萍莉，蔡璐佳，等. 基于 RS 与 GIS 的内蒙古武川县退耕还林生态成效监测 [J]. 农业工程学报，2015，31(11)：269-277.

[3] 刘 锬，康慕谊. 基于RS和GIS的贺兰山高山林线初步研究[J]. 自然资源学报，2016，31(6)：973-981.
[4] 罗紫薇，胡希军. GIS支持下的上杭县城市景观格局分析[J]. 西北林学院学报，2019，34(3)：225-230，272.
[5] 卢响军，周益民，侯秀玲，等. 基于土地利用/覆盖的干旱绿洲区植被覆盖度变化——以新疆生产建设兵团第八师为例[J]. 中国生态农业学报，2015，23(2)：246-256.
[6] 花东文，温仲明，杨士梭，等. 黄土丘陵沟壑区土地利用景观格局变化分析——以延河流域为例[J]. 水土保持研究，2015，22(5)：86-91.
[7] 胡玉福，邓良基，刘 宇，等. 基于RS和GIS的大渡河上游植被覆盖时空变化[J]. 林业科学，2015，51(7)：49-59.
[8] 陈凌静，王 锐，高 明，等. 基于GIS支持下的土地利用景观梯度变化分析——以重庆市合川区为例[J]. 西南大学学报(自然科学版)，2014，36(5)：136-143.
[9] 杜吴鹏，房小怡，吴 岩，等. 城市生态规划和生态修复中气象技术的研究与应用进展[J]. 中国园林，2017，33(11)：35-40.
[10] 李祖政，尤海梅，王梓懿. 徐州城市景观格局对绿地植物多样性的多尺度影响[J]. 应用生态学报，2018，29(6)：1813-1821.
[11] 张安琪，夏 畅，林 坚，等. 景观演化特征指数及其应用[J]. 地理科学进展，2018，37(6)：811-822.
[12] 孙春红，吴 林. GIS-SQL查询操作在植物景观规划设计教学中的应用[J]. 西南师范大学学报(自然科学版)，2018，43(7)：185-190.

Simulation of Virtual Vegetation Planning of Smart Scenic Spots Supported by GIS Technology

ZHANG Cheng[1,2], ZHU Chang-ping[1],
MA Xin[3], ZHANG Zhi-wei[3]

1. *Key Laboratory of Unmanned Aerial Vehicle Development and Data Application of Anhui Higher Education Institutes (Wanjiang University of Technology), Ma'anshan Anhui 243031, China;*
2. *College of Art and Design, Wanjiang University of Technology, Ma'anshan Anhui 243031, China;*
3. *School of Architecture City College of Science and Technology, Chongqing University, Yongchuan Chongqing 402167, China*

Abstract: The design of smart scenic areas requires a high integration of Information technology. In order to improve the level of intelligence in smart scenic spot designing, the vegetation pattern of a smart scenic spot is planned and simulated based on geographic information system(GIS). Firstly, GIS technology is used to collect the basic data of the scenic spot from different channels, calculate its landscape pattern index of vegetation, and analyze the distribution of vegetation in it. Secondly, according to the problems existing in the current landscape vegetation pattern, the GIS technology is used to re-plan the landscape vegetation pattern in the virtual simulation platform, so as to make it conform to the long-term sustainable development trend of ecological environment. According to the simulation test, the fragmentation degree of the planned peak-lake combined scenic area is reduced and multiple large-scale vegetation patches are formed. This proves that the method described in this paper is feasible for planning the vegetation pattern of scenic spots, which is consistent with the construction goal of smart scenic spots.

Key words: geographic information system(GIS); smart scenic spot; vegetation planning; simulation design

责任编辑 潘春燕