

李明, 徐建刚. 复杂适应条件下乡村景观空间分析的理论基础与指标体系[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(2): 186–189.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.061

# 复杂适应条件下乡村景观空间分析 的理论基础与指标体系

李明<sup>1</sup>, 徐建刚<sup>2</sup>

(1. 南京大学地理与海洋学院, 江苏南京 210093; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 江苏南京 210093)

**摘要:**探讨复杂适应条件下乡村景观的人文内涵, 认为乡村景观本质上属于文化景观的范畴, 并以此为基础构建基于物质性与非物质性特征的乡村景观分类框架。在前人的研究基础上, 针对乡村空间的复杂性和影响因子的多样性, 探讨乡村景观的地理信息系统(GIS)空间分析手段, 构建以空间可达性、敏感性、空间网络格局分析为基础的乡村景观评价指标体系, 并指出下一步研究的工作重心。

**关键词:**乡村景观; 复杂适应系统; 地理信息系统; 可达性; 敏感性; 空间网络

**中图分类号:** F301.23; TU982.29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0186-04

从地域的角度看, 乡村景观是“乡村”地区的“景观”, 是一种由自然环境、经济和社会三大系统形成的复合景观系统, 具有明显的田园特征<sup>[1]</sup>。从时间演进的角度看, 乡村景观是历史过程中不同文化时期人类对于自然环境干扰的记录<sup>[2]</sup>。乡村景观作为一个有机整体, 在外象上表现为景观的地域环境和地域特征, 在内涵上折射出地域民俗与社会经济情况、地域艺术与文化等多方面的内容, 同时其在每一个侧面又包括各种不同的层次和诸多的因素。

长期以来, 城乡规划领域存在重城市、轻农村的二元观点。2008 年城乡规划法正式实施, 旨在加强城乡规划管理, 协调城乡土地整理, 促进城乡经济社会全面协调可持续发展。然而, 在城乡统筹的目标驱使下, 我国乡村的城市化和休闲化趋势也日益明显, 极易导致乡村景观风貌的同质化。在“乡土中国”迈向“城市中国”的巨变中, 这种同质化现象正受到越来越多的关注, 针对性的研究方法与解决方案也不断涌现出来。从复合景观系统的定性到定量的综合集成法<sup>[3]</sup>的角度看, 基于地理信息系统(GIS)的空间分析方法总体上是对乡村景观空间异质性研究的有效途径, 对促进良性城乡统筹与可持续发展起重要作用。但是, 目前针对我国乡村景观的 GIS 空间分析方法仍存在一些局限: (1) 由于学科视角与应用出发点不同, 学界对乡村景观的相关分类体系尚未达成一致, 导致其空间分析方法和评价指标往往大相径庭, 迄今未形成完整通用的评价体系; (2) 我国的乡村景观研究工作起步较晚, GIS 空间分析与评价的内容多以自然生态要素为主, 人文

要素的内容较少; (3) 有限的人文领域的空间分析成果更多集中在遗产保护领域, 并集中于中小尺度的案例, 并未形成一个具有普适意义、跨尺度的架构, 导致乡村景观空间分析理论的孤立与研究对象的不完整。

近年来复杂性科学与城乡规划学科领域的交叉研究成果不断涌现。圣塔菲研究所代表人物之一的 Holland 于 1996 年提出的复杂适应(complex adaptive system, CAS)理论<sup>[4]</sup>, 是对这种人文关照下的城乡空间复杂性特性的宏观描述。从这个角度来看, 我国的乡村景观研究应重点考察人类个体与乡村环境的相互作用机理, 强调在景观系统内部要素的自适应行为。因此, 基于地理信息系统的乡村景观空间分析不应仅是对乡村发展结果的被动研究, 而应是一种对人与空间环境的相互作用与联系的探究模式。以此为目标, 本研究立足于整体性乡村空间, 建立了在“互适应”观点下的乡村景观特征分类框架, 在此基础上还构建了以空间可达性、敏感性、空间网络格局为主要内容的三大类乡村景观空间分析的指标集, 希望可以推动我国乡村景观资源的整体性评价、有机性保护和有效利用, 并实现对城乡规划领域内乡村景观空间营建与保护的客观控制。

## 1 复杂适应条件下乡村景观空间分析的理论基础

### 1.1 乡村景观的内涵与类型

Holland 的“适应性造就复杂性”的描述<sup>[4]</sup>, 是对人类主体与物质客体相互适应所形成的复杂性特性的宏观描述。乡村景观是各种复杂的物理、生物和社会因子相互作用的结果, 在这种相互作用的机制下, 人与环境的相互适应造就了乡村景观的复杂性特征。传统上看, 景观可以大致分为自然景观、文化景观两类, 其中文化景观是人类把自己的某些思想形态或观念意识同自然景观相结合产生的一种复合景观。从人与环境的相互适应观点看, 乡村景观是由大量相互作用的人与景物的单元构成的、物质与心理互动的系统, 反映了人对自然环境的改造, 是“附加在自然景观之上的各种人类活动形态, 是任何特定时间内形成一地基本特征的自然和人文因素的复

收稿日期: 2014-08-12

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 51278239)。

作者简介: 李明(1977—), 男, 江苏南京人, 博士研究生, 研究方向为城市与区域规划方法、城市与区域空间分析模型。E-mail: 573567882@qq.com。

通信作者: 徐建刚, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市与区域规划方法、数字城市与规划、城市与区域空间分析模型、城市 GIS 应用开发等。E-mail: xjg12@sina.com。

合体,并因人类的作用而不断变化,反映了人类文化与自然环境相互影响、相互作用的关系和结果<sup>[5]</sup>”。因此,乡村景观本质上属于文化景观的范畴。

从可视的角度来看,乡村景观可以分为物质性和非物质性两大类<sup>[6]</sup>。如果将这种分类关系体现在乡村中,物质性的

乡村景观包含了空间环境、人的行为、建筑聚落等因素,强调的是人对环境的直接感知;而非物质的乡村景观则包含了基于文化和社会的特征,强调的是人与生存环境之间的一种精神联系。在李和平等的研究基础上<sup>[7]</sup>,将我国常见的乡村景观类型归纳如下(表 1)。

表 1 常见的乡村景观类型

物质性乡村景观				非物质性乡村景观			
行为	建筑形式	空间聚落	环境	人居文化	历史文化	产业文化	精神文化
行为仪式、经典技艺	现代建筑、历史建筑	空间形态、土地利用	山水绿化、田园风光、珍稀物种、地质特征	居住文化、邻里文化	历史事件、历史人物	产业历史、产业发展	艺术风格、生存观念、审美情趣、信仰

1.2 乡村景观的 GIS 空间分析工具

对乡村进行研究的前提,是承认他是由多个自然系统与人文系统构成的异质性区域。伴随着复杂性科学、生态学理论与人文研究领域的相互渗透,在对景观所进行的异质性分析过程中,出现了使用“关系”“格局”“过程”“尺度”等词汇来描述乡村景观及其变化关系。可以这样描述:人类主体与景物客体的相互适应过程产生乡村景观格局,乡村景观格局又作用于主客体的相互适应过程,人类与景观要素又在不同的空间尺度下呈现出不同的关系类型<sup>[8]</sup>。从文本意义上看,“关系”“格局”“尺度”等词汇都具有强烈的空间概念,因此空间角度的研究对乡村景观整体性评价的意义不言而喻。

就国内外的研究来看,定量化的空间研究大体可归结为空间相互影响分析、空间统计和格局分析、空间过程模拟分析、空间运筹等<sup>[9]</sup>。空间分析的目的是从乡村景观的空间位置、联系等方面对其做出定量的描述,因此,对景观空间相互影响的研究尤其重要,要求利用状态变量和影响因素之间的关系类比建立数学模型,以实测数据回归分析获得参数,并在此基础上进行分析与预测。而在建立景观空间联系的过程中,随着地理信息系统理论、空间数据库理论的长足发展,各种空间定量分析工具为不同尺度的乡村景观空间检索与模拟研究提供了可能;地理信息系统与独立空间分析软件包的结合使用,不仅可以被用来采集和处理数据,还可以用来进行复杂性科学研究中通常采用的自下而上的空间分析和空间模拟,并形成各类专题图纸<sup>[10]</sup>。经过用户长期实践检验,有一些通用的分析手法(如空间叠加分析、缓冲区分析等)被认为发展的较为成熟,并以此为基础衍生出空间可达性分析、敏感性分析、空间网络格局分析等对乡村景观评价至关重要的 3 大工具包。

1.3 乡村景观的多指标综合评价方法

进行乡村景观空间分析的基础,是多指标综合评价理论与方法。多指标综合评价是指:为了得到一个综合指标,需要将标的物的指标信息加以汇集,并以此为依据综合反映标的物物情况。随着各学科领域的相互渗透,多指标综合评价的方法体系也在不断丰富。目前国内外综合评价方法众多,以权重赋值的方式,可以分为主观赋权评价法和客观赋权评价法:2 种。其中主观赋权评价法比较多采用定性方法,如层次分析法、模糊综合评判法等;而客观赋权评价法是依照指标间的关系以及各项指标的变异程度来确定权重,比如灰色关联度法与主成分分析法等。

在复杂适应理论中,“层次”是其重要观点。对乡村景观的层次结构进行定性定量综合集成研究来看,采用专家咨询的多指标综合评价法(即层次分析法)可以取得比较好的效果。该方法以系统化、层次化的观点分析评价物,量化专家经验,是一种简便、灵活、利于操作的决策方法。层次分析法的基本原理是:先把复杂的乡村景观评价问题中的各个指标分解为若干个有序层次,每一层次中的乡村景观元素具有大致相等的地位,同时在层次之间建立有序的递阶关系;由评估专家组或决策者按照指标考核的内容进行单项指标打分,并通过计算确定指标的评分值;用多目标线性加权函数的方法计算综合评价结果。其函数表达式为

$$Y = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n I_j \cdot R_j \right) \cdot W_i \quad (1)$$

式中:Y 为总得分(即综合评价); $I_j$  为某单项指标的现状可达性评分; $R_j$  为某单项指标在该层次下的权重; $W_i$  为项目层的权重。

2 复杂适应条件下乡村景观空间分析方法与评价指标体系

2.1 可达性分析与评价指标体系

在复杂适应系统理论中,有适应能力的个体需要与环境进行交流,这种交流一方面体现在作为“人”的主体抵达具体目标的难易程度,另一方面体现在作为“景物”的客体克服距离障碍与主体进行空间交流的难易程度。这两方面的因素导致了空间可达性分析成为乡村景观 GIS 空间分析的重要内容。将乡村景观的空间可达性被认为是人克服距离、旅行时间和费用等阻力到达一个设施或活动场所的愿望和能力的定量表达<sup>[11]</sup>。

出于乡村景观不同层次的可达性应用需求,涉及到的影响因素及其制约度也不尽相同,综合看有如下 3 个层次空间可达性评价的应用:(1)仅涉及交通因素的评价方法,其可达性的度量计算简单且易于理解,常用的如距离法;(2)涉及到交通因素与土地使用因素的评价方法,包括重力模型法、频率法、累积机会法等,是目前应用较为广泛的可达性评价方法;(3)不但考虑交通与土地利用因素,还涉及到时间因素以及个体差异的评价方法,这是可达性应用的最高层次,如时空法和效用法等<sup>[12]</sup>。在评价工具上,借助于 GIS 技术构建的乡村景观可达性评价的框架性平台,可以较好地解决空间可达性系列指标的尺度界定与数据精度的难点,更有利于不同研究区的横向比较。

基于乡村景观空间可达性评价的内涵特征与数据来源特点,出于评价指标的易获取、易于进行空间分析与计算的要求,本研究基于复杂适应理论的“层次”观点,选取了以土地

利用干扰、交通系统导入为基础、宏观与微观 2 个指标层面的空间可达性评价指标体系(表 2)。

表 2 乡村景观空间可达性评价指标体系

项目层	因素层	指标层(宏观)	指标层(宏观指标细分为微观指标)
土地利用干扰角度的可达性评价	建设用地因素	农村居民点建设用地、区域交通设施用地、区域公共设施用地等指标集	村庄建设用地、乡建设用地、城镇建设用地、独立建设用地等指标集
	非建设用地因素	水域指标集、农林用地指标集、其他类型非建设用地指标集	自然水域、水库、坑塘沟渠、湿地、农地、林地等指标集
交通系统导入角度的可达性评价	交通系统强度因素	交通覆盖程度、路网密度等指标集	各级公路网密度、村村通道路密度、铁路网密度等指标集
	交通准入程度因素	交通枢纽节点分布、交通障碍节点、农村居民出行选择等指标集	交通区内外衔接度、交通站点辐射度指标集、交通发生与分布、机非交通选择难易度等指标集

2.2 敏感性分析与评价指标体系

复杂适应系统理论中的主客体关联原则与乡村景观敏感性分析原则一致。由于乡村景观与人类活动密切相关,景观的自然与人文复合的特性体现出人与景观相互作用以及人对景观认知的过程中景观处在一个极易发生变化并呈现在景观及其环境系统中的特征<sup>[13]</sup>,在这个意义上,基于复杂适应性原理的乡村景观敏感性评价方法至少涉及 3 个方面,分别是生态敏感性评价、视觉敏感度评价、人文聚落环境的敏感性评价。

在生态敏感性评价方面,在不损失或不降低景观环境质量情况下,关键在于生态因子对外界压力或变化的适应能力<sup>[14]</sup>。目前已有不少学者从生态系统的特点入手,把生态敏感性评价作为各类城乡规划的基础,并形成多个生态环境敏感性区划成果<sup>[14-16]</sup>。对于乡村景观视觉敏感性评价,是以景

观感知者移位换景的角度对景观环境的视觉敏感性进行的评价,是从确定并建立单项评价因素及其权重,并进行视觉敏感性多指标综合评价、形成评价图的过程<sup>[17]</sup>。对于人文聚落敏感性评价,目前的研究主要集中于具有历史与现代特征的构筑物的现状评价,以及人的活动对环境的进入程度、干扰评价方面。在技术平台方面,以空间数据库为基础的软件,为乡村景观敏感性评价提供了操作平台<sup>[18-19]</sup>。

与国外研究相比,目前我国景观敏感性评价研究主要以 GIS 软件平台上的物质性生态敏感性为主,而涉及到复杂适应系统中人为主体的视觉敏感性与聚落环境敏感性评价内容尚不多见。在既有的研究成果中,由于学者视角与出发点不同,其评价指标体系往往大相径庭,迄今未形成完整的评价指标体系。本研究归纳基于人与环境互适应过程中的生态、视觉、乡村聚落三大类敏感性评价指标体系(表 3)。

表 3 文化景观敏感性评价指标体系

项目层	因素层	指标层(宏观)	指标层(将宏观指标细分为微观指标)
生态敏感性评价	生物多样性因素	斑块格局、自然条件、环境容量指标集	斑块类型、斑块数量、斑块形状、迁徙路线、自然灾害、土壤条件、水热光配置、水文与水质、土地容量、人口容量、污染物容量等指标集
	地质稳定性因素	地形形态、资源开采指标集	海拔、坡度、坡向、岩体、资源种类、资源覆盖、开采程度等指标集
视觉敏感性评价	视觉价值因素	景观吸引力、可视性预期指标集	景观稀有度、景观重要性、场地偏远度、场地变化等指标集
	视觉感知度因素	景观醒目度、视点选择难易度指标集	相对距离、相对坡度、目标暴露程度、目标出现频率、敏感视点的多寡、敏感视点间的交通联系等指标集
乡村聚落敏感性评价	聚落建筑因素	历史与现代建筑配比、群众对历史建筑的认知、政策范围指标集	古聚落翻新程度、现代建筑普及程度、土地置换难易程度、房屋置换、新建与修缮的成本比、农村居民对传统的认同与继承、国家与地方的政策法规等指标集
	聚落环境因素	自然环境、人工环境、文化环境、社会经济指标集	地形特征、自然灾害、人工景观数量、聚落环境封闭度、聚落位置关系、聚落历史事件、传统产业、聚落价值观、旅游与商业开发程度、聚落内人口流动情况等指标集

2.3 空间网络格局分析与评价指标体系

各种自然生态网络、人文网络、缓冲区网络是区域性景观空间中广泛存在的 3 种空间网络,它们既相互交织又相对独立,共同构建了区域性景观的整体性特征<sup>[20]</sup>,在景观尺度上构建和发展自然与人文要素网络被认为是改善区域乡村景观资源价值的一种极其有效的方法。

从复杂适应系统理论的视角来看,有适应能力的人类主体与景观客体都是主动的,其存在不仅仅是为了实现系统所

交给的某一项任务或功能,而且还有自身的目标或取向。在这个意义上,景观系统中的自然与人文要素网络不但能按照某种固定方式作出反应,还能在与环境交互中“成长”或“进化”,空间网络主动性演化成为乡村景观系统进化的基本动因。因此,对乡村景观空间网络格局的分析将涉及到 2 个方面的含义:一是充分利用在乡村景观空间中广泛存在的关键局部,使其在维护乡村景观整体性的健康性和安全性过程中起关键性作用,并在此基础上形成对乡村景观廊道形成潜力

评估;二是由于各种影响斑块连通性的阻力因子普遍存在并且异常复杂,在很大程度上制约乡村景观网络的形成,因此要对限制乡村景观廊道形成的阻力因素进行评估。

从目前研究来看,越来越多的学者以景观廊道整合潜力与阻力作为构建景观网络格局评价指标体系构建的要素。其中,乡村景观网络及其廊道形成潜力评估的重点在于,在识别乡村景观关键节点的基础上,针对以河道、水渠、湿地为代表的自然廊道和以公路、铁路为代表的人工廊道进行景观引导、

景观过渡能力测度,并形成廊道整合潜力综合评价,促成景观斑块连通与整体保护<sup>[21]</sup>。对景观廊道形成阻力评估的重点是:承认景观要素迁移的阻力主要来自于人为的干扰,并出于对评价指标的可量、可比的要求,将人类的土地利用方式作为干扰强度的主要区分方式,并在宏观层面和微观层面分类量化,以此作为对乡村景观阻力的评价指标。本研究试图在众多的评价因子中,在综合前人的研究成果上,建立的乡村景观空间网络格局评价指标体系(表 4)。

表 4 乡村景观空间网络格局评价指标体系

项目层	因素层	指标层(宏观)	指标层(将宏观指标细分为微观指标)
网络潜力评价	关键点面积识别	构筑物、空间形态、自然形态等指标集	重要历史建筑、重要现代建筑、重要生活生产场所、乡土文化艺术聚集场所、纪念场所、宗教聚集场所等指标集
	自然廊道因素	河流廊道、植被廊道指标集	河道、水渠、溪流、沿岸植被生境、林地、农田密集程度等指标集
	人工廊道因素	铁路、道路等指标集	公路、铁路、传统景观道路、现代景观道路密集程度等指标集
网络阻力评价	土地利用干扰因素	农村居民点建设用地、区域性公共设施用地等指标集	乡村建设用地、铁路用地、公路用地、港口用地、管道与运输用地等指标集

3 结论

当前我国乡村景观资源正面临着巨大的扰动和深刻的转型,作为传统农业大国,中国乡村景观的复杂变迁不可能是从“传统”到“现代”的单向过渡,其中必定充满着矛盾冲突与复杂的结构转换。从城乡规划学科领域中,针对发展过程中的复杂、差异、非平衡现象是近几年国际的一个研究热点。在复杂性科学基础之上建立起有效的乡村景观空间分析手段与评价指标体系,不但可以充分整合自然与人文、传统与现代的乡村景观元素,还可以在对区域性农业空间肌理进行价值的梳理,推进乡村景观系统的完整保护与开发。基于这个目的,本研究在复杂适应性理论的框架下,针对主体(人)与客体(景观)相互关联的特征,梳理了乡村景观的物质与非物质分类特征,并阐述了乡村景观的 GIS 空间分析方法,并从空间可达性、敏感性、空间网络格局 3 个方面构建了操作性较强的分析与评价的指标体系。

本研究的理论探索为乡村景观研究与复杂性科学研究提供了新的思路,接下来的工作是基于 GIS 技术平台,进一步确立乡村景观空间分析的模型体系和评价指标的度量标准,并通过实证研究完善空间可达性、敏感性、空间网络格局的空间分析与评价的具体应用方法,为乡村景观资源的保护、管理和规划提供科学依据,促进城乡规划的良性运作与区域空间的可持续发展。

参考文献:

[1]刘黎明. 乡村景观规划[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003.  
[2]刘滨滨,王云才. 论中国乡村景观评价的理论基础与指标体系[J]. 中国园林,2002,18(5):76-79.  
[3]钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1):3-10.  
[4]Holland J H. 隐秩序:适应性造就复杂性[M]. 周晓牧,韩晖,译. 上海:上海科技教育出版社,2011.  
[5]de B H J, Muller P O. Human geography: culture, society and space [M]. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons, 1986, 142.  
[6]汤茂林. 文化景观的内涵及其研究进展[J]. 地理科学进展,

2000,19(1):70-79.  
[7]李和平,肖 竞. 我国文化景观的类型及其构成要素分析[J]. 中国园林,2009,25(2):90-94.  
[8]郭仁忠. 空间分析[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.  
[9]王劲峰,柏廷臣,朱彩英,等. 地理信息系统空间分析能力探讨[J]. 中国图象图形学报:A 辑,2001,6(9):849-853.  
[10]刘海燕. GIS 在景观生态学研究中的应用[J]. 地理学报,1995,50(增刊):105-111.  
[11]Herzele A, Wiedemann T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces [J]. Landscape and Urban Planning,2003(63):109-126.  
[12]陈 洁,陆 锋,程昌秀. 可达性度量方法及应用研究进展评述[J]. 地理科学进展,2007,26(5):100-110.  
[13]王云才,陈 田,石忆邵. 文化遗址的景观敏感度评价及可持续利用——以新疆塔什库尔干石头城为例[J]. 地理研究,2006,25(3):518-525.  
[14]杨志峰,徐 俏,何孟常,等. 城市生态敏感性分析[J]. 中国环境科学,2002,22(4):73-77.  
[15]黄 方,刘湘南,张养贞. GIS 支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究[J]. 地理科学,2003,23(1):95-100.  
[16]张 军,徐肇忠. 利用 ILWIS 进行城市生态敏感度分析[J]. 武汉大学学报:工学版,2003,36(5):101-105.  
[17]俞孔坚. 景观敏感度与阈值评价研究[J]. 地理研究,1991,10(2):38-51.  
[18]Pullar D V, Tidey M E. Coupling 3D visualisation to qualitative assessment of built environment designs [J]. Landscape and Urban Planning,2001,55(1):29-40.  
[19]Mahdjoubi L, Wiltshire J. Towards a framework for evaluation of computer visual simulations in environmental design [J]. Design Studies,2001,22(2):193-209.  
[20]Lyle J T. Design for human ecosystem: landscape, land use, and natural resources[M]. Washington: Island Press, 1999:125-160.  
[21]Dauber J, Hirsch M, Simmering D. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2003,98(1/2/3):321-329.