

# 土地利用中尺度效应研究进展

徐军亮, 章异平<sup>✉</sup> (河南科技大学林学院, 河南洛阳 471003)

**摘要** 阐述了土地利用中有关尺度及尺度效应的概念, 讨论了尺度效应与土地利用研究各方面的关系, 并指出现有研究中存在的不足和进一步研究的发展趋势。

**关键词** 土地利用; 尺度; 尺度效应

**中图分类号** F301 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)14-06776-02

## Progress in Scale Effects in Land Use

XU Jun-liang et al (College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

**Abstract** This study discusses the concept and connotation of scale effects in land use. It analyzes the complicated relation between scale and all aspects of land use study. The existing problems and trend of scale study in the analysis of land use are discussed as well.

**Key words** Land use; Scale; Scale effect

在过去 20 多年内, 土地利用/覆盖变化 (land use-cover change, LUCC) 是人们所十分关心的热点问题<sup>[1]</sup>。土地利用/覆盖变化反映了自然和人文交互作用最为密切的问题, 这一点已经成为两大科学领域众多学者的共识。土地利用及其影响, 发生在局部的或直接性的影响, 如过度施肥导致土壤肥力下降; 也发生在宏观或全球性的非间接性影响, 如森林向农业用地的转变和森林的采伐导致大气中碳含量的增加及其所带来的全球变暖问题。土地利用变化不仅反映一个时间变化序列, 而且与空间分布密不可分。任何一种土地利用的变化最终都必然落实在一定空间范围内, 因而自然也离不开尺度, 即具有明显的尺度效应。生态地理学研究对象格局与过程的发生、时空分布、相互耦合等特性都是依存于尺度的<sup>[5]</sup>, 也就是说这些对象表现出来的特质是具有时间和空间域或时空尺度特征的。因此, 只有在连续的尺度序列上对其考察和研究, 才能把握它们的内在规律。而在一个特定的时段, 由于科学认知水平、财力、时间和精力等方面的限制, 很多研究只能在离散或单一的尺度上进行, 某一规模尺度上所揭示出来的作用关系并不能简单地应用到尺度升降规模层次上。因此, 尺度大小的选择、向下或向上转换是研究过程中不可或缺的一个环节。

研究尺度的根本目的在于通过适宜的空间和时间尺度来揭示和把握复杂的生态地理变化规律。土地利用作为生态地理学科的一个分支, 通过对土地利用中尺度效应问题的研究将有助于认识不同尺度的土地利用变化机理与过程。基于尺度效应在土地利用研究中的重要意义, 以及目前关于尺度效应的研究的现状, 可以预见, 土地利用研究中的尺度效应问题是未来土地利用/覆盖变化研究的重点攻关方向。

## 1 与尺度有关的概念

尺度一词的多义性导致了生态学家们对尺度仍是众说纷纭<sup>[6-7]</sup>。在生态地理学中, 尺度通常是指研究对象或现象在空间上或是时间上的量度, 即空间尺度和时间尺度。在景观生态学中, 往往以粒度 (grain) 和幅度 (extent) 来表达<sup>[5]</sup>。尺度效应 (scale effect) 是指当改变空间数据的尺度或粒度

(分辨率) 大小时, 分析结果也随之变化的现象, 它与尺度推绎或尺度转换的概念是相通的。尺度效应和划区效应 (zoning effect) 构成可塑性单元问题 (MAUP) 的两个方面<sup>[5,8]</sup>。

Amrhein 和 Tlowerdew<sup>[5]</sup> 研究发现, 尺度效应具有临界性, 即在一定尺度上才表现出来。经典等级理论认为, 不同尺度间约束体系的不可替代性, 导致大多数景观尺度规律难以外推, 即使转换后所获得的结果将很难理解。但是, 由于在不同尺度的系统之间存在着质、能量和信息的交换与联系, 正是这种联系为尺度转换提供了客观依据。

土地利用是生态地理学的分支, 生态地理中有关尺度的概述也同样适用于土地利用。土地利用中的尺度也同样有多维性如时间维、空间维等。土地利用的尺度可分为观测研究尺度、现实尺度和组织尺度 (功能尺度) 等。观测尺度及研究尺度是指人为的以一定空间单位及时间单位对该空间单位的土地利用进行研究的范围。现实尺度类似本征尺度是自然界固有而独立于人类控制之外的尺度。组织尺度类似于生态学中的组织层次 (个体、种群、群落、生态系统、景观) 在自然等级系统中所处的地置和所完成的功能<sup>[9]</sup>, 在土地利用中组织尺度应是以行政界线为单位来进行划分。在实际的研究过程中土地利用中的观测尺度往往与组织尺度 (功能尺度) 保持一致, 这有利于土地利用的研究过程。

## 2 尺度效应与土地利用之间的关系

相对于土地利用来说, 尺度效应是以土地作为载体, 以土地利用方式作为形式在不同的空间进行布局的过程景观生态学原理。研究内容包括土地利用景观格局对时空尺度变化的响应、土地利用变化与其驱动因子之间随研究尺度不同而发生变化的规律、根据某一尺度的土地利用方式来规划另一空间尺的土地覆被变化过程等。

尺度影响着土地利用研究的各个方面, 随着时空尺度与范围的变化, 土地利用过程及变化机理发生相应改变, 因此土地利用研究须遵循尺度原则。

**2.1 土地利用类型与尺度的关系** 土地利用类型的划分通常与特定的空间尺度相关, 一般而言, 在大尺度范围内土地利用类型划分较为简单, 随着尺度的缩小, 土地利用类型将进一步细分。例如就全球范围而言, 可以把土地利用类型划分为 4—5 个类型, 如森林、草原、荒漠、永久性冰面覆盖和人

基金项目 河南科技大学人才科学基金 (09001171)。

作者简介 徐军亮 (1979—), 男, 山西阳城人, 博士, 讲师, 从事森林生态学。✉ 通讯作者。

收稿日期 2009-03-02

工用地<sup>[1]</sup>。如果在这样一种大尺度等级上将类型划分过细,会导致一些土地利用类型根本无法体现,这对于土地利用研究毫无帮助意义。在国家这一尺度级别上,土地利用类型通常会更具体细化一些。在更低级的地区尺度级别上,土地利用类型通常要考虑当地环境、社会文化背景、统计、经济及其他细节,因而变得更加具体。例如人工用地中在划分为城镇用地和农业用地的基础上,又可以细分为农地和牧草地、果园、幼林地、苗圃和园林地、饲养地及其他农业用地,同时类型定义也进一步发生变化。总之,土地利用类型的划分要依据具体的研究尺度进行调整。

**2.2 土地利用变化数据获取与尺度的关系** 土地利用分析的第一步就是要解决土地利用变化的数据获取问题。如何选择合适的尺度对土地利用问题进行分析、处理和描述?不同尺度之间的数据如何进行有效转换?尺度转换又如何影响土地利用变化的精度?这些都是土地利用变化数据获取时需要解决的尺度效应问题。

目前,土地利用变化在时间尺度上的研究,其基本思路为保持粒度不变,以某一空间尺度为研究区域,计算若干景观指标及土地利用变化指标等,在此基础上分析该区域内的土地利用变化过程及生态响应,找出其变化的驱动力并为下一步调整、改善提供理论依据<sup>[10-12]</sup>。可以说,由于这类研究只是针对某一特定空间尺度内的变化,而没有考虑到尺度推绎的时间和空间条件,因此一些研究结果不能够进行尺度转换,所提供的调整、改善措施适用范围有限。

在土地利用变化的空间尺度效应研究中,研究内容涉及格局及其过程随粒度和幅度变化的趋势及其尺度转换模式与技术<sup>[13-15]</sup>。由高分辨率向低分辨率尺度的自下而上转换时,土地利用信息随着尺度的变大而降低,一些小于某一量算面积的斑块被归并到相邻较大斑块中。相反,由低分辨率向高分辨率尺度的自上而下转换时,土地利用信息则会充分显现,土地利用数据的精度大大提高。但由于高分辨率的数据价格昂贵,同时尺度转折点是一个相对较小的区间<sup>[16]</sup>,因此多尺度数据面临的一个难题就是如何将多尺度等级数据融合并高效应用,这个问题还需要进一步研究和探索。

**2.3 土地利用驱动因子与尺度的关系** 尺度不同,驱动力因子类型及其作用强度各异。换句话说,不存在可同时适用于分析不同尺度的土地利用驱动因子。在不同的尺度级别上,土地利用驱动因子作用的对象及其作用效果通常是不同的。例如耕作尺度,土地利用方式和管理实践以及农户经济、技术和行为等影响土地利用;景观尺度,海拔、地形和农业生产气候潜力使得土地利用结构和格局决定利用方向;而区域或国家尺度,自然地带性、气候及宏观经济政策和人口统计因素,甚至多尺度升降和宏观因子耦合驱动土地利用<sup>[17]</sup>。但耕作和景观尺度,主要考虑局地因子的同时,还须考虑更高尺度上起作用的因子,如人口、农业政策和科技、农产品价格及市场状况、财政支持能力乃至气候变化等。

因此,在分析土地利用变化驱动力机制时,需要建立一套尺度等级体系,以用来在具体环境下综合分析解释土地利用变化。换句话说,也就是影响土地利用变化的驱动力决定因素必须在多尺度等级体系中去寻找<sup>[1]</sup>。邓祥征等在探究

20世纪80年代以来我国北方农牧交错带土地利用变化的驱动机制时,再次论证了在研究土地利用驱动力时进行多尺度分析的必要性<sup>[18]</sup>。

**2.4 土地利用政策与尺度的关系** 改变土地利用变化的政策将直接或间接地导致土地利用变化。如何分析和界定不同尺度土地利用政策的适宜性及适宜范围?如何根据某一尺度土地利用方式来规划另一尺度土地覆被变化过程?这些都涉及到土地利用政策取向中的尺度问题。尺度问题关系到实际问题的解决,例如,我国黄土高原小流域治理经验无法在大区域范围内得到推广<sup>[19]</sup>,实质上就是一个有关如何将较小尺度上的政策推广到更高级规模尺度上的问题。

现有土地利用政策通常是站在区域乃至国家尺度范围内制定的,过多考虑区域或国家发展战略,而在制定的时候又缺乏局部地区公众参与的考虑。但区域或国家土地利用政策的执行又根植于局部地区公众土地利用行为,从而使得区域或国家尺度的土地利用政策不能满足甚至不适应局部地区土地利用实际,局部地区公众合适的土地利用实践又不能及时反馈到政策制定者那里。

土地利用轨迹受制于自上而下的政策取向或自下而上的公众行为。政策取向在不同尺度间转换的实现是非常必要也是非常现实的<sup>[20]</sup>。区域或国家尺度政策取向必须源自于自下而上的局部地区公众土地利用行为和实践,只有这样所制定的政策才不仅能体现区域或国家发展战略,而且符合局部地区公众土地利用实际,便于政策取向的贯彻实施;而局部地区公众土地利用行为和实践理应遵循自上而下的区域或国家政策取向,以使自己的行为在有利于预期收益实现的基础上,符合区域或国家政策取向和发展战略。在政策制定中考虑跨尺度相互作用,分析不同尺度各种土地利用政策间的交互作用,从而确定新问题解决的取向,是土地利用政策取向尺度依赖的重要研究方向。

### 3 讨论

2001年在美国景观生态学年会,即关于景观生态学的关键议题和研究领域特别专题的讨论上,将尺度效应列为景观生态学优先研究的10个领域之一,并着重指出在其理论、方法论和应用上的研究都有待进一步加深和突破<sup>[21-22]</sup>。

在尺度效应的方法研究中,联合运用野外测定、试验模拟、遥感、GIS和模型方法进行综合研究已经受到重视<sup>[23]</sup>。目前需要发展和测试新的尺度方法,如 allometric、分维尺度、再规范化、等级模型等。利用生态学模型进行尺度上推可采用简单聚合法、直接外推法、期望值外推法、显示积分法等<sup>[5]</sup>。但这些方法都不完备,尺度转换问题已成为研究瓶颈,急需发展跨尺度转换信息的方法。

土地利用过程的非线性、土地利用环境的异质性和土地利用问题出现的随机性,使得现有几乎所有土地利用研究都未清晰回答并量化尺度问题。土地利用的复杂性和突变性使得尺度问题成为这些复杂突变过程的核心轴线。如何针对研究目的选择合适的研究尺度,并将研究结果通过尺度转换和尺度效应延伸到其他尺度?如何理解和解决某一尺度下所制定的政策延伸到其他尺度范围时所遇到的新问题?

(下转第 6781 页)

观破碎程度最大为 3.98,其次为水利设施用地为 3.80;未利用地的景观破碎度最小为 0.04。说明在西固区商服用地和水利设施用地受到人类活动的强烈干扰,而未利用地受人为干扰的程度最小,河口乡景观破碎度最小,表明其受到人为影响的程度最小,而陈坪乡、达川乡破碎度指数较大,表明这两个乡镇在西固区受到较大的人为影响。西固区各位用地的景观分离度差异比较大,水利设施用地最大为 2 428.66,而未利用地最小为 0.82。说明西固区水利设施用地的空间上最为分散,而未利用地在空间上的分散程度最低。景观多样性指数表明西固区土地利用类型以未利用地为主,而土地利用组合系数也表明西固区土地利用方式以未利用地为主。

西固区作为大型石油化工基地之一,被誉为“西北高原石化明珠”,其工业经济总量占兰州市的近 1/2,占甘肃省的近 1/5。其土地利用格局并没有形成以建设用地为主的格局,表明西固区土地利用格局的形成仍然是受自然环境条件的约束。今后西固区土地利用中需要做好以下两方面:一方面,利用景观生态学原理,并结合“反规划”原则<sup>[20]</sup>构建西固区土地利用生态安全评价指标体系、量化评价方法,实现西固区土地资源生态安全格局设计,从而得到生态安全条件下的土地利用优化方案和格局。另一方面,在生态安全格局设计基础上调整现有土地利用结构,解决现有土地资源空间配置上的失衡问题,如使分散的住宅用地向商服用地集中。

#### 参考文献

- [1] 张耀光. 辽河三角洲土地资源利用结构优化与持续利用对策[J]. 自然资源学报, 2001, 16 (2): 115 - 120.
- [2] 倪绍祥. 我国国土资源利用与保护[M]. 南京: 江苏教育出版社, 1999.

(上接第 6777 页)

都仍是尚未解决的土地利用尺度问题。可以预见,尺度研究的每个进步将会推动土地利用变化及其生态过程评价这一涉及多重尺度生态实践的科学化。

#### 参考文献

- [1] 陈佑启, 何英彬. 论土地利用/覆盖变化研究中的尺度问题[J]. 经济地理, 2005, 25 (2): 152 - 155.
- [2] 李双成, 蔡运龙. 地理尺度转换若干问题的初步探讨[J]. 地理研究, 2005, 24 (1): 11 - 18.
- [3] LEVIN S A. The problem of pattern and scale in ecology [J]. Ecology, 1992, 73: 1943 - 1967.
- [4] 肖笃宁, 李秀珍, 高峻, 等. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [5] 郭建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法[J]. 生态学报, 2001, 21 (12): 2096 - 2105.
- [7] 张彤, 蔡永立. 谈生态学研究中的尺度问题[J]. 生态科学, 2004, 23 (2): 175 - 178.
- [8] 郭达志, 方涛, 杜培军, 等. 论复杂系统研究的等级结构与尺度推绎[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32 (3): 213 - 217.
- [9] 郭建国. 景观生态学—概念与理论[J]. 生态学报, 2000, 19 (1): 42 - 52.
- [10] 臧淑英, 黄樾, 郑树峰. 资源型城市土地利用变化的景观过程响应——以黑龙江省大庆市为例[J]. 生态学报, 2005, 25 (7): 1699 - 1706.
- [11] 李爱农, 周万村, 江晓波. 岷江上游近 30 年土地利用/覆被空间格局变化的图形信息分析[J]. 山地学报, 2005, 23 (3): 241 - 247.
- [12] STEFAN WEIERS, MICHAEL BOCK, MICHAEL WISSEN. Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales u-

- [3] 张虹波, 刘黎明. 土地资源生态安全研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2006, 25 (5): 77 - 85.
- [4] 张国平, 刘纪远, 张增祥. 近 10 年来中国耕地资源的时空变化分析[J]. 地理学报, 2003, 58 (3): 323 - 332.
- [5] 王秀红, 申元村, 张德锺, 等. 我国北方沙漠化地区的土地利用结构优化研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19 (4): 447 - 454.
- [6] 李晓娟, 倪晋仁, 李振山, 等. 土地利用结构与土地生产力的关系研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20 (3): 340 - 346.
- [7] 张国坤, 邓伟, 宋开山, 等. 新开河流域土地利用格局变化及其生态学意义[J]. 生态学报, 2006, 26 (9): 3025 - 3034.
- [8] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 近 10 年中国土地格局及其演变[J]. 地理学报, 2002, 57 (5): 523 - 530.
- [9] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 27 (4): 1257 - 1264.
- [10] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20 (3): 229 - 239.
- [11] 肖笃宁, 李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望[J]. 地理科学, 1997, 17 (4): 356 - 363.
- [12] 王仰麟. 渭南地区景观生态规划与设计[J]. 自然资源学报, 1995, 10 (4): 317 - 323.
- [13] 毛文永. 生态环境影响评价概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [14] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命[J]. 应用生态学报, 1995, 10 (4): 317 - 323.
- [15] 郭建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [16] 伍星, 沈珍瑶. 长江上游地区土地利用/覆盖和景观格局变化分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23 (10): 86 - 92.
- [17] 邓劲松, 王珂, 沈掌泉, 等. 桐乡市乡镇耕地整理对耕地景观格局的影响及其分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21 (3): 79 - 82.
- [18] 张希彪, 上官周平. 陇东黄土高原土地利用空间格局研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13 (4): 167 - 169.
- [19] 余新晓, 牛健植, 关文彬, 等. 景观生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [20] 俞孔坚, 李迪华, 韩西丽. 论“反规划”[J]. 城市规划, 2005, 29 (9): 65 - 69.

- sing remote sensing and GIS methods [J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 67: 43 - 65.
- [13] 谈文琦, 徐建华, 岳文泽, 等. 上海城市土地利用格局的景观生态学分析[J]. 生态科学, 2004, 23 (2): 114 - 117.
- [14] 李天宏, 张洋, 倪晋仁, 等. 城市土地利用空间结构分析的尺度效应[J]. 应用基础与工程科学学报, 2004, 12 (2): 132 - 139.
- [15] WU J G, SHEN W J, SUN W Z, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics [J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 761 - 782.
- [16] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[J]. 第四纪研究, 2003, 23 (3): 326 - 333.
- [17] 邵景安, 陈兰, 李阳兵, 等. 未来区域土地利用驱动力研究的重要命题: 尺度依赖[J]. 资源科学, 2008, 30 (1): 58 - 63.
- [18] 邓祥征, 战金艳. 中国北方农牧交错带土地利用变化驱动力的尺度效应分析[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20 (3): 64 - 68.
- [19] 程序, 刘国彬, 陈佑启, 等. 黄土高原小流域生态——经济重建模式的尺度推绎放大概念和方法[J]. 应用生态学报, 2004, 15 (6): 1051 - 1055.
- [20] LABORTE A G, VAN ITTERSUM M K, VAN DEN BERG M M. Multi-scale analysis of agricultural development: A modelling approach for Ilocos Norte, Philippines [J]. Agricultural Systems, 2007, 94 (3): 862 - 873.
- [21] WU J G, RICHARD HOBBS. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis [J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 355 - 365.
- [22] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报, 2003, 23 (8): 1615 - 1621.
- [23] LI X Z, XIAO D N, HU Y M, et al. The effect of landscape pattern on the nutrient reduction in the Liaohe Delta [J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56 (1): 32 - 43.