

土地利用类型结构的多尺度转换特征

朱晓华¹, 李亚云^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 尺度一直是 LUCC 到 GLP 研究所关注的重要问题。以不同比例尺的辽宁省土地利用数据为例, 以贵州省土地利用数据进行验证, 系统探讨了土地利用类型结构在不同尺度间可能存在的转换特征。结论如下: (1) 辽宁省土地利用的分形结构跨 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺客观存在; (2) 对不同比例尺的同一区域不同土地利用类型而言, 各土地利用类型分维在不同比例尺之间存在的响应关系并不一致, 某些土地利用类型的分维随着比例尺由 1:10 万向 1:50 万再向 1:100 万的变小, 分维呈现变大趋势, 而某些土地利用类型的分维随比例尺的变化并不如此, 所以, 对于不同的土地利用类型而言存在一定的差别, 不可一概而论; (3) 不同尺度间的土地利用类型结构只能在两两连续间隔的两种比例尺土地分维之间建立起关系显著的定量关系模型。所得结论对科学认知土地结构空间配置的多尺度特征以及建立相应尺度转换模型具有积极的参考意义。

关键词: 土地利用类型; 多尺度; 分形; 分维

文章编号: 1000-0585(2008)06-1235-08

1 前言

尺度与尺度转换问题正逐渐引起生态、地理等领域研究者的关注^[1,2]。越来越多的学者已经认识到科学研究中关注尺度问题的重要性,“尺度”已成为一个出现频率渐增的科学关键词,也成为人们认识客观世界格局、过程及其时空分布特征的一把关键“钥匙”。

20 世纪 90 年代初期,由 IGBP 和 IHDP 共同发起了 LUCC 核心研究项目,此后成为各国学术界的热点,同时也成为了公众和管理决策界的关注焦点^[3]。在 LUCC 研究中,在主要关注土地利用/土地覆被的位置变化与数量变化过程及其驱动力、土地利用/土地覆被变化生物物理反馈之结合等问题的同时,土地利用/土地覆被变化驱动力模拟的尺度依赖性也成为其中的一个重要研究命题^[4]。

2005 年 10 月,在 LUCC 研究计划告一段落并整合其所取得成就的基础上,IGBP 与 IHDP 联合发布了题为“Global Land Project—Science Plan and Implementation Strategy”的全新报告,这是对 LUCC 研究计划的进一步继承与深入发展。“Global Land Project”(GLP)全球土地计划的目标确定为“度量、模拟和理解人类与环境复合系统”,由此,“土地系统的驱动力、土地系统变化的结果、土地可持续性的综合分析模拟”被确定为 GLP 未来研究的三大主题^[5]。主题之一“土地系统的驱动力”细化为 3 个问题,与尺度有关的问题为“全球大气、生物地球化学和生物物理尺度变化怎样影响生态系统的结构和

收稿日期: 2008-06-05; 修订日期: 2008-09-14

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (40701055, 40301002, 40335046)

作者简介: 朱晓华 (1972-), 男, 安徽郎溪人, 博士, 副研究员。主要从事综合自然地理学研究。

E-mail: zhuxh@igsrr.ac.cn

功能?";主题之二“土地系统变化的结果”细化为4个问题,与尺度有关的问题为“人类怎样从多种尺度对生态系统提供的服务做出响应?”;主题之三“土地可持续性的综合分析与模拟”的3个细化问题中虽然没有明确提到尺度一词,但是其问题之一“土地系统变化的关键途径”必然会涉及到对不同时空尺度下土地系统变化过程的深切关注。由此可见,“尺度”已经成为理解与开展 GLP 三大主题研究的核心关键词。

自 LUCC 计划开展以来,围绕土地利用/土地覆被变化、驱动力、模拟等方面取得了大量研究成果^[4,6~10],但是,通过由 LUCC 到 GLP 的发展过程可以看出,“解释不同层次地球表层过程发生的机理,发展尺度转化的方法,探讨模型模拟研究在刻画地球表层系统整体性中的作用”、“重视不同尺度的研究,尤其关注百年、十年尺度和全球及区域尺度,着力探索不同尺度之间的关系”^[11,12]依然是地理科学开展前沿创新性探索的重要方向。

土地利用/土地覆被变化研究涉及地块尺度、坡面尺度、流域尺度等不同的空间尺度^[13],也涉及到几个月、几年、几十年、几个世纪等不同的时间尺度。在土地利用/土地覆被变化研究过程中,须首先明确研究对象的时间尺度和空间尺度,必须先对研究对象的时间尺度、空间尺度有一个明确的界定。如果认识不到过程对尺度的依赖性(scale-dependent processes),往往就会用不恰当的甚至是错误的尺度去观察、说明或解释问题,从而在一定程度上混淆对事物现象与本质关系的认识,将根据一个尺度上数据得出的结论应用到另一个尺度上去,或者是以点的特征来简单代替面或体的特征。只有先搞清楚一个尺度上的特定问题,才能进一步搞清楚不同尺度上各种问题之间的复杂关系。应清楚地界定区域等多个尺度上的科学问题,正视多学科和多空间尺度的综合^[3,14]。在大尺度开展的土地利用/土地覆被变化模拟,不能简单地使用小尺度的资料,也不能简单地将其应用到另外一个尺度上去^[15]。尺度是地理现象的基本特征,地理学研究对象格局与过程的发生、时空分布、相互耦合等特性都具有尺度依存性,因而,只有在连续的尺度序列上对其进行考察和研究,才能把握它们的内在规律^[16]。

总体而言,由于受传统研究方法和测量手段限制,目前开展土地利用/土地覆被尺度问题的研究还处于初级阶段,虽然说尺度问题已经引起了该领域相关科学家的重视,但是还比较困难,这一方面表现为对不同尺度下土地利用/土地覆被格局与过程所具有的尺度特征还缺乏系统研究和揭示,另一方面表现为还缺乏对各尺度间土地利用/土地覆被格局与过程相互关系及其转换模式的研究,进而,关于土地利用/土地覆被存在尺度特征的机制问题更是缺乏研究。地理尺度转换中在关于尺度定义、尺度类型、尺度域界定、尺度转换模式与技术等领域目前存在着一些歧义和片面认识^[16],实际上,诸如尺度选择不当、有意无意漠视研究结果的尺度性等问题,在土地利用/土地覆被的研究中同样存在。可以说,关于土地利用/土地覆被尺度及其转换的统一而有效的理论与方法体系远没有形成。

1967年,美国科学家曼德尔勃罗特(Mandelbrot)在国际顶级刊物“Science”上发表了《英国海岸线究竟有多长?统计自相似性和分形维数》的论文^[17],标志着分形理论的诞生。与传统欧氏几何相比,分形理论更适于描述大自然中复杂的真实客体^[18,19]。分形理论可为土地利用/土地覆被尺度研究的创新提供全新理论支撑与机遇。当然,当前分形理论在地理科学中的应用还处于发展阶段,地理现象分形性质的揭示仍然是当前“分形地学”的主要研究任务^[20,21]。与地理科学中分形应用研究的现状大致对应,土地利用/土地覆被中的分形研究在土地类型分维计算、土地结构分形研究方法、土地结构动态变化分维描述、区域土地结构动态变化分形模拟、土地分形结构及其机制、土地结构尺度转换特

征等各方面进行了一定研究^[22~24]，但是，关于土地利用类型结构在不同尺度间存在有怎样的空间响应关系尚未见报导。本文则以不同比例尺的辽宁省土地利用数据为例，以贵州省土地利用数据为验证，在此方面进行了有益探索，期望对认识土地利用空间结构的多尺度转换特征有所裨益。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

根据传统欧氏几何，对于半径为 r 、面积为 A 、周长为 P 的圆，各参数之间的关系分别为：

$$A = \pi r^2 \tag{1}$$

$$P = 2\pi r \tag{2}$$

由此可推导出 A 与 P 之间的关系为：

$$P = (4\pi A)^{\frac{1}{2}} \tag{3}$$

Mandelbrot 由此提出了面状分形对象的周长—面积关系如下^[25]：

$$P^{\frac{1}{D}} \propto A^{\frac{1}{2}} \tag{4} \quad \text{即} \quad p \propto A^{\frac{D}{2}} \tag{5}$$

Lovejoy 等还证明了降雨云的周长、面积关系也符合 (5) 式^[26]。

对于某一土地利用类型而言，通过双对数回归分析，可建立某土壤类型系列斑块周长—面积关系为：

$$\lg A = \frac{2}{D} \lg p + C \tag{6}$$

式中， A 为某一斑块面积， P 为同一斑块周长， D 为分维， C 为待定常数。

根据常识，不同比例尺对应不同的空间尺度，较小比例尺对应相对大的地理空间尺度，而较大比例尺则对应比较小的地理空间尺度。对于区域土地利用类型结构而言，存在着耕地、林地、水面、交通过地、居民用地等不同土地利用类型的空间组合，在一幅反映小区域土地利用状况的大比例尺土地利用图上理论上假设可以看见旱地 (a)、水面 (b)、居民用地 (c)、林地 (d)、水田 (e) 这 5 种土地类型，随着尺度的变化，由于不同地类面积的客观变化 (类似海岸线长度测量时所包含的弯曲程度细节的变化)，在小比例尺土地利用图上也许就只能看到旱地、林地、水面、居民用地这 4 种土地利用类型 (图 1)。比例尺的不同，也就是空间尺度的不同，导致了不同比例尺图上所反映的土地利用类型结构的客观变化。与这种客观变化相对应存在怎样的尺度转换特征，是当前和今后一个时期土地科学研究必须回答的重要命题，如此，才可以促进当代土地科学的完善与发展。

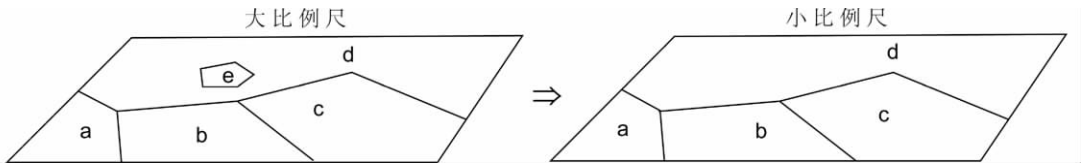


图 1 不同比例尺 (尺度) 下土地利用类型结构的变化

Fig. 1 Landuse structure at different scales

本文即是基于图 1 所提出的重要命题，基于 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺 (尺度) 的辽宁省、贵州省土地利用数据，在计算各土地利用类型分维这一参量的基础上，深入探讨土地利用类型结构的多尺度转换特征。

2.2 数据来源

本文所使用的 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个不同比例尺 (尺度) 的辽宁省、贵州省土地利用数据由中国科学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn/>) 提供

(表 1), 为 1995 年全国土地利用数据的数字化产品。

由表 1, 随着比例尺由 1:10 万到 1:100 万的变小, 辽宁省各土地利用类型的图斑数也随之减少, 1:100 万总图斑数只相当于 1:50 万总图斑数的 19.59%, 只相当于 1:10 万总图斑数的 4.93%。需要指出的是, 考虑到应用不同软件进行计算因选取小数点位的不同所带来的计算结果

的客观差异, 本文所有计算均在 Microsoft Excel 中完成。

3 数据结果分析

3.1 跨比例尺的土地利用分形结构

由(6)式对不同比例尺辽宁省土地利用类型的分维进行计算, 结果见表 2。

表 2 各比例尺辽宁省各土地利用类型分维计算结果

Tab. 2 Fractal dimensions of landuse types of Liaoning Province at different scales

土地类型		A-P 关系	相关系数	分维
1:10 万	耕地	$\lg A = 1.2265 \lg P + 1.0319$	0.9759	1.6307
	林地	$\lg A = 1.3920 \lg P + 0.5549$	0.9719	1.4368
	草地	$\lg A = 1.3525 \lg P + 0.6540$	0.9628	1.4787
	水域	$\lg A = 1.2633 \lg P + 0.9231$	0.9536	1.5832
	城乡工矿居民用地	$\lg A = 1.6232 \lg P - 0.1269$	0.9675	1.2321
	未利用土地	$\lg A = 1.4878 \lg P + 0.2621$	0.9690	1.3443
	全部	$\lg A = 1.3337 \lg P + 0.7666$	0.9615	1.4996
1:50 万	耕地	$\lg A = 1.1253 \lg P + 1.5740$	0.9587	1.7773
	林地	$\lg A = 1.2270 \lg P + 1.2970$	0.9468	1.6300
	草地	$\lg A = 1.2087 \lg P + 1.3422$	0.9391	1.6547
	水域	$\lg A = 1.2327 \lg P + 1.1091$	0.9076	1.6225
	城乡工矿居民用地	$\lg A = 1.3221 \lg P + 0.9812$	0.9094	1.5127
	未利用土地	$\lg A = 1.3523 \lg P + 0.8662$	0.9273	1.4790
	全部	$\lg A = 1.1443 \lg P + 1.5990$	0.9453	1.7478
1:100 万	耕地	$\lg A = 1.1189 \lg P + 1.6974$	0.9295	1.7875
	林地	$\lg A = 1.2194 \lg P + 1.4526$	0.9423	1.6402
	草地	$\lg A = 1.2885 \lg P + 1.1113$	0.9386	1.5522
	水域	$\lg A = 1.3808 \lg P + 0.5096$	0.9400	1.4484
	城乡工矿居民用地	$\lg A = 1.3491 \lg P + 0.9991$	0.9344	1.4825
	未利用土地	$\lg A = 1.2447 \lg P + 1.5017$	0.9289	1.6068
	全部	$\lg A = 1.1590 \lg P + 1.6591$	0.9229	1.7256

由表 2, 与 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺(尺度)对应的辽宁省土地利用各类型的图斑周长—面积双对数关系显著, 对不同比例尺尺度上的各土地利用类型而言均

存在分形性质，辽宁省土地利用分形结构跨这 3 个比例尺客观存在。

3.2 不同比例尺间土地利用类型结构分维的空间响应关系

对于不同比例尺的同一区域土地利用类型而言，其分维在不同比例尺之间究竟存在怎样的响应关系是科学认知土地利用类型结构复杂性规律应回答的关键问题之一。由表 2，可以得出 1:10 万、1:50 万、1:100 万这三个比例尺上辽宁省各土地利用类型结构分维的空间响应关系图（图 2）。

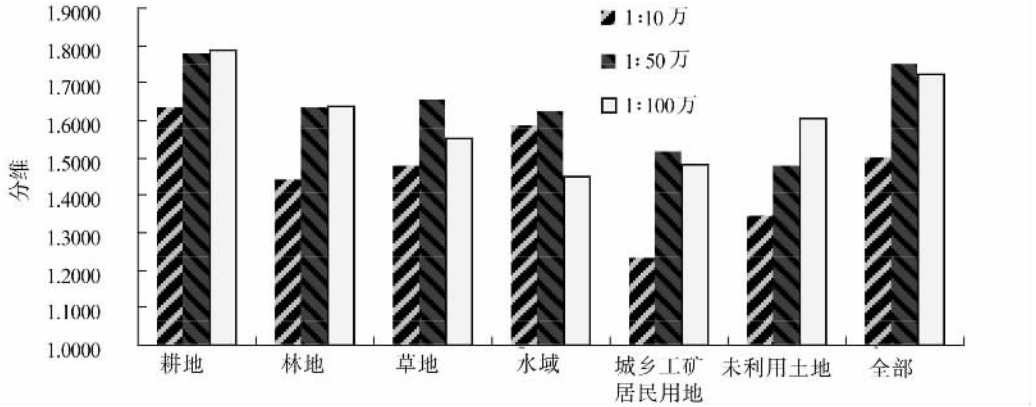


图 2 辽宁省各土地利用类型分维在不同比例尺间的空间响应

Fig. 2 Spatial corresponding correlation of fractal dimensions for different landuse types at different scales

由图 2，对于耕地、林地、未利用地这 3 种土地利用类型而言，随着比例尺由 1:10 万向 1:50 万再向 1:100 万的变小，各自分维变大；例如 1:10 万辽宁省耕地分维为 1.6307，分别较 1:50 万、1:100 万相应耕地分维小 0.1466、0.1568。而对于草地、水域以及城乡工矿居民用地这 3 种土地利用类型而言，1:50 万比例尺尺度上土地类型分维相对最大；例如 1:50 辽宁省草地分维为 1.6547，较 1:10 万相应草地分维大 0.1760、较 1:100 万相应草地分维大 0.1025。所以，从辽宁省这 3 个比例尺的土地利用数据分析可以得出，对于不同比例尺的同一区域土地利用类型而言，其分维在不同比例尺之间存在的响应关系并不一致，对于不同土地类型而言存在一定的差别，不可一概而论。

3.3 不同尺度间土地利用类型结构分维之间的定量关系模型

以上分析了不同比例尺的同一区域土地利用类型结构分维在不同比例尺之间存在的响应关系，那么，能否在不同尺度之间的土地利用类型结构分维之间建立相应的定量关系模型呢？这也是科学认知土地利用类型结构复杂性规律值得回答的关键问题之一。

根据表 2，可进一步建立 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺（尺度）间辽宁省土地利用各类型分维的空间响应关系（图 3），结果表明：只能在两两连续的两组分维之间建立定量关系模型，即在 1:10 万与 1:50 万这两个比例尺各土地类型分维之间、1:50 万与 1:100 万这两个比例尺各土地类型分维之间（图 3）。

辽宁省 1:10 万土地利用类型分维 (D_x) 与辽宁省 1:50 万土地利用类型分维 (D_y) 之间的定量关系模型如下：

$$D_y = 0.6566D_x + 0.6747 \quad r = 0.8147 \quad (7)$$

辽宁省 1:50 万土地利用类型分维 (D_y) 与辽宁省 1:100 万土地利用类型分维 (D_z) 之间的定量关系模型如下：

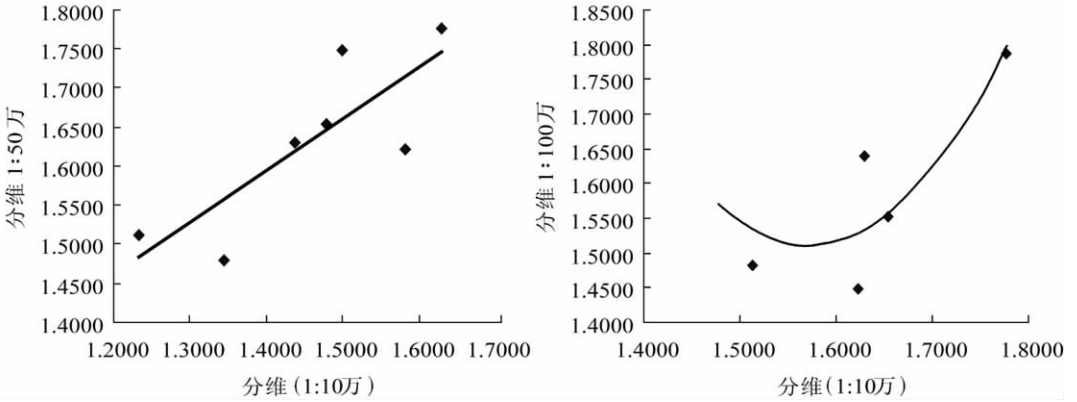


图 3 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺间
辽宁省土地利用各类型分维的空间响应关系

Fig. 3 Spatial corresponding models of fractal dimensions for different landuse types at different scales

$$D_z = 6.7299D_y^2 + 21.15D_y + 18.129 \quad r = 0.8718 \quad (8)$$

式 (7)、式 (8) 关系显著。由此可得，对于辽宁省 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺（尺度）的土地利用类型结构而言，只能够在两两连续间隔的两种比例尺的土地利用类型结构分维之间建立起关系显著的定量关系模型。

3.4 不同尺度间土地利用类型结构分维定量关系模型的验证

根据所具有的数据情况，对 3.3 所得结论进行了必要验证。表 3 为 1:10 万与 1:100 万贵州省土地利用类型结构分维计算结果。

表 3 各比例尺贵州省各土地类型分维计算结果

Tab. 3 Fractal dimensions of landuse types of Guizhou Province at different scales

	土地类型	A-P 关系	相关系数	分维
1:10 万	耕地	$\lg A = 1.1926 \lg P + 1.1347$	0.9753	1.6770
	林地	$\lg A = 1.3048 \lg P + 0.8234$	0.9801	1.5328
	草地	$\lg A = 1.2921 \lg P + 0.8846$	0.9796	1.5479
	水域	$\lg A = 1.3144 \lg P + 0.6561$	0.9395	1.5216
	城乡工矿居民用地	$\lg A = 1.3150 \lg P + 0.7717$	0.9570	1.5209
	未利用土地	$\lg A = 1.5114 \lg P + 0.1651$	0.9720	1.3233
	全部	$\lg A = 1.2456 \lg P + 0.9803$	0.9745	1.6507
1:100 万	耕地	$\lg A = 1.1486 \lg P + 1.5381$	0.9132	1.7413
	林地	$\lg A = 1.2999 \lg P + 0.9761$	0.9488	1.5386
	草地	$\lg A = 1.1956 \lg P + 1.4877$	0.9381	1.6728
	水域	$\lg A = 1.5680 \lg P - 0.5365$	0.9814	1.2755
	城乡工矿居民用地	$\lg A = 1.0404 \lg P + 2.1178$	0.8784	1.9223
	未利用土地		数据不足	
	全部	$\lg A = 1.2653 \lg P + 1.0808$	0.9263	1.5807

由表 3 可得：第一，贵州省土地利用类型的分形结构跨 1:10 万与 1:100 万这两个比例尺客观存在；第二，随着比例尺由 1:10 万向 1:100 万的变化，各土地利用类型的分维在不同比例尺之间存在的响应关系并不一致，各土地类型分维的大小变化趋势与比例尺的

变化趋势并不呈现出相同趋势; 第三, 并不能建立 1:10 万与 1:100 万这两个比例尺间土地类型分维之间关系显著的空间响应关系模型。由此通过贵州省的土地数据进一步验证了由辽宁省土地数据所取得的相关结论。

4 结论与讨论

本文以不同比例尺的辽宁省土地利用数据为例, 用贵州省土地利用数据进行验证, 系统探讨了土地利用类型结构在不同尺度间可能存在的空间响应关系, 所得基本结论如下:

(1) 辽宁省土地利用类型的分形结构跨 1:10 万、1:50 万、1:100 万这 3 个比例尺客观存在;

(2) 对于不同比例尺的同一区域不同土地利用类型而言, 各土地利用类型分维在不同比例尺之间存在的响应关系并不一致, 某些土地利用类型的分维随着比例尺由 1:10 万向 1:50 万再向 1:100 万的变小, 分维呈现变大趋势, 而某些土地利用类型的分维随比例尺的变化并不如此, 所以, 对于不同的土地利用类型而言存在一定的差别, 不可一概而论;

(3) 不同尺度间的土地利用类型结构只能够在两两连续间隔的两种比例尺分维之间建立起关系显著的定量关系模型。

本文所取得的结论对于科学认知土地结构空间配置的多尺度特征、建立相应尺度转换模型具有积极的意义。实际上, 本文对分维这一参数在土地利用类型结构的多尺度转换特征中的应用对于其他景观参数的探讨同样适用, 值得借鉴。根据景观生态学的方法, 区域土地利用结构可在斑块尺度 (patch-level)、类型尺度 (class-level)、景观尺度 (landscape-level) 上以斑块相似系数、形状指标、景观形状指数、平均形状指数等数十个指标来进行表征, 那么这些指标随着尺度的变化呈现出怎样的特征则完全可以参考本文所提供的思路进行必要的探讨, 这对于系统性地认识尺度转换特征、建立相应尺度转换关系具有积极的借鉴意义。

当然, 本文所取得的结论除贵州土地数据外还需要进一步通过大量的其他区域土地数据进行验证, 以探究出普适性的土地结构多尺度转换特征及其规律。

参考文献:

- [1] 蔡运龙. 自然地理学的创新视角. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 26(4): 576~582.
- [2] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法. 生态学报, 2001, 21(12): 2096~2105.
- [3] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径. 地理研究, 2001, 20(6): 645~652.
- [4] 张华, 张勃. 国际土地利用/土地覆被变化模型研究综述. 自然资源学报, 2005, 20(3): 422~431.
- [5] IGBP, IHDP. Global Land Project: Science Plan and Implementation Strategy. 2005. <http://www.glp.colostate.edu>.
- [6] Lambin E F, Turner B L, Helmut J Geist, *et al.* The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 2001, 11: 261~269.
- [7] Lambin E F, Geist H J. *Land-Use and Land-Cover change: Local processes and global impacts*. Springer, 2006.
- [8] Geist H J. *Our Earth's changing land: An encyclopedia of land-use and land-cover change*. Greenwood, 2006.
- [9] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51(5): 553~558.
- [10] 后立胜, 蔡运龙. 土地利用/覆被变化研究的实质分析与进展评述. 地理科学进展, 2004, 23(6): 96~104.
- [11] 宋长青, 冷疏影, 吕克解. 地理学在全球变化研究中的学科地位及重要作用. 地球科学进展, 2000, 15(3): 318~320.
- [12] 宋长青, 冷疏影. 21 世纪中国地理学综合研究的主要领域. 地理学报, 2005, 60(4): 546~552.
- [13] 傅伯杰, 陈利顶, 王军, 等. 土地利用结构与生态过程. 第四纪研究, 2003, 23(3): 247~255.

- [14] 蔡运龙,陆大道,周一星,等. 地理科学的中国进展和国际趋势. 地理学报,2005,59(6):803~810.
- [15] Rastetter E B, King A W, Cosby B J, *et al.* Aggregating fine-scale ecological knowledge to model coarser-scale attributes of ecosystems. *Ecol. Appl.*, 1992, 21:55~70.
- [16] 李双成,蔡运龙. 地理尺度转换若干问题的初步探讨. 地理研究,2005,24(1):11~18.
- [17] Mandelbrot B B. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 1967, 156:636~638.
- [18] Burrough P A. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. *Nature*, 1981, 294:240~242.
- [19] 特科特. 分形于混沌——在地质学和地球物理学中的运用. 陈 等译. 北京:地震出版社,1993. 1~224.
- [20] Xu T, Moore I D, Gallant J C. Fractals, fractal dimensions and landscapes—A review. *Geomorphology*, 1993, (8): 245~262.
- [21] Jay G, Xia G G. Fractals in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 1996, 20(2):178~191.
- [22] Jenerette G D, Wu J G. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona—Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 2001, 16(7):611~626.
- [23] 朱晓华,蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制. 地理科学,2005,25(6):671~677.
- [24] 朱晓华,李加林,杨秀春,蔡运龙. 土地空间分形结构的尺度转换特征. 地理科学,2007,27(1):58~62.
- [25] Mandelbrot B B, Passoja D E, Paullay A J. Fractal character of fracture surfaces of metals. *Nature*, 1984, 308 (5961):721~722.
- [26] Lovejoy S. Area-perimeter relation for rain and cloud areas. *Science*, 1982, 216(4542):185~187.

On multi-scale characteristics of structure of land use

ZHU Xiao-hua¹, LI Ya-yun^{1,2}

- (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Applications of fractal theory to LUCC have involved calculation of fractal dimensions of different land types, correct research methods, fractal description of land structure and its evolution, fractal modeling of regional landscape patterns, etc. Although many related studies have been done, investigations to determine the spatial fractal characters of land use and its scale characteristics should be further attempted. In this paper, the fractal theory is applied to analyze the spatial multi-scale characteristics of structure of land use as a case study of Liaoning Province at scales of 1:100000, 1:500000 and 1:1000000. The perimeter-area relationships of patches of different land use types of Liaoning Province at different scales are established. The fractal characteristics of land use structure in Liaoning Province are analysed, and the relationships between fractal dimensions of land use spatial structure are established. It is indicated that spatial structure of Liaoning Province's land use exists at scales of 1:100000, 1:500000 and 1:1000000, the change of fractal dimension at scales of 1:100000, 1:500000 and 1:1000000 is different, and the spatial corresponding models of fractal dimensions for different land use types in different scales only can be established by the fractal dimension data between scales of 1:100000 and 1:500000, 1:500000 and 1:1000000. The conclusions drawn based on data of Liaoning Province are validated by using the land use data of Guizhou Province.

Key words: type of land use; multi-scale; fractal; fractal dimension