

# 土地变化驱动力研究的尺度问题

严 祥, 蔡运龙, 陈睿山, 李 昊

(北京大学城市与环境学院 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘 要:**尺度问题是土地变化驱动力研究中的热点和难点。统计方法在土地变化驱动力研究中应用广泛,而目前对此类研究所需考虑的尺度问题尚未有针对性的论述。本文通过总结目前土地变化驱动力分析中主要的统计方法,识别出其中亟待处理的5种尺度问题,即研究区空间幅度、空间粒度、时间幅度、时间粒度和土地分类精度5个因素变化对分析结果的影响。并且认为此5种尺度问题的本质都是数据在空间或时间上聚合对统计分析结果的影响,若缺乏妥善处理,土地变化驱动力分析的结果将表现出不真实性,可能带来2方面的风险:一是土地变化驱动力分析结果无意义;二是引导出错误的对策。土地变化驱动力研究中有3种思路可处理该问题:①研究基本实体的明确界定;②敏感性分析或变化速率分析;③寻找回避尺度问题的恰当方法。3种思路均可借鉴,但仍有待进一步探讨。

**关 键 词:**土地变化;驱动力;统计分析;尺度问题

## 1 引言

尺度问题已成为地理学、生态学等学科的研究重点,越来越多的研究者关注尺度效应在其研究领域的重要性<sup>[1]</sup>。目前已有许多关于尺度转换、尺度推绎的工作,但实质性的进展不多,原因是我们尚未弄清尺度之间的关联。对Scaling的理解不能局限于“尺度转换”或“尺度耦合”,而需要对不同尺度的多种复杂关系(“连通性”)有综合的认识,认清尺度间关联的机制是尺度推绎与尺度转换的基础<sup>[2]</sup>。

在土地变化驱动力研究领域,尺度问题也是一个热点。土地变化及其驱动因素的作用过程具有明显的尺度相关性<sup>[3]</sup>,某一尺度上揭示出土地变化驱动力不能简单的应用于其他尺度,尺度依赖被认为是未来区域土地变化驱动力研究的重要命题<sup>[4]</sup>。统计方法是土地变化驱动力研究中常用的方法,已有研究表明,研究区的幅度、精度等因素会影响土地变化与其驱动力因子的统计关系,尺度问题在统计方法应用于土地变化驱动力分析时同样存在<sup>[5]</sup>。那么,除了研究区幅度和精度,还有哪些尺度相关的因素影响土地变化驱动力的统计分析结论,如何看待此类尺度问题,对尺度问题缺乏妥善的处理会带来什么风险,目前处理尺度问题有哪些思路,这些都是本文要回答的问题。因此,本文从总结目前土地变化驱动力研究中常用的统计方法入手,识别其中需要处理的尺度问题,进而分析问题的本质,阐明尺度问题带来的危险,最后就处理该问题的思路展开讨论。

## 2 统计方法应用于土地变化驱动力研究需要处理的尺度问题

目前与尺度相关的术语很多,据Gibson等的总结,与尺度概念相关的术语有幅度、粒度、分辨率、层级、比例尺、本征尺度、表征尺度等<sup>[6]</sup>。不同术语的表达含义各异,而且可能产生矛盾。例如对于地图,大比例尺对应的粒度小,小比例尺对应的粒度大,如果尺度一词不指明是取“比例尺”还是“粒度”含义,则将导致误会。因此,Dungan等建议在使用“尺度”一词时,应指明其特定的含义,而且最好是使用幅度、粒度、比例尺等具体的术语,而非“尺度”这样含义不明的术语<sup>[7]</sup>。

不同的研究问题和研究方法对应不同的尺度问题。例如Marceau等认为适宜尺度的选择依赖3个要素:期望从研究区得到的信息、信息提取和分析的方法以及研究区本身<sup>[8]</sup>。因此,在讨论尺度问题前,应首先指明研究的是什么问题,采用的是什么方法。本文针对的研究问题是土地驱动力分析,针对的研究方法是统计学方法。目前,应用于土地驱动力分析统计方法主要有相关分析<sup>[9-10]</sup>、主成分分析<sup>[11]</sup>、因子分析<sup>[12]</sup>、多元线性回归分析<sup>[13-14]</sup>、多元Logistic回归分析<sup>[15]</sup>和空间自回归模型<sup>[16-18]</sup>等,使用的数据分统计数据 and 栅格数据(如土地利用图、遥感影像)两种。

统计数据多用于相关分析、主成分分析、因子分析和多元线性回归等方法,以历年某类土地面积

收稿日期:2010-03; 修订日期:2010-05.

基金项目:国家自然科学基金项目(40871047)。

作者简介:严祥(1987-),男,四川绵阳人,硕士,主要从事土地变化、区域发展等研究。E-mail: loyiveyi@gmail.com

数据和相应土地变化驱动力(如GDP、人口等)数据的时间序列进行分析。栅格数据的应用至少有如下3种情形:①使用Logistic回归分析某类土地与其他类土地的相互转变;②通过人为聚合栅格产生一定面积规模的面积单元,构建土地变化与驱动因子的空间序列进行相关分析、主成分分析、因子分析和多元线性回归等分析;③空间自回归模型。

其中相关的尺度问题至少有:统计数据对应的研究区范围、时间周期,栅格数据对应的遥感影像分辨率、人为聚合栅格得到的面积单元大小、多期栅格数据的时间跨度,另外,统计数据和栅格数据都需要考虑土地分类精度(表1)。可将上述尺度问题进一步归纳为以下5类:①研究区空间幅度对分析结果的影响;②空间粒度对分析结果的影响;③时间幅度对分析结果的影响;④时间粒度对分析结果的影响;⑤土地分类精度对分析结果的影响。其中,空间粒度包括人工聚合栅格得到的面积单元大小、遥感影像分辨率;时间幅度包括统计数据的时间长度和栅格数据的时间跨度。

3 各种尺度问题的分析

3.1 研究区空间幅度对分析结果的影响

目前,有许多针对不同幅度研究区进行土地驱动力研究案例,涉及各级行政单位、各流域<sup>[14,19-25]</sup>。在不同幅度的研究区,土地变化驱动力研究结论可能不同<sup>[3]</sup>。例如,1996—2008年,贵阳市人口与耕地的相关系数为-0.632( $P<0.05$ ;  $P$ 为显著性,下同),贵州省人口与耕地相关系数为-0.854( $P<0.01$ ),而我国人口与耕地相关系数为-0.947( $P<0.01$ )。可见,不同幅度的研究区,人口与耕地的相关系数不同。其中,人口与耕地相关系数由《贵州省统计年鉴》、《中国统计年鉴》和《中国国土资源年鉴》相应数据计算得出。

3.2 空间粒度对分析结果的影响

利用栅格数据构建的空间序列进行土地驱动力分析,不同大小的栅格,得到的结果有所差异。例如,陈佑启等在1 km×1 km网格的基础上,通过平均值法建立一种认为的面积规模序列,即32 km×32 km、64 km×64 km、96 km×96 km、128 km×128 km、160 km×160 km、192 km×192 km共6个规模层次,并计算了耕地与总人口、农业劳动力、非农业人口、土地适宜性平均高程和最暖月气温等因素的相关系数,发现各个规模层次上相关系数不同<sup>[26]</sup>。Overmars等在一项针对厄瓜多尔土地利用的研究中,发现使用空间自回归模型时,不同大小的栅格图像对应的Moran指数的变化规律不同,得到的空间自回归模型也不相同<sup>[16]</sup>。同理,以不同分辨率的

表1 土地变化驱动力分析方法中的尺度问题

Tab.1 Scale issues in driving force analysis of land change

数据源		统计数据	栅格数据
空间	幅度	研究区范围	研究区范围
	粒度	——	人为聚合栅格得到的面积单元大小、遥感影像分辨率
时间	幅度	连续统计数据的时间长度	多期栅格数据的时间跨度
	粒度	数据周期	——
土地分类标准		土地分类精度	土地分类精度

遥感影像作为研究数据,得到的土地变化驱动力结果也会有差异。

3.3 时间幅度对分析结果的影响

土地变化驱动力研究中,有的用10年、20年的数据,有的用更长时间的数据,时间幅度对土地变化驱动力结论也有影响<sup>[27]</sup>。例如,在研究贵州省人口与耕地变化关系时,若以1982年土地包产到户开始的27年(1982—2008年)为对象,人口与耕地的相关系数为-0.858( $P<0.01$ )。若以1949以来的60年(1949—2008年)作为研究对象,则二者的相关系数为-0.752( $P<0.01$ )。其中,人口与耕地相关系数由《贵州省统计年鉴》对应数据计算得出。

3.4 时间粒度对分析结果的影响

时间粒度即数据的时间周期,目前尚无文献探讨其对驱动力分析的影响,因为相关分析、主成分分析、因子分析、多元线性回归分析所使用的统计数据均以1年为周期,而Logistic回归仅使用两期遥感影像,不涉及数据周期问题。但如同空间上粒度会导致尺度问题一样,时间上数据的周期也会影响土地变化驱动力分析结果。

仍以贵州省人口与耕地关系为例,1949—2008年,贵州省人口与耕地变化的相关系数是-0.752( $P<0.01$ ),但如果考察每个五年计划期间平均人口与平均土地面积的关系,则会发现二者相关系数为-0.962( $P<0.01$ )。可见,数据的时间周期不同,土地驱动力变化分析结果也不同。

3.5 土地分类精度对分析结果的影响

不同的土地分类精度,导致分析结果不同,这点目前尚未引起重视。Conway在对美国新泽西州巴尼加特湾(Barnegat Bay)流域土地利用的研究中,使用3种不同精度的土地分类体系,运用逐步回归法,建立了土地利用变化驱动力模型,发现不同土地分类精度所对应的回归模型参数、拟合精度有差异,土地变化研究中必须对此类问题加以重视<sup>[28]</sup>。上述分析多以相关分析为例,因为相关分析是最为基本的驱动力统计方法。相关分析方法中需要处理的尺度问题在多元线性回归、多元Logistic回归、空间自回归等方法中同样存在。

4 问题的本质

详细考察上面 5 类土地变化驱动力的统计分析中需要处理的 5 种尺度问题,发现其本质都是数据在空间或时间上聚合(以下简称数据聚合)对统计分析结果的影响。空间上,从乡镇到县到省、全国,不同行政单元聚合后会得到不同的驱动力分析结果;小流域到中流域到大流域,不同流域单元的聚合也会影响分析结果。使用栅格数据,从小的栅格聚合到大的栅格,结论也不一样。时间上,从短的时间幅度聚合到长时间幅度,土地变化驱动力结果发生改变;数据的时间周期方面,若把多年的数据聚合为一个平均数,得到的土地驱动力分析结果也不一样。土地分类精度方面,从详细的土地分类聚合到粗略的土地分类,土地驱动力分析结果不同。数据聚合对统计分析结果的影响在统计学、地理学、生态学等相关学科中已不是一个新问题。邬建国<sup>[29]</sup>、Marceau<sup>[30]</sup>和 Dark 等<sup>[31]</sup>都曾对此做过很好的综述,但由于他们所针对的问题不同,所选择的文献也不同。因此,有必要在这里对相关的研究进行回顾和探讨。

1934 年, Gehlke 和 Biehl 最早在正式文献中表述数据聚合对统计分析结果的影响<sup>[32]</sup>。在 1934 年的文章中,他们列举了几个例子说明数据聚合对相关系数的影响。例如,在一项针对美国克利夫兰少年犯罪的研究中,当数据资料在空间上连续聚合时,男性少年犯罪率与平均月收入的相关系数随之增加;在另一项农民数量与农产品产量关系的研究中,二者相关系数随数据聚合而增加。

第二个里程碑式的研究是 Robinson 提出的生态学谬误(Ecological Fallacy)<sup>[33]</sup>。在这篇 1950 年的文章中, Robinson 探讨了肤色与文盲率的相关关系。如果针对 97、272 个个体进行相关分析,“是黑人”和“是文盲”的相关系数为 0.203,若把这 97、272 个个体按地理范围分为 9 个区,再进行相关分析,二者相关系数为 0.946。Robinson 在文中详细讨论了生态学谬误产生的原因。同一年, Yule 和 Kendall 也在著作中论述了这个问题<sup>[34]</sup>。生态学谬误的一个典型例子是 Simpson 悖论(Simpson's Paradox)。Simpson 悖论指在聚合水平上得到的结论与个体水平的结论完全相反。如图 1 所示,两组数据中  $x$  与  $y$  呈正相关,但是对两组数据进行组平均后,组平均水平上  $x$  与  $y$  负相关。

第三项重要的研究是 Openshaw 于 1981 年提出并

详细论述了可塑面积单元问题(the Modifiable Areal Unit Problem, MAUP)<sup>[35]</sup>,并围绕此问题发表了一系列文献和著作<sup>[36-39]</sup>。之后许多相关研究的开展加深了对 MAUP 的认识。MAUP 针对的是空间分析中存在的两方面问题,一个称为“尺度问题”(Scale Problem),另一个称为“划区问题”(Zoning Problem)。“尺度问题”是指空间数据经聚合而改变其粒度后,分析结果也随之改变,也称“尺度效应”(Scale Effect)\*。划区问题是指,同一粒度上或聚合水平上,由于聚合方式不同,分析结果也不同。Jelinski 和 邬建国在 1996 年的文章中举例说明了尺度效应对单变量统计的影响<sup>[40]</sup>。如图 2 所示,从 a 到 b 到 c,面积单元不断聚合,平均值没有变化,但是方差却逐渐减小至 0。可见,数据聚合对统计分析结果的影响早已被发现,只是不同学科对其引起重视的时间和程度不同。统计学早在 1934 年已有相关讨论;遥感科学中,1992 年 Marceau 第一个详细论述此问题<sup>[41]</sup>;生态学中,1996 年 Jelinski 和 邬建国等详细讨论了这个问题<sup>[40]</sup>。而目前在土地变化驱动力研究领域,此问题尚未得到应有的重视。

5 尺度问题处理不当的风险

不同的数据聚合水平,得到的统计分析结果不一样。如果所取的数据聚合水平不正确,至少有有

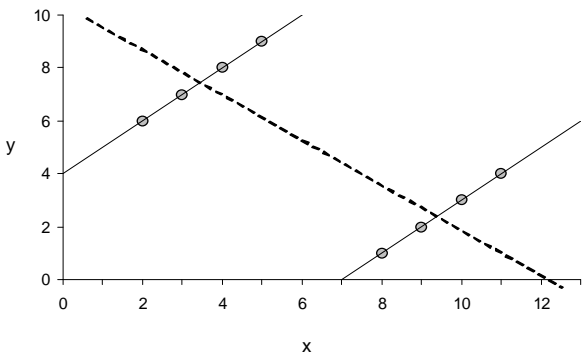


图 1 Simpson 悖论示意图

Fig.1 Simpson's Paradox

\*注:这里的尺度问题和其他场合所说的尺度问题可能不一样,不同场合所称的“尺度”、“尺度问题”应具体甄别。

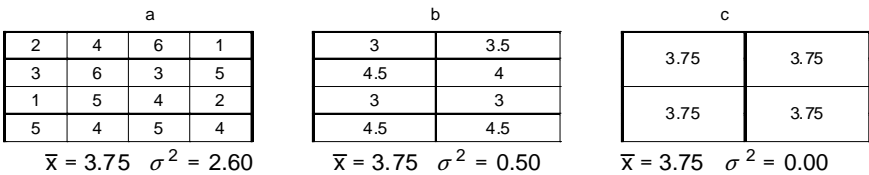


图 2 空间统计分析中的尺度效应示意图<sup>[40]</sup>

Fig.2 Scale problem in spatial statistics



如下两方面的风险:

(1) 产生无意义的统计分析结果。例如,若某省多年的降雨总量并无大的波动,而耕地总面积在减少,对该省多年的降雨量和耕地面积进行相关分析,结果表明降雨量对耕地面积变化没有影响;但是,虽然降雨总量没有变化,降雨分布却有改变,以往多雨的地方变为干旱,以往干旱的地方多雨洪涝,这两种情况可能都会影响耕地数量的变化,若用更小尺度(如乡镇尺度)的数据分析,可能发现耕地变化与降水变化在乡镇尺度上显著相关,那么之前省域尺度的相关分析结果就缺乏意义甚至是错误的。一些论文还根据相关分析结果筛选土地变化驱动力因子<sup>[12,42-44]</sup>,进而进行多元线性回归和 Logistic 回归,如果相关分析的这一步就没有意义,那么之后的回归分析结果也是无意义的。

(2) 如果根据这种无意义的统计分析结果制定对策,很可能出现错误。上面所讲的例子中,如果采用省这一尺度的降雨量与耕地面积的相关分析结论,并认为降雨对耕地变化没有影响,因而不需要采取水利措施,那将是一个政策性的错误。经济发展、GDP 增长对耕地变化的影响,在不同尺度上得到的结果可能不一致。在制定土地政策时,如果选用了错误的尺度进行分析,那很可能对国民经济产生直接的损害。

## 6 解决问题的途径

尽管数据聚合对统计分析结果的影响已不是新问题,但目前为止,对于解决该问题的妥善方法尚未达成共识<sup>[31]</sup>。总结而言,用于处理该问题的途径主要有如下3种:

(1) 基于实体(Basic Entity)的途径。Openshaw 认为,如果对象为“不可塑”的基本实体,那么就可以避免数据聚合带来的影响<sup>[39]</sup>。这方面, Hay 等首先发展了基于实体途径的具体研究方法<sup>[45]</sup>。但是,土地变化驱动力研究中,界定基本实体存在诸多困难,土地变化涉及的因素很多、其相互关系错综复杂,难以定义出一个“不可塑”的基本实体。另外,即使基本实体可以明确定义,例如农村土地使用的的基本单位都是农户,但是户数众多,搜集、整理相关信息和建模存在极大的困难<sup>[29]</sup>。以资料搜集为例,土地变化研究常以统计资料为基础,统计资料为了保密,仅给出各数据聚合水平(如县、市、省)上的信息,不公布每户被调查家庭的情况,致使农户尺度的土地利用研究难以进行。

(2) 敏感性分析(Sensitivity Analysis)或研究变量的变化速率。这两种方法不是去尝试解决数据聚合带来的问题,而是通过一系列研究确定数据聚

合对统计分析结果的影响范围和强度<sup>[46]</sup>。这两种方法可以回答如下问题:哪些变量(或变量之间的相互关系)对尺度敏感;随尺度改变的变化速率如何;分析结果随尺度改变而产生的变化是否可以预测;多大程度上可以预测<sup>[29]</sup>;土地驱动力分析中,可研究驱动要素和土地变化之间的关系随尺度变化的敏感性如何;驱动要素和土地变化之间的回归系数、回归的拟合优度等随尺度改变而变化的速率如何;是否可以预测等。通过此类研究,掌握尺度对分析结果产生影响的规律。目前,在栅格数据的基础上,通过人为聚合栅格得到一系列的空间面积单元进行土地驱动力分析<sup>[24-26]</sup>,正是应用了这种思路。

(3) “摒旧创新”——抛弃会产生尺度问题的研究方法,寻找或开创对尺度不敏感的分析方法。Tobler 认为,空间分析结果应该与数据的空间坐标无关,就像物理学中重力加速度的计算公式一样,放在地球上任何地方都能使用。因此,会产生尺度问题的方法不是正确的方法,应该被摒弃,应当发展对尺度不敏感的空间分析方法, Tobler 称之为“与框架无关的空间分析”(Frame Independent Spatial Analysis)<sup>[47]</sup>。

## 7 结论与讨论

土地变化是当前全球变化研究的重要内容。土地变化驱动力研究对于揭示土地利用与土地覆被变化的原因、机制、过程,预测未来变化方向和后果,以及制定相应的对策至关重要<sup>[48]</sup>。

统计方法在土地变化驱动力中应用广泛,本文总结了目前土地变化驱动力分析中主要的统计方法,识别出其中存在的5种尺度问题,即5种“尺度”含义(研究区空间幅度、空间粒度、时间幅度、时间粒度和土地分类精度)对驱动力分析的影响。这5种尺度问题的本质在于数据在空间或时间上聚合对统计分析结果的影响, Gehlke、Biehl、Robinson 和 Openshaw 等开展的工作具有重要启示意义。数据聚合对统计分析结果的影响可能带来的风险有两方面:一是产生无意义的结果,二是引导出错误的对策。目前对此问题的处理有3种思路:①界定研究的基本实体;②敏感性分析或变化速率分析;③试图寻找不会产生尺度问题的分析方法。

尺度问题带来这样一个困境:目前使用统计方法进行土地变化驱动力分析,乍看起来有详实的基础数据,统计方法有各种检验,统计分析结果也能进行解释。但是不同尺度上得到的结果不一致,不同尺度之间的分裂与我们对土地利用是一个整体的观念冲突。正如《统计数字会撒谎》的作者 Darrell Huff 在书中所言:日常生活中、科学技术中我们

时常使用的统计数字很可能没有告诉我们真相,不同的统计处理方法会得到不同的结果,统计数字是可以撒谎的<sup>[49]</sup>。土地变化驱动力研究中若不能妥善处理尺度问题,我们得到的将只不过是一些“撒谎”的统计结论。

尺度问题是地理学固有的关键难题,迄今尚无确切的解决办法。摒弃研究对象存在的不足,应当审视研究方法是否正确,是否需要改进。否则,统计分析只会引领错误的方向。已出现处理此问题的3种思路都可借鉴,但尚需做进一步探讨。例如,关于寻找不会产生尺度问题的分析方法,Openshaw、Taylor 和郭建国等都认为,离开尺度讨论地理学、生态学问题是有悖学科常识的<sup>[29,35]</sup>。寻求一种“与框架无关的空间分析”对策,是不是有点象“鸵鸟对策”?

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 蔡运龙. 贵州喀斯特高原土地系统变化空间尺度综合的一个研究方案. 地球科学进展, 2009, 24(12): 1301-1308.
- [3] 陈佑启, Verburg P, 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析. 地理科学进展, 2000, 19(2): 116-127.
- [4] 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. 资源科学, 2008, 30(1): 58-63.
- [5] Lesschen J P, Verburg P H, Staal S J. Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems-LUCC Report Series 7. International Livestock Research Institute and LUCC Focus 3 Office, 2005, 63.
- [6] Gibson C C, Ostrom E, Ahn T K. The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. Ecological Economics, 2000, 32(2): 217-239.
- [7] Dungan J L, Perry J N, Dale M R T. et al. A balanced view of scale in spatial statistical analysis. Ecography, 2002, 25(5): 626-640.
- [8] Marceau D J, Hay G J. Remote sensing contributions to the scale issue. Canadian journal of remote sensing, 1999, 25(4): 357-366.
- [9] 瓦哈甫·哈力克, 塔西甫拉提·特依拜, 海米提·依米提, 等. 新疆于田绿洲土地利用变化的人文驱动力分析. 干旱区资源与环境, 2007, 21(6): 1-6.
- [10] 张希彪, 周天林, 上官周平, 等. 黄土高原耕地变化趋势及驱动力研究: 以甘肃陇东地区为例. 干旱区地理, 2006, 29(5): 731-735.
- [11] 高啸峰, 王树德, 宫阿都, 等. 基于主成分分析法的土地利用/覆被变化驱动力研究. 地理与地理信息科学, 2009, 25(1): 36-39.
- [12] 郭杰, 欧名豪, 刘琼, 等. 江苏省耕地资源动态变化及驱动力研究. 长江流域资源与环境, 2009, 18(2): 139-145.
- [13] 李月臣, 刘春霞. 1987-2006年北方13省土地利用/覆被变化驱动力分析. 干旱区地理, 2009, 32(1): 37-46.
- [14] 马礼, 唐毅, 牛东宇. 北方农牧交错带耕地面积变化驱动力研究: 以沽源县近15年为例. 人文地理, 2008, 23(5): 17-21.
- [15] 谢花林, 李波. 基于logistic回归模型的农牧交错区土地利用变化驱动力分析: 以内蒙古翁牛特旗为例. 地理研究, 2008, 27(2): 296-306.
- [16] Overmars K P, de Koning G H J, Veldkamp A. Spatial autocorrelation in multi-scale land use models. Ecological Modelling, 2003, 164(2-3): 257-270.
- [17] 谢花林, 刘黎明, 李波, 等. 土地利用变化的多尺度空间自相关分析: 以内蒙古翁牛特旗为例. 地理学报, 2006, 61(4): 390-411.
- [18] 邱炳文, 王钦敏, 陈崇成, 等. 福建省土地利用多尺度空间自相关分析. 自然资源学报, 2007, 22(2): 311-322.
- [19] 朱闪闪, 赵言文. 浙江省土地利用变化及社会经济驱动因素. 长江流域资源与环境, 2008, 17(A1): 1-7.
- [20] 唐菊华, 吕昌河, 杨续超. 苏锡常地区1995年至2005年城市用地扩展的驱动力分析. 资源科学, 2009, 31(5): 801-806.
- [21] 焦锋, 秦伯强. GIS支持下的小尺度土地驱动力研究: 以宜兴市湖滏小流域为例. 长江流域资源与环境, 2003, 12(3): 205-210.
- [22] 郝兴明, 李卫红, 陈亚宁, 等. 塔里木河干流土地利用/覆被变化的社会经济驱动力分析. 中国沙漠, 2007, 27(3): 405-411.
- [23] 张勃, 毛彦成, 柳景峰. 黑河中游土地利用/覆被变化驱动力的定量分析. 干旱区地理, 2006, 29(5): 726-731.
- [24] 邱炳文. 福建省龙海市土地利用空间分布影响因子的尺度效应分析. 自然资源学报, 2007, 22(1): 70-78.
- [25] 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. 地理与地理信息科学, 2004, 20(3): 64-69.
- [26] 陈佑启, Verburg P. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析. 地理科学, 2000, 20(3): 197-202.
- [27] 邵景安, 李阳兵, 魏朝富, 等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望. 地球科学进展, 2007, 22(8): 798-809.
- [28] Conway T M. The impact of class resolution in land use change models. Computers Environment and Urban Systems, 2009, 33(4): 269-277.
- [29] 郭建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000: 142-150.
- [30] Marceau D J. The scale issue in social and natural sciences. Canadian Journal of Remote Sensing, 1999, 25(4): 347-356.
- [31] Dark S J, Bram D. The modifiable areal unit problem (MAUP) in physical geography. Progress in Physical Geography, 2007, 31(5): 471-479.
- [32] Gehlke C E, Biehl K. Certain Effects of Grouping Upon the Size of the Correlation Coefficient in Census Tract Material. Journal of the American Statistical Association, 1934, 29(185): 169-170.
- [33] Robinson W S. Ecological correlations and the behavior of individuals. American Sociological Review, 1950, 15(3): 351-357.

- [34] Yule G U, Kendall M G. An Introduction to the Theory of Statistics. London: Charles Griffin, 1950.
- [35] Openshaw S, Taylor P J. The modifiable areal unit problem//Wrigley N, Bennett R J. Quantitative geography: A British View. London: Routledge and Kegan Paul, 1981: 60-70.
- [36] Openshaw S. A geographical solution to scale and aggregation problems in region-building, partitioning and spatial modelling. Institute of British Geographers, Transactions, New Series, 1977, 2(4): 459-472.
- [37] Openshaw S. An empirical study of some zone-design criteria. Environment and Planning A, 1978, 10(7): 781-794.
- [38] Openshaw S. A million of so correlation coefficients: Three experiments on the modifiable areal unit problem//Wrigley N. Statistical Applications in the Spatial Sciences. London: Blackwell Publishing, 1979:127-144.
- [39] Openshaw S. Ecological fallacies and the analysis of areal census data. Environment and Planning A, 1984, 16(1): 17-31.
- [40] Jelinski D E, Wu J G. The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology. Landscape Ecology, 1996, 11(3):129-140.
- [41] Marceau D J. The Problem of Scale and Spatial Aggregation in Remote Sensing: An Empirical Investigation Using Forestry Data. University of Waterloo: Doctor dissertation, 1992:180.
- [42] 侯松廷, 陈晓燕. 三峡库区耕地动态变化驱动力研究: 以涪陵区为例. 水土保持研究, 2007, 14(3): 51-54.
- [43] 刀譔, 周丰, 郭怀成. 北京市交通土地利用/覆盖变化驱动因子研究. 环境科学研究, 2008, 21(5): 207-213.
- [44] 汪朝辉, 王克林, 熊艳, 等. 湖南省耕地动态变化及驱动力研究. 长江流域资源与环境, 2004, 13(1): 53-59.
- [45] Hay G J, Marceau D J, Dubé P, et al. A multiscale framework for landscape analysis: Object-specific analysis and upscaling. Landscape Ecology, 2001, 16(6): 471-490.
- [46] Fotheringham A S. Scale-independent spatial analysis//Goodchild M, Gopal S. Accuracy of Spatial Databases. London: Taylor and Francis, 1989: 221-228.
- [47] Tobler W. Frame independent spatial analysis.//Goodchild M, Gopal S. Accuracy of Spatial Databases. London: Taylor and Francis, 1989: 115-123.
- [48] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析. 资源科学, 2001, 22(3): 39-41.
- [49] Huff D. How to Lie With Statistics. Middlesex: Penguin Books, 1973.

## Scale Issues in the Driving Force Analysis of Land Change

YAN Xiang, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, LI Hao

(College of Urban and Environmental Sciences, Peking University; Key Laboratory of Analysis and Simulation of Earth Surface Processes, Ministry of Education, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Scale issue is a focus but also a difficult theme in the driving forces analysis of land change. While statistics is very popular in analyzing drivers of land change, there is no particular research on the impact of scale in this domain. This article summarizes the methods often used in the driving force analysis of land change, recognizes five scale issues needed to concern. They are the impact of 5 situations (the extent of the study area, the grain size, the time range, the time period of data, and the classification accuracy) on the analysis results when using the term of ‘scale’, and all of these 5 situations can be concluded into data aggregation. If the impact of data aggregation is not treated correctly, the potential dangers exist in two aspects: (1) the results is meaningless, (2) the policies based on the analysis are incorrect and harmful. So far, there are 3 approaches to solve this problem: (1) basic entity approach, (2) sensitivity analysis approach, and (3) frame-independent analysis approach. These approaches can be applied and more researches are needed in the domain of the driving force analysis of land change.

**Key words:** land change; driver; statistics; scale

本文引用格式:

严祥, 蔡运龙, 陈睿山, 等. 土地变化驱动力研究的尺度问题. 地理科学进展, 2010, 29(11): 1408-1413.