

土地利用转移次数与地类的时空变化研究

——以湖南省长沙市为例

任红鸽¹, 全斌^{1,2}, 陈洁², 刘沛林², 王鹏², 胡最²

(1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 211100; 2. 衡阳师范学院 城市与旅游学院, 湖南 衡阳 421000)

摘要: [目的] 深入理解土地利用的变化模式和变化过程, 充分利用多期时间序列土地利用数据来探究特征规律。[方法] 以长沙市为例, 借助地理信息系统(GIS)和 IDRISI 软件操作平台量化土地利用变化的转移次数和转移地类的时空变化。[结果] ①随着转移次数和地类数的增多, 对应变化的像元数在减少, 2 个地类变化 1 次的新增变化比较突出。②主要表现为城市扩张占用外围耕地和林地明显, 面积分别为 202.86, 169.96 km², 而在乡村地区通过建设用地转为耕地来补给耕地, 面积分别为 48.27, 12.04 km²。③其他城镇和长沙市中心城区变化模式相似但辐射能力较弱。[结论] 长沙市的城市扩张加速进行, 土地整治等能补给少量的耕地和林地, 但城市扩张占用外围耕地和林地仍是当地土地利用中主要的变化方式, 且当地的土地利用模式和规模遵循一定的城市等级位序。

关键词: 土地利用变化; 转移次数; 转移地类; 长沙市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)01-0182-05

中图分类号: F293.2

文献参数: 任红鸽, 全斌, 陈洁, 等. 土地利用转移次数与地类的时空变化研究[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1):182-186. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.032. Ren Hongge, Quan Bin, Chen Jie, et al. Spatiotemporal changes of times and land category of land use transfer[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1):182-186.

Spatiotemporal Changes of Times and Land Category of Land Use Transfer — A Case Study of Changsha City in Hunan Province

REN Hongge¹, QUAN Bin^{1,2}, CHEN Jie², LIU Peilin², WANG Peng², HU Zui²

(1. School of Resource, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411100, China; 2. College of City and Tourism, Hengyang Normal University, Hengyang, Hunan 421002, China)

Abstract: [Objective] To understand the patterns and processes of land use change, and to make full use of the time series land use data to investigate the characteristics of land use patterns. [Methods] Changsha City was selected as an example and the geographic information system (GIS) and IDRISI platform were used to calculate the transfer frequency of land use change and involved land use categories. [Results] ① With the increase of the times and categories of land use transfer, the corresponding changes in the number of pixels were reduced, and the change involved 2 categories and transfer once was more prominent. ② Urban expansion obviously occupied crop land and woodland in the periphery of urban region, the area was 202.86 km² and 169.96 km², respectively. While the construction land was converted into cropland to compensate for occupied crop and woodland in rural region, the area was 48.27 km² and 12.04 km². ③ The change pattern of other towns was similar with the central area of Changsha City but their radiating capacity was relatively weak. [Conclusion] Changsha's urban expansion is accelerating. Land reclamation can supply a small amount of cultivated land and forest land, but the urban expansion in the cost of outer cultivated land and forest land is still the main

收稿日期: 2017-06-19

修回日期: 2017-07-13

资助项目: 湖南省教育厅重点项目“中国城市土地利用变化量化及比较”(17A067); 中国国家高端外国专家项目(GDW20154300243); 国家自然科学基金项目(41271167, 41171076, 41771188); 衡阳师范学院引进人才科研启动项目(17D03)

第一作者: 任红鸽(1993—), 女(汉族), 河南省汝州市人, 硕士研究生, 研究方向为 GIS 与土地利用变化。E-mail: rhg365@outlook.com。

通讯作者: 全斌(1968—), 男(汉族), 湖南省衡阳市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事 GIS 与土地利用变化研究。E-mail: quanbin308@aliyun.com。

change mode. In addition, the local land use patterns and scales follow a certain urban hierarchy.

Keywords: land use change; transfer times; transfer category; Changsha City

土地利用与土地覆被是地球表层系统中最突出的景观标志,是人类活动和自然要素共同作用的结果,因此是研究自然与人文过程的理想切入点,成为全球变化研究的热点领域^[1]。土地利用覆被变化的模式、过程及其效应研究在区域乃至全球尺度都得到越来越多的重视^[2]。其中土地利用覆被变化的模式是其他研究至关重要的前提,可以为制定有效的环境政策和管理策略提供基础参考^[3]。土地利用模型的选择和应用是探究土地变化模式得到土地利用变化规律的必要前提。土地利用转移矩阵可以反映各地类之间的转移数量和方向,在土地利用格局的动态演变中得到广泛应用,但是大多数分析并没有从中挖掘出土地利用格局中潜在的空间变化信息^[4]。传统的数量分析模型虽然简明扼要,且不需要较复杂的专业性分析技能,但忽略了土地利用空间区位的固定性与独特性,没有考虑土地利用动态变化的空间过程及相关属性^[5]。动态模型虽然是一种基于空间分析技术的测算模型,但仅考虑了土地利用动态变化的空间转移过程,而忽略了其新增过程,从而严重地低估了那些转移慢、但增长快的土地利用类型^[6]。加之,随着遥感信息技术的发展,土地里变化数据更易获取,对多期土地利用变化数据的信息进行深层量化分析显得尤为重要。在分析土地利用变化时,变化是稳定的还是暂时的变化;是单向的变化还是反复的变化等,这些土地利用变化信息的深层挖掘研究目前几乎没有。如果研究者把短暂的变化和永久的改变等价,模型参数可能是错误的,这会导致不准确和不健全的模拟和预测。

长沙市位于湖南省东部偏北,湘江下游,是全省政治、经济、文化、科教和商贸中心,亦是中部地区的核心城市之一。2015年4月8日,国务院正式批复同意设立湖南湘江新区,成为中国第12个、中部地区首个国家级新区,是打造“一带一路”核心增长极的重大举措,也是推动长沙在更高起点上融入“一带一路”和长江经济带等国家战略的重要平台。近年来,一些学者对长沙市土地利用变化问题进行了大量研究。Zhang等^[7]运用Muilt-Agent模型对长沙市的城市扩张进行了研究,他们发现随着未来城镇化的发展长沙市区土地供应将更为紧张并且由于交通的相对便捷性城镇化从郊区到偏远的乡镇延伸。邓楚雄等^[8]对长沙市耕地集约利用的时空变化进行分析,结果表明2001—2009年长沙市耕地集约利用度时序

变化各具特点,但整体上均呈现出以不同幅度上升的特征。张卢奔等^[9]基于信息熵和分形维数分析了长沙市土地利用结构变化,结果表明在空间上信息熵变化基本与经济社会发展相耦合,由中心城区向外信息熵逐渐降低。罗开盛等^[10]分析了长沙土地利用变化过程信息并预测了未来10a土地利用变化趋势,预测表明人工表面、草地面积将扩展,耕地、湿地、林地及未利用土地面积将缩减。陈永林等^[11]分析了长沙市土地利用变化及其城市化对产业结构演变的响应关系,结论是快速城市化将导致农用地的减少和建设用地的增加。这些文章运用多种方法分析了土地、社会、经济、生态之间的相互作用。但是所有这些方法都需要土地利用数据来显示准确的土地变化模式。然而,建立多期时间序列的地图并充分利用来显示土地变化是非常具有挑战性的。本文展示了如何利用多期时间序列土地利用数据来描述和解释土地变化的模式和深入挖掘土地利用变化过程。

为充分利用基于时间序列的多期土地利用数据来探究区域土地利用变化的模式和过程,本研究拟以长沙市为例,利用1990—2010年每5a一期共4期的时间序列土地利用数据,在IDRISI和ArcGIS 10.2软件平台上推演土地利用变化的转移次数和地类,并分析两者之间的关系,试图解决以下科学问题:如何采用转移次数和转移地类方法来探究显著的土地利用变化?该问题不仅能够提供探究土地利用变化的新方法,而且有助于我们对土地变化过程的进一步理解,同时也能将现有土地利用的大量数据得到充分应用,在建模和预测人类和环境之间的复杂的相互作用时作为依据和参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源与处理

研究所使用的1990,1995,2000年土地利用数据来自中国资源环境数据库。该数据是以TM/ETM+遥感影像为基础数据源,运用遥感和GIS软件进行计算机自动分类和人工目视解译,最终形成的1:10万的土地利用数据,解译精度分别控制在92.92%,98.40%和97.45%^[12]。这些数据采用统一的坐标系、投影和中央经线和双标准纬线:坐标系为WGS-84坐标系,投影为ALBERS投影;中央经线为105°E,双标准纬线分别为25°和47°N;椭球体为KRASOVSKY椭球体。

长沙市 2005 和 2010 年的遥感数据源为 TM 遥感影像标准产品,原始格式为 DAT 格式,头文件为 Fast 文件,该数据产品已经过了辐射校正和相关数据预处理,采集时间分别为 2005 年 5、7 月、2010 年 3、7 月、2010 年 9、11 月,分辨率均为 30 m。采用前 2 期的目视解译方法得到长沙市 2005 和 2010 年土地利用图,解译精度均在 85% 以上,符合研究需要^[13]。将至此得到的 1990—2010 年矢量格式的土地利用数据,在 IDRISI 软件进行处理,得到统一为 100 m 分辨率的土地利用图,每 5 a 一期的全部土地利用数据作为基础数据如附图 9—13 所示。

1.2 研究方法

参考 Pontius 和 Zhang^[14] 提出基于事件和状态来研究基于时间序列土地利用变化的方法,定义转移次数为单个像元随时间序列变化的次数,转移 0 次的像元即为该时间段内不变的像元,转移次数 ≥ 1 的像元即为变化部分;转移次数分布图是指所有像元转移次数在空间上的可视化呈现结果;转移次数图谱是指随着时间发展,增加时间序列上下一时间点的土地利用图而得到的一系列转移次数分布图的总称。转移地类数是指单个像元随时间序列改变时有多少种不同地类参与该变化;转移地类数分布图是指所有像元转移地类数在空间上的可视化呈现结果;转移地类数图谱是指随着时间发展,增加时间序列上下一时间点的土地利用图而得到的一系列地类数分布图的总称。一个研究区有 t 个时间点的土地利用图,会有 $t-1$ 个转移次数分布图和 $t-1$ 个转移地类数分布图,第 t 个转移次数分布图和转移地类数分布图使用的是从 1 到 $t+1$ 的土地利用图创建。

转移次数图谱用来识别土地变化的一般空间格局。研究区域面积是固定的,随着时间序列的延长, t 时转移 n 次的像元只能由 $t-1$ 时转移 $n-1$ 次的像元变化而得,即转移 0 次的像元个数不会增加,只会不变或者减少, t 时转移 1 次的像元,只能从 $t-1$ 时的转移 0 次像元变化而来。基于此,定义转移 1 次的像元,叫做扩张像元;变化 2 次及其以上的像元叫做转变像元。随着时间发展,扩张像元的数量增加,研究区域将被确定为扩张模式。否则,如果扩张像元的数量减少,则为转变模式。

2 个系列的地图创建后,接下来讨论转换次数分布图和地类数分布图之间的关系,将第 $t-1$ 个转移次数分布图和地类数分布图进行叠加制作交叉表。假设转移在各地类间都是不可逆的,那么 m 个地类最多转移 $m-1$ 次。当然也存在 m 个地类转移超过

$m-1$ 次的情况,此时说明转移在这些地类间反复发生。将 m 个地类转移了 n 次的变化在地图上显示,以观测转移次数和地类之间在空间上的关系。

2 结果与分析

2.1 转移次数分析

长沙市土地利用在 1990—1995 年最多发生了 1 次变化,且变化主要发生在长沙市中心城区和各级城市建成区外围。在 1990—2000 年,在长沙市中心城区附近出现了大量变化 2 次的土地利用方式,但变化 1 次的土地利用仍主要位于城市建成区外围和村镇附近。在 1990—2005 年,城市建成区附近土地向外围扩展表现为新增的 1 次变化,而长沙市中心城区出现转移 3 次的变化。在 1990—2010 年,转移 2 和 3 次的变化面积增多,长沙市中心城区出现了少量转移 4 次的变化,但面积最大仍是变化 1 次的土地。随着时间序列的增加,新增变化在每个时期都占主导,但是中心城区附近的土地利用并不稳定会发生多次转移。1990—2000 年,扩张像元从约占总面积 0.76% 减少到约 0.63%,土地利用为转变模式,但是该变化并不剧烈。2000—2010 年,扩张像元在 2000 年的基础上累计增加至 6%,说明该时期长沙市的土地利用变化呈现出持续的扩张模式。

2.2 转移地类分析

长沙市 1990—1995 年土地利用,只涉及 1 个地类和 2 个地类的变化,且变化主要发生在城市建成区附近;1990—2000 年,发生变化的位置与 1990—1995 年相似,出现了 3 个地类的变化;1990—2005 年,发生变化的位置扩张到了整个湘江主流沿岸和一些城市或者村庄的集聚地,变化最多也是涉及 3 个地类。1990—2010 年,变化沿湘江产业带和宁长浏产业发展带延伸,最多出现涉及 4 个地类的变化,其面积特别小,涉及 2 个地类的变化面积最大。保持不变的像元从占总面积的 99.24% 减少到 68.04%,涉及 2 个地类的变化像元从 0.76% 增加到 30.43%,涉及 3 个地类的变化像元从 0~1.49%,涉及地类数越来越多,最多达到 4 个,占总面积的 0.03%。

1990—2010 年土地利用变化中涉及 2 个地类的变化最多。涉及 2 个地类的变化中,耕地和建设用地的变化主要在城镇外围,且是主要的变化形式;耕地和林地的变化比较破碎但是其分布范围却很广,1990—2010 年涉及该地类变化的土地面积为 174.34 km²,其中由耕地转为林地的为 81.63 km²,由林地转为耕地的为 90.89 km²,剩余的为耕地和林地之间进行交替变化最终又变为初始时

期地类的面积为 1.82 km²。耕地和水域的变化位于河流沿岸,主要可能是由于季节变化等造成河滩地的出现。

2.3 转移地类与转移次数综合分析

将 1990—2010 年的转移次数分布图和地类数分布图进行叠加,产生一个交叉矩阵(如表 1 所示)。转移次数显示在列,地类数显示在行。在变化的像元中,2 个地类且变化 1 次的像元有 74 215 个,占总变化的 75%,2 个地类变化次数依次增加最多达到了 4 次,且随着变化次数的增加,像元数在减少。3 个地类变化 2 次的像元有 2 957 个,3 个地类最多变化了 5 次。变化最多涉及 4 个地类,其中变化 3 次的像元有 303 个,最多变化了 5 次且像元有 20 个。从列来看,变化 1 次的面积最大,且这些变化都涉及 2 个地类。当变化 2~4 次时,2 个地类的面积也最大。随着转移次数和地类数的增多,像元数都在减少,2 个地类变化 1 次的新增变化比较突出。

表 1 1990—2010 年土地利用转移地类数交叉矩阵

转移地类数		转移次数				
		1 次	2 次	3 次	4 次	总计
2 地类	数量	74 215	16 849	3 082	34	94 180
	比例/%	76	17	3	0	96
3 地类	数量	—	2957	804	148	3 909
	比例/%	—	3	1	0	4
4 地类	数量	—	—	10	0	10
	比例/%	—	—	0	0	0
总计	数量	74 215	19 806	3 896	182	98 099
	比例/%	76	20	4	0	100

将 1990—2010 年转移地类数和转移次数分布图进行叠加,可知 2 地类变化 1 次集中发生在城市建成区外围,和河流湖泊附近。多次变化主要发生在湘江主流沿岸。将 2 地类变化 1 次的变化类型提取出来,可知在 1990—2010 年耕地和建设用地区以及林地和建设用地区转移 1 次的变化主要位于城市建成区外围,面积分别为 202.86,169.96 km²,但其范围受到城市用地规模的制约。此外,距长沙市正东方向约 10 km 内存在大量耕地在 1995 年转到建设用地,在 10~16 km 间存在大量耕地在 2005 年转移到建设用地。在东南方 14~22 km 主要是耕地在 2010 年转到建设用地。望城县和长沙县由于地理位置上距离长沙市较近,其外围变化与长沙市存在很多重叠情况。在宁乡县 2 km 内和浏阳市北方 2 km 内存在耕地在 1990 和 2005 年转到建设用地;在宁乡县西北方和浏阳市东北方 2 km 以外则是耕地在 2010 年转到

建设用地。同时在长沙市西北 18 km 内、长沙市东南、宁乡县东北和浏阳市北方 2~6 km 也存在林地。在 2005,2010 年转到建设用地。在 1990—2010 年随着时间推移城市建成区附近的耕地和林地转为建设用地的变化距离城市中心越来越远,说明 1990—2010 年长沙市城市扩张呈增长态势且主要占用城市外围的耕地或林地。而在乡村地区存在很多破碎图斑显示建设用地区在 2010 年转为耕地和林地,面积分别为 48.27,12.04 km²,说明随着城市扩张不断加强,耕地和粮食安全压力增加,会通过将乡村地区或废弃建筑工矿用地区等的建设用地通过土地整治和土地复垦等措施来增加耕地数量。

3 讨论与结论

(1) 随着时间的发展,变化的次数增多而该种变化类型的面积越小。长沙市的新增变化在南北方向上沿湘江延伸,在东西方向上沿宁长浏产业发展带伸展。1990—2000 年长沙市的土地利用/覆被变化呈转变模式,2000—2010 年呈扩张模式,表明 1990—2010 年长沙的城市扩张是加速进行的。

(2) 转移次数和转移地类数的空间分布具有相似性。随着转移次数和地类数的增多,对应变化的像元数都在减少,2 个地类变化 1 次的新增变化比较突出。随着时间延长,虽然土地整治等能补给少量的耕地和林地,但城市扩张占用外围耕地和林地仍是当地土地利用中主要的变化方式。

(3) 其他城镇和长沙市中心城区变化模式相似但辐射能力较弱且发展方向不尽相同,土地利用变化和规模遵循一定的城市等级顺序。

探寻基于多期时间序列土地利用数据的转移次数和地类及其时空关联特征,一方面,可从新层面来探测土地利用变化的特征规律,为预测等提供基础;另一方面,可将量化的变化信息在空间上可视化展示。同时该方法可以充分利用土地利用现有数据,探究变化过程展示区域动态变化。本文中长沙市呈现转移次数和转移地类在空间变化上的统一,且主要变化为外延性城市扩张。但是某些城市的发展可能与此不同,也可用此方法进行进一步的对比分析。对于城市扩张的研究和区域差异研究也可应用此方法,这将是未来深入研究的方向。

致谢:感谢美国克拉克大学地理学院 Robert Gilmore Pontius Jr 教授给予的指导和宝贵意见。

[参 考 文 献]

- [1] Turner II B L. Local faces, global flows; The role of land use and land cover in global environmental change [J]. *Land Degradation and Development*, 1994, 5(2): 71-78.
- [2] 周增荣, 黄金良, 周培. 土地利用系统转移分析方法及其应用[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2012, 7(4): 28-38.
- [3] 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[J]. *地理科学进展*, 2004, 23(6): 96-104.
- [4] 段增强, 张凤荣, 孔祥斌. 土地利用变化信息挖掘方法及其应用[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(12): 60-66.
- [5] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 643-650.
- [6] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(5): 533-540.
- [7] Zhang Honghui, Zeng Yongnian, Bian Ling, et al. Modelling urban expansion using a multi agent-based model in the city of Changsha[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, 20(4): 540-556.
- [8] 邓楚雄, 谢炳庚, 李晓青, 等. 长沙市耕地集约利用时空变化分析[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(1): 230-237.
- [9] 张卢奔, 李满春, 周磊, 等. 基于信息熵和分形维数的长沙市土地利用结构变化分析[J]. *湖南师范大学自然科学学报*, 2014, 37(4): 1-5.
- [10] 罗开盛, 李仁东. 长沙市近 10 a 土地利用变化过程与未来趋势分析[J]. *中国科学院大学学报*, 2014, 31(5): 632-639.
- [11] 陈永林, 谢炳庚, 李晓青, 等. 2003—2013 年长沙市土地利用变化与城市化的关系[J]. *经济地理*, 2015, 35(1): 149-154.
- [12] 刘纪远, 张增祥, 李秀彬, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [13] 雷师. 中国中部和东南部城市土地利用变化对比研究[D]. 湖南湘潭: 湖南科技大学, 2014.
- [14] Zhang Yujia. Characterizing Land Changes over Several Points in Time[D]. Massachusetts: Clark University, 2011.
- ~~~~~
- (上接第 181 页)
- [21] 张伟, 李爱农. 基于 DEM 的中国地形起伏度适宜计算尺度研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2012, 28(4): 8-12.
- [22] Cliff A D, Ord J K. *Spatial Processes: Models & Applications*[M]. London: Taylor & Francis, 1981.
- [23] 孟斌, 王劲峰, 张文宗, 等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究[J]. *地理科学*, 2005, 25(4): 11-18.
- [24] 谷建立, 张海涛, 陈家赢, 等. 基于 DEM 的县域土地利用空间自相关格局分析[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(23): 216-224.
- [25] 陈彦光. 基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J]. *地理研究*, 2009, 28(6): 1449-1463.
- [26] Li Hongfei, Calder C A, Cressie N. Beyond Moran's I: Testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model [J]. *Geographical Analysis*, 2007, 39(4): 357-375.
- [27] Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA [J]. *Geographical Analysis*, 1995, 27(2): 93-115.
- [28] 王康, 何俊仕, 于德浩, 等. 采用 ArcGIS 平台的地势起伏度自动提取技术研究[J]. *沈阳理工大学学报*, 2013, 32(2): 63-67.
- [29] 韩海辉, 高婷, 易欢, 等. 基于变点分析法提取地势起伏度: 以青藏高原为例[J]. *地理科学*, 2012, 32(1): 101-104.
- [30] 范鹏宇, 朱校娟, 郭啸川. 基于 DEM 的地形起伏度最佳计算尺度的研究: 以仙居县为例[J]. *地矿测绘*, 2016, 32(4): 36-38.
- [31] 王岩, 刘少峰. 基于 DEM 的青海贵德地区地形起伏度的研究[J]. *地质通报*, 2008, 27(4): 2117-2121.
- [32] 曹伟超, 陶和平, 孔博, 等. 基于 DEM 数据分割的西南地区地貌形态自动识别研究[J]. *中国水土保持*, 2011(3): 38-41.
- [33] 张锦明, 游雄. 地形起伏度最佳分析区域研究[J]. *测绘科学技术学报*, 2011, 28(5): 369-373.
- [34] 刘新华, 杨勤科, 汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J]. *水土保持通报*, 2001, 21(1): 57-59.