

1990—2005 年武汉市土地利用时空变化及其政策驱动因素分析

马才学, 孟 芬, 赵利利

(华中农业大学 公共管理学院, 武汉 430070)

摘 要: 基于湖北省武汉市 1990, 1995, 2000, 2005 年四个时相的土地利用数据, 利用 ArcGIS 的空间分析方法和技术, 获取土地利用转移矩阵、土地利用面积变化图及土地利用分布中心研究武汉市土地利用的时空变化特征, 并从政策层面分析 1990—2005 年政策因素对武汉市土地利用变化的驱动影响。结果表明在 1990—2005 年: 1) 武汉市土地利用变化以耕地、城市建设用地、水域的变化及它们之间的相互转换为主, 其中耕地面积持续下降, 建设用地面积持续扩张, 水域面积缓慢增加; 2) 武汉市林地、耕地和水域的空间分布中心均有向北迁移的趋势, 建设用地中心有向西南迁移的趋势, 而草地中心则有向东迁移的趋势; 3) 耕地保护、退耕还林和中部崛起等相关政策对武汉市土地利用时空变化存在着影响。

关键词: 土地利用时空变化; 政策驱动因素; 武汉市

中图分类号: F301

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)02-0117-06

Analysis on Spatiotemporal Change of Land Use and Its Policy-Driven Factor in Wuhan City from 1990 to 2005

MA Caixue, MENG Fen, ZHAO Lili

(College of Public Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Based on land use data of Wuhan City in 1990, 1995, 2000, and 2005, this paper calculated and analyzed transfer matrixes, made the change maps and migration maps of land use by using spatial analysis methods and ArcGIS. Then study on spatiotemporal characteristics of land use changes in Wuhan City and the driven driving impact from policy factor during 1990—2005 were conducted. The results showed that during 1990—2005: 1) the amount of changes in land use in Wuhan were generated by the exchanges between farmland, construction land, and water area, at the same time, it was noticed that the area of farmland decreased continuously, while construction land presented the opposite trend, and water area slowly increased; 2) the spatial distribution center of forestland, farmland, water area moved to the north, while the center of construction land moved to the south, and the center of grassland moved to the east; 3) it was the policies of protecting arable land, Grain for Green and Rise of Central China that had great influence on spatiotemporal change of land uses in Wuhan City during 1990—2005.

Keywords: land use spatiotemporal change; policy-driven factor; Wuhan City

自 1995 年“LUCC(土地利用/土地覆盖变化科学研究计划)”被 IGBP(国际地圈生物圈计划)和 IHDP(人与环境计划)制定并执行以来,关于 LUCC 的研究受到国内外学者的广泛关注^[1]。随着城市化进程的推进,城市土地利用状态处于剧烈的变化之中,基于此,城市被选为 LUCC 研究的“热点地区”^[2]。目前国内关于城市 LUCC 的研究主要集中在土地利用\覆盖变化的过程及驱动力上^[3-4]。关于

土地利用\覆盖变化的过程研究,主要有揭示土地利用变化(数量、利用程度)、土地利用变化方向(类型的来源与去向)、土地利用的空间变化等 3 类,常用的研究方法有土地利用转移矩阵、土地利用程度综合指数、土地利用动态度、类型重心的迁移、景观格局指数等^[5-7]。关于土地利用\覆盖变化的驱动力研究,按照驱动力产生的来源可分为自然驱动力和社会驱动力,常见的方法有定性或定量分析法^[8]。

武汉市是我国中部地区的中心城市,是湖北省、武汉城市圈区域经济发展的龙头,武汉市土地利用动态度较大^[9],时空变化明显。本文以武汉市为研究案例区,选取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年总时间跨度为 15 a 的数据,从 1990—1995 年、1995—2000 年、2000—2005 年 3 个时间段对武汉市耕地、林地、草地、建设用地和水域的时空变化进行动态分析,并剖析影响土地利用变化的重要政策驱动因素,在揭示武汉市土地利用时空格局的变化特征和演变机制的基础上,有利于了解政策因素对不同土地利用类型的影响程度和驱动作用,从而为新一轮土地利用总体规划修编和区域土地资源可持续利用提供理论依据和决策支持。

1 研究区概况

武汉市地处中国腹地中心(介于东经 113°41′—115°05′,北纬 29°58′—31°22′)、湖北省东部、长江与汉江交汇之处,是全国特大城市和重要的交通枢纽,也是湖北省省会,华中地区和长江中游的经济、科技、教育和文化中心。截至 2005 年年底,武汉市全市土地总面积 8 494.41 km²,常住人口 858 万人,人均国内生产总值达到 26 238 元。

武汉市现辖江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、青山区、洪山区 7 个主城区和蔡甸区、江夏区、东西湖区、汉南区、黄陂区、新洲区 6 个远城区。研究区属亚热带湿润季风气候,日照充足,雨量充沛,多年平均气温 15.8~17.5℃,年均降雨量 1 269 mm。地域地势北高南低,中部低平,以丘陵和平原相间的波状起伏地貌为主,土地利用类型多样,利用程度较高。

2 研究数据及方法

2.1 数据源

本研究所涉及的数据包括武汉市 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年 4 个时相的土地利用数据、武汉市行政区划数据及历年武汉市统计年鉴资料。其中多时相的土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心的土地利用数据库,该数据利用陆地资源卫星数据作为基础数据解译得到,含耕地、林地、草地、建设用地、水域、未利用地 6 种用地类型,空间分辨率为 30 m;武汉市行政区划数据通过在 ArcGIS 中数字化获取;辅助研究武汉市土地利用时空动态变化的其他相关社会经济资料均来源于《武汉市统计年鉴》(1991 年、1996 年、2001 年、2006 年)。

2.2 总体思路和研究方法

2.2.1 总体思路 分 3 个时间段从时空尺度研究武汉市各土地利用类型数量上的相互转移和空间格局

的变化。首先运用 ArcGIS 对 4 个时相的土地利用数据进行统计和叠加分析,计算出武汉市 1990—1995 年、1995—2000 年、2000—2005 年的土地利用转移矩阵及土地利用面积变化图,从数量上反映耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地 6 种土地利用类型间的转换程度和转移方向;然后,通过 ArcGIS 的空间分析功能计算出各土地利用类型的空间分布中心,在时间轴上分析空间分布中心的迁移方向和迁移距离,得到土地利用类型分布中心的迁移规律;最后,从政策层面入手分析导致 1990—1995 年、1995—2000 年、2000—2005 年武汉市土地利用时空变化的政策驱动因素,进一步认识和解释武汉市土地利用的时空变化历史和趋势。

2.2.2 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵是描述不同时期各种土地利用类型间的数量变化和转移趋势的分析矩阵,可作为土地利用类型结构分析和变化方向分析的基础^[4]。刘瑞在《基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨》一文中提出了如表 1 所示的土地利用转移矩阵^[10],其中行、列分别表示 T_2 、 T_1 时点的土地利用类型, A_{ij} 表示从 T_1 到 T_2 时刻土地利用类型 i 转换为土地利用类型 j 的面积, A_{ii} 表示从 T_1 到 T_2 时间段内土地利用类型 i 保持不变的面积。 A_{i+} 代表 T_1 时间段内土地利用类型 i 的总面积, A_{+j} 代表 T_2 时间段内土地利用类型 j 的总面积,其中转出总量和转入总量分别表示从 T_1 到 T_2 时间段内某种土地利用类型转换为其他类型的面积和其他用地类型转换为该种土地利用类型的面积。

2.2.3 空间分布中心 空间分布中心是指将各类土地利用斑块抽象为空间离散的点(斑块质心),并以斑块面积占该地类总面积的比例为权重,通过下式计算出某类土地利用类型分布的加权平均中心,也即该地类空间分布的重心,这个值的变化能大致体现出各地类分布总体位置的变化及空间格局变化^[11]。其计算公式为:

$$x_0 = \frac{\sum x_i \times W(P_i)}{\sum W(P_i)}$$

$$y_0 = \frac{\sum y_i \times W(P_i)}{\sum W(P_i)}$$

式中: x_i 、 y_i ——各地类第 i 个斑块的质心的坐标; P_i ($i=1,2,3,\dots,n$) 的权重为 $W(P_i)$ 。

3 结果与分析

3.1 基于转移矩阵的武汉市土地利用的数量转变

在 ArcGIS 10.0 环境中,将武汉市 1990、1995、2000、2005 年 4 个时相的土地利用栅格数据转换为

矢量数据,然后对其进行统计、叠加分析,分别生成 1990—1995 年、1995—2000 年、2000—2005 年 3 个时间段的土地利用转移矩阵(表 2,表 3 和表 4)。结果表明,1990—2005 年耕地、水域和建设用地是武汉市数量变化最大的土地利用类型。下面就每一种土地利用类型的变化情况作出具体分析。

表 1 土地利用转移矩阵

参数		T_2						
		c_1	c_2	c_3	\cdots	c_n	A_{i+}	转出总量
T_1	c_1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	\cdots	A_{1n}	A_{1+}	$A_{1+} - A_{11}$
	c_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	\cdots	A_{2n}	A_{2+}	$A_{2+} - A_{22}$
	c_3	A_{31}	A_{32}	A_{33}	\cdots	A_{3n}	A_{3+}	$A_{3+} - A_{33}$
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	c_n	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	\cdots	A_{nn}	A_{n+}	$A_{n+} - A_{nn}$
	A_{+j}	A_{+1}	A_{+2}	A_{+3}	\cdots	A_{+n}		
转入总量		$A_{+1} - A_{11}$	$A_{+2} - A_{22}$	$A_{+3} - A_{33}$	\cdots	$A_{+n} - A_{nn}$		

表 2 1990—1995 年武汉市土地利用转移矩阵 km²

土地利用类型	1995 年						
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	建设用地	转出总量
1990 年	耕地	0	5.50	1.20	76.04	7.78	146.82
	林地	10.03	0	0.59	0.94	0.25	13.09
	草地	0.31	0.20	0	0.65	0.01	1.97
	水域	29.60	0.70	0.84	0	3.75	44.93
	未利用地	0.36	0.00	0.02	2.88	0	3.53
	建设用地	2.53	0.09	0.06	0.32	0.03	3.03

表 3 1995—2000 年武汉市土地利用转移矩阵 km²

土地利用类型	2000 年						
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	建设用地	转出总量
1995 年	耕地	0	9.67	0.45	54.90	1.03	107.62
	林地	2.81	0	0.90	1.14	0.02	8.06
	草地	0.42	0.57	0	0.36	0.03	3.18
	水域	31.84	0.13	0.16	0	0.36	50.24
	未利用地	7.41	0.04	0.01	17.28	0	25.89
	建设用地	20.32	0.92	0.63	2.40	0.26	24.52

表 4 2000—2005 年武汉市土地利用转移矩阵 km²

土地利用类型	2005 年						
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	建设用地	转出总量
2000 年	耕地	0	1.33	0.33	46.17	0.34	146.02
	林地	0.60	0	0.08	2.00	0.01	10.26
	草地	0.22	0.65	0	3.93	0.01	6.26
	水域	18.07	0.12	1.40	0	2.04	44.24
	未利用地	0.51	0.00	0.00	2.38	0	4.56
	建设用地	1.78	0.44	0.02	1.19	0.06	3.50

在 1990—2005 年间,武汉市耕地面积持续减小。在此时间段内,武汉市耕地共转入 126.82 km²,转出 400.46 km²,是面积变化最大的一种土地利用类型。武汉市耕地面积的减小主要表现为耕地与城市建设用地、水域、林地之间的不平衡的相互转换。值得注意的是,在 1995—2000 年,耕地的转出量为 107.62 km²,同时其转入量为 62.80 km²,其转出转入量之差为 3 个时段内最小。

水域数量在这 15 a 间呈现总体上升的趋势,水域的变化特征主要与耕地、建设用地、未利用地相关。相比于其他用地类型,各个时间段内水域的转入转出量值较大,总共转出量为 139.41 km²,转入量为 212.58 km²,说明武汉市水域处于剧烈变化的过程之中。

建设用地在这 15 a 间,共转入 265.28 km²,转出 31.05 km²,是面积变化第二的地类。建设用地在研究的 3 个时间段内,呈现总体上升的趋势,尤其是在

2000—2005年,建设用地的转入转出量之差达到了 127.63 km^2 ,大于前2个时间段内建设用地增加的总量。建设用地增加的主要来源为耕地、水域、林地。

草地面积在15 a间呈现先增加后减小的趋势,在1990—1995年间,草地面积略微增加,其增加值主要来源于耕地、林地、水域;在1995—2005年10 a间,草地面积缓慢下降,其减少主要是由于草地转换为城市建设用地、林地、水域。

林地的发展趋势表现为倒写“N”的形式,即先减小后增加再减小的趋势,1990—1995年林地的转出总量大于转入总量,其转出类型主要为耕地;1995—2000年林地的转入总量大于转出总量,其主要原因是部分耕地转为林地;前2个阶段林地面积的变化主要集中于耕地和林地之间的相互转换,但在2000—2005年间,林地面积再次下降,主要是由于林地被建设用地占用。

3.2 基于空间分布中心的武汉市土地利用的空间迁移

1990—2005年,武汉市社会经济处于一个稳定上升的发展趋势,随着城市化进程的加速,城镇用地的扩张,耕地、林地、草地、建设用地和水域景观的空间结构和布局发生了变化,其分布中心也随之发生了迁移。

武汉市五种土地利用类型的空间分布中心分别位于不同的位置,并且,在1990—2005年间迁移的方向和距离各不相同。耕地的分布中心位于武汉市青山区附近,在1990—1995年和1995—2000年,中心明显的向东北方向进行了迁移,但是幅度不大,这种变化主要是由于该阶段武汉市西南部的汉阳区和硚口区的耕地转变为了建设用地。然而在2000—2005年,耕地中心向北发生了较大幅度的迁移,而该阶段武汉市南部的汉阳区和江夏区出现了大量耕地转为建设用地的情况,因此,此阶段分布中心的迁移情况正好反映了这种实际变化。

水域的分布中心位于洪山区南部,并且有向北迁移的大趋势,原因在于原本位于武汉市南部汉阳区、江夏区和蔡甸区较集中的水域被大量地转化为耕地、建设用地,水域的中心才会向北迁移。

建设用地的分布中心位于武昌区和青山区交界的区域,并且有明显有向西南迁移的趋势,结合前面分析得到的建设用地是转入量最大的用地类型,可知近十五年,武汉市南部的蔡甸区、汉阳区和江夏区有大量耕地和水域转变为建设用地,这佐证了建设用地分布中心向西南迁移的趋势。

草地的分布中心位于洪山区的北端,整体有向东迁移的趋势,并且在2000—2005年迁移的距离较大,

在1990—1995和2000—2005年,在武汉市东西湖区和江岸区有大量草地转移为水域,因此导致了草地中心的向东迁移。同时,在1995—2000年,草地中心向西南角进行了程度较小的迁移,分析可知,此阶段在武汉市洪山区等原中心的西南方向有部分林地和建设用地转换过来的草地。

林地的分别中心位于武汉市黄陂区内,在1990—1995年和2000—2005年,中心向北迁移,并且前者迁移的距离较大,主要是由于武汉市北部黄陂区、新洲区等有耕地转为林地,而南部汉南区和江夏区建设用地侵占了林地。在1995—2000年,林地中心向东南方向进行了转移,但是距离较小,在此阶段在武汉市东南方向有耕地转变为林地。

3.3 政策因素驱动力分析

影响城市土地利用动态变化的驱动因素可分为两类:自然因素和人为因素^[12]。鉴于城市生态系统是人类通过对自然环境的适应、加工、改造而建立起来的特殊的人工生态系统,在分析城市土地利用类型变化的过程中,人为因素起着重要的驱动作用。其中人为因素主要又包括政治、经济、社会等驱动因素,但政策作为政治的外在表现,其导向直接决定了经济社会的发展方向,从而影响土地利用格局^[13]。因此,从政策因素来解释前文分析得到的土地利用时空变化具有可行性和必要性,也能为未来土地政策的制定提供有益的参考。本文主要从定性角度分析全国及省、市、区的政策要素对武汉市土地利用变化的驱动作用。

图1显示的是根据土地利用数据统计得出的1990年,1995年,2000年,2005年4个时相的武汉市土地利用类型面积变化图。

结合土地利用转移矩阵(表2,表3,表4),以国家和地方政策为切入点,从政策层面分析1990—2005年武汉土地利用变化。

耕地:1990—2005年武汉市市域内耕地面积呈现持续下降的趋势,不同时间段内下降的幅度不同:1990—1995年,是我国进一步推进改革开放和发展市场经济的关键时期,彼时在全国范围内出现了“开发区热”和“房地产热”,再加上在此阶段武汉市非农产业建设用地及城镇规模的扩张,耕地大量转出,主要转为水域和城镇建设用地^[14]。1995—2000年,是当前我国很多关于耕地的政策、法规出台的关键时期,如1997年《刑法》中增设的“破坏耕地罪”、“非法批地罪”、“非法转让土地罪”,1999年开始执行的新《土地管理法》等,在如此积极的耕地保护政策的驱动下,此阶段内耕地面积下降趋势减缓,其转出转入面积之差为三个时间段内最小;此外由于1998年长江

流域发生的特大洪涝灾害,武汉市的生态安全也得到了空前重视,为响应朱镕基总理提出的“封山植树、退耕还林;退田还湖,平垸行洪;以工代赈,移民建镇;加固干堤,疏浚河道”的32字灾后重建指导原则,政府相应地出台了封山植树退耕还林等政策,其中耕地转为林地面积在此阶段为最大。2000—2005年间,武汉市作为彼时国务院批复的“中部重要的中心城市”,城市化进程的加快和人口的迅速膨胀,城市空间扩张压力进一步加大,而城市周围分布的主要是优质耕地,加上耕地与城市用地在比较效益方面的显著差异,使得实行城市扩展政策的直接结果就是对耕地的大面积开发占用,这是导致耕地大幅度减少的重要原因。

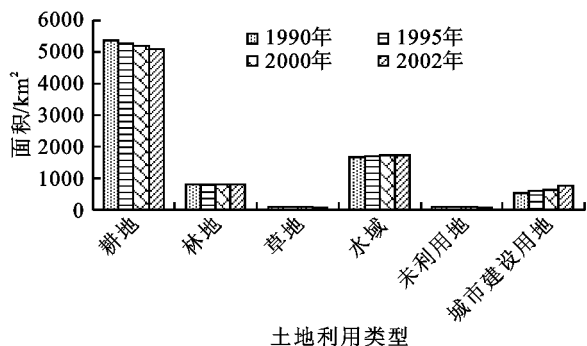


图1 武汉市土地利用类型面积变化

水域:武汉被称为“百湖之市”,享有“一城江水半城山”的美誉,其水域面积略占全市土地总面积的20%。1990—2005年十五年间,武汉市的水域处于总面积缓慢上升,但是转入和转出剧烈变化的状态。一方面是由于90年代初期,房地产开发热潮席卷全国,鉴于填占湖泊建高楼的成本远低于旧城改造,且滨水楼盘售价相对更高,导致武汉市出现了围湖造地的行为:西北湖上竖起摩天大厦,南湖之中冒出成片住宅,菱角湖上填起的图书大世界,武汉市众多知名或不知名的湖泊面积处于逐步衰减之中。另一方面是在1998年长江流域发生特大洪涝灾害之后,国务院提出了“封山育林、平垸行洪、退田还湖、移民建镇、疏浚河湖”的灾后重建指导方针,再加上武汉市政府分别于1999年,2001年发布《武汉市保护城市自然山体湖泊办法》及《武汉市湖泊保护条例》,同时人们逐步意识到“围湖造田”所取得的经济效益不及发展水产养殖业,因此在经济利益和生态保护政策的驱动下,部分水域在被占用的情况下,也有其他用地转换成水域,从而使武汉市水域用地处于剧烈的转入转出状态之中。

建设用地:早在1993年中共湖北省第六次代表大会上,就做出了“为实现湖北在中部崛起而奋斗”的报告,武汉市作为湖北省的省会,随着其城镇化建设步伐的不断加快,在主城区内涌现“开发区热”和“房地产热”的同时,同步发展远城区。在武汉市发展过

程中,南部建设的汉南区、江夏区一直是武汉市城镇化建设政策施行的重要区域,与建设用地中心向南迁移的趋势相吻合。

草地:武汉市的草地整体上呈现先增加后减少的趋势。武汉市草地面积相对较小,仅占武汉市土地总面积的0.85%,且武汉市农业以种植业为主,牧业相对不发达,草地的经济价值未能得到充分体现,因而并未受到足够的重视,处于粗放型经营阶段。2000年,随着国务院推动“退耕还林还草试点工程”以及下发《关于进一步做好退耕还林还草工作的若干意见》(国发[2000]24号),武汉市政府据此对退耕还林还草地区给予粮食、资金及税收补助,此外随着人们生活水平的提高,对生态环境的绿化程度的重视,草地的保有量才有略微增加的趋势。但总体来看,在城镇化的总体趋势下,由于草地的经济效应不明显,草地面积总体上减少了。

林地:受政策的影响,在3个时间段内林地的变化趋势各不相同:在1990—1995年,武汉市经济发展还处于“靠山吃山、靠水吃水”的初级生存模式,林地面积呈现减少趋势,此外由于中国经历了1949—1957年、1962—1970年,1981—1990年三个生育高峰期,1990年人口数量较大,粮食需求激增,也导致少量水热条件较好的林地被占用转变为耕地。1995—2000年,由于1998年长江流域特大洪水的影响,武汉市人民政府出台了《武汉市人民政府关于封山植树退耕还林大力保护和发展森林资源的通知》,制订了林业发展“调整结构、扶育改造、加强保护、适度开发、林加结合、综合利用,努力抓好比较完备的生态体系和比较发达的产业体系建设”的政策,进行了重点对长江防护林、汉江防护林,以及城镇绿化景观建设的改造工程。由于这些退耕还林、封山植树等政策的实施,林地占有量有所回升。在2000—2005年,武汉市政府批准成立武汉科技新城,同时建设武汉·中国光谷,武汉市南部林地减少,与此同时武汉市黄陂区出台鼓励投资林业的优惠政策,吸引人们到该区荒山上植树种草,因此黄陂区林地成为武汉市林地的较聚集区,武汉市林地中心也向黄陂区北方迁移。

4 结论

通过时空分析,本文研究了1990—1995年、1995—2000年、2000—2005年三个时间段15a间武汉市耕地、林地、草地、水域和建设用地等土地利用类型的时空动态性,包括这些土地利用类型数量的变化、空间分布中心位置变化和空间结构变化,最后,还对产生这些时空变化的政策性驱动因素进行了分析。

结果表明:

1) 1990—2005年武汉市土地利用的变化以耕地、水域和建设用地的数量变化和相互转移为主。其中耕地面积持续减小,水域面积缓慢上升,建设用地面积增加明显,其数量变化和转移量具体表现为:耕地共转入126.82 km²,转出400.46 km²;水域共转入212.58 km²,转出139.41 km²;建设用地共转入265.28 km²,转出31.05 km²。

2) 1990—2005年武汉市林地、耕地和水域的空间分布中心均有向北迁移的趋势,建设用地的空间分布中心有向西南迁移的趋势,而草地空间分布中心则有向东迁移的趋势。

3) 1990—2005年国家宏观政策及区域发展政策等对武汉市土地利用时空变化存在着一定的影响,其具体表现在受城镇化、耕地保护、退耕还林、中部崛起等相关政策影响。

通过本文的研究,从时间、空间和数量三维度剖析了1990—2005年武汉市耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地的动态变化,一方面加深了以土地利用为核心的武汉市城市发展建设历史的科学认识,另一方面这对武汉市未来经济社会政策、土地利用政策和城市建设布局规划等的制定具有重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 刘纪远,张增祥,庄大方. 20世纪90年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.

- [2] 于兴修,杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57.
- [3] 张静,马彩虹,王启名,等. 汉中市土地利用变化的动态变化研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 112-116.
- [4] 范科红,李阳兵. 1986—2007年重庆主城区土地利用变化及其驱动因素研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 168-173.
- [5] 赵哲远,马奇,华元春,等. 浙江省1996—2005年土地利用变化分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(11): 55-60.
- [6] 彭文甫,周介铭,罗怀良,等. 土地利用变化与城市空气环境效应的关系[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 87-91.
- [7] 谭君,李世平. 铜川市土地利用变化对生态系统服务价值的影响分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 131-136.
- [8] 倪绍祥. 土地利用/覆被变化研究的几个问题[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 932-937.
- [9] 柯新利,韩冰华,刘蓉霞,等. 1990年以来武汉城市圈土地利用变化时空特征研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 76-81.
- [10] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1550.
- [11] 杜宁睿,杜志强. 城市绿地演变的空间分析[J]. 武汉大学学报:工学版, 2004, 37(6): 121-124.
- [12] 孙慧兰. 乌鲁木齐城市景观动态变化及驱动力研究[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学, 2007.
- [13] 张起明,胡梅,齐述华,等. 1980—2005年江西省土地利用变化政策因素驱动力分析[J]. 江西科学, 2011, 29(5): 597-602.
- [14] 翟文侠,黄贤金. 我国耕地保护政策运行效果分析[J]. 中国土地科学, 2003, 17(2): 8-13.

(上接第116页)

- [7] 刘东,周明,孟军. 近似熵在三江平原地下水埋深序列复杂性分析中的应用[J]. 自然资源学报, 2012, 27(1): 115-121.
- [8] 刘萌,刘东. 基于样本熵的地下水埋深序列复杂性分析[J]. 水利水电技术, 2012, 43(12): 5-8.
- [9] 孙东永,黄强,王义民,等. 滑动近似熵在径流序列突变性分析中的应用[J]. 水力发电学报, 2014, 33(4): 1-6.
- [10] 王启光,张增平. 近似熵检测气候突变的研究[J]. 物理学报, 2008, 57(3): 1976-1983.
- [11] Pan X, Yan B, Yoh M, et al. Temporal variability of iron concentrations and fractions in wetland waters in Sanjiang Plain, Northeast China[J]. Journal of Environmental Sciences-China, 2010, 22(7): 968-974.
- [12] Zhou D, Gong H, Wang Y, et al. Driving forces for

the marsh wetland degradation in the Honghe National Nature Reserve in Sanjiang Plain, Northeast China[J]. Environmental Modeling & Assessment, 2009, 14(1): 101-111.

- [13] 何文平,何涛,成海英,等. 基于近似熵的突变检测新方法[J]. 物理学报, 2011, 60(4): 820-828.
- [14] 原立峰,张增信,刘星飞,等. 鄱阳湖流域近49a降雨序列一致性检验与分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2): 732-735.
- [15] 姜秋香,付强,王子龙. 空间变异理论在土壤特性分析中的应用研究进展[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 250-253.
- [16] 腊贵晓,顾怀胜,刘国顺,等. 喀斯特地区烟田土壤养分的空间变异特征[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 48-53.