

顾及小波变换的土地利用变化与经济因子的多尺度相关性分析

陈江平¹ 韩青¹ 胡晶¹ 张鹏林¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘要:以武汉市为研究区域,借助小波分析工具,揭示了土地利用变化的特征尺度。通过小波方差-尺度图可以辨别出,样区中 64 m 尺度域上的小波方差为极值点,能较好地反映土地利用变化的空间格局。在特征尺度分析的基础上进行土地利用变化与经济影响因子多尺度相关性分析,结果表明,各经济影响因子的对土地利用变化的制约性随尺度的增大不断增强,小尺度上经济因子与土地利用变化的相关性较小;在特征尺度上,一般经济因子的相关系数较大,原因在于特征尺度上土地利用的空间结构信息丰富,能较好地反映经济因子与土地利用变化的相关性;大尺度上随着信息的不断合并,多数经济因子相关系数增长缓慢并逐渐趋于稳定;多尺度相关性分析反映了经济影响因子作为宏观制约因素影响样区土地利用的变化,也验证了特征尺度分析的有效性。

关键词:土地利用变化;小波变换;经济因子;相关性分析

中图分类号:P208

随着我国城镇化进程的加速,城镇群土地利用的动态变化将进一步加剧,土地利用和土地覆盖变化(LUCC)研究在气候变化、城镇群规划等关键问题研究中发挥着重要作用。建立土地利用变化显示和多尺度的整合模型,是理解土地利用变化过程和掌握区域土地利用变化驱动机制的重要技术。文献[1]采用数理统计与 GIS 手段从多个规模尺度上探讨了我国土地的空间分布特征。文献[2]利用 Moran's I 系数的自相关图来表达研究区土地利用变化的空间自相关,建立考虑回归和空间自相关的混合回归-空间自相关回归模型,从多个尺度显示研究区域空间自相关的存在。多尺度分析已成为研究土地利用变化的重要方向和趋势,但城市群土地利用变化受多种因素的影响,土地利用变化的特征尺度以及不同尺度下土地利用变化驱动力分析将是深入了解土地利用变化机理,并提出相应调控策略的关键所在^[3]。

小波变换作为一种多尺度分析工具,被较多地用于信号处理、遥感影像分析^[4-7]、地图综合制

图、径流变化、森林结构变化等生态学研究^[8-10]。然而,在土地利用多尺度相关性分析方面关注较少,本文尝试借助小波分析这一数学工具判断武汉市土地利用变化的空间异质性及特征尺度,并与经济数据进行相关性分析,为进一步掌握区域土地利用变化的驱动机制提供依据。

1 研究方法

影像数据来源于国际科学数据服务平台^[11]分辨率为 15 m 的 Landsat-7 遥感影像,选取 1999-11 和 2002-08 两个时段。

由于统计年鉴的滞后性,经济数据来自于武汉市 2000 年、2003 年的统计年鉴。

小波变换原理就是通过“小波”与待分析函数“相乘(内积)”,以达到分解原函数的目的^[12]:

$$\omega_f(a, b) \leq f, \varphi_{ab} \geq \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

收稿日期:2013-03-20。

项目来源:国家科技支撑计划资助项目(2012BAJ15B04);国家自然科学基金资助项目(61172175);国家自然科学基金青年科研基金资助项目(40801152)。

1.1 数据预处理

1) 土地利用遥感数据处理。利用 ERDAS、ENVI 软件,经过数据预处理得到两个年份研究区域的影像图^[13]。具体处理流程如图 1 所示。

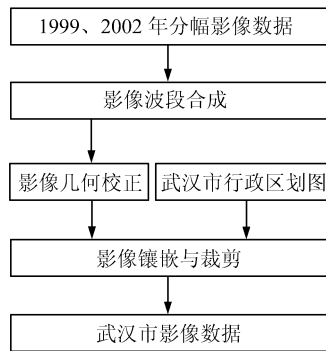


图 1 影像处理流程图

Fig. 1 Flow Chart of Image Processing

为了更加准确地表征土地利用变化的多尺度驱动机制,且考虑到土地利用类型的多样化以及数据获取,本文选取包含长江、汉口商业区建筑群等重要地物的矩形区域(10 240 m×10 240 m),区域范围为(114°17'~114°24'E,30°36'~30°42'N),如图 2 所示。

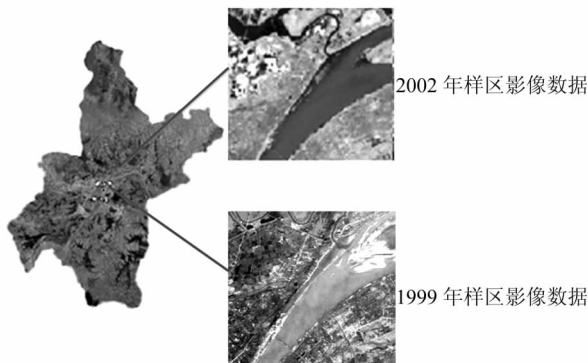


图 2 样区影像信息

Fig. 2 Image Information of Sample Area

2) 经济数据的重采样。由于经济数据是针对市县经济要素的统计结果,为了取得适合小波变换的数据序列格式,需要对经济数据进行多尺度的数据重采样。本次研究采用矢量数据格网化的方法,并使用土地利用类型权重模型进行格网赋值^[14]。

胡云峰等^[15]提出了社会经济数据格网化的基本要求,给出了国家尺度社会经济数据格网化原理和方法。本文在该模型基础上,考虑网格的土地利用类型,对不同土地利用类型区别化赋权重,最终得到土地利用类型权重模型。具体可表示为:

$$grid_value_i = \sum_{j=0}^J \frac{\omega_k \times value \times area_{jk}}{area} \quad (2)$$

式中,以人口数据为例, J 为 i 格网所在区域包含的要素个数; $value$ 为区域人口总值; $area_j$ 为要素 j 的面积; ω_k 为利用人口数据和各土地利用类型面积,通过遗传算法模拟得到的各土地利用类型 k 的人口密度; $grid_value_i$ 为通过模型计算得到的格网单元 i 上的人口数。

1.2 小波变换应用于土地利用变化多尺度空间分析的研究步骤

1) 计算样区小波系数。考虑到样区规模以及小波的正交归一性,本文选取 db6 小波作为基本小波类型,分解层次为 4。通过对两个时期影像分解得到两个时期在 4 个尺度下(32 m、64 m、128 m、256 m)的小波系数,并分别提取低频系数和高频系数(即近似系数和详细系数)。取两时期同尺度下的小波系数之差作为反映多尺度土地利用变化的变量,也是相关性分析中的自变量。

2) 进行土地利用变化的多尺度相关性分析:
① 土地利用变化的多尺度空间格局;② 土地利用变化与经济因子的多尺度相关性分析。

2 研究结果及分析

2.1 土地利用变化的多尺度空间格局

本研究对提取的水平方向、垂直方向、对角方向上的土地利用变化信息分别计算小波方差,结果如图 3 所示。通过得到小波方差-尺度图,可以辨别出土地利用小波方差的极小值、极大值、突变点,从而揭示出土地利用变化的特征长度^[16]。

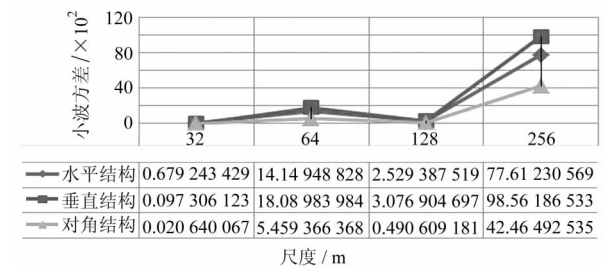


图 3 土地利用变化的小波方差-尺度图

Fig. 3 Wavelet Variance Curve of Land-Use Change

从图 3 中可以清晰地看到,水平结构、垂直结构和对角线结构上的小波方差趋势大致相同,但对角线方向方差偏小,在图像压缩和去除噪声应用中,该方向通常被认为是噪音^[17]。小波方差在 32 m~64 m 之间平缓上升,尺度较小时,可以很

好地辨别出局部信息,但无法清晰地反映出总体的土地利用空间结构;到64m尺度处出现峰值,说明该尺度上土地利用信息丰富,土地利用类型多样,各单元间异质性较强;128m之后大幅急剧上升,主要是是由于尺度上推引起的信息合并从而导致小波方差急剧上升,说明对样区范围来说,尺度增大到128m以上时,样区土地利用类型结构单一,导致小波方差呈单调递增趋势且幅度较大。

根据小波方差的含义和以上对小波方差-尺

度图的分析,小波方差极大值对应的尺度64m能很好地表达出各单元土地利用的空间异质性,因而将64m尺度域作为土地利用的特征尺度,为后续的多尺度相关性研究提供参考,并在相关性分析中进行验证。

2.2 土地利用变化与经济因子的多尺度相关性

从高频系数、低频系数两方面计算经济因素与土地利用变化的相关性,揭示土地利用变化在宏观上与微观上的制约因素,结果如表1、表2所示。

表1 高频系数下土地利用变化与经济因子的多尺度相关性分析

Tab.1 Multi-scale Correlation Analysis Between Land-Use and Economic Factors with High-frequency Wavelet

高频系数	尺度/m	人口	GDP	按当年价格计算农林牧渔产值					城镇居民人均可支配收入	农村住户人均纯收入
				农	林	牧	渔	总		
cd1	32	0.017 702 22	0.009 771 6	0.011 448 8	0.010 701 1	0.015 719	0.010 188 4	0.011 216 3	0.007 228 966	-0.002 7
cd2	64	0.019 361 76	0.015 443 8	0.017 077 4	0.016 134 8	0.020 711 3	0.015 861 1	0.016 845 3	0.012 861 901	-0.007 97
cd3	128	0.023 380 85	0.016 197 2	0.018 271	0.017 072 7	0.023 193 7	0.016 707 8	0.017 980 1	0.012 966 594	-0.007 09
cd4	256	0.044 062 84	0.016 331 4	0.020 852 7	0.018 729 7	0.033 118 2	0.017 456 9	0.020 221 6	0.009 679 6	0.001 483

表2 低频系数下土地利用变化与经济因子的多尺度相关性分析

Tab.2 Multi-scale Correlation Analysis Between Land-Use and Economic Factors with Low-frequency Wavelet

低频系数	尺度/m	人口	GDP	按当年价格计算农林牧渔产值					城镇居民人均可支配收入	农村住户人均纯收入
				农	林	牧	渔	总		
cd1	32	-0.077 599 6	-0.132 05	-0.152 92	-0.145 86	-0.130 69	-0.086 72	-0.087 39	-0.131 243 9	-0.124 79
cd2	64	0.032 920 34	-0.013 87	0.006 802	0.031 214	-0.006 38	-0.034 11	0.013 544	-0.015 023	0.002 464
cd3	128	0.089 768 53	-0.043 06	0.016 868	0.081 739	0.075 604	-0.022 25	0.179 819	-0.043 843 6	0.155 822
cd4	256	-0.089 353 2	0.082 452	-0.055 05	-0.041 47	-0.089 32	0.013 126	-0.015 23	-0.105 642 02	-0.073 53

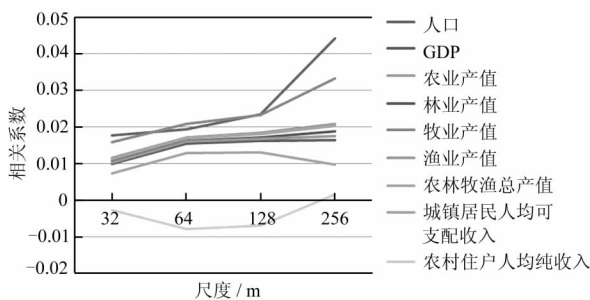


图4 高频系数下土地利用变化与经济因子相关性的尺度变化图

Fig.4 High-frequency Wavelet Coefficients Between Land-Use and Economic Factors

高频系数(即详细系数)反映的是局部特征。纵观表1,在各尺度上,经济因子与土地利用变化的多尺度相关性比较一致,一般随尺度的增大相关性增强,同样说明在较小尺度上这些经济因素对土地利用变化空间格局的制约规律性不强。人口对土地利用变化的制约性最强;农、林、牧、渔产值作为影响耕地转移率的重要因素,对土地利用变化趋势一致且相关性相近;农村住户人均纯收入对土地利用变化的影响相对较小。

结合图4,可以看到各经济影响因子与土地

利用变化的相关性随着尺度改变的变化情况。从小尺度增大到特征尺度(64m),各经济因子的相关系数大幅度变化;特征尺度后,随着尺度的增大,各经济因子的相关性变化平缓,多数经济因子与土地利用变化的相关性的趋于稳定;尺度从128m增大到256m时,人口的影响作用显著提升且远高于其他影响因子,说明人口是大尺度上土地利用类型变化的首要影响因子。从各因子来看,在特征尺度上,人口依然是土地利用变化的最大制约因素,且因样区土地利用类型多样,GDP的变化对土地利用变化的影响不是很显著。在中小尺度上,农村住户人均纯收入与土地利用变化呈负相关,且4个尺度上相关性相对较小,合理的解释是农村住户收入的下降会影响农村的人口流动,从而导致耕地的减少、商品房需求上升,加速耕地向建筑用地等的转换。

从表2中可以看到,低频系数反映的是边缘轮廓类的近似信息,因而与各经济数据相关性比较相近。不论是正相关还是负相关,基本上是随着尺度的增大,相关性呈增强趋势,说明经济因子作为宏观因素制约土地利用变化的格局。在多个尺度上,经济因子的相关性多为负值,与高频系数

相比,低频系数随时间的变化反映的是区域宏观上轮廓信息的变化,因此,与具体斑块的土地利用变化相比有一定的误差,具体原因有待进一步分析求证。

3 结 语

本文利用小波变换从多个尺度分析武汉市土地利用的空间格局,并以多组经济数据作为自变量进行土地利用与经济因子的相关性分析,能较好地拟合武汉市土地利用变化与各经济因子之间的相互关系。

1) 在选取的 4 个尺度中,64m 尺度上土地利用信息丰富,为土地利用的特征尺度;相对而言,小尺度无法反映出样区土地利用的总体信息,因而该尺度上土地利用变化与经济因子的相关性不显著;而随着尺度上推,信息合并,大尺度上的土地利用类型结构单一,也不是进行土地利用变化驱动力因子分析的最佳尺度。

2) 在驱动力因子分析中,一般经济影响因子随尺度增大相关性增强,在尺度增大到一定时逐渐趋于稳定,综合多个尺度来说,人口对土地利用变化的制约最强,农林牧副产值次之。

3) 武汉市的各经济因子与土地利用变化相关性的尺度依赖性方面,人口、GDP、农林牧副产值对土地利用变化的制约作用在 256 m 时最为显著,而城镇居民收入的影响在 128 m 尺度上较为显著,农村住户人均收入的显著尺度为 64 m,发现各种经济因子的优势尺度域,可以为驱动力因子分析提供参考。

由于土地利用系统是自然-经济-社会-生态复合系统,表现出结构与功能的复杂性。进行土地利用变化驱动力因子分析时,会不可避免地忽略政策、历史等人文因素对土地利用变化的影响。借助小波变换虽可以很好地完成多尺度分析,但建立相关模型和算法反映土地利用变化信息、流程化地实现土地利用变化与各社会经济因子的多尺度相关性分析,是今后要解决的重点问题。

参 考 文 献

- [1] 陈佑启, Verburg P H. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 197-202
- [2] 谢花林. 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[J]. 地理学报, 2006, 61(4): 389-400
- [3] 傅丽华. 基于小波分析长株潭核心区土地利用变化尺度特征研究[J]. 地理科学, 2012(1): 60-65
- [4] 王贤敏, 关泽群. 小波在遥感图像分析中的应用综述[J]. 遥感技术与应用, 2002(5): 276-283
- [5] 刘继琳, 李军. 多源遥感影像融合[J]. 遥感学报, 1998(1): 47-50
- [6] Wang Wenbo, Yi Xuming, Fei Pusheng. Denoising of SAR Images Based on lifting scheme wavelet packet transform [J]. Geo-spatial Information Science, 2008, 11(4): 257-261
- [7] 黄昕. 基于小波的高分辨率遥感影像纹理分类方法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006, 31(1): 66-69
- [8] Bradshaw G A, Spies T A. Characterizing Canopy Gap Structure in Forests Using Wavelet Analysis [J]. Journal of Ecology, 1992, 80: 205-215
- [9] James P M A, Fleming R A. Identifying Significant Scale-specific Spatial boundaries Using Wavelets and Null Models: Spruce Budworm Defoliation in Ontario, Canada as a Case Study[J]. Landscape Ecol, 2010, 25: 873-887
- [10] 蔡博峰, 于嵘. 景观生态学中的尺度分析方法[J]. 生态学报, 2008(5): 2 279-2 287
- [11] 国际科学数据服务平台. csdb[OL]. <http://datamirror.csdb.cn/>, 2013
- [12] 李世雄. 小波变换及其应用[J]. 高等数学研究, 2002, 5(1): 43-45
- [13] 舒宁. 关于遥感影像处理分析的理论与方法之若干问题[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(11): 1 007-1 015
- [14] 江东. 基于 RS、GIS 的人口空间分布研究[J]. 地球科学进展, 2002(5): 734-738
- [15] 胡云锋, 王倩倩. 国家尺度社会经济数据格网化原理和方法[J]. 地球信息科学学报, 2011(10): 573-578
- [16] 李小梅, 沙晋明, 连江龙. 基于小波变换的 NDVI 区域特征尺度[J]. 生态学报, 2010, 30(11): 2 864-2 873
- [17] 邱炳文, 随银坡, 陈崇成. 南方丘陵山区典型地物景观特征尺度研究[J]. 自然资源学报, 2010(11): 1 970-1 978

第一作者简介: 陈江平, 副教授, 博士。研究方向为空间数据分析和数据挖掘等。
E-mail: chenjp_lisa@163.com

(下转第 1130 页)

tion and Automation, Shenzhen, China, 2011

第一作者简介:常庆龙,博士生,研究方向为图像处理、模式识别。

E-mail:hacql2004@126.com

Pedestrians Gathering Detection Based on Normalized Foreground and Two-dimension Joint Entropy

CHANG Qinglong¹ XIA Hongshan¹

(1 College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 29 Yudao Street, Nanjing 210016, China)

Abstract: A normalized foreground computing approach based on the camera perspective effect is presented. A two-dimensional probability density for the binary foreground is calculated through classic joint probability distribution theory, and then the two-dimension joint entropy is calculated. Finally, a novel model based on normalized foreground and two-dimension joint entropy for detecting pedestrian gathering is proposed. Experimental results show that this model can quickly and effectively detect a pedestrian gathering event in a surveillance scene.

Key words: pedestrians gathering; normalized foreground; two-dimension joint entropy

About the first author: CHANG Qinglong, Ph.D candidate. He majors in image processing and pattern recognition.

E-mail: hacql2004@126.com

(上接第 1121 页)

Multi-scale Correlation Analysis on Land-Use Change and Economic Factors in a Typical Region of Wavelet Transforming

CHEN Jiangping¹ HAN Qing¹ HU Jing¹ ZHANG Penglin¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: The analysis of multi-scale land-use change and the driving force factors behind it has become an important direction for research. In this study, a wavelet analysis tool was applied to analyze the multi-scale correlation between land-use change and economic factors based on characteristic scale analysis. The results showed that, in the study area, the scale of 64m was regarded as the characteristic scale and optimal to identify land-use heterogeneity. Wavelet variance revealed local information but failed to describe the general spatial pattern of land-use at a finer scale, and sharply raised for combination of information along with the upscaling. The results indicated that correlation between land-use change and economic factors was scale-dependent; the correlation coefficient values were smaller at a finer scale and reached the extreme at the characteristic scale. However, at a coarser scale, the correlation coefficient values of most economic factors became flat. This analysis suggests that economic factors effecting land-use change are macro constraints, and at the same time, shows the effectiveness of characteristic scale analysis. The coefficients among different factors are also different, under high-frequency wavelet coefficients there was strong positive correlation between population and land-use change at each scale, but a weak negative correlation in Per Capita income of rural households, suggesting that population was the most influential factor in land-use change. This study shows that wavelet analysis is a powerful tool for multi-scale correlation analysis, and can effectively reveal the multi-scale spatial patterns in land-use change.

Key words: land-use change; multi-scale; wavelet transform; economic factors; correlation analysis

About the first author: CHEN Jiangping, associate professor, Ph.D. She majors in data mining, spatial analysis etc.

E-mail: chenjp_lisa@163.com