

Land Use Degree and Spatial Autocorrelation Analysis in Kunming City

Weimei Luo¹, Lede Niu^{2*}, Na Lu³

¹Yingjiang Middle School for Nationalities, Dehong Yunnan

²Tourism and Geography College of Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

³Kunming Experimental School Affiliated to Sichuan Normal University, Kunming Yunnan

Email: niulede@163.com

Received: Oct. 22nd, 2018; accepted: Nov. 6th, 2018; published: Nov. 14th, 2018

Abstract

This paper applies the theory of spatial correlation, based on ENVI remote sensing image interpretation and the land use data of 14 counties in Kunming, to analyze the spatial autocorrelation of land use structure and land use degree in Kunming in 2005, 2011 and 2015 with Moran Index *I*. The research shows: 1) The share of cultivated land and vegetation coverage in the land use structure of Kunming are large, but the area of cultivated land is decreasing while the area of construction land is increasing. 2) There is a global spatial autocorrelation of land use in Kunming, but the correlation is weakening. 3) There is local spatial autocorrelation clustering in land use degree in Kunming, including four types: high-high agglomerations (HH), high-low agglomerations (LL), low-low agglomerations, and low-high agglomerations (LH). But the agglomerations are weakening.

Keywords

Remote Sensing Interpretation, Land Use Degree, Spatial Autocorrelation, Kunming City

昆明市土地利用程度及其空间自相关分析

罗维美¹, 牛乐德^{2*}, 鲁娜³

¹云南省德宏市盈江县民族完全中学, 云南 德宏

²云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明

³四川师范大学附属昆明实验学校, 云南 昆明

Email: niulede@163.com

收稿日期: 2018年10月22日; 录用日期: 2018年11月6日; 发布日期: 2018年11月14日

*通讯作者。

摘要

文章应用空间相关性理论,基于ENVI遥感图像解译,以昆明市14个县域的土地利用数据为基础,用Moran指数 I 分析了2005年、2011年和2015年昆明市土地利用结构和土地利用程度空间自相关变化。研究表明:1) 昆明市土地利用结构中耕地和植被覆盖面积所占比例较大,耕地面积在减少,建设用地面积在增加;2) 昆明市土地利用程度存在全局空间自相关,但相关性在减弱;3) 昆明市土地利用程度存在局部空间自相关聚类,表现为高高集聚(HH)、高低集聚(HL)、低低集聚(LL)和低高集聚(LH)共四种类型,但集聚性在减弱。

关键词

遥感解译, 土地利用程度, 空间自相关, 昆明市

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

对一个国家或地区土地利用类型状况的动态变化进行定期或不定期的监视和测定,其目的为国家和地区有关部门提供准确的土地利用类型时空变化情况,便于及时进行土地利用数据更新与对比分析,以及编制土地利用类型变化图等。它是开展土地利用类型动态变化预测,农作物产量估测,自然灾害防治及合理组织土地利用,加强土地的可持续发展不可或缺的基础工作。土地利用类型对合理利用土地资源、制定各项经济建设规划、改善生产布局起着重要的作用。土地利用类型是遥感影像中最明显的地球表面的标志,所以从遥感影像中提取土地利用类型是研究地球表面覆盖的重要手段之一。

Tobler [1]曾指出“地理学第一定律:任何东西与别的东西之间都是相关的,但近处的东西比远处的东西相关性更强。”土地利用变化反映了人类与自然界相互影响、相互作用的一种特殊而又复杂的涉及土地资源自然属性和人类利用方式的社会自然现象,是人类社会发展的一面镜子[2] [3]。土地利用程度是对人类改造自然土地资源力度大小的反映,是人类有意识的一种选择行为活动[4] [5]。昆明市是滇中城市群的核心城市,研究昆明市的土地利用程度的空间关联性,有利于探索昆明市的土地利用内部差异和空间相关性特征。文章试图利用 Moran 指数 I 研究昆明市土地利用程度及其空间自相关分析,以期探讨昆明市土地利用格局变化的驱动机制提供参考以及为昆明市合理利用土地资源提供科学依据。

2. 研究区概况

昆明是云南省省会,位于东经 102°10'~103°40',北纬 24°23'~26°22'的云南省的中部,总面积 21,139 平方千米,境内地形为高原陷落盆地与陷落河谷相交错,四周低,中部高,形成水系复杂、高山大河与盆地共生、地面高差悬殊的地形特点[4]。如图 1 所示,昆明市北部的东川县、禄劝县和寻甸县以及位于昆明市东南部的宜良县和石林县土地面积广阔,占昆明市土地面积的一半以上,其耕地和裸地较多,植被覆盖率较高,但是经济相对落后。昆明市的主城区(西山区、盘龙区、五华区、官渡区)、安宁市和呈贡县(2011 年调整为呈贡区,本文统称呈贡县)是昆明市经济最发达的几个地区,城市化水平高。

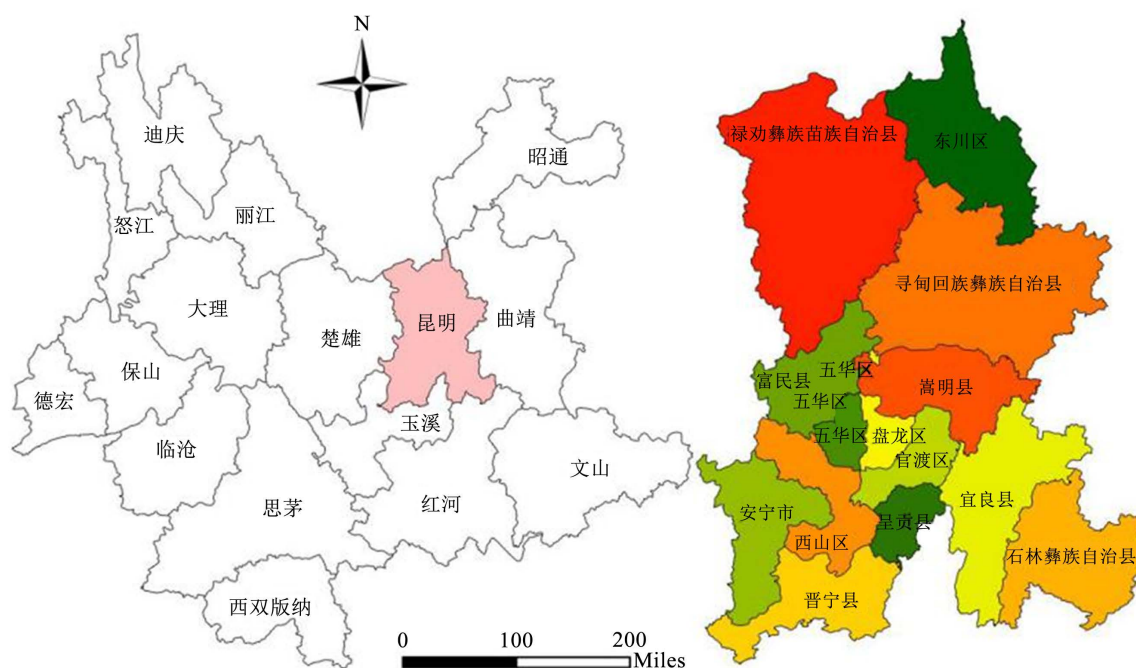


Figure 1. Kunming county regional map
图 1. 昆明市县域区域图

3. 数据来源和研究方法

3.1. 数据来源

本文的原始数据来自地理空间数据云下载的昆明市 2005~2015 年 TM 影像(空间分辨率为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$), 相隔 4 年收集一次影像数据, 但由于 2010 年 TM 影像数据云量太多, 所以采集 2005 年、2011 年和 2015 年的影像数据。TM 是美国陆地资源卫星搭载的传感器, 2013 年之前用的是传感器 Landsat_5 拍摄的影像, 2013 年(及之后)用的是传感器 Landsat_8 拍摄的影像。用 ENVI 软件通过影像预处理后, 再进行监督分类, 获得昆明市的土地利用数据。

3.1.1. 影像预处理

图像预处理包括辐射定标、大气校正、影像镶嵌和影像裁剪。通过辐射定标可以实现遥感图像的 DN 值与辐射亮度值、反射率和温度值等物理量的转化。大气层会影响遥感传感器的成像, 大气校正能减少或消除大气对遥感图像的影响, 得到真实的地表反射信息。如图 2 所示, 本文利用 ENVI 中的辐射校正工具对下载的 TM 影像进行辐射定标, 利用 FLAASH 大气校正模块工具对遥感图像进行大气校正。利用无缝镶嵌工具把昆明市四景相邻的图像拼接起来。拼接好的图像利用裁剪工具基于昆明市矢量图进行研究区域裁剪。

3.1.2. 监督分类

遥感影像进行土地利用类型分类是以区别影像中每个像元或比较匀质的像元组给出对应其不同的特征, 而监督分类是指用被确认类别的样本像元去识别其他未知类别像元的过程, 文章使用的是最大似然法[6][7][8]。利用 ENVI 中的 ROI Tool 工具来定义训练样本, 共选取了建设用地(交通用地、水利设施用地、居民点及工矿用地)、水域(河流、湖泊、水库坑塘等)、植被(林地和草地)、耕地(园地、水田、旱地和菜地)以及未利用地(沙地、裸地)共五个样本。执行监督分类后得到分类图(图 3)。

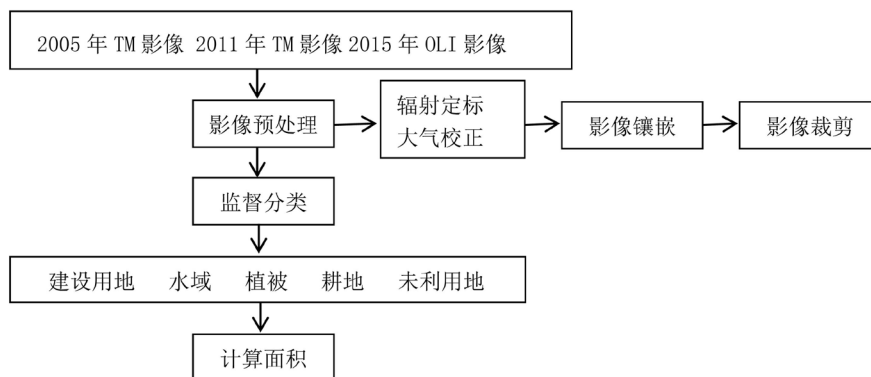


Figure 2. ENVI remote sensing image interpretation technology roadmap
图 2. ENVI 遥感图像解译技术路线图

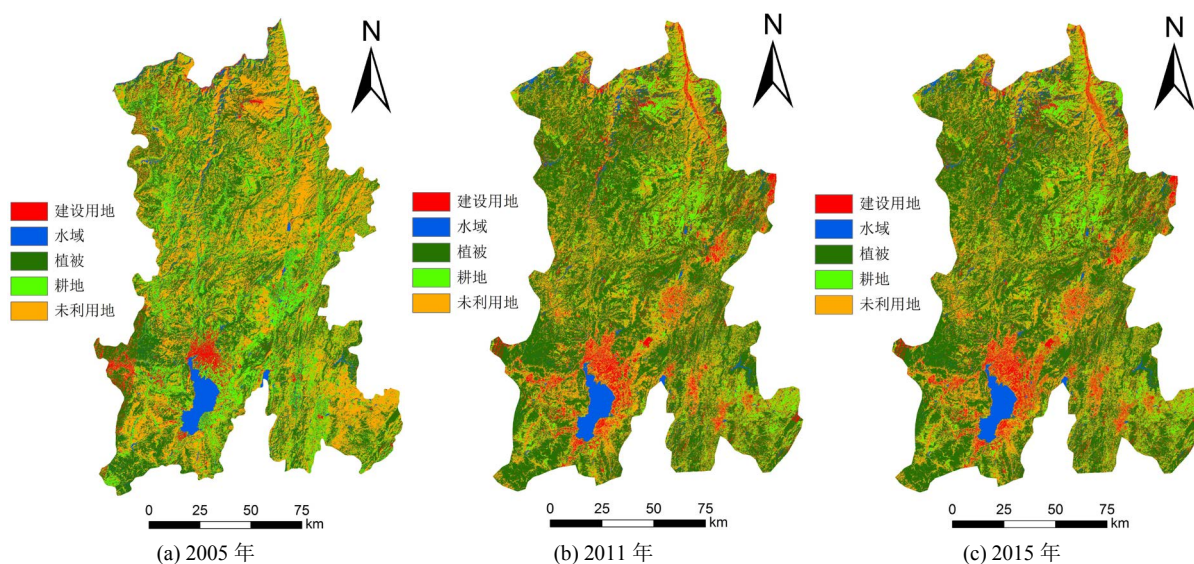


Figure 3. Remote sensing interpretation maps of land use in Kunming in 2005, 2011 and 2015
图 3. 昆明市 2005、2011 和 2015 年土地利用遥感解译图

将分类后的图像导入 ArcGIS 中，在其属性表中确定像元值，每个像元值代表 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ (900 m^2)，计算各个类型的土地面积，从而得到昆明市各县域土地类型的面积比例(表 1)。

Table 1. 2005, 2011, 2015, types of land use in Kunming City
表 1. 2005、2011、2015 年昆明市土地利用类型

土地利用类型	2005 年		2011 年		2015 年	
	面积/ km^2	百分比/%	面积/ km^2	百分比/%	面积/ km^2	百分比/%
建设用地	1370.54	6.24	3597.51	17.02	5824.48	28.65
水域	1520.06	6.92	1005.84	4.76	491.62	2.42
植被	7391.87	33.67	9550.80	45.18	11,709.74	57.60
耕地	4354.63	19.84	2658.29	12.57	961.95	4.73
未利用地	7314.04	33.32	4327.13	20.47	1340.22	6.59
总计	21,139.57	100.00	21,139.57	100.00	21,139.57	100.00

3.2. 研究方法

3.2.1. 土地利用分级

根据刘纪远和庄大方先生[9]在《中国土地利用程度的区域分异模型研究》中提出的土地利用程度综合分析方法, 根据社会影响因素的强度, 将土地利用程度的自然平衡状态分为若干级, 并赋予分级指数(表 2)。

Table 2. Grade assignment of land use degree in Kunming
表 2. 昆明市土地利用程度分级赋值

分级	土地未利用级	土地自再生利用级	土地人为再生利用级	土地非再生利用级
分级指数	1	2	3	4
土地利用类型	沙地、裸地等未利用地	林地、草地、水域	耕地、园地等农用地	交通、居民、工矿等建设用地

3.2.2. 土地利用程度计算

由于不同县域包括了多个土地利用类型, 根据表 2, 不同土地类型的分级指数, 参考庄大方先生[9]等对一个地区的土地利用程度指数的计算方法, 计算昆明市的土地利用程度指数, 具体公式如下:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i C_i \quad (1)$$

式中, L_a 为某区域的土地利用程度综合指数; A_i 为该区域第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为该区域第 i 级土地利用程度的面积百分比。根据公式(1)可知, L_a 是取值为 100~400 的连续函数。

3.2.3. Moran's I 统计量

本文利用 Moran's I 来分析昆明市土地利用程度的空间自相关关系。以下介绍 Moran's I 计算的基本原理, 计算公式如下[9]:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中, $i \neq j$, n 表示空间单元的总数(本文指昆明 14 个县区), x_i 表示第 i 个空间单元(位置)上的观测值(本文指昆明市某地区的土地利用综合指数), \bar{x} 为 x_i 的平均值, W_{ij} 为空间权重矩阵, 表示区域 i 和 j 的邻近关系, 可以用距离标准或邻接标准来度量, 以邻接标准来定义的表达式如下:

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{县域 } i \text{ 和 } j \text{ 相邻} \\ 0, & \text{县域 } i \text{ 和 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (3)$$

Moran 指数 I 的取值一般在 -1~1 之间, 小于 0 表示观测值之间存在负相关; 等于 0 表示观测值之间不相关, 即观测值在空间上随机排列; 大于 0 表示观测值之间存在正相关。

4. 结果分析

4.1. 昆明市土地利用程度分析

根据遥感解译结果, 利用昆明市 2005、2011 和 2015 年的土地利用数据绘制图 4, 由图可知, 从 2005 年到 2015 年, 昆明市的建设用地面积和植被覆盖面积在不断增加, 而水域面积和耕地面积在大幅减少, 其原因可能是社会经济的发展 and 城市化的推进, 房屋建筑、水利设施以及交通道路等的建设占用了大量的耕地而植被覆盖率增多的原因可能是植树造林、退耕还林等政策的实施。

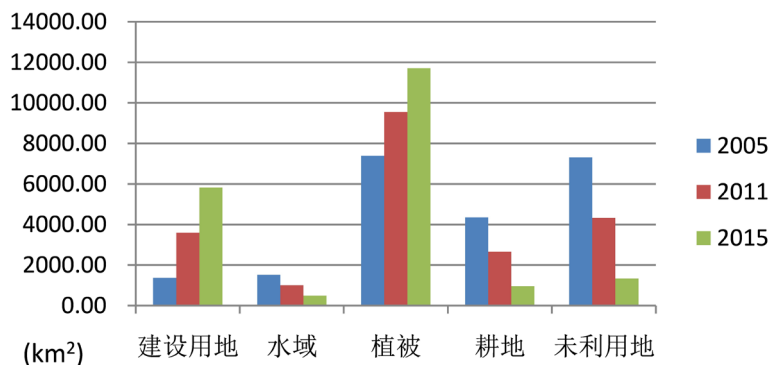


Figure 4. Land use structure in Kunming in 2005, 2011 and 2015
图 4. 昆明市 2005、2011 和 2015 年土地利用结构

根据公式(1)，利用昆明市土地利用数据计算出昆明市及昆明市各县域的土地利用综合指数。土地利用程度 L_a 的取值为 100~400，则 L_a 值越大，土地利用程度越高，反之亦然。图 5 为昆明市 2005、2011 和 2015 年土地利用程度变化图，由图可知，昆明市的土地利用程度总体成上升趋势，2005 年为 199.01，2011 年为 226.14，到 2015 年为 255.44，接近中等偏上水平。

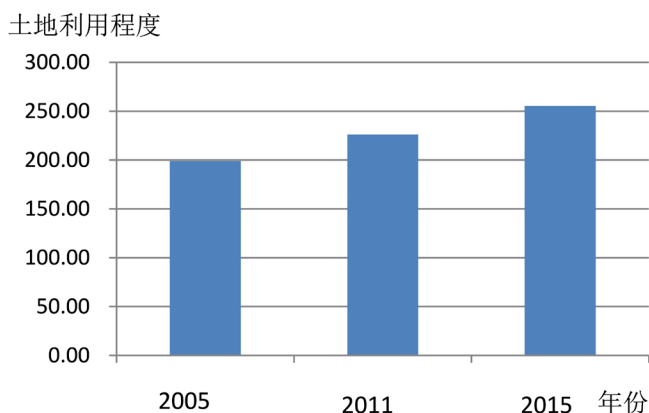


Figure 5. Land use degree in Kunming in 2005, 2011 and 2015
图 5. 昆明市 2005、2011 和 2015 年土地利用程度

表 3 为昆明市各县域土地利用综合指数表，由表可知，2005 年土地利用程度较高的为呈贡县、五华区 and 盘龙区，平均值为 243.08，为中等水平；2011 年，土地利用程度较高的为呈贡县、五华区和盘龙区，平均值为 257.23，为中等水平；2015 年，土地利用程度较高的为呈贡县、官渡区和东川区，平均值为 286.74，为中等偏上水平。2005 年、2011 年和 2015 年的土地利用程度指数最高的是呈贡县，而 3 年中都处于较低水平的是石林县和禄劝县，2005 年，寻甸县的土地利用程度指数比呈贡县低了 77.52。

4.2. 昆明市土地利用程度的全局空间自相关分析

全局空间自相关的大小可以说明土地利用程度空间趋同性，文章利用 GeoDa 软件绘制 Moran 散点图并计算 Moran 指数 I 值[9]。图 6 为昆明市土地利用程度 Moran 散点图，其横轴为土地利用程度，纵轴表示土地利用程度的空间滞后，两者均经过了标准化处理，其斜线表示的是两者的线性相关关系，斜线的斜率就是 Moran 指数 I ，即土地利用程度的全局空间自相关大小；第一、三象限代表正的空间相关联系，第二、四象限代表负的空间相关联系。

Table 3. Comprehensive index of land use degree in 14 areas of Kunming
表 3. 昆明市 14 个地区土地利用程度综合指数

	L_a 2005	排名	L_a 2011	排名	L_a 2015	排名
五华区	247.81	2	258.57	2	266.06	4
盘龙区	225.58	3	240.30	3	257.50	7
西山区	213.54	5	229.29	9	245.06	12
官渡区	204.54	8	231.43	7	285.50	2
东川区	192.24	12	238.48	4	284.87	3
呈贡县	255.86	1	272.83	1	289.84	1
石林县	178.34	14	209.14	14	240.08	13
寻甸县	179.99	13	217.19	12	248.92	9
嵩明县	212.97	6	230.43	8	247.94	11
禄劝县	193.24	11	213.56	13	236.10	14
宜良县	202.80	10	223.82	11	251.87	8
晋宁县	203.54	9	233.09	6	261.69	5
富民县	207.53	7	227.79	10	248.09	10
安宁市	219.04	4	238.07	5	257.12	6
昆明市	199.01		226.14		255.44	

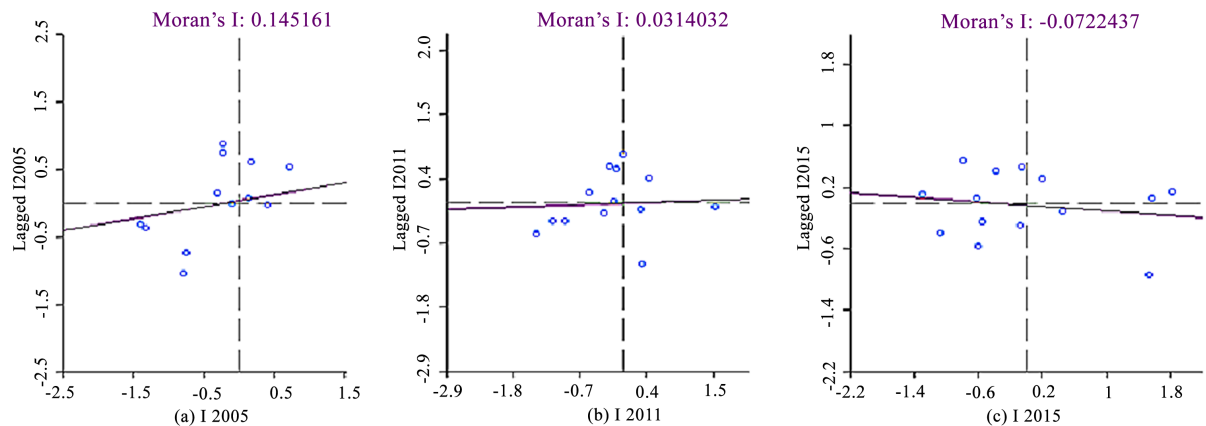


Figure 6. 2005, 2011 scatter plots of land use degree in Kunming in and 2015
图 6. 2005、2011 和 2015 年昆明市土地利用程度 Moran 散点图

从表 4 可以看出在研究期内昆明市各县域的土地利用程度表现出明显的相关性，即昆明市土地利用程度在空间上并非表现完全的随机性。2005 年和 2011 年 Moran 指数 I 为正，说明昆明市土地利用程度为正相关，其空间联系特征为：土地利用程度高的县域相对趋向于与土地利用程度高的县域相邻。从 2005 年到 2011 年 Moran 指数 I 从 0.1452 变为 0.0314，说明空间相关性减弱，即昆明市土地利用程度的空间趋同性有所降低。2015 年的 Moran 指数 I 为负值，即昆明市土地利用程度在 2015 年呈现为负相关，也就是土地利用程度高的县域相对趋向于与土地利用程度低的县域相邻，但是相关性较低。昆明市土地利用程度的相关性变化的原因可能是“摊大饼”式的城市发展模式打破了显著的相关性，由于城市发展进程很快，使得土地利用程度的相关性发生比较大的变化。

4.3. 昆明市土地利用程度的局部空间自相关分析

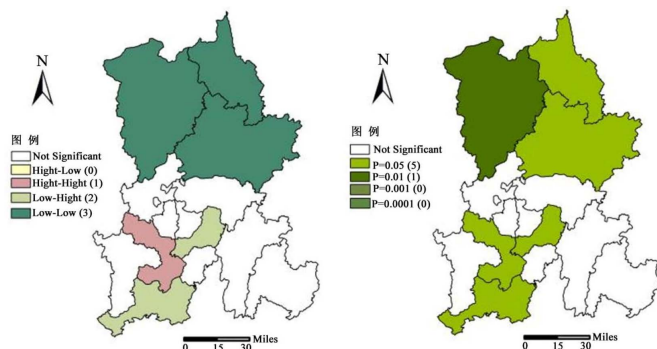
全局 Moran's I 统计量是对空间自相关的全局评估，但它仅说明了所有区域与周边地区之间空间差异

的平均程度，忽略了空间过程的潜在不稳定性，但局部空间自相关分析可进一步测度是否存在观测值的高值或低值的局部空间集聚[10] [11]。本文在以上全局空间自相关分析相关结论的基础上，采用 Moran 散点图与 LISA 相结合来探测局部的集聚类特征，图 7 为显著性水平图和 LISA 集聚图。用 P 值来检验相关性水平， $P \leq 0.05$ 说明相关性显著，P 值越小说明相关性越显著。昆明市的土地利用程度具有局部空间自相关聚类分析意义的县域具体划分为以下 4 种类型：

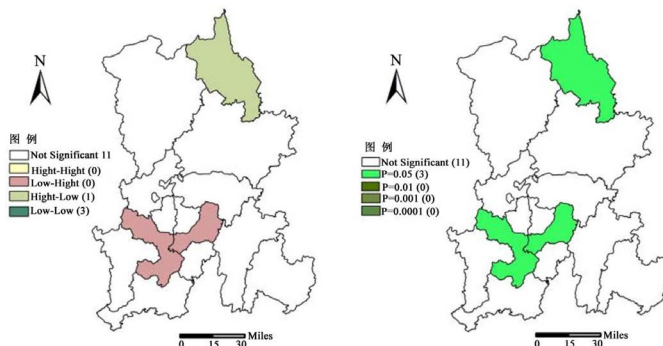
Table 4. 2005、2011 and 2015 Kunming land use level global Moran *I* index

表 4. 2005、2011 和 2015 年昆明市土地利用程度全局 Moran *I* 指数

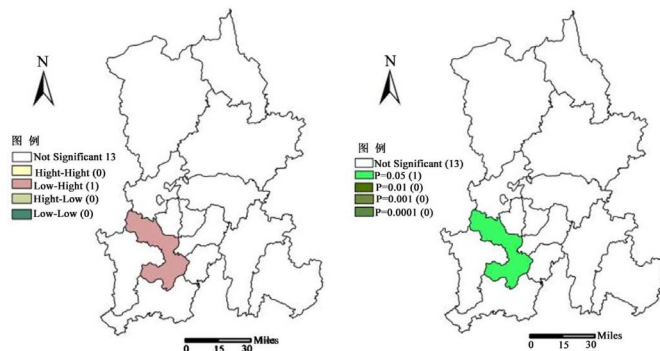
年份	2005	2011	2015
Moran's <i>I</i>	0.1452	0.0314	-0.0722



(a) 显著性水平图和 LISA 集聚图(2005 年)



(b) 显著性水平图和 LISA 集聚图(2011 年)



(c) 显著性水平图和 LISA 集聚图(2015 年)

Figure 7. The city of Kunming in 2005, 2011 and 2015, the land use degree LISA cluster map
图 7. 昆明市 2005、2011 和 2015 年土地利用程度的 LISA 集聚图 $P \leq 0.05$

1) 空间差异小, 区域自身和周边水平均较高的县域(HH)。2005 年昆明市位于(HH)型的县域是西山区, 说明西山区的土地利用程度和周边的县域差异小, 且都属于土地利用程度较高的。原因是盘龙区、官渡区、五华区 and 呈贡县都属于昆明市经济发展较快的地区, 土地利用程度均较高, 而这些地区都与西山区相邻, 故形成高高集聚。

2) 空间差异较小, 区域自身和周边水平均较低的县域(LL)。2005 年的东川区、寻甸县和禄劝县, 属于(LL)型。2005 年, 这三个县域的经济发展水平和城市化水平都较低, 土地利用程度均较低。

3) 空间差异较大, 区域自身水平较高, 但周边水平较低的县域(HL)。2011 年的东川区属于(HL)型, 东川区产业结构调整, 第三产业发展起来, 经济增长比较快, 加快了城市化进程, 土地利用程度提高, 而周边地区(禄劝县和寻甸县)的发展较慢。

4) 空间差异较大, 区域自身水平较低, 但周边较高且的县域(LH)。2005 年的晋宁县和官渡区, 2011 年的西山区和官渡区, 以及 2015 年的西山区都属于这种类型, 主要特点是自身发展较慢, 未能与邻近地区建立合理的协作交流。

2005 年到 2015 年期间, 昆明市的土地利用程度的相关性水平在减弱。2005 年(图 4(a)), 存在相关性的地区有 6 个, 且存在 $P = 0.01$ 的县域(禄劝县), 即相关性较好, 有明显的(HH)集聚和(LL)集聚, 主要原因是昆明市的区域经济发展差异导致城市化程度的差异, 位于昆明北部的禄劝县、东川县和寻甸县 3 个地区发展较慢, 城市化水平低, 故土地利用程度地低, 所以呈现(LL)型集聚。而位于主城区的官渡区和晋宁区的土地利用程度相对于周围较低, 形成了(LH)集聚。到 2011 年(图 4(b)), 昆明市的土地利用程度的相关性减弱, P 值只有 0.05 的, 说明相关性水平降低, 到 2015 年(图 4(c))只有一个地区(西山区)有相关性。昆明市的这种土地利用程度的空间集聚的减弱, 主要原因可能是地区之间的发展速度包括城市化的进程差异大, 发展规律不明显导致的。

5. 结论与讨论

5.1. 结论

通过对昆明市 2005 年、2011 年和 2015 年的土地利用程度及其相关性的研究可以得出几个结论:

1) 昆明市的土地利用程度从未到中等水平的 199.01 到中等水平的 255.44。表现为: 建设用地大幅增加(1370.54 km^2 到 5824.48 km^2), 耕地和水域面积则大量减少(耕地从 4354.63 km^2 到 961.95 km^2 , 水域面积从 1520.06 km^2 到 491.62 km^2), 另外植被也有所增加(7391.87 km^2 到 $11,709.74 \text{ km}^2$)。昆明市属于滇中城市群的核心城市, 随着“一带一路”和长江经济带经济战略的实施, 经济蓬勃发展, 带动了城市化进程, 建设用地占用大量农业用地、水域面积和林地。另外, 山区人口大量迁出, 耕地荒废, 加之退耕还林、还草政策的实施, 植被不断增加。

2) 昆明市的土地利用程度存在相关性, 2005 年的 Moran 指数 $I = 0.1452$, 为正相关; 2011 年的相关性有所减弱, 但依然是正相关, Moran 指数 $I = 0.0314$; 2015 年的 Moran 指数 $I = -0.0722$, 为负相关。昆明市城市化的快速发展, 存在土地的不合理利用, 呈现土地利用程度相关性不稳定, 出现从正相关到负相关的现象。

3) 昆明市的土地利用程度存在局部空间自相关聚类, 表现为(HH)集聚、(HL)集聚、(LL)集聚和(LH)集聚共四种类型, 检验相关性水平的 P 值存在: $P = 0.01$ (2005 年)和 $P = 0.05$ (2005、2011 和 2015 年), 说明集聚在减弱。昆明市土地利用程度出现这种集聚的变化, 原因可能是昆明市各县域城市化进程不一致, 影响土地利用程度, 打破了原有的集聚。

5.2. 讨论

本文通过研究得出了一定的结论, 但研究所需的数据通过遥感解译的方式获得, 其中下载的遥感影

像分辨率较低, 所以分类的精度不高, 分类所得的土地数据与实际数据有所差异, 这在一定程度上会影响研究结果, 还有待进一步改进。根据本文的研究结果以及结合前人的研究表明, 追求经济发展及城市化发展的同时, 要注重土地资源的合理利用, 避免浪费, 以及注意保护生态环境。

基金项目

国家自然科学基金(41361042)。

参考文献

- [1] Tobler, W.R. (1970) A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, **46**, 234-240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- [2] 陈浩, 董廷旭, 陈朝镇, 张新合. 绵阳市土地利用程度差异性研究[J]. *安徽农业科学*, 2013(12): 5560-5562.
- [3] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 安静. 南京市九乡河流域土地利用程度空间异质性分析[J]. *地球信息科学学报*, 2012, 14(5): 627-634.
- [4] 杜崇, 林年丰, 汤洁, 李昭阳. 吉林西部平原土地利用动态变化的 RS-GIS 集成研究[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2005, 35(3): 366-372.
- [5] 王鹏, 吴炳方, 张磊, 周月敏, 朱亮, 钮立明, 张宁. 三峡水库建设期秭归县土地利用时空变化特征分析[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(6): 302-309.
- [6] 孙云华, 郭涛, 崔希民. 昆明市土地利用变化的强度分析与稳定性研究[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(2): 245-254.
- [7] 杨鑫. 浅谈遥感图像监督分类与非监督分类[J]. *四川地质学报*, 2008, 28(3): 251-254.
- [8] 史泽鹏. 基于遥感影像的肥东县土地利用变化及其驱动力分析[D]: [硕士学位论文]. 合肥: *安徽农业学*, 2013: 1-50.
- [9] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. *自然资报*, 1997(2): 10-16.
- [10] 何容, 陈端吕. 湖南省县域单元人均 GDP 的空间相关性研究[J]. *湖南文理学院学报(自然科学版)*, 2010, 22(4): 81-87.
- [11] 姚宇哲, 陶文. 河南省经济发展水平空间自相关性分析[J]. *安徽水利水电职业技术学院学报*, 2012, 12(3): 46-48.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5762, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gser@hanspub.org