

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20180310

· 资源利用 ·

近 10 年崇州市土地利用变化基本特征与空间格局^{*}

潘荟交^{1,3}, 王怀英^{2,3}, 杨华容^{2,3}, 彭文甫^{2,3*}

(1. 电子科技大学成都学院, 四川成都 611731; 2. 四川师范大学地理与资源科学学院, 成都 610101;
3. 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川成都 610068)

摘 要 [目的] 土地利用变化研究是揭示土地利用对人类活动响应程度的重要途径, 通过对其变化特征及空间格局的研究讨论人地关系在不同地域空间上的强度与作用模式。[方法] 基于 2002 年、2014 年 TM/ETM+ 影像, 在 RS 和 GIS 技术的支持下, 采用人机交互图像处理方法提取了崇州市土地利用信息, 应用土地利用动态度、土地利用程度、空间转移图谱、城市扩展指数、缓冲分析模型和方法对崇州市近 10 年来土地利用变化时空特征进行了研究。[结果] (1) 土地利用类型以林地、耕地、建设用地为主, 建设用地动态度最大达到 5.72; 整体土地利用程度由 254.25 增长到 260.93, 各乡镇变动值差异较大。(2) 土地空间转换面积达 1.850 85 万 hm^2 , 占研究区总面积的 16.94%; 增长面积最大的图谱单元依次是新增建设用地、新增耕地和新增林地; 建设用地、耕地、水体与高程、坡度之间负相关性显著, 坡度 $0^\circ \sim 6^\circ$ 是人类活动最频繁的区域。(3) 中心城区建设用地面积大幅增长, 缓冲范围内建设用地面积增加了 2 120.76 hm^2 , 城市中心自河流向东、东南、东北 3 个方向扩展。[结论] 崇州市土地利用整体处于快速发展时期, 地域差异明显, 受人类活动影响显著。

关键词 土地利用变化 空间格局 RS GIS 崇州市

中图分类号: F301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9121[2018]03071-07

0 引言

土地系统是人类—环境交互作用复合地球系统中的重要组成部分, 是人类—环境关系的纽带和桥梁, 对理解和弄清人类—环境复杂关系具有重要作用^[1]。土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化与可持续研究的重要内容, 已成为国内外研究的热点问题之一^[2]。土地利用变化是人类活动作用于陆地表层环境的一种重要方式和响应, 建立模型对土地利用变化过程进行研究, 是深入了解土地利用变化成因及过程、揭示土地利用对人类活动响应程度的重要手段和途径^[3-4]。

目前已有学者利用各模型、方法从全球—国家—行政单元—流域宏观尺度上进行了土地利用变化对人类活动响应程度分析^[5-7]。刘纪远等^[8]采用卫星遥感信息源和相同的技术方法, 对中国土地利用变化数据进行定期更新, 提出并发展了土地利用动态区划的方法, 基于国家尺度研究土地利用变化的空间格局与时空特征; 龙花楼^[9]、马才学^[10]等从省、市、区等行政单元出发讨论了土地利用变化及其驱动力。除了具有政策导向性、经济发达的“热点区域”之外, 还有很多专家将研究对象放到了河海流域、喀斯特地貌山区、农牧过渡带等“脆弱区”^[11]。其中山地平原过渡带, 以生态脆弱、敏感著称, 不仅具有复杂的地质环境, 自然灾害频发, 又是社会、经济、文化方面的过渡带, 具有独特的地理景观^[12], 是土地利用变化研究中具有代表性的选择。特别是随着土地资源研究不断深入、城镇化进程的加快及城乡统筹发展新要求的提出, 作为建设过程中的重、难点区域, 平原山地过渡带土地利用变化研究的重要性日益凸显。文章利用 2002 年、2014 年两期遥感数据, 选取成都崇州市作为研究区, 从土地利用变化幅度、程度、方向、

收稿日期: 2017-02-21

作者简介: 潘荟交 (1989—), 女, 四川绵阳人, 硕士。研究方向: 人文地理学

*通讯作者: 彭文甫 (1964—), 男, 四川乐山人, 副教授。研究方向: 环境遥感。Email: pwfzh@126.com

*资助项目: 国家自然科学基金项目“基于 LUCC 扰动影响的成都平原土地生态安全维持机理” (41371125)

响应等基本特征与空间格局展开研究,为该区土地的合理利用提供数据支撑,同时为定性定量研究中小尺度下平原与山地过渡带的土地利用/土地覆盖的时空演变提供参考。

1 研究区概况

崇州市位于四川省岷江中上游成都平原西南边缘,西接邛崃山脉,北邻龙门山断裂带(图1),地势从东南到西北逐渐升高,全境以街子镇、三郎镇、怀远镇为一线,线的西北为山地,线的东南为平原、丘陵,属于典型的平原—山地过渡带,过渡地区地质环境脆弱地震、滑坡等地质灾害频发。崇州市境内有西河、黑石河和金马河3条河流,大体形成“四山一水五分田”的土地结构^[13]。崇州市属于汶川地震灾后恢复重建4个重灾县(市)的规划范围。目前现代农业初具规模,城乡建设步伐加快。

2 数据来源及处理

2.1 数据来源及预处理

该文所涉及的数据包括遥感影像、DEM、崇州市矢量边界、野外实地采样数据、成都市和崇州市统计年鉴数据。遥感影像为2002年4月TM影像、2014年5月ETM+影像,分辨率均为30m×30m,影像质量良好,遥感数据来源于中国科学院遥感与数字地球研究所和地理空间数据云。崇州市1:5万地形图,来源于西南土地资源评价与监测重点实验室;土壤类型及数字高程模型(DEM),数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心;野外实地采样数据为2016年7月,对崇州市进行为期1周的野外实地采样。

数据的预处理主要是大气校正、几何校正、裁剪等。基于ENVI 5.1,对遥感影像进行大气校正;利用崇州市1:5万地形图,对2002年TM影像进行几何校正,再应用校正后的2002年影像对2014年影像进行几何校正,误差RMS控制在0.5个像素以内。

2.2 土地利用分类及解译

土地利用分类系统是在2007年国家标准《土地利用现状分类》的规定划分基础上^[14],结合崇州市的实际情况及遥感影像可解译能力,将土地利用类型划分为建设用地、耕地、林地、水体、草地和未利用地。

影像解译采用人机交互解译方法对遥感影像进行分类,并利用Google Earth的高分辨率遥感影像,对解译过程中的不确定地物进行补判^[15],实现辅助分类;通过野外实地采样数据,对2014年、2002年土地分类结果进行对比验证,分类结果精度分别达到85.7%、90.07%,Kappa系数均大于0.85,能够满足后期数据分析需求。

3 研究方法

3.1 土地利用动态度

单一土地利用动态度是刻画不同土地利用类型在一定时间段内的变化速度和幅度的指标^[16],其表达式为:

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

(1)

式(1)中, K 为研究区某种土地利用类型年变化率; U_a 、 U_b 分别为研究区初期及末期某种土地类型的数量; T 为研究时段长,即年数。

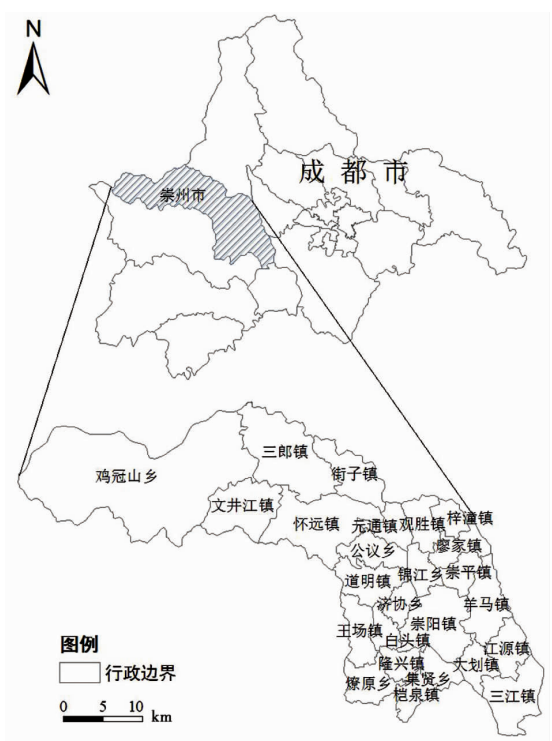


图1 研究区位置

3.2 土地利用程度

根据刘纪远等^[8]提出的土地利用程度的综合分析方法,将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为若干级,并赋予分级指数,从而给出了土地利用程度综合指数及土地利用程度变化模型的定量化表达式^[17]。

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \tag{2}$$

式(2)中, L_j 为研究区土地利用程度综合指数; A_i 为研究区第*i*级土地利用程度分级指数; C_i 为研究区域内第*i*级土地利用程度分级面积百分比; n 为土地利用程度分级数。

3.3 土地利用空间转移

转移矩阵可全面又具体地刻画区域土地利用变化的结构特征与各个土地类型的变化方向^[18],该方法来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述,大多数土地利用变化研究均采用地类间转移矩阵分析,转移矩阵的数学模型为:

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & L & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & L & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & L & S_{3n} \\ L & L & L & L & L \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & L & S_{nn} \end{vmatrix} \tag{3}$$

式(3)中, S 代表面积; n 代表土地类型的数目; i 、 j 分别表示研究区期初和期末的土地类型。转移矩阵不仅能够反映研究期间的期初与期末的土地利用结构,还能反映时段内各类土地利用类型的转移情况,即未变、转入、转出的方向。

3.4 地形因子响应

地形因子是影响土地利用方式的重要环境因子^[19],高程、地形坡度分级是土地管理、地理信息服务的重要内容^[20],该文根据 2004 年《土地利用更新调查技术规定》,结合相关研究成果及研究区实际情况,对高程、坡度进行了分级^[21]。对研究区土地利用变化地形因子响应作研究分析。

4 结果与分析

基于 TM/ETM + 影像提取了崇州市 2002 年、2014 年土地利用数据(图 2)。

4.1 土地利用变化的基本特征

(1) 土地利用速度变化

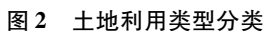
近 10 年崇州市建设用地、未利用地变化速度较快,分别为 5.72% 和 -1.04%;林地的变化速度最小,为 -0.23%;耕地、水体、草地增减速度较为稳定。其中崇阳街道办、大划镇等 12 个场镇建设用地的年增长速度较快,均达到 5% 以上。

(2) 土地利用程度变化

近 10 年崇州市土地利用程度由 254.25 增长到 260.93,其中崇阳街道办、三江镇等 8 个位于海拔较低的平原地区乡镇土地利用程度较大,均在 310 以上,土地利用处于发展时期,人类活动对土地利用的影响的程度增加;崇阳街道办、大划镇等 5 个场镇土地利用程度增长量最大,除了崇阳街道办作为行政中心位于地势较低的平原地区之外,其他乡镇均位于平原向山地的过渡带。其中崇阳街道办、大划镇土地利用程度大且增长速度快,人类活动对这两镇土地利用影响剧烈;公议乡土地利用程度变化量低于 0,处于调整期。崇州市土地利用开发地域差异明显,平原地区开发程度大但发展平稳,平原山地过渡带虽然目前土地利用程度不突出,但是变化剧烈,是今后平衡土地发展的重点关注区域,土地开发方向由平原向平原山地过渡带转移。

4.2 空间转移特征

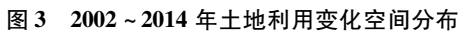
合成土地利用变化图谱表明(图 3),生成的 36 类图谱单元中,6 类未发生转移,面积 9.075 303 万



在近 10 年间, 增长面积最大的图谱单元耕地、林地、水体向新增建设用地的转化达到 $8\,140.5\text{hm}^2$, 其中 $6\,810.30\text{hm}^2$ 的耕地转变, 占全区转换类型面积的 36.796% 。主要分布在城市中心的崇阳街道办等周边乡镇以及西北方向的街子镇。2009 年街子镇被批复为国家 4A 级旅游景, 受到政策影响开发利用力度增强, 较大面积的耕地转为建设用地; 面积排在第 2 位的图谱单元类型是林地、建设用地向耕地的转换, 新增耕地面积 $4\,432.23\text{hm}^2$ 主要集中在街子镇、怀远镇、道明镇山地向平坝过度的丘陵地区, 应多注意地区林地保护; 位列第 3 位的是由耕地、未利用地、草地转换的新增林地, 面积为 $3\,060.99\text{hm}^2$, 未利用地向林地的转换主要集中在鸡冠山乡北部高山地区, 耕地向林地的转换主要集中在公议乡, 主要原因是公议乡以丘陵地区生态环境综合治理项目为契机, 以发展林果为重点, 大力开展退耕还林工作; 其次, 新增未利用地面积 $1\,067.67\text{hm}^2$, 集中分布在鸡冠山乡北部高山地带。林地与未利用地的相互转换受人类的影响小, 属于自然演替状态。水体与草地转出、转入面积均较小, 是最稳定的土地类型。

缓冲分析 (图4) 结果表明, 2002 年中心城区缓

通过研究建设用地的扩展指数,可以发现 2002~2014 年城中心主要是向东、东南、东北 3 个方向扩展(图 5),范围包括崇阳街道办、崇平镇、羊马镇、大划镇、集贤乡等区域;在河流东侧土地利用程度大,得到高度开发,平均增长速度是 23%、18%、8%,其建设用地增长贡献率达到了 71%。在北、西



序号	转移方向	面积 (hm ²)	占比 (%)
1	耕地→建设用地	6 810.30	36.80
2	林地→耕地	2 340.18	12.64
3	建设用地→耕地	2 092.05	11.30
4	耕地→林地	1 333.35	7.20
5	未利用地→林地	1 245.42	6.73
6	林地→未利用地	1 067.67	5.77
7	林地→建设用地	968.04	5.23
8	草地→林地	482.22	2.61
9	水→建设用地	362.16	1.96
10	林地→草地	323.28	1.75
	合计	17 024.67	91.98
	未转移	90 753.03	83.06
	发生转移	18 508.50	16.94
	研究区	109 261.53	100.00

北、西、西南、南 5 个区块，河流西侧的建设用地面积均缓慢增长，可能是今后城市土地规划、管理工作关注的方向。

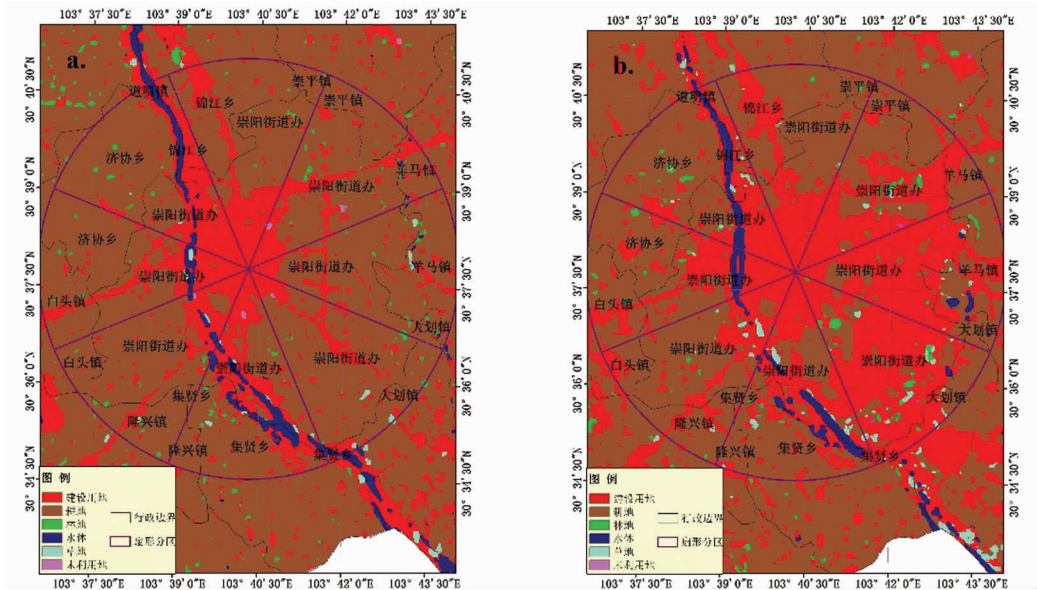


图 4 2002 年 (a) 和 2014 年 (b) 中心城市缓冲区

4.4 土地利用的高程、坡度响应

研究区高程、坡度分级图 (图 6)，表明高程、坡度各等级分布均相对集中，海拔高度走向自西北向东南递减趋势，结合提取的土地利用信息，可以得出：

建设用地、耕地、水体分布在 0 ~ 1 400m，其中 0 ~ 500m 平原地区为集中分布区域。研究期间建设用地面积大幅增加，街子镇、怀远镇在 500 ~ 1 400m 高程内建设用地面积增加明显；0 ~ 500m 高程的耕地面积出现了大量减少，面积为 3 889. 62hm²，集中在崇阳街道办及其周边乡镇；林地面积主要分布在海拔 500m 以上的鸡

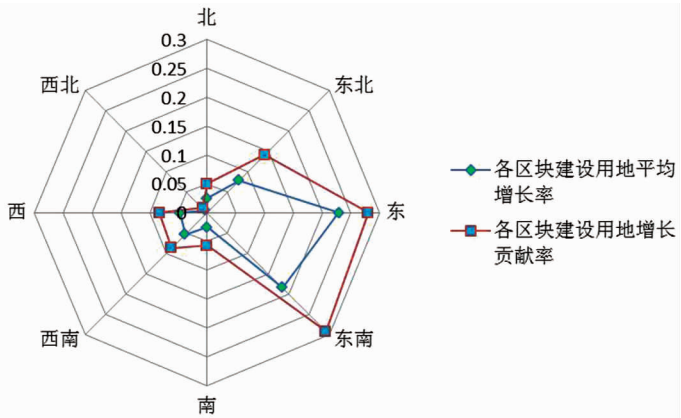


图 5 各区块建设用地平均扩展速率及扩展贡献率

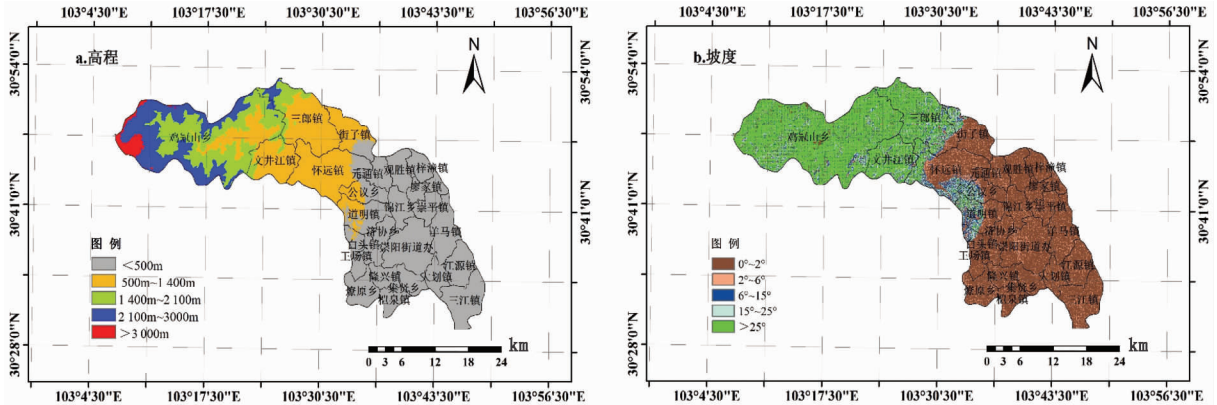


图 6 地形因子分级

冠山乡等 5 个乡镇，其中街子镇、怀远镇林地面积减少明显；草地面积在低海拔区域比例增加明显，反映了城市建设过程绿化意识的加强；3 000m 以上的高海拔地区林地与未利用地的相互转换明显。

坡度 0°~6°是人类活动最频繁区域，新增的建设用地、耕地的大量减少、草地的增加绝大部分发生在此坡度地形中；建设用地在各坡度等级面积均有所增加，在 0°~2°坡度上面积增加量最大，为4 824. 27 hm²；耕地在 0°~2°上面积减少了 3 623. 33hm²；林地主要分布在坡度 >25°的区域，2002~2014 年该坡度范围面积变化小，分别是 2. 528 298 万 hm²、2. 540 79 万 hm²，坡度 1°~6°范围面积减少明显。

由表 2 可见，建设用地、耕地、水体与高程、坡度之间负相关性显著，2002 年、2014 年相关系数均达 -0. 9 水平，表明地形因子对建设用地、耕地、水体的空间分布起制约作用。草地与坡度存在较高的负相关性，两期相关系数为分别为 -0. 958、-0. 983，而与高程的相关系数较小；未利用地与坡度存在较高的负相关性，两期相关系数为分别为 -0. 937、-0. 928，而与高程的相关系数一般，这一结果表明坡度对草地、未利用地分布的影响程度较大且高于高程。

表 2 土地利用与地形因子相关性

相关系数	2002 年		2014 年	
	高程	坡度	高程	坡度
建设用地	-0. 921	-0. 959	-0. 937	-0. 945
耕地	-0. 903	-0. 930	0. 908	-0. 934
林地	0. 716	0. 952	0. 756	0. 952
水体	-0. 906	-0. 967	-0. 889	-0. 957
草地	0. 280	-0. 958	0. 162	-0. 983
未利用地	0. 544	-0. 937	0. 636	-0. 928

5 结论

(1) 土地利用类型以林地、耕地、建设用地为主，建设用地变化速度最快，动态度达到 5. 72，崇州市整体土地利用程度由 2002 年的 254. 25 增长到 2014 年的 260. 93，增加了 6. 68，土地直接经济价值的提升程度大，土地利用处于发展时期。以能集中反映人类活动区域差异性的乡镇为研究单元，地域差异明显，位于平原山地过渡区域的乡镇土地利用开发程度显著增强。

(2) 近 10 年来空间发生转换的土地类型面积合计 1. 850 850 万 hm²，占研究区总面积的 16. 939%，建设用地、耕地、林地在空间转移中是最活跃的土地类型。中心城区建设用地面积大幅增长，2002~2014 年中心城区缓冲范围内建设用地面积增加了接近 1 倍，建设用地空间扩展规律呈现自河流向东、东南、东北 3 个方向扩展，这 3 个方向需要更加重视土地集约化管理。

(3) 地形条件对土地资源的空间布局起着制约作用，建设用地、耕地、水体与高程、坡度之间负相关性显著。海拔低、坡度较缓的平原地区依然是人类活动最频繁的区域，建设用地增加、耕地大量减少绝大部分发生在该地区；山地平原过渡带是今后土地利用发展的重点地区。该区域耕地、建设用地的增加主要来自林地的减少；高海拔地区林地与未利用地的相互转换属于自然演替状态。

掌握区域土地利用结构变化规律，深化对城镇发展建设历史的科学认识，对该区域土地利用调控和管理具有一定的现实意义，对城镇建设意见、经济社会政策、城市建设布局规划的制定具有重要参考意义，为土地利用结构更加合理提供依据。

参考文献

[1] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应. 地理学报, 2014, 69 (1): 54~63

[2] 张新荣, 刘林萍, 方石, 等. 土地利用、覆被变化 (LUCC) 与环境变化关系研究进展. 生态环境, 2014, (12): 2013~2021

[3] 徐勇, 孙晓一, 汤青. 陆地表层人类活动强度: 概念、方法及应用. 地理学报, 2015, 70 (7): 1068~1079

[4] Morse N B, Wollheim W M. Climate variability masks the impacts of land use change on nutrient export in a suburbanizing watershed. Biogeochemistry, 2014, 121 (1): 45~59

[5] 曹小敏, 李爱农, 雷光斌, 等. 尼泊尔土地覆被遥感制图及其空间格局分析. 地球信息科学学报, 2016, 18 (10): 1384~1398

[6] 马才学, 孟芬, 赵利利. 1990~2005 年武汉市土地利用时空变化及其政策驱动因素分析. 水土保持研究, 2015, (2): 117~122

[7] 樊敏, 李富程, 郭亚琳, 等. 退耕还林对岷江上游高山聚落区生态服务价值变化的影响. 山地学报, 2016, 34 (3): 356~365

[8] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析. 地理学报, 2009, 64 (12): 1411~1420

[9] 龙花楼, 王文杰, 翟刚, 等. 安徽省土地利用变化及其驱动力分析. 长江流域资源与环境, 2002, 11 (6): 526~530

- [10] 马才学, 孟芬, 赵利利. 1990~2005年武汉市土地利用时空变化及其政策驱动因素分析. 水土保持研究, 2015, 22 (2): 117~122
- [11] 徐嘉兴, 王继尧, 梁涛, 等. 近18年太湖流域土地利用变化及区域差异分析. 地理空间信息, 2009, 7 (4): 48~51
- [12] 钟兆站, 李克煌. 山地平原交界带与区域可持续发展. 地理科学进展, 1998, 17 (2): 23~31
- [13] 成都市土地利用总体规划 (2006~2020). 国土资源部信息中心, 2012
- [14] 焦琨, 杨子生. 我国土地利用分类新旧标准的对比分析. 现代农业科技, 2008, (23): 296~297
- [15] 郑泽忠, 范东明, 李玉霞, 等. 多种对地观测技术及 Google Earth 技术应用于土地利用/覆被变化建库. 地球物理学进展, 2008, 23 (4): 1326~1331
- [16] 葛静, 王丹, 杨萍果. 临汾市土地利用变化的格局分析及其对生态系统服务价值的影响. 中国农业资源与区划, 2016, 37 (10): 77~82
- [17] 杨华容, 王怀英, 彭文甫, 等. 区域土地利用/覆被时空动态变化研究——以四川省金堂县为例. 中国农业资源与区划, 2016, 37 (8): 37~46
- [18] 张琪, 罗格平, 李龙辉, 等. 基于土地利用/覆被变化表征的现代绿洲演变过程——以天山北坡三工河流域为例. 地理学报, 2016, 71 (7): 1157~1171
- [19] 尚正永, 张小林, 周晓钟. 基于 RS/GIS 的城市空间扩展与外部形态演变研究——以江苏省淮安市为例. 经济地理, 2012, 32 (8): 64~70
- [20] 刘艳艳, 吴大放, 董玉祥, 等. 珠海市土地利用空间格局与地形的相关性研究. 地理与地理信息科学, 2010, 26 (3): 68~72
- [21] 马群, 赵庚星, 李玉环. 小尺度地形因子对农地土壤质量的影响研究. 地理与地理信息科学, 2009, 25 (3): 77~80

STUDY ON THE BASIC CHARACTERISTICS OF LAND USE CHANGE AND SPATIAL PATTERNS IN CHONGZHOU CITY THE PAST TEN YEARS *

Pan Huijiao^{1,3}, Wang Huaiying^{2,3}, Yang Huarong^{2,3}, Peng Wenfu^{2,3*}

(1. Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 611731, China;

2. Sichuan Normal University the Institute of Geography and Resources, Chengdu 610101, China;

3. Key Lab of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Chengdu, Sichuan 610068, China)

Abstract Land use change is an important way to reveal the degree of land use response to human activities. Throughout the characteristics of the land change and spatial pattern, we can recognize intensity and effect pattern of man-land relationship in various regions. Based on the GIS technology, the authors utilized man computer interactive image processing methods to acquire the land use data in TM/ETM+ image of 2002 and 2014, analyzed the spatiotemporal characteristics of land use changes in Chongzhou city during 10 years from the rate of land use change, the direction of land use transformation, the degree of land use, the index of urban growth, the model of buffer analysis. The results demonstrated that (1) Land use type was mainly composed of forest land, cultivated land and construction land. Compared with the other land use types, construction land had the highest dynamic degree of 5.72. The overall land use degree of Chongzhou city increased 6.68 from 254.25 to 260.93, but there was a great difference in the variable value of land use between different towns. (2) Land space transformation area reached 18 508.50 hm², which accounted for 16.94% of the study area; Map unit with the largest growth area was newly increased construction land, followed by newly increased farmland and newly increased forest land. Terrain factors had great influence on the distribution of land use. Construction land, arable land and water body had a significantly negative correlation with elevation and slope respectively, wherein human activities the most common in those regions with the slope between 0° to 6°. (3) The construction land of central urban area mainly expanded towards east, southeast and northeast from the river, and the buffering range increased by 2 120.76 hm². It demonstrated that the land use in Chongzhou was in the period of rapid development, while there were obvious regional differences due to the influence of human activities.

Keywords Land use change; spatial pattern; RS; GIS; Chongzhou city