

重庆市 2000~2015 年土地利用变化时空特征分析¹

童小容^{1,2}, 杨庆媛^{1,2}, 毕国华^{1,2}

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学绿色低碳研究所, 重庆 400715)

【摘要】研究区域土地利用变化及其时空特征, 可以为将来的区域土地利用规划和管理提供基础。基于 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 4 期土地利用遥感影像解译数据, 结合 GIS 空间, 分析方法, 从土地利用变化速度、转移方向、利用程度 3 个方面定量分析了重庆市 2000~2015 年土地利用¹变化的时空特征。结果表明: (1) 研究期内, 耕地、草地和未利用土地持续减少, 且耕地减少速度呈增大趋势, 主要减少区域分布在主城区及周边区县; 林地、水域和城乡建设用地面积增加。(2) 区县之间各类土地利用变化的相对速率差异较大, 其中草地的相对变化率相差最大, 其次为水域、耕地和林地。耕地变化最大的区域主要集中在主城区, 城乡建设用地在各区县均有较大变化; 水域发生较大变化的区县均与大型水利工程的修建有关。(3) 重庆市在 2000~2005 年土地利用变化最剧烈, 随后朝着越来越稳定的方向发展; 区县间土地利用变化剧烈程度差异明显, 但这种差异朝着缩小的方向发展。(4) 渝东北、东南区域耕地、林地、草地之间转换活跃, 但活跃度随时间后移递减; 耕地一直是其他地类最主要的转入来源之一, 城乡建设用地越来越成为其他地类的主要转出方向。(5) 重庆市土地利用水平总体上处于发展期, 土地利用程度的区域分布格局基本上保持不变, 但差异明显, 越往东北、东南区域, 土地利用程度越低; 全市土地利用程度变化量的分布格局呈现为以渝中区为核心从内到外依次为“弱变化——剧烈变化——较强变化——较弱变化”的圈层扩展形态。

【关键词】 土地利用变化 阶段特征 空间差异 重庆市

【中图分类号】 F301.24 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-8227 (2018) 11-2481-15

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201811010

土地利用是社会发展的一面镜子^[1], 是全球环境变化问题中自然与人文过程交叉最为密切的部分^[2]。自 1995 年《土地利用/土地覆被变化科学计划》发布以来, 土地利用/覆被变化 (LUCC) 一直是地球科学的研究热点^[2]。目前国际上关于 LUCC 的研究兼具综合性与地域性特点, 涵盖 LUCC 的驱动机制、LUCC 动态变化分析、LUCC 的综合模型等研究内容^[3]。国内在 1978 年以前关于 LUCC 的研究比较零散, 1978 年后, 相关研究连续性很好, 并在进入 21 世纪后呈快速递增趋势。国内主要研究内容包括土地利用变化的过程^[4,5]、基本特征^[6,7]、驱动因素^[8~11]、研究方法^[12~16]、社会经济生态效应^[17~21]、动态模拟^[22,23]和趋势预测^[24]等。由于中国不同区域间自然、社会、经济条件差异巨大, 关于不同尺度和区域土地利用变化的研究始终是国内学界的重要研究方向。在研究方法上, 通常采用 GIS 与 RS 等技术, 通过动态度^[11, 19]、转移矩阵^[25]、土地利用类型状态指数^[4]、土地利用程度综合变化指数^[18, 19]、土地利用结构信息熵^[18]、土地利用均衡度^[18]、地学信息图谱^[26, 27]、标准差椭圆、点密度分析、热点分析^[28]、元胞自动机模型 (CA)、多智能体系统 (MAS)^[29]等表征指标和方法对土地利用变化及其特征进行研究。在数据使用上, 由

¹收稿日期: 2018-03-05; 修回日期: 2018-04-20

作者简介: 童小容 (1992~), 女, 硕士研究生, 主要从事土地利用与国土规划研究.E-mail: 1039481240@qq.com

通讯作者 E-mail:yizyang@swu.edu.cn

于遥感观测数据的时间延续性较好,目前研究所使用的土地利用数据多来源于遥感影像解译,少数来源于土地利用变更调查成果^[17,30]。在研究尺度上大致可分为3个层面,一是自然单元,如典型生态类型区,主要以流域为研究对象^[31~33];二是行政单元,涉及全国^[6,7]、省域^[34]、市域^[11,35]、县域^[36]、村域^[37]等;三是特殊的经济发展单元,如城市群^[38,39]。在研究时长上,时段最短5a^[34],最长35a^[19],大多数处于15~20a。

重庆市地处中国西南丘陵山区,是长江上游重要的生态屏障区,城乡二元结构突出,集大城市、大农村、大库区、大山区于一体。自然、社会、经济、人文因素等交互作用,造就了重庆市复杂多变的土地利用格局,在西南地区甚至全国都极具典型性。目前关于重庆市土地利用变化的研究主要集中在整体的重庆市、都市区^[9]、某一区县^[42]或小流域^[43]的土地利用变化驱动因素^[44]或土地利用经济^[45]和生态效应^[46]研究,鲜有研究既关注重庆市全局土地利用变化特征,又剖析其空间异质性及格局差异。基于此,本文依托遥感影像解译数据,旨在对2000~2015年重庆市土地利用变化的全局特征及其内部空间差异进行分析,以期全面反映研究期内重庆市土地利用变化规律,揭示其土地利用变化的时空特征,为统筹城乡土地利用、编制土地利用规划等提供参考依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

重庆市地处中国内陆西南部,四川盆地东南部,长江上游;总面积 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中山地占76%,丘陵占22%,河谷平坝占2%;地理位置介于 $105^{\circ} 11' \text{ E} \sim 110^{\circ} 11' \text{ E}$ 、 $28^{\circ} 10' \text{ N} \sim 32^{\circ} 13' \text{ N}$ 之间;地形地貌复杂,地势由南北向长江河谷逐级降低,西北部和中部以丘陵、低山为主,东北部和东南部分别靠大巴山和武陵山两座大山脉,坡地较多;市内最高、最低海拔各为2796.8、73.1m,海拔高差2723.7m;气候属亚热带季风性湿润气候,年平均气温16~18T,年平均降水量多为1000~1350mm,年平均相对湿度多在70%~80%,年日照时数1000~1400h;主要有长江、嘉陵江、乌江、涪江、綦江、大宁河、阿蓬江、酉水河等河流,长江自西向东横贯全境,流程长665km。

重庆市辖38个区县,2016年常住人口3048.43万人,比2000年增长7%;城镇化率62.6%,比2000年上升了27个百分点;地区生产总值(GDP)17559.25亿元,几乎比2000年翻一番;城市建成区面积1494.47km²,是2000年的3.4倍;三次产业结构比例由2000年的15.9:35.4:41.7变为7.4:44.2:48.4。

1.2 数据来源

表1 土地利用分类系统

Tab. 1 Classification system of land use

分类代码	名称	含义
1	耕地	指种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作物地;以种植农作物为主时农果、农桑、农林用地;耕种3a以上的滩地和海涂
2	林地	指生长乔木、灌木、竹类、以及沿海红树林地等林业用地,未成林造林地、迹地、苗圃及各类园地(果园、桑园、茶园、热作林园等)
3	草地	指以生长草本植物为主,覆盖度在5%以上的各类草地,包括以牧为主的灌丛草地和郁闭度在10%以下的疏林草地
4	水域	指天然陆地水域和水利设施用地
5	城乡建设用地	指城乡居民点及其以外的工矿、交通等用地
6	未利用土地	目前还未利用的土地,包括难利用的土地

重庆市2000年、2005年、2010年和2015年的栅格土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心

(<http://www.resdc.cn>)，分辨率为100m*100m。其数据以各期Landsat TM/ETM遥感影像为主要数据源，通过人工目视解译生成。图像纠正过程中，坐标及其投影参数采用Albers正轴等面积双标准纬线圆锥投影。该套数据的土地利用分类系统系针对我国土地资源遥感调查与监测技术特点，参考国内外已有的土地利用/覆盖分类体系而设计。本文对分析结果进行统计处理时，采用该分类系统中的一级类型（表1）。

2 研究方法

2.1 土地利用变化速度及其区域差异

2.1.1 单一土地利用动态度

单一土地利用动态度反映不同土地利用类型在一定时间段内的变化速度和幅度^[12]，对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用趋势有重要作用。其数学模型为：

$$K_i = \frac{S_{it_2} - S_{it_1}}{S_{it_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中： K_i 为*i*类土地在*t₁*到*t₂*时段内的动态度， K_i 值越小，表明该类土地转化为其他类型土地的数量越少，在研究期内相对稳定； S_{it1} 、 S_{it2} 分别表示*t₁t₂*时间上*i*类土地的面积。

2.1.2 综合土地利用动态度

综合土地利用动态度考虑研究时段内土地利用类型间转移的整体情况，可反映区域综合土地利用变化的剧烈程度，也可用于局部与全区、局部与局部之间综合土地利用变化的对比。其数学模型为：

$$K = \left[\sum_{i=1}^n (\Delta S_{i-j} / S_i) \right] \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (2)$$

式中： K 为*t*时段研究区的综合土地利用动态度，其值越大，表明区域土地利用变化越剧烈； ΔS_{i-j} 为研究期初至研究期末第*i*类土地转化为其他类型土地的面积总和， S_i 为研究期初第*i*类土地的总面积，*t*为研究时间段。

2.1.3 土地利用相对变化率

某一土地利用类型相对变化率即一定时间内局部区域的土地利用变化率与整个区域该类型土地利用变化率之比，反映局部区域各类土地利用变化相对于区域整体变化以及各局部区域之间的差异水平。其数学模型为：

$$R_x = R_j / R_q = \frac{|U_a - U_b|}{U_a} / \frac{|C_a - C_b|}{C_a} \quad (3)$$

式中： R_x 为土地利用相对变化率； R_j 、 R_q 分别为局部和区域整体的某一土地利用类型变化率； U_a 、 U_b 分别为研究初期及末期

局部某一土地利用类型的数量； C_a 、 C_b 分别为研究初期及末期整个区域某一种土地利用类型的数量。此模型隐含的假设条件是 C_a 不等于 C_b ，即研究期内区域用地类型面积发生变化，这一假设客观上是成立的^[13]。

2.2 土地利用变化过程及转换趋势

2.2.1 土地利用类型转移矩阵

土地利用转移矩阵可全面反映区域内各用地类型的转移方向与转移数量^[47]，能很好地揭示土地利用格局的时空演化过程。其数学模型为：

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \quad (4)$$

2.2.2 土地利用类型状态指数

土地利用类型状态指数通过对土地利用类型转出与转入速度的比较，可反映土地利用/覆被类型变化的趋势和状态^[5]。其数学模型为：

$$D_i = (V_{in} - V_{out}) / (V_{in} + V_{out}) \quad (-1 \leq D_i \leq 1) \quad (5)$$

式中： V_{in} 、 V_{out} 分别表示某时段内土地利用类型 i 的转入速度和转出速度。 $0 < D_i \leq 1$ 表示研究期内某土地利用类型转入速度大于转出速度，朝规模增大的方向发展，处于“扩张”状态， $-1 \leq D_i \leq 0$ 表示该研究期内某土地利用类型转出速度大于转入速度，面积减少，处于“缩减”状态。

2.3 土地利用程度变化及其区域差异

土地利用程度通过土地利用程度综合指数模型来刻画，反映人类活动对区域土地利用变化的影响水平。数学模型^[12]：

$$I = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (6)$$

土地利用程度变化模型可定量表达研究区土地利用的综合水平和变化趋势。数学模型为：

$$\begin{aligned} \Delta I_{b-a} &= I_b - I_a \\ &= \left[\left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} \right) - \right. \\ &\quad \left. \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right) \right] \times 100 \end{aligned} \quad (7)$$

$$R = I_{b-a} / I_a$$

(8)

式中: I 为土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为第 i 等级的土地利用程度的面积百分比; ΔI_{b-a} 为土地利用程度综合变化指数; I_a 、 I_b 分别为研究区时间 a 、 b 的土地利用程度综合指数; C_{ia} 、 C_{ib} 分别为 a 、 b 时点第 i 等级的土地利用程度面积百分比; R 为土地利用程度变化率, $\Delta I_{b-a} > 0$ 或者 $R > 0$ 表明区域土地利用处于发展期, 否则处于调整期或衰退期。其中, A_i 取值来源于刘纪远提出的土地利用程度分级(表 2)。

表 2 土地利用程度分级赋值表^[48]

Tab. 2 Grades of land use degree classification

土地利用分级类型	土地利用类型	分级指数
未利用土地级	未利用地或难利用地	1
林、草、水用地级	林地、草地、水域	2
农业用地级	耕地、园地、人工草地	3
城市聚落用地级	城镇、居民点、工矿用地、交通用地	4

3 结果分析

3.1 重庆市 2000~2015 年土地利用变化总体特征

运用 ArcGIS10.2 对重庆市 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年四期土地利用遥感影像解译数据进行统计分析, 得到 4 个时间节点土地利用的空间格局(图 1), 可以看出: (1) 在数量结构上, 重庆市土地利用主要以耕地和林地为主, 共占土地总面积的 80%以上, 且这种结构在 2000~2015 年没有改变。(2) 在空间格局上, 重庆市耕地主要分布在西部和东北部地区; 林地和草地均主要分布在东北部、东南部区域, 渝中区、南岸区和江北区无草地分布; 水域主要为长江、嘉陵江等主要河流水面; 城乡建设用地主要分布于主城区并呈组团状向北发展, 东北、东南部呈小块零散的分布格局; 2015 年全市未利用土地比例仅为 1.6%。(3) 2000~2015 年, 重庆市耕地、草地、未利用土地面积持续下降, 其中耕地面积下降幅度呈递增趋势, 三者的净减少面积分别为 139320.38、30529.79 和 327.84hm²; 水域和城乡建设用地面积呈持续增加趋势, 分别净增加面积 17959.75、113766.35hm²; 林地面积变化呈增加-增加-减少趋势, 主要是因为退耕还林主要发生在 2000~2005 年之间, 林地增加面积远远大于林地占用面积; 2005~2010 年间, 退耕还林力度减小, 新增林地与耕地开垦、城镇建设等占用林地抵消后, 林地面积仅有少量增加; 2010~2015 年间退耕还林面积继续大量减少, 而其他用地占用林地的面积虽相对前两个时段有所减少, 却多于林地增加的面积, 因此林地面积净减少; 但在 2000~2015 年整个研究时间段内, 退耕还林等增加的林地面积仍然超过建设用地等占用的林地面积, 林地面积净增加 38451.90hm²。

3.2 重庆市 2000~2015 年土地利用变化速度及其区域差异

3.2.1 单一土地利用类型变化的速度

根据重庆市 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年四期遥感影像解译数据计算出各土地利用类型面积及单一[^]动态度见表 3。由表 3 可以看出, 2000~2005 年、2005~2010 年、2010~2015 年 3 个时段, 重庆市单一土地利用动态度最大的均是城乡建设用地, 分别为 3.85、9.88 和 12.52, 面积急剧增加, 增加速度呈加快趋势; 其次分别为未利用土地 (-3.25)、水域 (2.20)、水域 (0.79); 最小的分别为耕地 (-0.15)、草地 (-0.03) 和林地 (-0.05)。耕地、草地和未利用土地持续减少, 且耕地减少速度呈增大趋势, 草地和未利用土地减少速度呈减小趋势; 林地先增加后减少, 总体上增加; 水域面积持续增加, 增加速度经历了先变大再变小的过程。2000~2015 年, 重庆市单一土地利用动态度最大的是城乡建设用地, 达 12.64, 其次为未利用土地和水域, 分别为 -1.32 和 1.31, 最小的是林地, 为 0.08。以上变化特征表明重庆市在研究期内快速城镇化并大量占用未利用地和耕地;

退耕还林工程的实施是重庆市耕地面积减少和林地面积增加的重要原因，而三峡水库等水利工程的修成和蓄水增加了重庆市的水域面积。

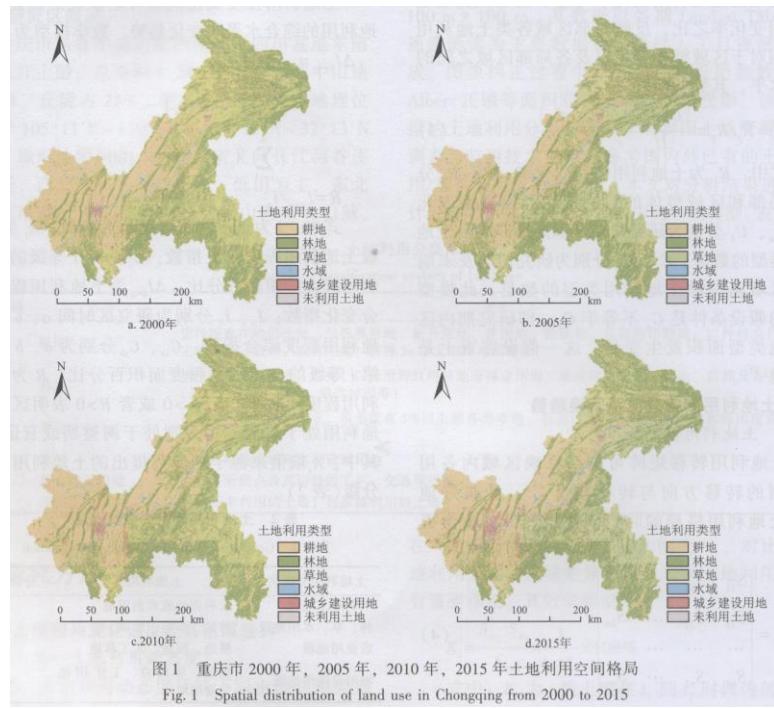


图 1 重庆市 2000 年, 2005 年, 2010 年, 2015 年土地利用空间格局

Fig. 1 Spatial distribution of land use in Chongqing from 2000 to 2015

表 3 2000-2015 年重庆市各土地利用类型面积变化及动态度 (%)

Tab. 3 Area change and dynamic indices of different land use types in Chongqing during 2000-2015

土地利用类型	2000 ~ 2005 年		2005 ~ 2010 年		2010 ~ 2015 年		2000 ~ 2015 年	
	变化面积 (hm ²)	动态度 (%)						
耕地	-28 816.95	-0.15	-49 645.49	-0.26	-60 857.94	-0.32	-139 320.38	-0.24
林地	40 526.39	0.26	5 789.13	0.04	-7 863.61	-0.05	38 451.90	0.08
草地	-26 320.24	-0.45	-1 886.59	-0.03	-2 322.97	-0.04	-30 529.79	-0.17
水域	3 344.11	0.73	10 472.80	2.20	4 142.84	0.79	17 959.75	1.31
城乡建设用地	11 535.07	3.85	35 325.70	9.88	66 905.59	12.52	113 766.35	12.64
未利用土地	-268.38	-3.25	-55.54	-0.80	-3.92	-0.06	-327.84	-1.32

3.2.2 单一土地利用类型变化的区域差异

2000~2015 年重庆市各类型土地利用变化速度的区域差异见图 2。从图 2 可知，研究时段内，重庆市各类型土地利用变化体现出如下特征：

(1) 耕地变化最大(减少)的区县主要集中在主城区，其中变化最大的区县为江北区和南岸区，相对变化率分别为 9.96、7.27；变化最小(减少)的区县有巫山县、潼南区、黔江区和荣昌区等，主要分布在重庆市的东北、西北区域。

(2) 林地变化最大的区域大致可分为两片，一是江北区(减少)等主城区，二是垫江县(增加)、梁平区(增加)、石柱县

(增加)和万州区(增加)等重庆市东北部与东南部相邻的区域;南川区(减少)和綦江区(增加)的林地变化最小,相对变化率分别为0.05、0.06。

(3)草地变化最大的主要有主城区(无草地的区除外)及周边的璧山区(增加)、荣昌区(增加)和垫江县(减少)三片,其他区县的草地相对变化速度均不大;璧山区草地相对变化率最大,面积变化主要发生在2005~2010年,这与《重庆市土地利用总体规划(2006~2020年)》中璧山区需要从2005年几乎没有牧草地到2010年增加大量牧草地的规划相一致。

(4)水域变化最大的区域主要有位于渝东北片区的三峡库区核心区域(增加)和位于渝东南区域的酉阳县(增加)。三峡工程的修建大量增加了库区区县的水域面积,开州区为解决三峡水库汛后回水问题,修建了水域面积为1480hm²的人工湖—汉丰湖,全区水域面积大大增加;酉阳县水域变化主要发生在2010年官清乡金家坝水库开始蓄水后,金家坝水库面积500hm²,是重庆东南区域最大的调峰电站所在地;水域变化最小的为沙坪坝区(增加)和铜梁区(减少),区县间最大和最小相对变化率相差11.18。

(5)城乡建设用地在大部分区县发生了较大的变化,其中最大的是南川区(增加),变化率为9.24,主要变化发生在2005~2010年,主要是由于南川区于2006年撤市设区,并于同年成立南川工业园,城乡建设用地大量增加;城乡建设用地变化最小的为渝中区(增加),渝中区作为重庆市的母城,城区在2000年以前已基本完成建设,后期建设用地的增加量极小。

(6)未利用土地变化最大的为忠县(减少)、巫山县(减少)和大渡口区(减少),其中忠县的未利用土地主要转出为水域,巫山县的未利用土地主要转出为水域和耕地,大渡口区的未利用土地主要转出为水域和城乡建设用地。

总体来看,各类土地变化的区域差异都与城镇化建设、退耕还林生态工程建设和三峡大坝等水利工程建设等人类活动类型的区域差异密切相关,城镇化发展迅速的区域建设用地大量增加,同时耕地、林地、草地等大量减少。退耕还林区域林地面积的增加伴随着耕地面积的减少;兴修水库、大坝的区域水域面积增加,同时伴随着耕地、未利用土地等的减少。

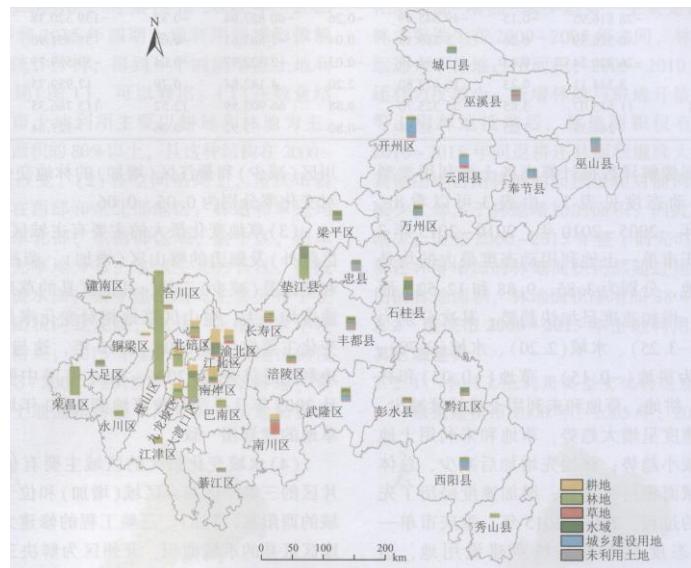
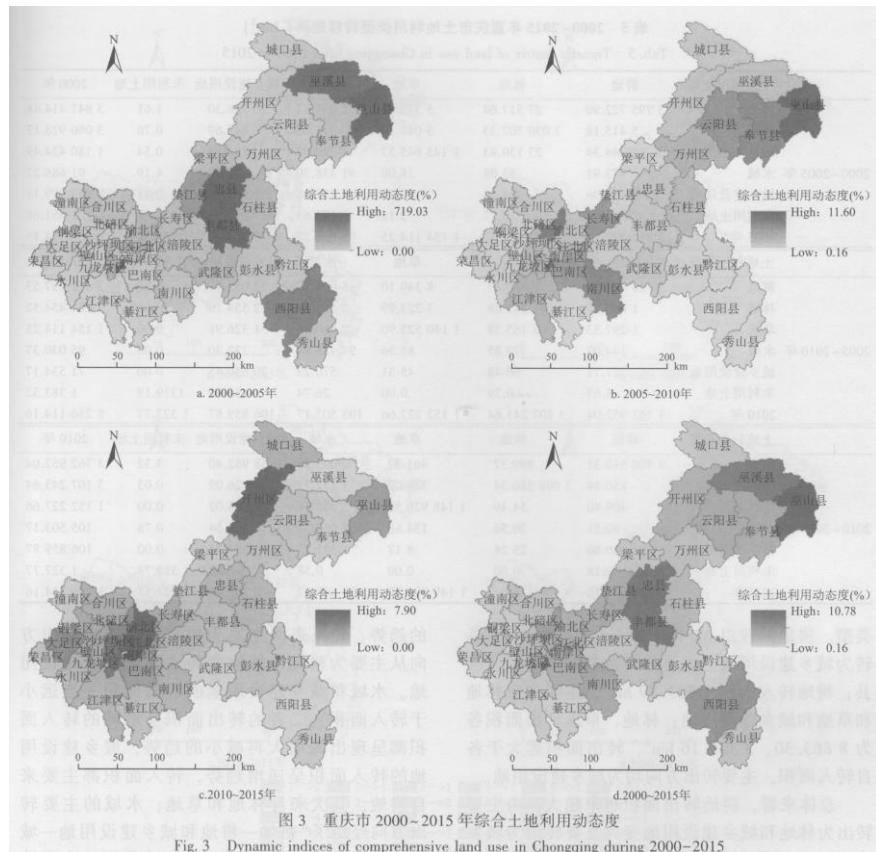


图2 2000~2015年重庆市各区县土地利用相对变化率
Fig. 2 Relative change rate of land use in all districts and counties of Chongqing from 2000 to 2015

3.2.3 土地利用综合变化及其区域差异

根据公式(2),计算得到重庆市及其各区县2000~2015年不同时段的综合土地利用动态度及其分布格局(图3)。从各区县

土地利用综合变化的剧烈程度来看,重庆市2000~2015年间的综合土地利用动态度呈下降趋势,表明研究期内重庆市的土地利用朝着越来越稳定的方向发展。整体来看,重庆市80%以上区县的土地利用活跃期(变化剧烈)都主要集中在某一时段,剧烈变化发生在2000~2005年的区县有14个,2005~2010年10个,2010~2015年8个,其余6个区县在三个五年时段中的土地利用变化剧烈程度比较平均。分时段看,2000~2005年土地利用动态变化较大的区县主要为重庆市主城区的大渡口区和东部地区,并明显分散为4个片区(图3a);2005~2010年土地利用变化较大的区县主要分布在重庆市东北部三峡库区核心区和主城区及其以东的长寿区和南川区3个片区(图3b);2010~2015年土地利用动态度最大的区县主要为重庆市主城区和东北部的开州区2个片区(图3c);2000~2015年土地利用动态度与2000~2005年的空间分布格局一致(图3d),表明研究期内重庆市整体上土地利用最剧烈的变化发生在2000~2005年间。



3.3 重庆市2000~2015年土地利用变化过程及转换趋势

3.3.1 土地利用变化过程

根据公式(4)得到重庆市2000~2015年间3个时段的土地利用转移矩阵(表5)及土地利用类型变化空间分布图(图4)。分时段来看,2000~2005年,共发生了30种土地利用转换类型,耕地转出面积45691.58hm²,其中60.23%转为林地、23.54%转为城乡建设用地、11.77%转为草地;耕地转入面积16874.63hm²,其中32.09%来自林地,65.45%来自草地。林地转出面积10225.81hm²,其中52.96%转为耕地,29.81%转为草地;林地转入面积50752.19hm²,主要来自耕地和草地。草地转出面积34788.96hm²,其中31.75转为耕地,66.49%转为林地;草地转入面积8468.72hm²,主要来自耕地和林地。未利用土地转出面积远大于转入面积,主要转化为水域和耕地。2000~2005年,发生转出变化的耕地散布全市,在主城区主要转为建设用地,在渝东北和渝东南区域主要转为林地和草地;林地、草地和耕地在渝东北和渝东南区域相互转化活跃。2005~2010年,共发生了26种土地利用转换类型。耕地共转出53125.76hm²,其中60.39%转为城乡建设用地;耕地转入面积3480.27hm²,主要来自林地和草地;

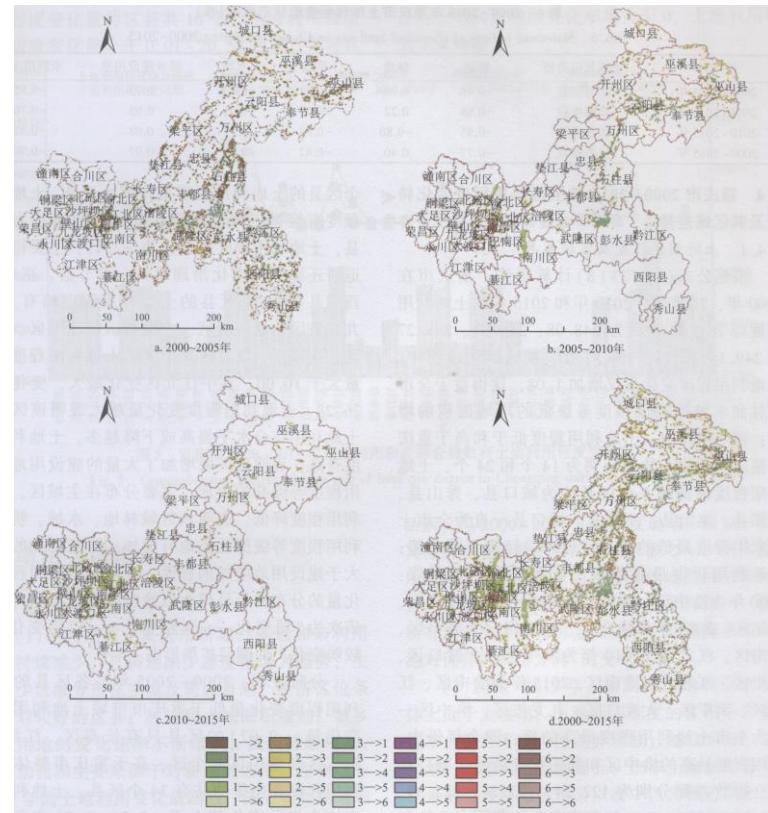
林地转出面积 10106.84hm^2 , 转为耕地、草地、水域和城乡建设用地的百分比分别为 17.88%、31.90%、24.94% 和 25.27%; 林地转入面积 15895.97hm^2 , 主要来自耕地和草地。草地的转入面积和转出面积相差不大, 转入部分主要来源于耕地和林地, 主要转出为林地。2005~2010 年发生类型转换的土地面积明显比 2000~2005 年减少, 且区域更集中, 耕地转化为建设用地主要分布在主城区及周边区县, 而通过林地和草地补充的耕地主要分布在渝东北区域; 长江沿线大量耕地通过退耕还林还草工程转为林地和草地, 同时大量草地转为林地。2010~2015 年, 共发生了 26 种土地利用转换类型。耕地共转出 62441.72hm^2 , 其中 94.50% 转为城乡建设用地, 主要分布在主城区及周边区县; 耕地转入面积 1583.79hm^2 , 主要来自林地和草地和城乡建设用地; 林地、草地转出面积各为 8863.30 、 3301.16hm^2 , 转出面积远大于各自转入面积, 主要转出方向均为城乡建设用地。

表 5 2000~2015 年重庆市土地利用类型转移矩阵 (hm^2)
Tab. 5 Transfer matrix of land use in Chongqing from 2000 to 2015

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用土地	2000 年
耕地	3 795 722.90	27 517.64	5 378.16	2 037.87	10 756.30	1.61	3 841 414.48
林地	5 415.18	3 050 702.33	3 048.10	916.08	845.69	0.76	3 060 928.13
草地	11 044.34	23 130.93	1 145 645.53	329.62	283.53	0.54	1 180 434.49
2000~2005 年水域	173.91	53.08	38.00	91 338.30	78.79	4.19	91 686.27
城乡建设用地	157.06	34.28	2.28	235.88	59 569.14	0.48	59 999.11
未利用土地	84.15	16.27	2.18	172.63	0.73	1 375.73	1 651.69
2005 年	3 812 597.53	3 101 454.52	1 154 114.25	95 030.37	71 534.17	1 383.32	8 236 114.16
土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用土地	2005 年
耕地	3 759 471.77	7 589.47	8 349.10	5 096.17	32 083.11	7.90	3 812 597.53
林地	1 807.34	3 091 347.68	3 223.99	2 520.74	2 554.10	0.68	3 101 454.52
草地	1 297.53	8 165.38	1 140 523.90	2 800.46	1 326.98	0.00	1 154 114.25
2005~2010 年水域	144.03	79.85	85.36	94 488.84	232.30	0.00	95 030.37
城乡建设用地	227.71	60.48	45.31	570.22	70 630.45	0.00	71 534.17
未利用土地	3.65	0.79	0.00	26.74	32.93	1319.19	1 383.32
2010 年	3 762 952.04	3 107 243.64	1 152 227.66	105 503.17	106 859.87	1 327.77	8 236 114.16
土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用土地	2010 年
耕地	3 700 510.31	899.37	461.37	2 095.28	58 982.40	3.32	3 762 952.04
林地	850.44	3 098 380.34	374.02	1 712.72	59 26.09	0.03	3 107 243.64
草地	409.80	54.49	1 148 926.50	538.86	2 298.02	0.00	1 152 227.66
2010~2015 年水域	80.51	20.56	134.63	104 967.34	299.34	0.78	105 503.17
城乡建设用地	240.86	25.28	8.17	331.23	10 6254.33	0.00	106 859.87
未利用土地	2.18	0.00	0.00	0.58	5.28	1 319.73	1 327.77
2015 年	3 702 094.10	3 099 380.04	1 149 904.70	109 646.02	173 765.46	1 323.85	8 236 114.16

总体来看, 耕地转出面积越来越大, 由主要转出为林地和城乡建设用地变为主要转出为城乡建设用地, 同时转出为林地的面积越来越小, 转出为城乡建设用地的面积越来越大; 转出为林地主要得益于退耕还林政策的实施, 转出为城乡建设用地主要发生在主城区及周边区县, 说明重庆市的快速城镇化占用了大量的耕地; 耕地转入面积主要来自草地和林地, 呈现“急剧减少—减少”的趋势, 主要来自渝东北、东南两翼地区, 说明耕地的补充来源越来越少且补充耕地的质量条件劣于主城区和周边丘陵地区城市建设占用的耕地。林地转出面积变化较小, 整体呈越来越少的趋势, 主要转出方向经历了“耕地—草地、水域—城乡建设用地”的变化过程; 林地转入面积的变化情况与耕地一致, 主要来自耕地和草地。草地的转出、转入面积均呈不断减小的趋势, 转入来源主要为耕地和林地, 转出方向从主要为耕地、林地变为主要为城乡建设用地。水域和城乡建设用地的转出面积一直远小于转入面积, 二者的转出面积及水域的转入面积都呈现出先增大再减小的趋势, 城乡建设用地的转入面积呈递增趋势,

转入面积都主要来自耕地，其次来自林地和草地；水域的主要转出方向经历了“耕地—耕地和城乡建设用地—城乡建设用地”的变化过程；城乡建设用地主要转出为耕地和水域。未利用土地的转出面积一直大于转入面积，主要变化发生在2000~2005年，说明2005年后重庆市可开发利用的未利用土地资源已极少。



注：图例中1、2、3、4、5、6分别表示耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地、未利用土地6种土地利用类型，“ \rightarrow ”表示“变化为”，“1 \rightarrow 2”表示“耕地变化为林地”，“1 \rightarrow 3”表示“耕地变化为草地”，其余图例理解方法同上。

图4 重庆市2000~2015年土地利用类型变化
Fig. 4 Transitions between different types of land use in Chongqing during 2000~2015

3.3.2 土地利用转换趋势特征

表6分析结果显示：2000~2005年和2005~2010年两个时段中，耕地、草地和未利用土地的状态指数均小于0，说明它们的转出速度大于转入速度，其中2000~2005年未利用土地和2005~2010年耕地的状态指数分别为-0.95和-0.88，接近-1，说明这两类土地的面积在对应时段大量减少，土地转出速度远大于转入速度，处于极不平衡的利用状态；林地、水域和城乡建设用地的状态指数处于0~1之间，说明它们的转入速度大于转出速度，其中城乡建设用地和水域的状态指数均接近于1，说明它们的转入速度远大于转出速度，面积大大增加，同样处于极不平衡的利用状态。另外，2005~2010年草地的状态指数为-0.07，接近于0，说明其转入、转出速度相差不大，基本处于利用平衡的状态。2010~2015年，耕地、林地、草地和未利用土地的转出速度大于转入速度，其中耕地的状态指数为-0.95，接近于-1，说明其面积大量减少；水域和城乡建设用地的状态指数大于0，说明它们的转入速度大于转出速度，城乡建设用地的状态指数为0.98，接近于1，面积大量增加。总体来看，2000~2015年，耕地、草地和未利用土地面积减少，林地、城乡建设用地和水域面积增加，利用状态从最不平衡到比较平衡依次为城乡建设用地、未利用土地、水域、耕地、草地和林地。

3.4 重庆市2000~2015年土地利用程度变化特征及其区域差异

3.4.1 土地利用程度及区域差异

根据公式(6)(7)(8)计算得到:重庆市在2000年、2005年、2010年和2015年的土地利用程度综合指数分别为248.08、248.01、248.27和249.15(图5),15a间的快速城镇化过程中,土地利用程度变化量仅增加1.08,这得益于全市森林和水域等利用程度等级低的用地面积的增加;四个年份中,土地利用程度低于和高于重庆市整体水平的区县均分别为14个和24个,土地利用程度最低的5个区县均为城口县、秀山县、酉阳县、巫山县、巫溪县,城口县一直为全市土地利用程度最低的县,且总体呈轻微下降趋势;土地利用程度最高的5个区县从高到低排序:2000年为渝中区、潼南区、南岸区、大渡口区、大足区,2005年为渝中区、南岸区、大渡口区、潼南区、江北区,2010年为渝中区、大渡口区、南岸区、江北区、潼南区,2015年为渝中区、江北区、南岸区、大渡口区、九龙坡区,渝中区一直为全市土地利用程度最高的区;四个年份中,利用程度最高的渝中区和利用程度最低的城口县'综合指数差额分别为122.24、122.24、122.39、122.38。2000~2015年重庆市整体范围内土地利用程度的空间差异格局基本不变,主城区利用程度最高,其次为主城区外围区县,越往渝东北、渝东南方向,土地利用程度越低。土地利用程度的区域差异与全市不同区域的自然、历史发展基础和功能分区有关,在城镇发展水平高、建设用地多的低山丘陵区县的土地利用程度普遍高于城镇发展水平低、主要承担生态功能的高山区县的土地利用程度。

表6 2000~2015年重庆市土地利用类型状态指数(%)

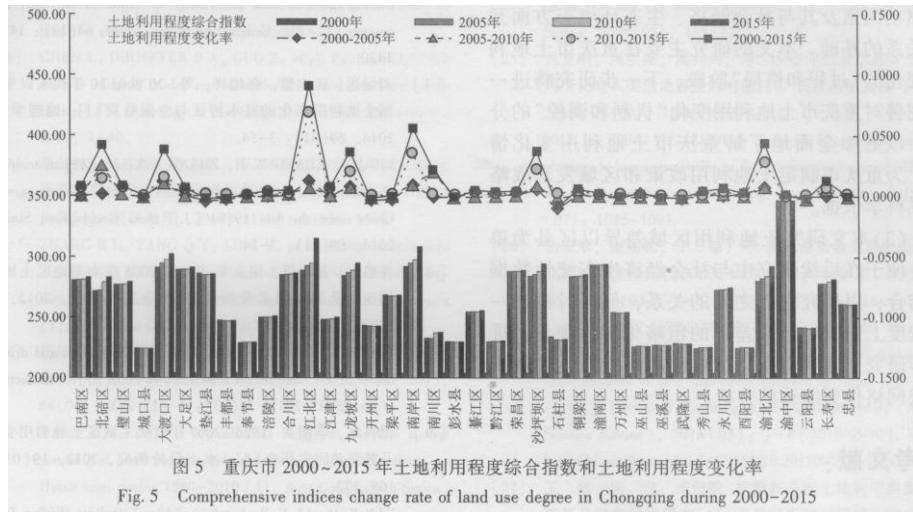
Tab. 6 Statement indices of classified land use in Chongqing during 2000~2015

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用土地
2000~2005年 状态指数	-0.46	0.66	-0.61	0.83	0.93	-0.95
2005~2010年 状态指数	-0.88	0.22	-0.07	0.91	0.95	-0.76
2010~2015年 状态指数	-0.95	-0.80	-0.54	0.79	0.98	-0.32
2000~2015年 状态指数	-0.77	0.40	-0.42	0.89	0.97	-0.90

3.4.2 土地利用程度变化及其区域差异

总体来看,2000~2015年,重庆市市域土地利用程度变化不大,但土地利用程度变化率为0.0043,大于0,表明重庆市总体的土地利用水平处于发展期;石柱县、开州区、垫江县等13个区县的土地利用程度变化率小于0,土地利用程度有轻微下降,下降程度最大的区县为石柱县,土地利用程度变化量为-2.11,主要得益于退耕还林和石漠化治理政策;奉节县、巫山县、酉阳县等18个区县的土地利用程度略有上升;九龙坡区、沙坪坝区、大渡口区、北碚区、渝北区、南岸区、江北区7个区的土地利用程度变化量大于10.00,其中江北区变化最大,变化量为26.28,土地利用程度变化量越大表明该区域的土地利用综合水平提高或下降越多,土地利用程度升高,表明该区域增加了大量的建设用地等利用程度等级高的土地,主要分布在主城区,土地利用程度降低,表明该区域林地、水域、耕地等利用程度等级低的土地有增加,且其增加的程度大于建设用地增加的程度。全市土地利用程度变化量的分布格局呈现为以渝中区为核心从内到外依次为“弱变化——剧烈变化——较强变化——较弱变化”的圈层扩展形态。

分时段看,2000~2005年,各区县的土地利用程度变化量低于重庆市市域土地利用程度变化量(-0.07)的区县只有长寿区、江津区、黔江区和璧山区4个区,高于重庆市整体土地利用程度变化量的共有34个区县,土地利用程度综合指数变化值介于-2.36~3.74之间;其中土地利用程度减轻的区县有石柱县、垫江县等16个区县,减少量最大的为石柱县;土地利用程度增大的有江北区、大渡口区、南岸区等22个区县,增加量最大的为江北区。2005~2010年,各区县土地利用程度变化量低于重庆市整体土地利用程度的有26个区县,高于重庆市整体土地利用程度变化量的共有12个区县,土地利用程度综合指数变化值介于-0.12~6.81之间;其中土地利用程度减轻的区县共13个,城口县减少量最大;土地利用程度增大的区县共25个,北碚区增加最多。2010~2015年,各区县土地利用程度变化量低于重庆市整体土地利用程度变化量的有22个区县,高于重庆市整体土地利用程度变化量的区县共16个,土地利用程度综合指数变化量介于0.01~20.50之间,即各区县的土地利用程度变化率均大于0,土地利用均处于发展期。



4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 研究期内,重庆市耕地、草地和未利用土地持续减少,且耕地减少速度呈增大趋势,主要减少区域分布在主城区及周边自然、经济区位条件相对较好的区县;林地和水域面积增加;城乡建设用地的变化速率不断增大,面积持续增加,其增加面积主要来源于对耕地的占用。在2000~2005年间土地利用变化最剧烈,随后朝着越来越稳定的方向发展;区县间土地利用变化活跃程度差异明显,但这种差异随时间后移朝着缩小的方向发展。

(2) 2000~2015年,区县之间各类土地利用变化的相对速率差异较大,其中草地变化速率的极差最大,为70.35,其次为水域、耕地和林地,耕地变化最大的区域主要集中在主城区,同时耕地和城乡建设用地在各区县均有较大变化;水域发生较大变化的区县均与大型水利工程的修建密切相关;相对变化速率区域差异最小的为未利用土地;各类土地利用变化的区域差异分布格局各不相同。

(3) 研究期内,各类用地之间竞争激烈,渝东北、东南区域耕地、林地、草地相互之间转换活跃,但2000~2015年活跃度递减;耕地一直是其他所有地类最主要的转入来源之一;城乡建设用地随时间推移越来越成为其他地类的主要转出方向,经历了“耕地的主要转出方向之一—其他所有地类的主要转出方向之一—其他所有地类占绝对优势的转出方向”的变化过程。

(4) 2000~2015年,重庆市土地利用水平总体上处于发展期,土地利用程度的区域分布格局基本上保持不变,但差异明显,越往东北、东南区域,土地利用程度越低;全市土地利用程度变化量的分布格局呈现为以渝中区为核心从内到外依次为“弱变化—剧烈变化—较强变化—较弱变化”的圈层扩展形态。

(5) 在用地竞争中,城乡建设用地对条件相对好的耕地的占用量大,当主城区及周边区县的耕地被占用后,补充耕地多来自渝东北、渝东南区县,因此应继续加大力度控制城市建设用地的增量,同时在耕地占补平衡中要提高对质量平衡的要求。在重庆市统筹城乡发展过程中,需要从土地利用格局特征出发,协调不同土地利用类型配比区域的功能,并因地制宜发展产业。

4.2 讨论

(1) 分析看出,研究中用到的表征土地利用变化特征的方法虽然各有侧重,但互相之间都能很好地印证,对于认识土地利

用的时空变化特征具有良好的一致性和互补性。

(2) 对土地利用变化时空特征的分析是研究其驱动因素及其与社会经济、生态环境等方面互动关系的基础。本文的研究主要在重庆市土地利用变化的“过程和格局”阶段,下一步研究将进一步完善对重庆市土地利用变化“机制和调控”的分析,以更加全面地了解重庆市土地利用变化情况,为重庆市制定土地利用政策和区域发展战略提供科学依据。

(3) 本文研究土地利用区域差异以区县为单位,便于在后续研究中与社会经济生态统计数据相结合,以研究它们之间的关系,但同时也在一定程度上造成对区域差异的粗略化和模糊化,进一步研究土地利用变化的区县内部差异可利用栅格或网格作更细致的分析。

参考文献:

[1] 龙花楼. 论土地利用转型与乡村转型发展[J]. 地理科学 进展, 2012, 31(02): 131-138.

LONG H L. Land use transition and rural transformation development [J]. Progress in Geography, 2012, 31(02): 131-138.

[2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996(06): 553-558.

LI X B. A review of the international researches on land use/ land cover change [J]. Acta Geographica Sinica, 1996(06): 553-558.

[3] 牛潞珍, 石英. 土地利用/覆盖变化研究进展综述[U]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2014(si): 25-26.

LIU L Z, SHI Y. A review of research progress on land use/ cover change [J]. Journal of Southeast University (Philosophy and Science Edition), 2014(si) : 25-26.

[4] 仙巍, 邵怀勇, 周万村. 嘉陵江中*下游地区近 30 年土地 利用与覆被变化过程研究[J]. 地理科学进展, 2005(02): 114-121.

XIAN W, SHAO H Y, ZHOU W C. Process of land use/land cover change in the Area of middle and lower reach of jialing river [J]. Progress in Geography, 2005(02) : 114-121.

[5] 余新晓, 张晓明, 牛丽丽等. 黄土高原流域土地利用/覆 被动态演变及驱动力分析 [U]. 农业工程学报, 2009, 25(07) : 219-225.

YU X X, ZHANG X M, NIU L L, et al. Dynamic evolution and driving force analysis of land use/cover change on loess plateau watershed [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25 (07): 219-225.

[6] 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[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.

LIU J Y, ZHANG Z X, XU X L, et al. Spatial patterns and driving forces of land use change in China in the early 21st century [J]. Acta Geographica Sinica, 2009 , 64(12) : 1411- 1420.

[7] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(01) : 3-14.

LIU J Y, KUANG W H, ZHANG Z X, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(01) : 3-14.

[8] 肖思思, 吴春笃, 储金宇. 1980~2005年太湖地区土地利用变化及驱动因素分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28 (23) : 1-11, 293.

XIAO S S, WU C D, CHU J Y. Land use changes and driving forces in Tai Lake region from 1980 to 2005 [J] • *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(23) : 1-11, 293.

[9] 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(01) : 168-173.

FAN K H, LI Y B. Land use change and its driving force analysis in the central area of Chongqing city from 1986 to 2007 [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2012, 19 (01) : 168-173.

[10] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 等. 1994~2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12) : 1468-1479.

SHI L J, WANG S Y, YAO X J, et al. Temporal and spatial variation characteristics of land use and its driving force in Shanghai city from 1994 to 2006 [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2012, 21(12) : 1468-1479.

[11] 张丽, 杨国范, 刘吉平. 1986~2012年抚顺市土地利用 动态变化及热点分析[J]. 地理科学, 2014, 34(02) : 185-191.

ZHANG L, YANG G F, LIU J P. The dynamic changes and hot spots of land use in Fushun City from 1986 to 2012 [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(02) : 185-191.

[12] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999 (01) : 83-89.

WANG X L, BAO Y H. Study on the methods of land use dynamic change research [J]. *Progress in Geography*, 1999 (01) : 83-89.

[13] 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(05) : 643-650.

ZHU H Y, LI X B. Discussion on the index method of regional land use change [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003 (05) : 643-650.

[14] 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(08) : 1544-1550.

LIU R, ZHU D L. Methods for detecting land use changes based on the land use transition matrix [J]. *Resources Science*,

2010, 32(08) : 1544-1550.

[15] HURLEY J, WOOD G, GROENHART L. Long run urban analysis using property records: a methodological case study of land use change [J]. *Urban Studies*, 2016.

[16] CHEN L, DIRMEYER P A, GUO Z, et al. Pairing FLUXNET sites to validate model representations of land use/land cover change [J]. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 2017: 1-40.

[17] 张栢. 林, 杨庆媛, 鲁春阳, 等. 不同经济发展阶段区域土地利用变化及对经济发展的影响——以重庆市 40 个区县 为例 [J]. *经济地理*, 2011, 31(09) : 1539-1544.

ZHANG B L, YANG Q Y, LU C Y, et al. Effect on economic development of regional land use change in different development phase: forty counties in Chongqing as the research object [J]. *Economic Geography*, 2011, 31(09) : 1539-1544.

[18] 杨依天, 郑度, 张雪芹, 等. 1980~2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应 [J]. *地理学报*, 2013, 68(06) : 813-824.

YANG Y T, ZHENG D, ZHANG X Q, et al. The spatial coupling of land use changes and its environmental effects on Hotan oasis during 1980-2010 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(06) : 813-824.

[19] 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 [J]. *地理学报*, 2014, 69(01) : 54-63.

WU L N, YANG S T, LIU X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River basin since 1976 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(01) : 54-63.

[20] YE X, YU X, YU C, et al. Impacts of future climate and land cover changes on threatened mammals in the semi-arid Chinese Altai Mountains. [J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 612: 775.

[21] CHENG X, CHEN L, SUN R, et al. Land use changes and socio-economic development strongly deteriorate river ecosystem health in one of the largest basins in China. [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 616-617: 376-385.

[22] 张云鹏, 孙燕, 陈振杰. 基于多智能体的土地利用变化 模拟 [J]. *农业工程学报*, 2013, 29(04): 255-265, 300-301.

ZHANG Y P, SUN Y, CHEN Z J. Simulation of land use change using multi-agent model [J]. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(04) : 255-265, 300-301.

[23] 杨俊, 解鹏, 席建超, 等. 基于元胞自动机模型的土地利用变化模拟——以大连经济技术开发区为例 [J]. *地理学报*, 2015, 70(03) : 461-475.

YANG J, XIE P, XI J C, et al. LUCC simulation based on the cellular automata simulation: a case study of dalian economic and technological development zone [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(03) : 461-475.

-
- [24] 邱炳文, 陈崇成. 基于多目标决策和 CA 模型的土地利用 变化预测模型及其应用 [J]. 地理学报, 2008 (02): 165–174.
- QIU B W, CHEN C C. Land use change simulation model based on MCDM and CA and its application [J]. Acta Geographica Sinica, 2008 (02) : 165–174.
- [25] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 1985 年以来江苏省土地利 用变化对人类活动程度的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(07): 1086–1093.
- LV L G, ZHOU S L, ZHOU B B, et al. Response of land use changes to human activities in Jiangsu province since 1985 [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24 (07) : 1086–1093.
- [26] 初翠翠, 廉丽姝, 于淼, 等. 南四湖流域土地利用/覆被 变化的时空特® [J/OL]. 山东农业大学学报(自然科学 版), 2018(03) : 1–6[2018–05–10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1132.S.20170926.1607.002.html>.
- CHU C C, LIAN L Z, YU M, et al. Spatial-temporal character-istics analysis of land use/cover changes in Nansi Lake Basin [J/OL] . Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2018(03) : 1 – 6 [2018–05–10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1132.S.20170926.1607.002.html>.
- [27] 王越, 宋戈, 王盼盼. 松嫩高平原土地利用类型变化 特征及时空格局研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31 (04) : 61–66.
- WANG Y, SONG G, WANG P P. The characteristics and spa-tiotemporal patterns of land use types change in Songnen high plain [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(04): 61–66.
- [28] 李一琼, 白俊武. 近 20 年苏州土地利用动态变化时空特征 分析[J/OL]. 测绘科学, 2018(06) : 1–12[2018–05–10], <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4415.P.20180122.1512.010.html>.
- LI Y Q, BAI J W. Analysis of temporal and spatial dynamic changes of land use of Suzhou in recent 20 years [J/ OL] • Science of Surveying and Mapping, 2018(06): 1 – 12[2018– 05–10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4415.P.20180122.1512.010.html>.
- [29] 刘敬杰, 夏敏, 刘友兆, 等. 基于多智能体与 CA 结合 模型分析的农村土地利用变化驱动机制[门. 农业工程学 报, 2018, 34(06): 242–252.
- LIU J J, XIA M, LIU Y Z, et al. Driving mechanism of rural land use change based on multi-agent system and cellular automata [J]. Transactions of the CSAE, 2018, 34(06): 242–252.
- [30] 李正, 王军, 白中科, 等. 喀斯特地区土地利用变化 研究——以贵州省为例[门. 地域研究与开发, 2011, 30(02) : 143–148.
- LI Z, WANG J, BAI Z K, et al. Researches on karst area land use change: taking guizhou province for example [J] • Areal Research and Development, 2011, 30(02) : 143–148.

[31] 唐宏, 乔旭宁, 杨德刚等. 土地利用变化时空特征与区域发展关系研究——以渭干河流域为例[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(03) : 205-213.

TANG H, QIAO X N, YANG D G, et al. Characteristics of temporal and spatial dynamic changes of land use and their relationship with regional development—a case study in the Weigan River Basin [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2012, 30(03) : 205-213.

[32] 罗娅, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 黄河河口镇——潼关区间 1998~2010 年土地利用变化特征[J]. 地理学报, 2014, 69(01) : 42-53.

LUO Y, YANG S T, LIU X Y, et al. Land use change in the reach from hekouzhen to tongguan of the yellow river during 1998-2010 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(01): 42-53.

[33] 刘金巍, 靳甜甜, 刘国华, 等. 黑河中上游地区 2000~2010 年土地利用变化及水土保持服务功能[J]. 生态学报, 2014, 34(23) : 7013-7025.

LIU J W, JIN T T, LIU G H, et al. Changes in land use and soil and water conservation of the upper and middle reaches of Heihe river basin during 2000 - 2010 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(23) : 7013-7025.

[34] 刘超琼, 彭开丽, 陈红蕾. 安徽省土地利用变化下的生态敏感性时空规律 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24 (09) : 1584-1590.

LIU C Q, PENG K L, CHEN H L. Spatio-temporal characteristics of ecological sensitivity to land use change in Anhui Province [J] • Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015 , 24(09) : 1584-1590.

[35] 闫艳. 1988~2008 年郑州市土地利用变化及其驱动力分析[D]. 河南大学, 2009.

YAN Y. Analysis on land use change and its driving force in Zhengzhou city in 1988-2008 [D] • Heznan University, 2009.

[36] 吴洁璇, 陈振杰, 李满春, 等. 基于邻接关系的土地利用变化空间关联规则研究[J]/长江流域资源与环境, 2015, 24(09) : 1537-1544.

WU J X, CHEN Z J, LI M C, et al. Research on spatial association rules of land use change based on adjacency relations [J] • Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24 (09) : 1537-1544.

[37] 魏开, 许学强, 魏立华. 乡村'空间转换中的土地利用变化研究——以洛中村为例[J]. 经济地理, 2012, 32(06): 114-119, 131.

WEI K, XU X Q, WEI L H. Land use change in rural space transition—a case study of Jiaozhong Village [J] • Economic Geography, 2012, 32(06) : 114-119, 131.

[38] 吴坤, 王文杰, 刘军会, 等. 成渝经济区土地利用变化特征与驱动力分析 [J]. 环境工程技术学报, 2015, 5 (01) : 29-37.

WU K, WANG W J, LIU J H, et al. Analysis on characteristics and driving force of land use change in Chengdu-Chongqing Economic Zone [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2015 , 5(01) : 29-37.

[39] 何建华, 王宵君, 杜超, 等. 武汉城市圈土地利用变化 系统仿真模拟与驱动力分析 [U]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(08) : 1270-1278.

HE J H, WANG X J, DU C, et al. Simulation of land use change and analysis of driving forces in Wuhan urban agglomeration based on a system dynamic model [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24 (08) : 1270-1278.

[40] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010~2015 年中国土地利 用变化的时空格局与新特征 [J/OL]. 地理学报, 2018 (05) : 1 - 14 [2018-05-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1856.P.20180419.1553.014.html>.

LIU J Y, NING J, KUANG W H, et al. Spatiotemporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010-2015 [J/OL]. Acta Geographica Sinica, 2018(05): 1-14 [2018-05-10] . <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1856.P.20180419.1553.014.html>.

[41] 陈丹, 周启刚, 何昌华, 等. 重庆山地都市区 1985~ 2010 年土地利用变化地形特征分异研究 [J]. 水土保持研 究, 2013, 20(05) : 210-215, 220.

CHEN D, ZHOU Q G, HE C H, et al. Research on the differ-entiation of land-use terrain feature from 1985 to 2010 in Chongqing Mountainous metropolitan area [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2013 , 20 (05): 210 - 215 , 220.

[42] 丁茜, 付梅臣, 王力. 基于转移矩阵的重庆市北碚区 土地利用变化分析 [U]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 198-204.

DING Q, FU M C, WANG L, Analysis of land use change in Beibei District of Chongqing based on transfer matrix [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2017, 45(12): 198-204.

[43] HE Q, QIU S, JJANG Y, et al. Land-use change caused microbial pollution in a karst underground river, Chongqing, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(8) :: 1-11.

[44] LONG H, WU X, WANG W, et al. Analysis of urban-rural land-use change during 1995-2006 and its policy dimensional driving forces in Chongqing, China [J]. Sensors, 2008, 8 (2) : 681-699.

[45] 陈晓军. 重庆市土地利用变化与经济发展的耦合关系研究 [D]. 西南大学, 2009.

CHEN X J. A study of relationship between land use change and economic development in Chongqing city [D]. Southwest University, 2009.

[46] 李学梅. 重庆市土地利用变化及生态效应研究 [D]. 陕西 师范大学, 2016.

LI X M. A study on land use change and its ecological effect in Chongqing [D]. Shaanxi Normal University, 2016.

[47] 鲁春阳, 齐磊刚, 桑超杰. 土地利用变化的数学模型解析 [J]. 资源开发与市场, 2007(01) : 25-27.

LU C Y, QI L G, SANG C J. Analysis on mathematic model of land-use changes [J]. Resource Development & Market, 2007 (01) : 25-27.

[48] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.