

文章编号: 1008 - 2786 - (2020)6 - 916 - 10

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000567

汶川地震灾区产业结构调整与土地利用 格局的互动关系

史育凡¹, 第宝锋^{1,2,3*}, 左 齐^{2,3}, 吴绍琳¹, 段娅楠¹

(1. 四川大学 建筑与环境学院, 成都 610065; 2. 四川大学 - 香港理工大学 灾后重建与管理学院, 成都 610207;

3. 四川省应急管理厅 - 四川大学 综合减灾研究中心, 成都 610207)

摘 要: 重大自然灾害背景下产业结构调整与土地利用格局的互动关系研究对灾后恢复重建及其产业振兴具有重要指导意义。本研究以汶川地震极重灾区为例, 应用灰色关联模型、相关系数分析方法, 探究产业结构和土地利用格局的变化特征及二者的互动关系。结果显示: (1) 就产业结构而言, 与震前相比, 研究区三次产业比重变化特点为: 第一产业下降、第二产业总体上处于下降趋势、第三产业快速上升。2000—2018 年研究区内耕地、草地、林地面积明显减少, 未利用地、建设用地及水域面积显著增加, 地震后土地利用均质化程度增高明显。汶川地震及其恢复重建对研究区产业结构和土地利用系统的优化与调整起到了积极的促进作用。(2) 震后恢复重建规划对主导产业的定位, 直接影响区内土地利用格局变化, 平原丘陵为主的县级行政区内第二产业的发展对土地利用系统变化的影响最大, 山地为主的县级行政区内第三产业对土地利用系统变化的影响最为明显。

关键词: 灾后重建; 产业结构; 土地利用格局; 汶川地震灾区

中图分类号:

文献标志码:

巨灾作为影响区域经济社会可持续发展的重要因素之一, 倍受社会各界关注^[1]。巨灾后重建为纠正过去经济发展问题与重新规划部署产业发展提供了机遇^[2-3]。科学合理地制定产业调整规划和土地利用规划是灾后经济可持续发展的关键^[4-5]。区域产业结构调整与用地结构变化间存在着对应的互动关系^[6-7], 进行产业结构调整, 土地利用结构重新配置时, 必须充分考虑两者的互动关系。

目前, 学界针对产业结构和土地利用的关系取得了丰富的研究成果。国外关于此方面的研究较早, 其中影响较大的是杜能的农业区位论^[8]、韦伯的工业区位论和服务业区位论, 及阿郎索提出的相

对完整的城市土地利用经济模型^[9]。也有学者研究城市土地利用结构的经济理论及模型^[10-11]。国内相关研究起步较晚, 早期结合产业产值占地比^[12]、地均产值^[13]、结构变化率^[7]等指标定性分析产业结构与土地利用结构的相互影响^[6,14], 之后运用相关分析^[15-17]、数学模型^[18]等定量分析两者的关系。也有学者从产业经济角度进行土地利用效率^[19]、土地集约利用的研究^[20]。研究区域多集中于省会城市及特大城市或是全国地级市, 对汶川地震极重灾区或广域影响区的系统变化规律尚有待拓展。就研究内容而言, 对灾后产业发展与土地利用格局相联系, 开展长时序动态变化及其相互作用的

收稿日期(Received date): 2020 - 05 - 20; 改回日期(Accepted date): 2020 - 12 - 16

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(41977245); 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23090502)。[National Natural Science Foundation of China (41977245); The Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences(XDA23090502)]

作者简介(Biography): 史育凡(2001 -), 女, 陕西延安人, 本科生, 主要研究方向: 环境科学。[SHI Yufan (2001 -), female, born in Yan'an, Shaanxi province, B.Sc., candidate, research on environment science] E-mail: 2017141472048@stu.scu.edu.cn

* 通讯作者(Corresponding author): 第宝锋(1978 -), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 山地灾害风险、环境遥感。[DI Baofeng(1978 -), male, Ph.D., professor, specialized in mountain disaster risk and remote sensing of environment] E-mail: dibaofeng@scu.edu.cn

研究尚待深入。本文以汶川地震极重灾区为研究区,在探究灾区产业结构和土地利用格局在汶川地震前后变化特征的基础上,运用灰色关联模型、相关系数法进一步分析两者的互动关系,以期提示汶川地震灾后重建过程中土地利用规划、生产力布局和产业调整的变化规律与作用关系,并为巨灾区用地规划及产业恢复重建提供参考。

1 方法与数据

1.1 研究区概况

根据民政部等5部(委、局)发布的《汶川地震灾害范围评估结果》,选取10个极重灾县(市)为研究区(图1),面积约 $2.61 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究区是受汶川地震致灾强度最大、灾情严重程度最高、地质灾害影响较深的区域,地震共造成区域内5.73万人死亡,震亡率达1.56%,占此次地震总死亡人数的82.86%。根据地形特征可将研究区划分为平原丘陵区 and 山地区,以平原丘陵为主的县级行政区包括都江堰市、彭州市、什邡市、绵竹市、安县(现安州区),以山地为主的县级行政区包括汶川县、北川县、青川县、茂县、平武县。区内地形复杂,经济基础薄弱,汶川地震摧毁了大量城乡居民住房,基础设施

受损严重,产业发展受到严重影响,主要产业、众多企业遭到重创^[21],极重灾区县域直接经济损失达5889.5亿元,占汶川地震全部直接经济损失的69.7%。灾后恢复重建时,平原丘陵区发挥其科技资源集中、产业基础较好的优势,重点发展第二产业。例如,扩大彭州工业园区、都江堰经济开发区等开发区的面积。山地区则以保护和修复生态为主,在不影响主体功能的条件下,适度发展旅游业和农林牧业,严格限制其他产业发展^[22]。例如,灾后重建时将山地区的阿坝水磨工业园区、平武南坝工业园等多处产业集聚区撤并和搬迁;加强建设羌文化体验旅游区等重点旅游区以及藏族羌族文化旅游走廊等精品旅游线,发挥旅游资源优势。

1.2 数据来源

研究数据包括汶川地震极重灾区土地利用数据和产业结构相关数据。其中,2000年、2005年、2010年、2015年和2018年共5期1 km栅格土地利用数据来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。按照“中国土地利用/土地覆盖遥感监测数据分类系统”对各年份的土地利用类型进行一级重分类,得到耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地6种土地利用类型^[23]。产业结构相关数据来源于2000—2019年《四川统计年鉴》,包括地区国内生产总值及其构成。

1.3 研究方法

1.3.1 单一土地利用动态度

单一土地利用动态度(R_s)可以定量描述一定时期某区域土地利用类型及数量的变化情况^[24],可以较好反映土地利用类型的变化剧烈程度^[22]。

$$R_s = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad [23] \quad (1)$$

式中, U_a 、 U_b 分别为研究期初和研究期末某种土地利用类型的面积(km^2); T 为研究期时段长(年)。

1.3.2 土地利用信息熵与均衡度

土地利用信息熵(H)可以用来反映土地利用类型的多少和各类型土地面积分布的均匀程度^[24]。熵值越高,表明不同功能的土地利用类型数越多,各功能类型的面积相差越小,土地利用类型分布越均匀^[25]。

$$H = - \sum_{i=1}^n (P_i) \ln(P_i) \quad (2)$$

式中, n 、 P_i 分别表示土地利用类型数、第*i*类土地

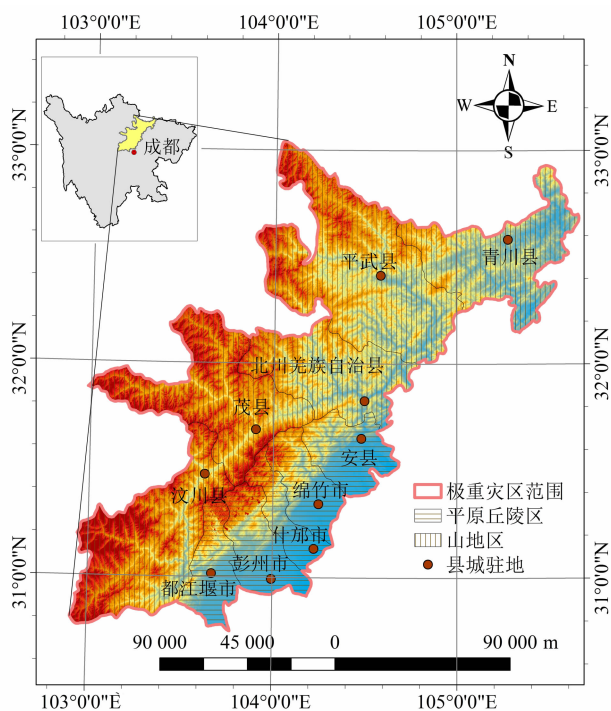


图1 研究区位置与地势图

Fig. 1 Location and topographic map of the study area, China

利用类型的面积比例(%)。将实际熵值与最大熵值之比作为土地利用构成的均衡度(E)。均衡度越大,土地利用的均质性越强,与信息熵相比,均衡度的直观性和可比性均有所增强^[25]。

$$E = - \sum_{i=1}^n [(P_i) \text{Ln}(P_i)] / \text{Ln}(n) \quad (3)$$

1.3.3 灰色关联分析

灰色关联分析是一种多因素统计分析的方法^[26],能对研究区土地利用结构和产业结构的协调程度进行定量评价,其基本思想是根据序列曲线几何相关的相似程度来判断其联系是否紧密。曲线越接近,相应序列之间关联度就越大,反之就越小^[27]。实现过程主要包括:确定研究区域土地利用格局和产业结构指标体系(表1),为特征序列和因素序列的选取做准备;对各指标原始数据进行无量纲化处理以便于相互比较;分别计算各特征因子与因素序列的关联系数;将时间关联系数分别求平均,得到变量之间的关联度。依据关联度值对影响特征因子变化的指标因子进行排序^[28],可揭示影响产业结构发展的主要土地利用类型和主导土地利用格局变化的产业。

表1 土地利用格局和产业结构指标体系

Tab.1 Land use patten and industrial structure index system

指标类别	代码	指标名称	指标含义
土地 利用	Y_1	耕地比重	耕地面积/土地总面积
	Y_2	林地比重	林地面积/土地总面积
	Y_3	草地比重	草地面积/土地总面积
	Y_4	水域比重	水域面积/土地总面积
	Y_5	建设用地比重	建设用地面积/土地总面积
	Y_6	未利用地比重	未利用地面积/土地总面积
产业 结构	X_1	第一产业比重	第一产业产值/GDP
	X_2	第二产业比重	第二产业产值/GDP
	X_3	第三产业比重	第三产业产值/GDP

1.3.4 Pearson 相关系数法

Pearson 相关系数法是一种统计学方法,可以定量衡量变量之间的相关关系。Pearson 相关系数的大小由 r 值决定, r 的值域为 $[-1,1]$ 。1 表示变量间完全正线性相关,而 -1 表示变量间完全负线性相关^[29]。 r 值可以定量反映研究区内某一产业结构指标与某一土地利用指标间的线性相关程度。常见

的相关系数多为如下形式:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{(\sqrt{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}) \sqrt{\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N}}} \quad (4)$$

式中, X 为所有点的横坐标的集合; Y 为所有点的纵坐标集合; N 为点的总个数。

2 结果与分析

2.1 产业结构与土地利用格局分析

2000—2007 年平原丘陵区产业结构呈现“二、三、一”格局。山地区产业结构则由“二、一、三”格局变为“二、三、一”格局,第一产业占比较大,但下降趋势明显,第二产业比重上升,第三产业比重呈下降趋势。

如图2所示,汶川地震导致研究区三次产业结构由2007年的17.27:53.70:29.03,变化为2008年的21.29:50.54:28.18。平原丘陵区三次产业产值较2007年分别下降了4.32%、10.37%、21.57%;山地区三次产业产值较2007年分别下降了25.62%、47.91%、5.34%。山地区产业结构受到更大影响。

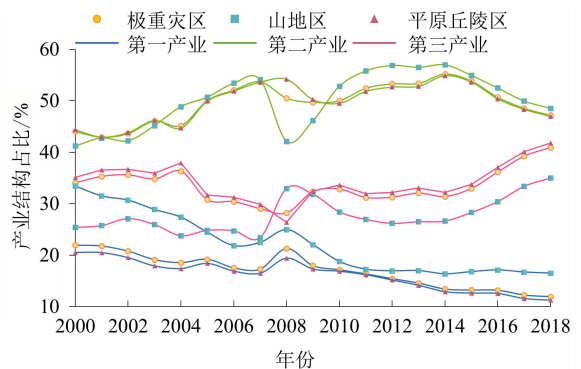


图2 2000—2018 年不同区域产业结构变化趋势

Fig.2 The changing trend of industrial structure in different regions during 2000 to 2018

近三年灾后恢复重建,研究区域产业快速恢复。2010 年研究区域三次产业产值比重为 17.15:50.03:32.82,产业结构明显优化。在这之后,国家继续予以地震灾区支持,积极推动产业结构升级,截至 2018 年研究区域三次产业结构为 11.92:47.18:40.90。在此期间(2010—2018 年),平原丘陵区

山地区产业结构变化趋势为第一产业比重下降,第二产业比重先恢复上升后下降,第三产业比重快速上升。震后研究区域处于产业结构从较低水平向高水平发展的工业化过程中,产业结构转换方向合理。

聚焦 2000—2015 年间的土地利用变化,通过 GIS 空间分析^[30],获取土地利用主要类型转换图(图 3),分析研究区域土地利用变化特征可知:2000—2015 年,汶川地震极重灾区土地利用变化以耕地流失为主;其次为建设用地扩张,且主要发生在平原丘陵区;再次为林地和草地的相互转化,主要发生在山地区;林地转变为未利用地的趋势也较为明显。综合来看,2000—2018 年,研究区耕地、草地和林地面积呈减少态势,分别减少 4.41%、1.65% 和 0.09%,未利用地、建设用地、水域面积扩张明显,其面积分别增长了 210.43%、105.13% 和 22.21%。

依据我国“五年规划”时间将研究时期划分为 2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年、

2015—2018 年 4 个时段,根据公式(1)分别计算 4 个时段整个研究区、平原丘陵区、山地区的土地利用单一动态度(表 2),并结合主要土地利用转移类型进行分析。2000—2005 年,平原丘陵区土地利用变化以耕地转化为建设用地为主;山地区部分耕地转化为建设用地,但以耕地流向林草用地及林草用地间相互转化为主,这与 2000 年后“退耕还林还草”政策有关。2005—2010 年,土地利用主要变化特征为大量林地变为未利用地,平原丘陵区 and 山地区未利用地动态度分别为 1220.00%、7.69%。汶川地震产生的崩塌、滑坡、滚石等次生山地灾害导致森林、农田、建设用地大量被毁,造成了大量裸地和裸岩。2010 年灾后重建基本完成时,研究区基础设施大幅提升,综合交通体系日趋完善,城乡住房建设和城镇体系建设完成顺利。建设用地略有扩张。除此之外,水域面积大量扩张,这可能与震后水利设施的建设加强有关。2010—2018 年,继续贯彻产业布局

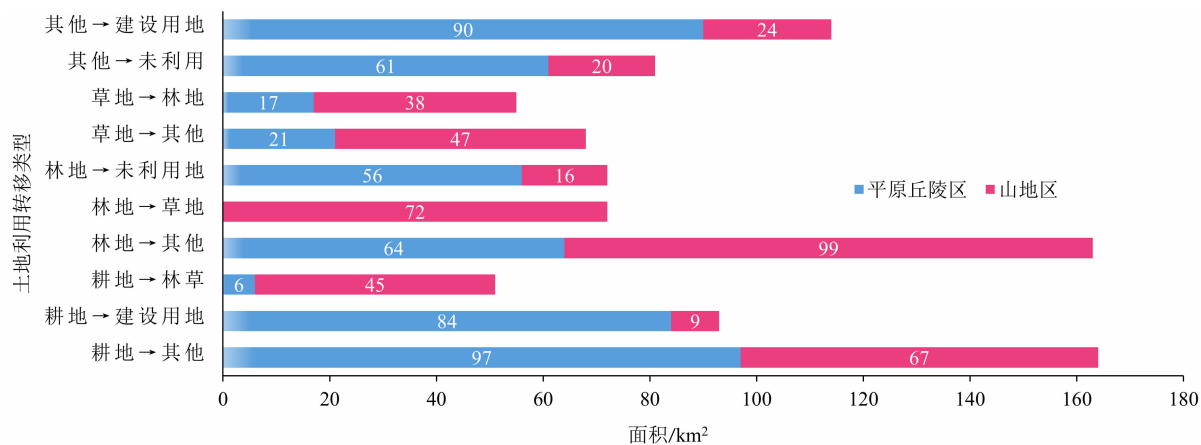


图 3 研究区主要土地利用类型转移图

Fig. 3 Dominant land - use change types in the study area

表 2 各区域不同时期单一土地利用动态度

Tab. 2 Dynamic degree of single land use in different regions in different periods

土地 类型	单一土地利用动态度/%											
	汶川地震极重灾区				平原丘陵区				山地区			
	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015
	— 2005	— 2010	— 2015	— 2018	— 2005	— 2010	— 2015	— 2018	— 2005	— 2010	— 2015	— 2018
耕地	-0.24	-0.19	-0.20	-0.60	-0.23	-0.20	-0.28	-1.48	-0.26	-0.18	-0.12	0.46
林地	-0.09	-0.03	-0.02	0.16	0.00	-0.28	-0.03	-0.86	-0.11	0.04	-0.02	0.30
草地	0.24	-0.14	0.01	-0.80	0.05	-1.05	-0.06	2.96	0.25	-0.09	0.01	-0.92
水域	0.00	2.94	0.37	1.60	0.00	1.65	0.22	-1.43	-0.34	4.91	0.56	3.65
建设用地	3.14	1.65	4.56	9.60	3.58	1.76	3.69	12.80	1.62	0.50	9.27	1.67
未利用地	0.00	29.45	0.15	8.27	0.00	1220.00	0.32	16.40	0.00	7.69	0.00	1.85

调整政策,平原丘陵的耕地加速转变为建设用地,山地区的林地和耕地转化为建设用地,后期耕地和林地面积得到恢复。

利用土地利用信息熵(H)反映汶川地震前后土地系统均衡程度的变化^[21]。由图4可知,汶川地震极重灾区土地利用信息熵逐年上升,其中,2005—2010年增长率较大,反映出研究区土地利用格局受人类活动的影响增大。在人类的干预下,导致耕地、林地、草地逐渐转化成建设用地和水域,各土地利用类型的面积更加接近,土地利用结构均衡程度得到了很大的提高。除此之外,土地利用信息熵较高的县(市)集中在平原丘陵区,是耕地和建设用地的集中分布区;较低的地区多分布在土地利用类型以林地和草地为主的山地区。平原丘陵区土地利用信息熵较高,这表明平原丘陵区的土地利用格局受人类活动影响更大,土地利用结构均质化程度高。

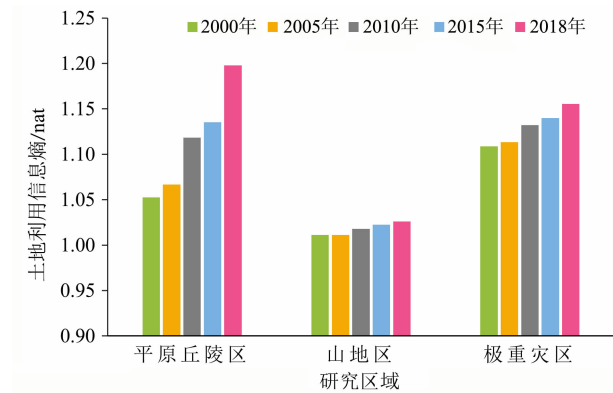


图4 各区域不同时期土地利用信息熵
Fig. 4 The land use information entropy of different regions in different periods

综上所述,汶川地震后整个研究区域第一产比重降低、第二、三产业比重上升的趋势明显,第三产业比重上升较快,说明震后研究区处于产业结构从较低水平向高水平演进的工业化过程中,产业结构得到进一步优化。同时汶川地震加速了人类对研究区域土地利用结构的影响,土地利用均质化程度变高,土地利用结构得到优化调整。

2.2 产业结构与土地利用的灰色关联分析

以研究区2000年、2005年、2010年、2015年、2018年的土地利用指标($Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$)为特征序列,产业结构各指标(X_1, X_2, X_3)为因素序列,得到土地利用系统与影响因子的关联度(表3)。

表3 汶川地震极重灾区土地利用系统与产业影响因子的灰色关联矩阵

Tab. 3 Grey relation matrix of land use system based on industrial structure in the severely affected area of Wenchuan earthquake

因素 序列	特征序列					
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
X_1	0.5309	0.5270	0.5259	0.5179	0.5088	0.5911
X_2	0.8249	0.8018	0.8250	0.8000	0.7017	0.7426
X_3	0.7327	0.7701	0.7338	0.7771	0.7180	0.7238

灰色关联度的计算结果表明:研究区耕地、林地、草地、水域及未利用地的变化均与第二产业的关联度最大,其次为第三产业,与第一产业的关联度最小;建设用地的变化与第三产业的关联度最大,其次为第二产业、第一产业最小。对矩阵行求和,所得数值越大表明影响因子对土地利用结构整体的影响越大。计算可知,第二产业的变化对土地利用结构变化的影响最大,其次为第三产业,第一产业的变化对土地利用结构的影响较小。对研究区来说,第二产业始终占据产业结构主导地位,既是汶川地震中受影响最大的产业,也是灾后产业恢复重建的重点难点,其对研究区土地利用结构变化的影响最大。

然而,具体到平原丘陵区 and 山地区情况略有不同。平原丘陵区耕地、林地、水域、未利用地与第二产业的关联度最大,草地、建设用地与第三产业的关联度最大。综合分析,平原丘陵区土地利用格局变化与第二产业发展的关联最密切。山地区耕地、草地、未利用地的变化与第二产业关联度最大,林地、水域、建设用地与第三产业的关联度最大。山地区土地利用格局变化与第三产业发展的关联最密切(图5)。可以发现,震后恢复重建规划对平原丘陵区 and 山地区主导产业的定位直接影响区内土地利用格局变化。

以研究区2000年、2005年、2010年、2015年、2018年的产业结构各指标(X_1, X_2, X_3)为特征序列,土地利用指标($Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$)为因素序列,建立产业结构与土地利用影响因子的灰色关联度矩阵(表4)。结果表明:研究区第一产业与土地利用类型的灰色关联度由大到小依次是:耕地、草地、林地、水域、建设用地、未利用地;第二产业与土地利用类型的灰色关联度大小依次为:草地、耕地、林地、水域、建设用地、未利用地;第三产业与土地利用类型

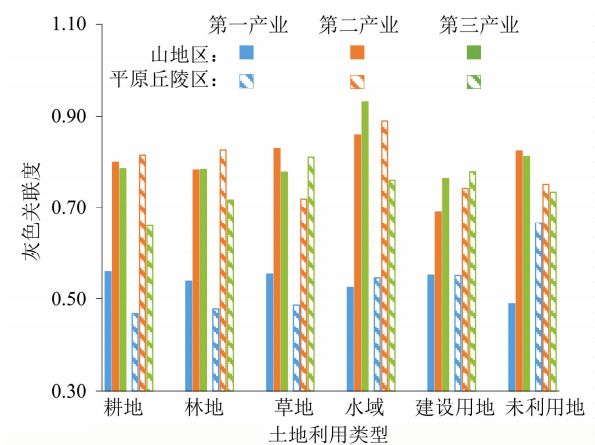


图 5 山地区与平原丘陵区土地利用系统与产业
影响因子的灰色关联度

Fig.5 Grey relational degree of land use system based on industrial structure in the plain hilly area and the mountain area

的灰色关联度大小依次为:水域、林地、草地、耕地、建设用地、未利用地。汶川地震后水利设施得到建设,水域面积逐渐扩大,同时第三产业得到快速发展,水域面积和第三产业比重呈现出相似的增长态势,故关联度较大。建设用地和未利用地面积比重增幅过大,和三种产业产值比重的变化趋势较不相符,故与产业结构的灰色关联度值较小。可知,耕地、林地、草地的变动对产业结构变化的影响较大。研究区内耕地是其他土地类型的主要贡献者,在耕地逐渐流失的过程中,产业结构发生变化。研究区内林地和草地作为后备产业用地逐渐被人类开发利用,例如灾后重建时汶川县以农业供给侧结构性改革为主线,按照“南林北果+特色畜牧”的农业产业

表 4 研究区产业结构与土地利用影响因子的灰色关值矩阵

Tab.4 Grey relation matrix of industrial structure based on land use system in the study area

因素序列	特征序列		
	X_1	X_2	X_3
Y_1	0.7193	0.8558	0.7838
Y_2	0.7063	0.8415	0.8050
Y_3	0.7133	0.8688	0.7908
Y_4	0.6557	0.8326	0.8065
Y_5	0.5371	0.6551	0.6448
Y_6	0.4474	0.4734	0.4228

布局,对产业结构的改变具有一定的影响。由平原丘陵区 and 山地区产业结构与影响因子的灰色关联度情况(图 6)还可以发现,土地利用信息熵较大的平原丘陵区,其土地利用系统对产业结构的影响较大,表明土地利用系统受到人类干扰强度越大,对产业结构的影响可能会更大。

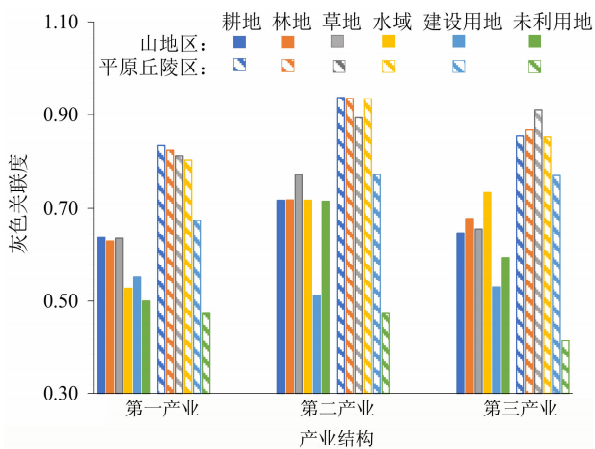


图 6 山地区与平原丘陵区产业结构与土地
利用影响因子的灰色关联度

Fig.6 Grey relational degree of industrial structure based on land use system in the plain hilly area and the mountain area

2.3 产业结构与土地利用的相关性分析

采用相关系数法测得产业结构和土地利用结构的相关程度,便于从内部结构上把握二者的关系。将研究区 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2018 年的产业结构各指标(X_1, X_2, X_3),土地利用各指标($Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$)进行 Pearson 相关分析,计算结果如表 5 所示。分析可知:对整个研究区域来说,第一产业与耕地、水域、建设用地、未利用地的变化呈现出高度的相关性。第二产业比重只与林地面积变化呈显著负相关,体现出林地作为研究区第二产业发展的后备用地逐渐得到开发利用。但第二产业比重与其他土地利用类型的相关性较差。第三产业比重与草地面积呈现显著负相关,与耕地面积呈弱的负相关,与其他土地利用类型呈现弱的正相关。对于平原丘陵区 and 山地区,情况有所不同,主要体现在,平原丘陵区第一产业还与林地面积比重呈显著正相关,林业也逐渐成为第一产业的重要组成部分,例如平原丘陵区的绵竹市实施现代林业重点县建设,截至2016年已累计建成木质工业原料基地21万亩、特色经济林(大马士革玫瑰)基地 1.12 万亩。

表 5 2000—2018 年产业结构和土地利用结构的相关系数表

Tab.5 The correlation coefficient between industrial structure and land use pattern during 2000 to 2018

	汶川地震极重灾区			平原丘陵区			山地区		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
Y_1	0.986(**)	-0.411	-0.666	0.929(*)	-0.127	-0.817	0.807	-0.970(**)	-0.161
Y_2	0.273	-0.939(*)	0.595	0.896(*)	-0.065	-0.840	-0.102	-0.468	0.793
Y_3	0.521	0.463	-0.995(*)	-0.064	-0.659	0.653	0.160	0.414	-0.826
Y_4	-0.927(*)	0.330	0.680	-0.688	0.649	0.110	-0.842	0.429	0.932(*)
Y_5	-0.927(*)	0.177	0.824	-0.926(*)	0.117	0.822	-0.762	0.415	0.806
Y_6	-0.911(*)	0.339	0.654	-0.901(*)	0.267	0.665	-0.889(*)	0.569	0.830(*)

注：* 代表相关系数的显著性水平在 0.05；** 代表相关性系数的显著性水平在 0.01。

但第二产业、第三产业与各土地利用类型的相关性均弱。这可以表明平原丘陵区第二产业、第三产业比重变化对土地利用结构的影响主要体现在土地利用均衡化程度、集约度的提高,而不是土地利用类型的转换。山地区第二产业比重与耕地呈现显著负相关,第三产业比重与水域面积及未利用面积呈现较强的正相关性。说明山地区第二产业的发展可能依靠占用耕地。这也体现出不同地区,调整产业结构时会形成特有的土地格局变化。制定产业调整政策时也要充分考虑区域土地资源,从而实现借助区域产业结构调整优化土地利用格局。

3 结论

本文在探讨土地利用动态变化机制和产业结构发展趋势的基础上,进行灰色关联分析探究土地利用与产业结构的互动关系,主要得到以下结论:

(1) 2000—2018 年研究区产业结构总体趋势为:第一产业产值比重逐步降低,第二产业产值比重在震前快速上升,恢复发展期开始下降,第三产业产值比重在震前波动下降,震后快速上升。汶川地震后产业结构得到一定程度优化。土地利用结构方面:研究区内耕地、草地、林地面积明显减少,未利用地、建设用地及水域面积显著增加。土地利用转移以耕地转化为建设用地为主,其次为林草用地间相互转化,再次为林地转化为未利用地。汶川地震后研究区土地利用均质化程度显著增高,土地利用结构得到明显调整。

(2) 研究区域的产业结构和土地利用结构大致

可划分为三个时期:发展期(2000—2005 年),扰动期(2005—2010 年)和恢复期(2010—2018 年)。发展期(2000—2005 年)研究区域工业化、城市化发展引起大量耕地转变为建设用地,土地利用类型转变单一;扰动期(2005—2010 年)受地震影响,原有土地利用结构遭到破坏,产业结构所受打击严重,尤其是产业结构水平较低、土地均质化程度较低的山地区,灾后恢复重建时迅速调整产业布局,优化产业结构,土地利用结构相应转变;恢复期(2010—2018 年),产业结构进一步调整,平原丘陵区推进工业化、城镇化,其耕地向建设用地转化。山地区以保护修复生态,发展第三产业为主,其耕地和林地面积逐渐恢复。

(3) 震后恢复重建规划对主导产业的定位直接影响区内土地利用格局变化。平原丘陵为主的县级行政区内第二产业的发展对土地利用格局变化的影响最大,山地为主的县级行政区内第三产业的发展对土地利用格局的影响最为明显。具体来看:随着第一产业比重的逐渐降低,耕地面积不断减少,而水域、建设用地和未利用地的面积增加,而第二产业、第三产业的发展对土地利用格局的影响主要体现在土地利用均质度和土地利用集约性的提高方面。

参考文献(References)

[1] 张卫星,史培军,周洪建. 巨灾定义与划分标准研究——基于近年来全球典型灾害案例的分析[J]. 灾害学,2013,28(1):15-22. [ZHANG Weixing, SHI Peijun, ZHOU Hongjian. Study on definition and division criteria of a large-scale disaster: analysis of typical disasters in the world in recent years [J]. Journal of Catastrophology, 2013, 28(1):15-22]

- [2] P. W. O'BRIEN, D. S. MILETI, 任秀珍. 防震减灾、应急准备和反应及恢复重建的社会学问题[J]. 世界地震译丛, 2004(2): 1 - 14. [P. W. O'BRIEN, D. S. MILETI, REN Xiuzhen. The sociological dimensions of earthquake mitigation, preparedness, response, and recovery [J]. Translated World Seismology, 2004(2): 1 - 14]
- [3] LUDOVICO D Di, 'OVIDIO G D, SANTILLI D. Post-earthquake reconstruction as an opportunity for a sustainable reorganisation of transport and urban structure [J]. Cities, 2020, **96**: 102447 - 102447.
- [4] 邓伟, 刘颖, 唐伟, 等. “4·20”芦山地震灾区重建综合发展能力的构建[J]. 山地学报, 2013, **31**(5): 610 - 615. [DENG Wei, LIU Ying, TANG Wei, et al. Reconstruction on comprehensive development ability of April 20th Lushan earthquake-stricken area [J]. Mountain Research, 2013, **31**(5): 610 - 615]
- [5] 郑伟元. 汶川地震灾后重建土地利用规划的思考[J]. 中国土地科学, 2009, **23**(1): 48 - 51. [ZHENG Weiyan. Reflection on the land use planning for restoration and reconstruction after Wenchuan earthquakes [J]. China Land Science, 2009, **23**(1): 48 - 51]
- [6] 黄贤金, 彭补拙, 张建新, 等. 区域产业结构调整与土地可持续利用关系研究[J]. 经济地理, 2002(4): 425 - 429. [HUANG Xianjin, PENG Buzhuo, ZHANG Jianxin, et al. Relationship between regional economic sector development and sustainable land use [J]. Economic Geography, 2002(4): 425 - 429]
- [7] 张颖, 王群, 王万茂. 中国产业结构与用地结构相互关系的实证研究[J]. 中国土地科学, 2007(2): 4 - 11. [ZHANG Ying, WANG Qun, WANG Wanmao. Study on the relationship between industrial structure and land structure in China [J]. China Land Science, 2007(2): 4 - 11]
- [8] WALKER R. Urban sprawl and natural areas encroachment: linking land cover change and economic development in the Florida Everglades [J]. Ecological Economics, 2001, **3**(37): 357 - 369.
- [9] 王胜亚. 产业结构转型背景下土地集约利用优化研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2016. [WANG Shengya. Optimization research on the land intensive utilization under the background of industrial structure transformation [D]. Nanjing: Nanjing Tech University, 2016]
- [10] HORNEY R D, TAYLOR B, MUNK D S, et al. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2004, **46**(1): 379 - 397.
- [11] FREEMAN L. The Effects of sprawl on neighborhood social ties: an explanatory analysis [J]. Journal of the American Planning Association, 2001, **67**(1): 69 - 77.
- [12] 孟媛, 张凤荣, 姜广辉, 等. 北京市产业结构与土地利用结构的关系研究[J]. 地域研究与开发, 2011, **30**(3): 108 - 111 + 139. [MENG Yuan, ZHANG Fengrong, JIANG Guanghui, et al. The study on the relationship between economic structure and land use structure in Beijing [J]. Areal Research and Development, 2011, **30**(3): 108 - 111 + 139]
- [13] 李培祥. 城市土地利用结构转换与产业结构演变关系分析——以广东城市为例[J]. 资源与产业, 2010, **12**(2): 140 - 144. [LI Peixiang. A case study on Guangdong Cities: analysis on relationship between land utilization structure conversion and industrial structure evolution [J]. Resources & Industries, 2010, **12**(2): 140 - 144]
- [14] 孔祥斌, 张凤荣, 李玉兰, 等. 区域土地利用与产业结构变化互动关系研究[J]. 资源科学, 2005(2): 59 - 64. [KONG Xiangbin, ZHANG Fengrong, LI Yulan, et al. Interactive relationship between land use change and industrial change [J]. Resources Science, 2005(2): 59 - 64]
- [15] 张海兵, 鞠正山, 张凤荣. 中国社会经济结构与土地利用结构变化的相关性分析[J]. 中国土地科学, 2007(2): 12 - 17. [ZHANG Haibing, JU Zhengshan, ZHANG Fengrong. Correlation analysis of the changes of socio-economic structure and land use structure in China [J]. China Land Science, 2007(2): 12 - 17]
- [16] 丰雷, 蒋妍, 黄晓宇. 土地利用结构与社会经济结构——基于中国不同用地类型区域的实证分析[J]. 地域研究与开发, 2011, **30**(1): 110 - 115. [FENG Lei, JIANG Yan, HUANG Xiaoyu. Land use structure and socioeconomic structure: empirical analysis based on different regions of China [J]. Areal Research and Development, 2011, **30**(1): 110 - 115]
- [17] 徐馨裔, 刘志有, 董露, 等. 国土空间规划视角下产业结构与土地利用结构相互关系研究——以新疆乌鲁木齐市为例[J]. 生态经济, 2020, **36**(4): 69 - 74. [XU Xinyi, LIU Zhiyou, DONG Lu, et al. Research on the mutual relationship between industrial structure and land utilization structure from the perspective of national land space planning: taking Urumqi of Xinjiang as an example [J]. Ecological Economy, 2020, **36**(4): 69 - 74]
- [18] CAPELLO R. Recent theoretical paradigms in urban growth [J]. European Planning Studies, 2013, **21**(3): 316 - 333.
- [19] 何好俊, 彭冲. 城市产业结构与土地利用效率的时空演变及交互影响[J]. 地理研究, 2017, **36**(7): 1271 - 1282. [HE Haojun, PENG Chong. The spatial-temporal evolution and the interactive effect between urban industrial structure transformation and land use efficiency [J]. Geographical Research, 2017, **36**(7): 1271 - 1282]
- [20] 渠丽萍, 张丽琴, 胡伟艳. 城市土地集约利用变化影响因素研究——以武汉市为例[J]. 资源科学, 2010, **32**(5): 970 - 975. [QU Liping, ZHANG Liqin, HU Weiyang. Factors influencing change in urban land intensive use: a case study of Wuhan City [J]. Resource Science, 2010, **32**(5): 970 - 975]
- [21] 袁一凡. 四川汶川8.0级地震损失评估[J]. 地震工程与工程振动, 2008(5): 10 - 19. [YUAN Yifan. Loss assessment of Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2008(5): 10 - 19]

- [22] 蓝红星, 郑长德. “5·12”汶川特大地震灾区恢复重建发展的经验及对策研究[J]. 安徽农业科学, 2011, **39**(6): 3588 – 3590 + 3595. [LAN Hoxing, DENG Changde. Study on the experience and countermeasures of rehabilitation, reconstruction and development of “5.12” earthquake stricken areas [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, **39**(6): 3588 – 3590 + 3595]
- [23] 刘晖, 李春波, 韩旭龙, 等. 基于 Meta 分析的长白山地区土地利用变化与生态系统服务价值转移[J]. 水土保持研究, 2020, **27**(4): 293 – 300. [LIU Hui, LI Chunbo, HAN Xulong, et al. Land use change and transfer of ecosystem service value in Changbai Mountains based on Meta – Analysis [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, **39**(2): 104 – 113]
- [24] 李煜东, 臧传富, 陈相龙. 淮河流域 1990—2015 年间土地利用时空变化特征及驱动机制研究[J]. 生态科学, 2020, **39**(2): 104 – 113. [LI Yudong, ZANG Chuanfu, CHEN Xianglong. Research on temporal and spatial variation characteristics and driving mechanism of land use in Huaihe River Basin from 1990 to 2015 [J]. Ecological Science, 2020, **39**(2): 104 – 113]
- [25] 蔺小虎, 姚硕强, 邱春霞. 黄土丘陵沟壑区退耕驱动下土地利用变化——以陕西省安塞县纸坊沟流域为例[J]. 山地学报, 2015, **33**(6): 759 – 769. [LIN Xiaohu, YAO Wanqiang, QIU Chunxia. Land use change driven by farmland in loess Hilly-gully region—a case study of Zhifanggou Gully Basin [J]. Mountain Research, 2015, **33**(6): 759 – 769]
- [26] 罗格平, 周成虎, 陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报, 2003(1): 63 – 72. [LUO Geping, ZHOU Chenghu, CHEN Xi. Process of land use/land cover change in the oasis of arid region [J]. Acta Geographica Sinica, 2003(1): 63 – 72]
- [27] 王玉明, 王瑞康. 城市化时期郊区土地利用结构信息熵上升的原因[J]. 地理学报, 2018, **73**(9): 1647 – 1657. [WANG Yuming, WANG Ruikang. Reasons for the increasing information entropy of suburban land use structure during the period of urbanization [J]. Acta Geographica Sinica, 2018, **73**(9): 1647 – 1657]
- [28] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究, 2004(2): 137 – 146. [ZHAO Jing, XU Jianhua, MEI Anxin, et al. A study on the information entropy and fractal dimension of land use structure and form in Shanghai [J]. Acta Geographica Sinica, 2004(2): 137 – 146]
- [29] SINGH T, PATNAIK A, CHAUHAN R. Optimization of tribological properties of cement kiln dust-filled brake pad using grey relation analysis [J]. Materials & Design, 2016, **89**: 1335 – 1342.
- [30] 谢兰云, 曲永义. 我国区域 R&D 强度与产业结构的灰色关联分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, **20**(1): 118 – 123. [XIE Lanyun, QU Yongyi. Gray Correlation analysis of regional R & D intensity and its industrial structure [J]. China Population, Resources and Environment, 2010, **20**(1): 118 – 123]
- [31] 贺祥, 林振山, 刘会玉, 等. 基于灰色关联模型对江苏省 PM_{2.5} 浓度影响因素的分析[J]. 地理学报, 2016, **71**(7): 1119 – 1129. [HE Xiang, LIN Zhenshan, LIU Huiyu, et al. Analysis of the driving factors of PM_{2.5} in Jiangsu province based on grey correlation model [J]. Acta Geographica Sinica, 2016, **71**(7): 1119 – 1129]
- [32] 张宇镭, 党琰, 贺平. 利用 Pearson 相关系数定量分析生物亲缘关系[J]. 计算机工程与应用, 2005(33): 83 – 86 + 103. [ZHANG Yulei, DANG Yan, HE Ping. Quantitative analysis of the relationship of biology species using pearson correlation coefficient [J]. Computer Engineering and Application, 2005(33): 83 – 86 + 103]
- [33] 张月, 郗睿卿, 张蔚, 等. 吉林市土地利用时空变化及驱动力分析[J]. 测绘科学, 2015, **40**(7): 73 – 77. [ZHANG Yue, QIE Ruiqing, ZHANG Wei, et al. A study on spatio-temporal changes and driving factors of land-use structure in Jinlin [J]. Science of Surveying and Mapping, 2015, **40**(7): 73 – 77]
- [34] 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**(6): 813 – 824. [YANG Yitian, ZHENG Du, ZHANG Xueqin, 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**(6): 813 – 824]

Interactive Relationship between Industrial Structure and Land Use Pattern in the Wenchuan Earthquake Stricken Area, China

SHI Yufan¹, DI Baofeng^{1,2,3*}, ZUO Qi^{2,3}, WU Shaolin¹, DUAN Yanan¹

(1. College of Architecture & Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Institute for Disaster Management and Reconstruction, Sichuan University-The Hong Kong Polytechnic University, Chengdu 610207, China

3. Research Center for Integrated Disaster Risk Reduction and Emergency Management, Chengdu 610207, China)

Abstract: Research on the interactive relationship between industrial structure adjustment and land use pattern in the context of major natural disasters is significantly important in guiding the post-disaster reconstruction and industrial revitalization. Based on grey relational analysis method and Pearson correlation coefficient analysis method, this paper discussed the changing characteristics of the industrial structure and land use pattern and their interactive relationship in the severely affected areas of the Wenchuan earthquake, including Dujiangyan city, Pengzhou city, Shifang city, Mianzhu city, An city, Wenchuan county, Beichuan county, Qingchuan county, Mao county and Pingwu county. The results showed that: (1) Considering the three industrial structures before the occurrence of the Wenchuan earthquake, the study results revealed the declining trends for both the primary and secondary industries and on the other hand, a rapidly rising trend for the tertiary industries. In this case, between 2000 and 2018, the area of cropland, grassland and woodland in the study area decreased significantly while the unused land, built-up land and water area increased significantly. Besides, the degree of land use homogenization increased significantly after the Wenchuan earthquake. It was worth noting that the post-Wenchuan earthquake recovery and reconstruction have played a positive role in promoting the optimization and adjustment of the industrial structure and land-use system in the study area. (2) The positioning of the leading industry in the post-earthquake recovery and reconstruction plan has a direct impact on change of land use pattern in the region. This has been specifically observed in the development of the secondary industries which have the greatest impact on the change of land use system at the county-level administrative regions occupied by the plains and hills. On the other hand, the tertiary industries have the most obvious impact on the change of land use system at the county-level administrative regions occupied by mountains.

Key words: post-disaster reconstruction; industrial structure; land use pattern; Wenchuan earthquake stricken area