

四川省宜宾市 1980—2018 年耕地 时空格局变化及其驱动因素

罗芳, 潘安, 陈忠升, 王佑汉

(西华师范大学 地理科学学院, 四川 南充 637002)

摘要: [目的] 分析四川省宜宾市耕地时空演化特征及其驱动因素, 为区域土地资源管理和农业发展规划提供决策参考。[方法] 基于土地利用数据和社会经济数据, 借助土地利用转移矩阵、核密度分析、景观指数和 PLUS 模型, 探究了宜宾市 1980—2018 年耕地的时空格局变化特征及其驱动机制。[结果] ① 1980 年以来, 耕地面积呈持续减少趋势, 共减少了 247.92 km², 主要转出至建设用地与林地之中。② 耕地的空间分布具有明显的差异性, 呈“北密南疏”的空间分布格局, 且空间密度逐年下降。③ 耕地的空间聚集程度不断下降, 而分散程度持续增加, 造成耕地破碎化程度加剧。④ 人口、GDP、道路等社会经济因素和高程、水域等自然环境因子是影响耕地变化的主要驱动力。[结论] 在高程、水域等自然因素的限制下, 人口、经济和交通条件等社会经济因素共同作用, 驱使耕地发生变化, 面积持续减少, 细碎化程度逐渐增加。

关键词: 耕地变化; 景观指数; 驱动因素; PLUS 模型; 四川省宜宾市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)06-0336-09

中图分类号: F323.2

文献参数: 罗芳, 潘安, 陈忠升, 等. 四川省宜宾市 1980—2018 年耕地时空格局变化及其驱动因素[J]. 水土保持通报, 2021, 41(6): 336-344. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20210917.001; Luo Fang, Pan An, Chen Zhongsheng, et al. Spatiotemporal pattern change of cultivated land and its driving forces in Yibin City, Sichuan Province during 1980—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(6): 336-344.

Spatiotemporal Pattern Change of Cultivated Land and Its Driving Forces in Yibin City, Sichuan Province During 1980—2018

Luo Fang, Pan An, Chen Zhongsheng, Wang Youhan

(School of Geographic Science, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China)

Abstract: [Objective] The spatiotemporal evolution characteristics and its driving factors of cultivated land in Yibin City, Sichuan Province were analyzed, in order to provide support for decision-making in regional land resource management and agricultural development planning. [Methods] Based on land use data and socio-economic data, the characteristics of spatiotemporal pattern change and its driving mechanism of cultivated land in Yibin City from 1980 to 2018 were explored with the help of land use transfer matrix, kernel density analysis, landscape index and PLUS model. [Results] ① The cultivated land area continuously decreased since 1980, with a total reduction of 247.92 km², mainly transferred to construction land and forest land. ② The distribution of cultivated land had obvious spatial differences, showing a spatial pattern of “more in the north and less in the south”, and its spatial density decreased year by year. ③ The degree of spatial aggregation of cultivated land was continually decreasing, while the degree of dispersion was constantly increasing, resulting in an increase in fragmentation of cultivated land. ④ Socio-economic factors such as population, GDP, roads, and natural environmental factors such as elevation and water are the main driving factors of cultivated land change. [Conclusion] Under the constraints of natural factors such as elevation and water area, socio-economic factors such as population, economy and transportation conditions work together

收稿日期: 2021-05-03

修回日期: 2021-07-25

资助项目: 国家社会科学基金项目“四川省粮食主产区撂荒耕地空间格局及机制研究”(19XJY008); 四川省教育厅项目(12ZA179); 西华师范大学土地资源开发与利用科研创新团队项目(CXTD2017-7); 西华师范大学英才科研资助项目(17YC118)

第一作者: 罗芳(1994—), 女(汉族), 四川省雅安市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用与可持续发展。Email: 269675092@qq.com。

通讯作者: 潘安(1981—), 男(汉族), 四川省宜宾市人, 博士, 副研究员, 主要从事土地资源管理与保护的研究。Email: 47286338@qq.com。

to drive the changes in cultivated land, with a continuous decrease in area and a gradual increase in the degree of fragmentation.

Keywords: cultivated land change; landscape index; driving factors; PLUS model; Yibin City of Sichuan Province

民为国基,谷为民命,粮食问题关乎国运民生^[1]。耕地是土地资源的精髓,是稳固粮食生产的根本所在。耕地的数量和质量变化,会改变耕地的物质与能量循环,从而影响一系列全球环境演变过程^[2]。工业革命以来,伴随全球经济的高速发展,世界人口剧增。第 7 次全国人口普查数据表明,近 10 a 来中国人口增加了 7 206 万,人均耕地面积持续减少,人地矛盾日益突出。近年来受新冠肺炎疫情的影响,全球粮食供应链遭受了巨大的冲击,给世界各国粮食安全带来隐患^[3]。因此,探究耕地资源时空变化特征,阐明耕地增减变化的主要影响因素,对于保障国家粮食安全与寻求耕地可持续利用路径具有重要意义。近年来国内外学者围绕全球或局地尺度的耕地演变及其驱动机制方面开展了大量的研究,获得了一系列的研究成果^[4]。如 Min 等^[5]运用土地利用动态度模型,从农业生态和地缘政治两个不同的角度分析了全球耕地的时空变化特征。Omaid 等^[6]分析了 2000—2010 年喀布尔河流域土地利用变化特征,并运用 BLR 模型对耕地变化的驱动因素进行统计检验。胡琼等^[7]采用复种指数和面积变化量标准差等指标,分析了 2000—2010 年全球耕地利用时空格局变化情况。牛善栋等^[8]以淮海经济区为例,结合标准椭圆差(SDE)和探索性空间数据分析(ESDA),揭示了 2002—2017 年区域耕地利用转型的时空变化特征。此外,还有学者借助主成分分析法、GWR、地理探测器和 PLUS 等模型对耕地时空演变的驱动因素开展了广泛的研究^[9]。其中 PLUS 模型,即斑块级土地利用变化模拟模型(patch-generating land use simulation model, PLUS),不同于以往的元胞自动机模型,该模型是以栅格数据为基础,在数据获取方面更为便捷^[10]。通过 PLUS 模型可以探究土地利用变化的潜在因子,呈现出各项因子对土地利用变化的贡献程度,为探究耕地时空变化的驱动力因素提供了有效的研究工具。

四川省宜宾市作为川南地区三江交汇的重要沿江节点城市,是长江上游低山丘陵区重要的农业生产基地,其地理环境在长江上游地区极具代表性。近年来,依托长江黄金水道,宜宾市经济快速发展,城乡人口流动频繁,土地利用方式发生了显著转变,其中耕地变化尤为明显。以往对宜宾市土地利用方面的研究多集中于某一时段^[11-12],关于近年来的耕地变化特

征并不清晰,缺乏长时间序列的相关研究成果。当前研究成果多从耕地时空变化方面入手,量化分析耕地演变的驱动力的研究成果较少。鉴于此,本研究以 1980—2018 年土地利用栅格数据为基础,采用土地利用转移矩阵、核密度分析和景观格局指数,深入分析宜宾市近 40 a 的耕地时空变化特征。借助 PLUS 模型查明了耕地面积扩张和面积缩减的缘由,揭示耕地格局演变的复杂驱动力,以期为宜宾市耕地资源合理规划与利用提供依据和决策支持,为长江上游地区农业可持续发展提供可行思路。

1 研究区概况

宜宾市位于四川省南部,地处四川盆地与云贵高原的过渡地带,区域土地面积达 $1.33 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。长江、岷江和金沙江交汇于此,是长江上游地区保持水土资源的重要的生态屏障。地形以中低山地和丘陵为主,地势整体上呈“南高北低”的分布格局。气候属亚热带季风性湿润气候,年均温约为 $18 \text{ }^\circ\text{C}$,平均年降水量 1 017 mm,水热充足,多发育紫色土、水稻土和黄壤,植被类型以次生或人工亚热带常绿阔叶林为主。研究区内矿产资源富集,煤矿、天然气、页岩气与硫铁矿储量丰富。宜宾市辖 3 区 7 县,现全市总人口约 551.5 万人。21 世纪以来,区域经济迅速发展,形成了以酿酒、综合能源和造纸等产业为支柱的现代产业体系。宜宾市依托长江黄金水道,区域性交通枢纽逐渐形成,成为了成渝经济区重要的城市之一。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究主要数据来源如下:①土地利用栅格数据(1980, 2000 和 2018 年)、土壤类型、河流、人口与 GDP 空间分布数据源于资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn>)。将土地利用栅格数据的土地类型划分为耕地、草地、林地、水域、未利用地和建设用地,分辨率为 30 m,其中建设用地和耕地类型的解译精度在 95% 以上,其他地类精度在 90% 以上,运用 ArcGIS 软件按属性提取工具,得到研究区耕地栅格数据。②高速公路、铁路、一二级道路数据和政府驻地位置来源于 BIGMAP(<http://www.bigemap.com>),时间为 2018 年。③从地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)获取 DEM 数据,并借助

ArcGIS 提取出坡度数据。④从中国气象数据网 (<http://data.cma.cn>) 获取 1981—2010 年宜宾市域内及周边地区共 15 个气象站点的气象数据,借助克里金插值法,获得年均降水量与年均气温空间分布栅格数据。为了探明宜宾市耕地时空变化的复杂驱动

力,参考相关研究成果^[9-10],结合数据的可获得性与选取指标的代表性,共选取了 7 个社会经济指标和 6 个气候与环境指标(表 1)。通过 ArcGIS 软件中的距离分析工具获得各项距离因子(距政府、铁路、高速公路、水域、1 级道路和 2 级道路距离)。

表 1 宜宾市耕地变化驱动因子指标

项目	数据类型	时间
社会经济因子	人口、GDP	2015年
	距政府、距铁路、距高速公路、距 1 级道路、距 2 级道路距离	2018年
气候与环境因子	土壤类型	1995年
	距水域距离	2018年
	年平均气温、年降水量	1981—2010年
	DEM、坡度	2016年

2.2 研究方法

(1) 核密度分析。核密度分析是用以估计概率密度函数的非参数方法,能很好地分析观察耕地空间分布的集聚情况。考虑到数据处理设备的性能和工作量的大小,将原始耕地数据重采样至像元大小为 300 m 的栅格数据,再将栅格数据转变为点数据,继而开展核密度估计,计算方程为^[13]:

$$f_n = \frac{1}{nh} \sum K \left[\frac{d(x, x_i)}{h} \right] \quad (1)$$

式中: f_n 为耕地核密度估计值; K 为核函数; h 为带宽; n 为带宽范围中耕地点数据的个数; $d(x, x_i)$ 为耕地点 x 到样本点 x_i 的距离。

(2) 土地利用转移矩阵。土地利用转移矩阵可

以分析一定时期内某种地类的动态变化,可以反映出耕地的时空演化过程。该矩阵基于马尔科夫模型,应用于耕地利用变化,对耕地转移情况进行定量分析,是分析耕地转入与转出情况的一种较好的方法^[11]。

(3) 耕地破碎化定量指标。景观指数能高度浓缩景观格局信息,通过不同层次的景观指标,呈现景观构成和空间分布状况,被广泛应用于耕地和土地利用景观格局研究之中^[14]。参考前人的研究成果^[15],结合宜宾市自然与社会经济情况,共选取了 8 个景观指数(表 2),借助 Fragstats 软件计算出各项指标的数值,来衡量与刻画区域耕格局变化与耕地破碎情况。

表 2 宜宾市耕地景观指数及其说明

景观指标	名称	单位或描述	取值范围	说明
NP	斑块个数	个	$NP \geq 1$	研究范围内耕地斑块的总数量。
PD	斑块密度	个/ km^2	$PD > 0$	耕地在单位面积上的斑块数量,PD 越大,表征耕地破碎度越高。
LSI	景观形状指数	无	$LSI \geq 1$	呈现出耕地斑块形状的复杂程度。取值范围 $LSI \geq 1$ 。值越大,形状越复杂,耕地破碎越强烈。
Division	景观分割指数	%	$0 < \text{Division} \leq 100$	指不同的耕地斑块之间个体的分离度,值越大,耕地斑块分布越分散,耕地破碎度也越高。
AI	聚集指数	%	$0 \leq AI \leq 100$	用以描述地类斑块间的集聚性,值越大,表明区域内耕地是由少量大块斑块构成,破碎程度越低。
Clumpy	聚类指数	无	$-1 \leq \text{Clumpy} \leq 1$	度量耕地斑块的空间分布状况,当聚类指数为 -1 时,表示斑块呈完全分散的状态;聚类指数为 0 时,斑块在空间上呈随机分布;聚类指数为 1 时,斑块呈集聚状分布。
Split	分离度指数	%	$0 < \text{Split} \leq 100$	指耕地斑块的分离程度,值越大,耕地斑块间越分离。
Cohesion	斑块凝聚度指数	%	$0 < \text{Cohesion} \leq 100$	指斑块内聚力,度量斑块的整体聚集程度。

(4) 斑块级土地利用变化模拟模型(PLUS 模型)。PLUS 模型可以用于斑块尺度的土地利用变化模拟^[10]。通过挖掘土地利用类型间的转换规则,获得

各项地类的变化与惯性概率。运用随机森林分类(RFC)算法来探求各项驱动因子对不同地类变化的贡献值。该算法可以解决多个变量之间多重共线性

的问题,从原始数据集当中抽取随机样本,并最终确定 k 类土地利用类型在单元格 i 上出现的概率 $P_{i,k}^d$,其演算公式为:

$$P_{i,k}^d(x) = \frac{\sum_{n=1}^M I = [h_n(x) = d]}{M} \quad (3)$$

式中: d 的取值范围为 0 或 1,若 $d=1$,表示有其他土地利用类型转变为 k 类土地利用类型,当 $d=0$,表示土地利用类型转变成了除 k 以外的其他土地利用类型; x 是由若干驱动力因子组成的向量,函数 I 是决策树集的指示函数; $h_n(x)$ 是向量 x 的第 n 个决策树的预测类型; M 为决策树的总数。

3 结果与分析

3.1 耕地时空动态变化分析

整体来看,宜宾市耕地总面积在 8 015.97 km² 以

上,约占区域土地面积的 60%,是该区主要的土地利用方式(表 3)。1980—2018 年的 38 a 间,耕地利用格局发生了显著的变化,面积减少了 247.92 km²。对比 2000 年前后两个时期的耕地变化情况发现,2000—2018 年耕地流失速度加快,面积缩减了 200.11 km²。从耕地持有量来看,叙州区、翠屏区和高县耕地面积最多,合占区域耕地总面积的 47% 左右,耕地持有最少的地区是珙县和筠连县。区县地区耕地整体上呈减少趋势,除兴文县在 2000 年后耕地面积略有增加外,其余区县耕地面积均有不同程度的减少,其中翠屏区、叙州区、屏山县耕地变化最为显著。此外,针对 1980 与 2000 年 ($F=10.83, p=0.0093 < 0.05$) 和 2000 与 2018 年 ($F=13.17, p=0.0051 < 0.05$) 区县耕地面积数据进行方差检验,均通过了 0.05 的显著性检验水平,表明 1980—2018 年区域耕地面积发生了显著的变化。

表 3 宜宾市各区县耕地面积及变化量

地区	耕地面积/km ²			耕地变化量/km ²	
	1980 年	2000 年	2018 年	1980—2000 年	2000—2018 年
高县	846.74	842.97	817.72	-3.78	-25.25
珙县	527.35	525.44	509.02	-1.91	-16.42
江安县	643.75	641.6	628.85	-2.14	-12.75
筠连县	600.81	598.94	593.89	-1.87	-5.05
南溪区	602.06	599.02	586.71	-3.04	-12.31
屏山县	697.56	682.71	645.51	-14.85	-37.2
兴文县	608.59	606.8	613.2	-1.79	6.40
叙州区	1 748.55	1 741.45	1 700.48	-7.10	-40.97
翠屏区	1 268.59	1 258.19	1 210.03	-10.4	-48.16
长宁县	719.88	718.95	710.56	-0.93	-8.39
合计	8 263.89	8 216.07	8 015.97	-47.81	-200.11

从图 1 可知,耕地变化最显著的区域主要位于翠屏区、叙州区和屏山县。耕地减少地区主要沿岷江、金沙江和长江沿岸分布,尤其是在 2000—2018 年这一时期,三江交汇地区耕地减少明显。这是由于沿江地带是城镇密集分布区,伴随着区域经济发展和人口的增加,城市建设占用的耕地面积不断增长。2014 年中国第 3 大水电站一向家坝水电站全面投产运行,致使屏山县金沙江河段大量耕地被淹没。与此同时,受退耕还林工程以及山区耕地撂荒的影响,丘陵山地地区有大量耕地减少。而相比耕地减少的区域,耕地增加区域范围较分散,大多分布在宜宾市东南部山地丘陵地区。

3.2 耕地转移矩阵分析

基于土地利用数据,借助 ArcGIS 软件,经过栅格转面、融合、相交等数据处理过程,结合土地利用转

移矩阵,得出宜宾市耕地转移情况表(表 4)。从表 4 可知,38 a 间宜宾市耕地变化显著。1980—2000 年,宜宾市耕地共转出了 60.82 km²,绝大部分转入了建设用地和林地中。耕地的转入量为 13.07 km²,主要来源于林地和水域,分别有 9.59 km² 的林地和 3.15 km² 的水域转变为了耕地。未利用地比较稳定,基本未发生转变。相较前 20 a,2000—2018 年宜宾市耕地增减变化格外明显,耕地转出量为 867.68 km²,转入量为 669.30 km²。38 a 间,耕地向其他地类共转出了 928.50 km²,其中有 17.10% 转入了建设用地,有 69.18% 转入了林地。19 世纪 80 年代,家庭联产承包责任制的全面落实,使中国耕地权属细碎化。随后四川省率先实施的退耕还林工程,驱使宜宾市丘陵山地地区大量细碎耕地转出至林地当中。

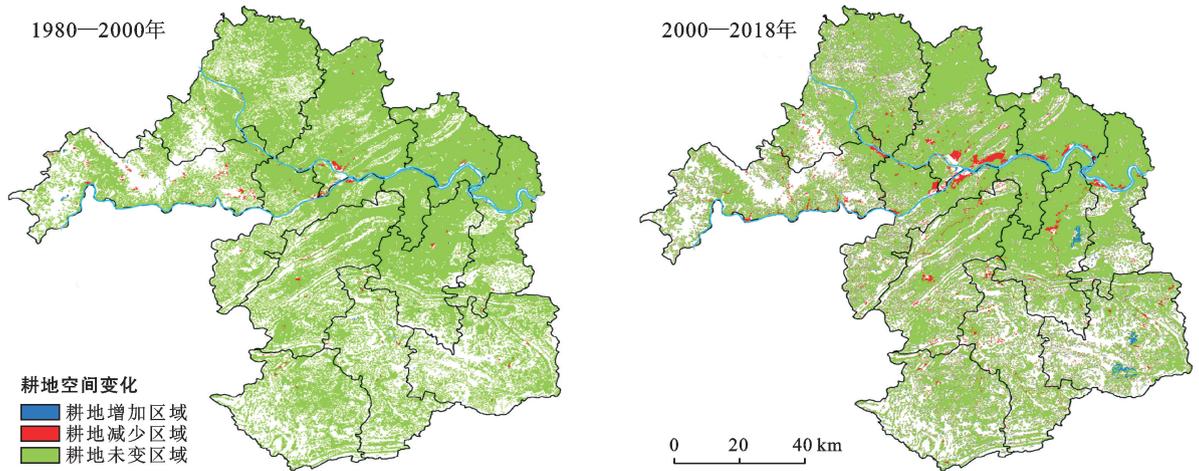


图 1 宜宾市 1980—2018 年耕地空间变化

表 4 宜宾市 1980—2018 年耕地转入与转出情况

时期	转移量						km ²
		草地	建设用地	林地	水域	未利用地	合计
1980—2000 年	转出面积	4.56	28.14	20.97	7.16	0.00	60.82
	转入面积	0.16	0.17	9.59	3.15	0.00	13.07
2000—2018 年	转出面积	57.22	130.72	621.43	58.20	0.11	867.68
	转入面积	60.97	10.99	581.26	16.00	0.07	669.30

3.3 耕地空间集聚分析

为了查明宜宾市耕地空间集聚情况,本研究借助核密度分析工具,计算该区耕地的核密度值(带宽 $h = 5\ 325\ \text{m}$)。该密度值能反映耕地的空间聚散情况,密度值越大,说明耕地在空间上越聚集。结果表明,宜宾市耕地核密度值范围为 $0 \sim 11.08$ 个/ km^2 (图 2),运用自然断点法将其划分为 6 个等级:低密度区($0 \sim 1.84$ 个/ km^2),中低密度区($1.84 \sim 3.69$ 个/ km^2),中密度区($3.69 \sim 5.54$ 个/ km^2),中高密度区($5.54 \sim 7.39$ 个/ km^2),高密度区($7.39 \sim 9.23$ 个/ km^2),极高密度区($9.23 \sim 11.08$ 个/ km^2)。从图 2 可知,宜宾市耕地空间分布具有显著的差异性。耕地核密度极高与高密

度区主要分布于宜宾市的北部地区,以南溪区、翠屏区、长宁县和叙州区北部为主。这些地区海拔较低,地势相对平坦,耕地所占比重较大。中、低密度区主要分布于区域南部的丘陵山地地区,以筠连县、珙县和兴文县为主,这使得宜宾市耕地分布呈“北密南疏”的空间分布格局。对比宜宾市 3 个时期耕地核密度的空间变化情况可以看出,密度高的区域范围在逐渐缩小,在空间上呈扩散趋势,而中、低密度区范围在不断扩张。城镇密集、经济发达的沿江地区是耕地密度变化最为明显的地区。这说明宜宾市耕地的空间核密度不仅受地形、地貌等自然条件的限制,同时还受到城市化、工业化等社会经济因素的影响。

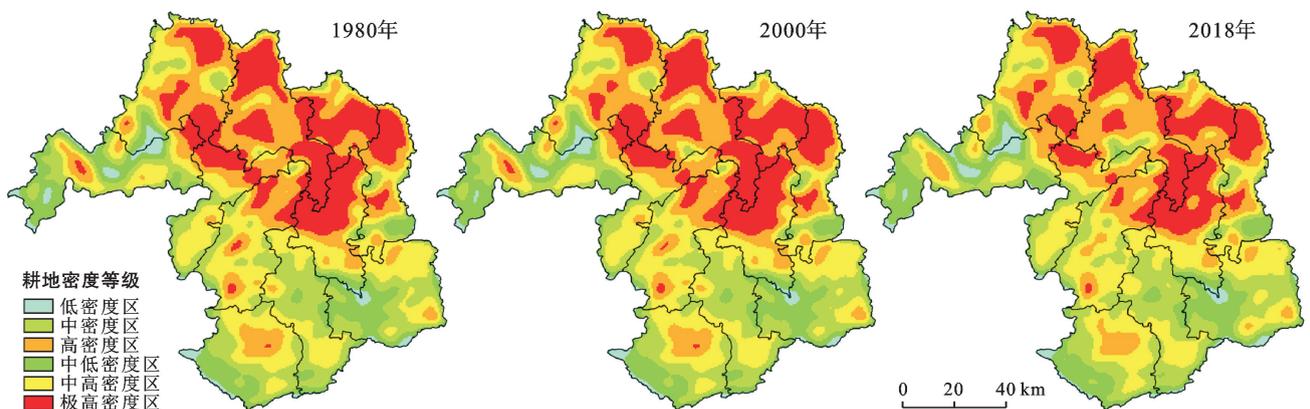


图 2 宜宾市 1980—2018 年耕地核密度等级空间分布

3.4 耕地破碎化动态分析

将研究区土地利用栅格数据进行重分类,将值字段作为重分类字段,将耕地赋值为 1,其余地类皆赋值为 0,按属性提取出重分类后的耕地栅格数据,然后导入 Fragstats 软件中计算出 1980—2018 年各项景观指数(表 5)。从表 5 可知,1980—2018 年,斑块个数(NP)与斑块密度指数(PD)均呈先增后减的趋势,斑块数量共减少了 268 个,约占斑块总数的 11%。从形状指标来看,景观形状指数(LSI)逐渐增大,说明耕地的斑块形状日渐复杂且不规则。景观分割指数(Division)从 87.97% 逐渐增加到了 93.14%,这说明耕地斑块之间越来越分散,耕地破碎化现象加剧。从表征聚散性的景观指标来看,聚集指数(AI)、聚类指数(Clumpy)与斑块凝聚度指数 Cohesion 均呈不断减小的趋势,分离度指数(Split)从 8.31% 增涨为 14.58%。总体来看,宜宾市耕地空间分布较为集聚,斑块的整体凝聚程度较高。但随着城市化进程加快,耕地面积逐渐减少,耕地空间集聚性不断减弱,景观

聚集程度逐渐降低,使得宜宾市耕地破碎程度加剧,破碎化现象日益明显。

表 5 宜宾市 1980—2018 年耕地破碎化指数

景观指数	1980 年	2000 年	2018 年
NP	2 360	2 404	2 092
PD	0.178 1	0.181 3	0.157 8
LSI	113.103 6	113.969 1	119.136 4
Division/%	87.97	88.50	93.14
AI/%	96.29	96.25	96.03
Clumpy	0.901 8	0.901 7	0.899 9
Split/%	8.31	8.70	14.58
Cohesion/%	99.95	99.94	99.91

3.5 耕地变化驱动力分析

在 ArcGIS 软件中,将起止年份的土地利用数据进行重分类,依次对 6 种地类从数值 1—6 分别进行赋值,得到 1980 和 2018 年重分类土地利用数据。随后导入 PLUS 模型中,分析得出宜宾市耕地变化的驱动力,结果如图 3—4 所示。

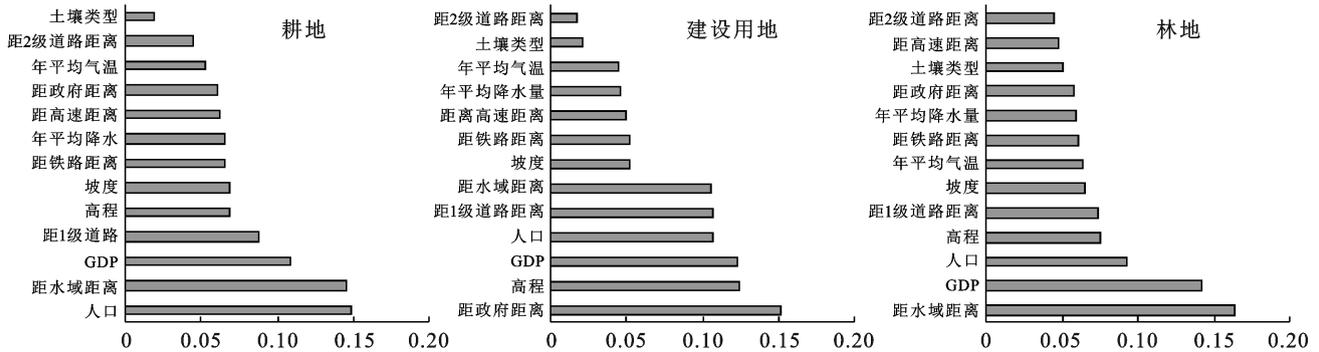


图 3 宜宾市耕地、建设用地和林地面积增长的驱动因素贡献度

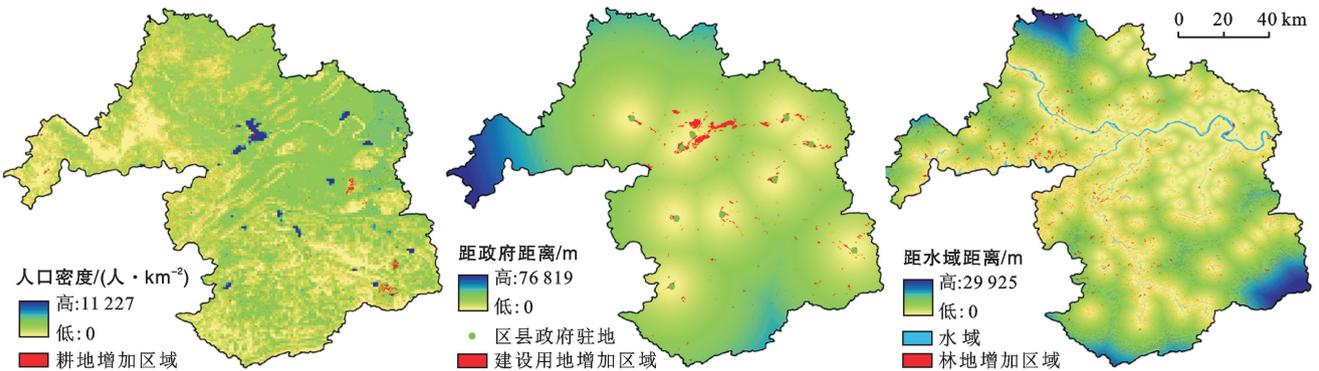


图 4 宜宾市耕地、建设用地、林地增加区域与其最高贡献度因子相叠加

从图 3 可知,耕地面积扩张的主要驱动因子是人口、距水域距离、GDP 和距 1 级道路距离。叠加耕地增加区域和人口栅格数据(图 4)可以看出,耕地的增加区域主要分布在离水域较远且人口密度相对较小

的地区,人口越密集的地区耕地面积增加的越少。为了查明耕地变化的原因,还需分析耕地面积减少的影响因素。近 40 a 来,在耕地总转出量中,约有 86.19% 的耕地转入了建设用地和林地之中。其中耕地转入

建设用地的面积占建设用地增加面积的90.11%，转入林地的量占林地增加面积的91.55%。这表明耕地面积的注入是导致建设用地和林地面积增加的主要原因。因此，分析建设用地和林地面积扩张的驱动力可以近似地反映出区域耕地面积减少的原因。从图3可知，距政府距离因子对建设用地面积扩张影响最大，其次是高程、人口和GDP。建设用地增加区域主要分布在宜宾市地势相对平坦、人口稠密，社会经济活动频繁的地区政府驻地的周围。影响林地面积增加的主要驱动因子是距离水域的距离，其次是GDP、人口和高程。大部分林地增加的区域主要集中在宜宾市海拔较高、远离水域的地区。因此，耕地面积减少可能是受人口、高程、距水域距离、GDP等因子的影响。综合来看，1980—2018年，驱使宜宾市耕地发生变化的原因可以归结为受人口、GDP、政府驻地以

及道路等社会经济因子的影响，高程、水域等自然环境因子也是其变化的主要影响因素。

1980年以来，宜宾市耕地整体上呈减少趋势且主要转入建设用地和林地中。在ArcGIS软件中，提取出耕地转入建设用地与林地的区域，并与研究区高程数据相叠加(图5)。观察发现，驱动因子不仅影响着耕地的空间变化，也限制着耕地的空间变化形式。在相对平坦的城市周边地区，耕地大范围的转入建设用地，空间分布集中。在丘陵山地地区，耕地主要转出至林地中，大面积的斑块较少，转出区域大多呈条带状沿着山麓及等高线分散分布。这表明在城市地带，主要受社会经济活动和城市建设用地需求增加的影响，耕地以块状、团状的形式大范围的转出。在丘陵山区，人类活动相对较少，受退耕还林工程的影响，耕地以条带状的形式在减少。

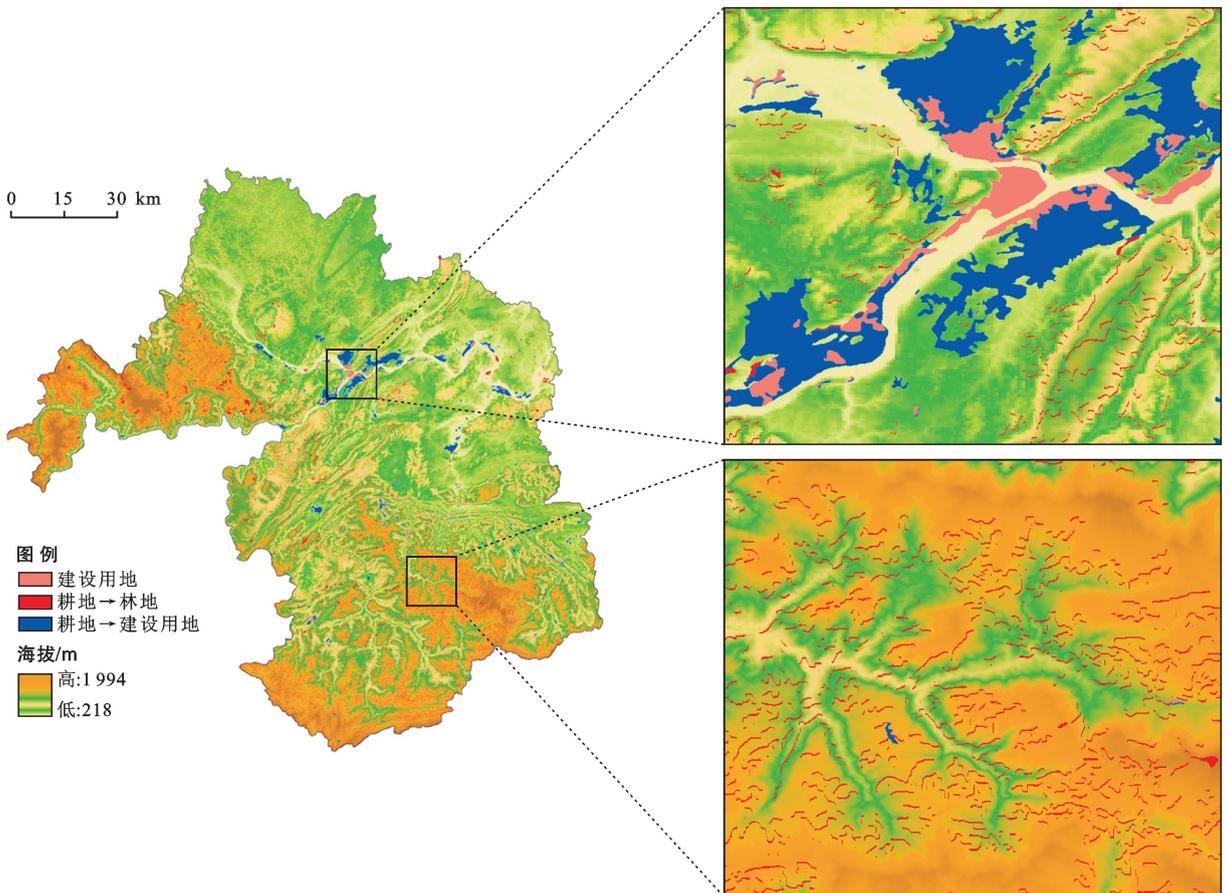


图5 1980—2018年宜宾市耕地转入林地和建设用地区域

4 讨论与结论

4.1 讨论

耕地是人类赖以生存的基础，耕地问题关乎粮食生产和安全，维持粮食生产能力的根本就在于保障足

够的耕地数量和稳定的耕地结构。本文通过探究宜宾市不同时期耕地的变化情况，宏观地刻画了区域耕地时空变化特征，结合PLUS模型揭示了耕地变化的驱动机制。结果表明，1980—2018年期间，宜宾市大量耕地持续减少并主要转出到林地和建设用地中，这

与张养等^[11]的研究相符,也与长江上游低山丘陵地区大部分城市耕地变化情况相似^[16]。一般来说自然环境因子大多决定耕地的整体空间布局,而社会经济因子往往控制着耕地演变的方向、转换的数量及演化的速度。1980年以来,宜宾市耕地面积大量减少,主要是受人口、GDP和道路等社会经济因素以及水域、高程等自然因素的影响,这与唐大珍^[17]、冯义熊等^[18]关于川南地区土地利用变化驱动力研究结果相似。耕地作为人类社会背景下的产物,受地理要素空间异质性的影响,不同研究区耕地变化驱动力呈现出显著的差异。如周翔等^[19]认为江苏省快速城市化地区,耕地流失主要是受城市化进程加快、高铁和大规模企业发展建设所影响;潘佩佩等^[20]发现,1985—2015年期间太湖流域耕地集中连片分布区与经济发展快速区的空间复合导致耕地缩减与建设用地扩张呈现空间对应关系,建设占用是驱动耕地减少的主要因素;朱会义等^[21]以新疆维吾尔自治区为例分析了西北生态环境脆弱区耕地扩张情况,得出政策激励和农业技术进步是耕地增加的主要原因。这种耕地变化驱动力区域性差异,不仅受控于地理要素空间异质性,还同区域发展定位、土地利用政策、研究时段以及驱动力模型选取等密切相关。指值得一提的是,政策因素在任意时段、任意研究尺度内都是影响耕地变化的重要因素^[22],宜宾市耕地面积减少受政策因素影响也比较明显,如1999年开始实施的退耕还林政策,驱使宜宾市以及中国西南地区大量耕地减少并转入林地之中^[23]。此外,1980年以来,伴随城镇化进程的推进,宜宾市农村劳动力迅速流失,而农民大多有“恋土情结”,宁愿土地撂荒也不愿将耕地流转^[24],这也在一定程度上导致宜宾市耕地面积有所减少。

近年来,宜宾市政府大力推动大学城和科技创新新城的建设。宜宾市首个省级新区(三江新区)的设立,势必会占用更多的耕地来满足其建设需求。未来社会经济因素对耕地的影响会进一步加强,区域耕地面积可能会进一步减少。因此,在后续开展耕地保护工作中,要转变农业发展思维,从数量、质量、生态功能3方面去落实耕地保护制度。在沿江平坝重点开发区,提高城市用地的空间利用率,妥善处理社会发展与土地资源承载力之间的关系。在农村低山丘陵地区适当推进土地流转,引导农民进行土地租赁或复垦撂荒地,加强农村土地综合治理,确保区域拥有充足、高质的耕地资源。

作为长江上游地区重要的农业生产基地,宜宾市耕地的时空变化关乎区域粮食安全。本文系统地阐释了宜宾市耕地时空变化特征及其驱动力,可为

区域耕地资源保护和土地资源优化配置提供决策参考。但本文仍存在一定的局限性,如在研究尺度上,仅从市和县(区)的行政单元尺度进行分析,更详细的研究还可以从乡镇或自然区划尺度开展,以便为耕地资源优化提供更为准确的依据;在驱动机制分析方面,宏观分析了农民价值观与区域政策因素对耕地产生的可能影响,缺乏其定量化探究,因此研发包含农民价值观与区域政策等因素的耕地变化驱动力模型是未来相关研究需要重点突破的方向。

4.2 结论

(1) 1980—2018年,伴随人口增加和城市化进程的推进,宜宾市耕地变化显著,整体呈减少趋势,共减少了247.92 km²。减少的绝大部分耕地转入了建设用地和林地之中,沿江地带是耕地显著变化区域。

(2) 宜宾市耕地空间分布呈“北密南疏”的分布格局。耕地核密度高值区主要分布在区域北部,位于宜宾市南部的筠连县和珙县等地是主要的低密度分布区。近40 a来,高密度区面积逐渐缩小,低密度区范围不断扩大,使得宜宾市耕地空间聚集性逐渐减弱。

(3) 从景观指数的变化情况来看,1980—2018年宜宾市耕地斑块数量逐渐减少且形状日益复杂、耕地的聚集程度不断减小和分散程度有所增加。这使得宜宾市耕地破碎化现象日益显著,破碎程度不断增强。

(4) 耕地时空格局变化是自然和社会经济因素的综合作用的结果。在海拔、水域和坡度等自然因子的影响限制下,政府驻地、人口、道路交通和经济等因子驱动着耕地不断发生变化。此外农民价值观和退耕还林政策的推行影响农民的耕作行为,加速了耕地利用方式的变化,从而导致耕地时空格局发生转变。

[参 考 文 献]

- [1] 周欣花.黄土旱塬区新增耕地质量等别及粮食产能影响因素[J].水土保持通报,2020,40(4):237-243.
- [2] 陈军.基于GlobeLand30的全球耕地利用格局变化研究[J].中国农业科学,2018,51(6):1089-1090.
- [3] 宋莉莉,张琳,杨艳涛,等.新型冠状病毒肺炎疫情对我国粮食产业的影响分析[J].中国农业科技导报,2020,22(6):12-16.
- [4] 张扬,周忠发,黄登红,等.喀斯特山区耕地时空演变与影响因素分析[J].农业工程学报,2020,36(22):266-275.
- [5] Cao Min, Yan Huizhu, Guo Nianlü, et al. Spatial distribution of global cultivated land and its variation between 2000 and 2010, from both agro-ecological and geopolitical perspectives [J]. Sustainability, 2019,11(5):1242.

- [6] Omaid N, Xiang Zhengdeng, Ruchira B. The dynamics of land use/cover and the statistical assessment of cropland change drivers in the Kabul River Basin, Afghanistan [J]. Sustainability, 2018, 10(2): 423-431.
- [7] 胡琼, 吴文斌, 项铭涛, 等. 全球耕地利用格局时空变化分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(6): 1091-1105.
- [8] 牛善栋, 方斌, 崔翠, 等. 乡村振兴视角下耕地利用转型的时空格局及路径分析: 以淮海经济区为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(8): 1908-1925.
- [9] 韩海青, 王旭红, 牛林芝, 等. 1992—2015 年中亚五国 LUCC 特征及耕地驱动力研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(2): 325-339.
- [10] Liang Xun, Guan Qingfeng, Clarke K C, et al. Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating land use simulation (PLUS) model: A case study in Wuhan, China [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2021, 85(5): 101569.
- [11] 张莽, 王萍, 陈慧, 等. 长江上游地区土地利用格局时空演变: 以四川省宜宾市为例[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 210-216.
- [12] 邓元杰, 段誉梅, 陈丹. 宜宾市土地利用碳排放效应的时空演变[J]. 绵阳师范学院学报, 2017, 36(8): 113-120.
- [13] 蔡为民, 肖婷, 毕芳英, 等. 基于核密度估算的大都市耕地数量空间分布特征分析: 以天津市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(1): 152-160.
- [14] 祖健, 张蚌蚌, 孔祥斌. 西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其利用效率: 以贵州省草海村为例[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 104-113.
- [15] 唐文彬, 王佑汉, 李谦. 基于景观指数的耕地细碎化研究: 以四川盆地 5 个典型村为例[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2019, 40(4): 413-419.
- [16] 谢贤健, 屈小斌, 兰代萍, 等. 中小城市土地利用空间结构分析的尺度效应[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(7): 897-902.
- [17] 唐大珍. 泸州市土地利用动态变化及驱动因素研究[D]. 新疆 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2011.
- [18] 冯义雄, 朱丽东, 朱力, 等. 内江市土地利用动态变化及其驱动力分析[J]. 山西农业科学, 2010, 38(12): 69-74.
- [19] 周翔, 韩骥, 孟醒, 等. 快速城市化地区耕地流失的时空特征及其驱动机制综合分析: 以江苏省苏锡常地区为例[J]. 资源科学, 2014, 36(6): 1191-1202.
- [20] 潘佩佩, 杨桂山, 王晓旭, 等. 典型经济快速发展区耕地变化区域分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(10): 1587-1596.
- [21] 朱会义, 李义. 西北干旱区耕地扩张原因的实证分析[J]. 地理科学进展, 2011, 30(5): 615-620.
- [22] 王文旭, 曹银贵, 苏锐清, 等. 我国耕地变化驱动力研究进展: 驱动因子与驱动机理[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(7): 21-30.
- [23] 肖庆业, 陈建成, 张贞. 退耕还林工程综合效益评价: 以我国 10 个典型县为例[J]. 江西社会科学, 2014, 34(2): 220-224.
- [24] 郭贝贝, 方叶林, 周寅康. 农户尺度的耕地撂荒影响因素及空间分异[J]. 资源科学, 2020, 42(4): 696-709.

(上接第 317 页)

- [23] 巩杰, 张金茜, 钱彩云, 等. 1990—2014 年甘肃省白龙江流域土地利用变化对人类活动响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 219-224.
- [24] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [25] 吴蒙. 长三角地区土地利用变化的生态系统服务响应与可持续性情景模拟研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2017.
- [26] 雷军成, 王莎, 汪金梅, 等. 土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3089-3099.
- [27] 朱康文, 雷波, 李月臣, 等. 生态红线保护下的两江新区土地利用/覆盖情景模拟及生态价值评估[J]. 环境科学研究, 2017, 30(11): 1801-1812.
- [28] 张凤太, 苏维词, 赵卫权. 基于土地利用/覆被变化的重庆城市生态系统服务价值研究[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(3): 21-25, 50.
- [29] 段瑞娟, 郝晋珉, 王静. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究: 以山西省大同市为例[J]. 生态经济, 2005(3): 60-62, 64.
- [30] 宗跃光, 陈红春, 郭瑞华, 等. 地域生态系统服务功能的价值结构分析: 以宁夏灵武市为例[J]. 地理研究, 2000, 19(2): 148-155.
- [31] 金声甜, 肖文海, 杨胜苏, 等. 长江经济带土地利用变化及其生态系统响应[J]. 经济地理, 2020, 40(7): 166-173.