

# 贵州省耕地质量时空格局及变化趋势分析

韩宗伟, 卢德彬, 杨建, 熊波, 黄厅厅

(铜仁学院, 贵州 铜仁 554300)

**摘要:**为深化对贵州省耕地质量空间格局及变化趋势的认识,合理制定省级耕地质量保护制度及决策提供依据,基于1989年、1995年、2000年3期贵州省土地利用规划条件下的耕地数据,定量分析了耕地质量时空变化规律及发展趋势,组合耕地模糊优选模型与理想点法构建评价模型评价了各年的耕地质量,并运用CA-Markov模型和GIS空间分析技术模拟了贵州省2020年耕地空间分布状况。结果表明:(1)贵州省6类土地利用类型间均有相互转移,耕地转移为其他的土地利用类型中63.6%仍然为农业用地,如林地、草地,土地利用性质变化不大;(2)其他土地利用类型均有向耕地转移的趋势,转移的面积以耕地为主,且转移面积大于耕地转移出去的面积,耕地面积保有量在逐渐上升;(3)贵州省耕地所处环境在不断的优化中,优质耕地资源得到了有效保护和利用,优等地的面积有逐渐扩大的趋势;(4)预测得到的2020年贵州省耕地优等地、高等地、中等地、低等地的面积占总耕地面积的比例分别为46.9%,42.2%,10.8%,0.1%,其中优等地主要集中于水系较为发达和农业资源丰富的地区。

**关键词:**耕地质量;CA-Markov模型;模糊优选模型;理想点法;贵州省

中图分类号:F321.1;F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0154-06

## Analysis on the Distribution and Variation Trend of Cultivated Land Quality in Guizhou Province

HAN Zongwei, LU Debin, YANG Jian, XIONG Bo, HUANG Tingting

(Tongren University, Tongren, Guizhou 554300, China)

**Abstract:** In order to deepen the understanding of spatial pattern and variation trend of cultivated land quality in Guizhou Province and provide reference for the development of rational farmland quality protection system and decision-making, the cultivated land quality and its variation trend were analyzed based on the distribution of cultivated land in 1989, 1995, 2000. Fuzzy optimum model and ideal point method were combined to evaluate the quality of cultivated land in each year. CA-Markov model and spatial analysis tools were employed to predict the distribution of cultivated land in 2020. The findings suggest the followings. First, there is a mutual transfer between 6 types of land uses in Guizhou Province, 63.6% of the changed areas from cultivated land are still agricultural land, such as forest land, grassland, and the change of land use nature is not obvious. Second, other kinds of land uses have the tendency of transferring to cultivated land, most of the changed areas were transferred to cultivated land, and the amount of area was larger than the area transferred out of cultivated land, so, the quantity of cultivated land is increasing gradually. Third, the environment of cultivated land in Guizhou Province is continuously optimized and the high-quality cultivated land resources have been effectively protected and utilized, the area of the superior land level has the gradually expanding tendency. Fourth, the predicted cultivated land in 2020 indicates that the percentage of superior land level, higher land level, moderate land level and lower land level in the total cultivated land will be 46.9%, 42.2%, 10.8%, 0.1%, respectively, most of the superior land levels will concentrate in areas where river systems are more developed and agriculture resources are rich.

**Keywords:** cultivated land quality; CA-Markov; fuzzy optimum; ideal point method; Guizhou Province

收稿日期:2016-09-30

修回日期:2016-11-25

资助项目:贵州省社会科学院省领导指示圈课题(QS2015024-2);贵州省教育厅人文社会科学研究项(2016qn10);贵州省教育科学规划课题(2015C042);贵州省科技计划项目黔科合LH字[2016]7305号

第一作者:韩宗伟(1987—),男,湖北宜昌人,硕士,讲师,主要研究方向为农业遗产管理与保护、资源环境信息工程。E-mail:hansarm@foxmail.com

通信作者:卢德彬(1987—),男,贵州荔波人,博士研究生,副教授,主要从事城市生态系统模拟与规划研究。E-mail:sooluo@163.com

耕地荒置或盲目开发的现象时有发生,造成有限而宝贵的耕地资源未得到合理的利用,使得耕地质量的保护和提升没了保障。耕地质量的好坏不仅影响耕地的投入产出比,还影响生产者的积极性。耕地作为人类获取食物的重要物质基础,对于人类社会的生存与发展有着十分重要的作用,确保耕地质量,能够在保障粮食安全、社会稳定、国家安全等方面发挥重要作用<sup>[1]</sup>。在保证中国 1.2 亿  $\text{hm}^2$  耕地红线的基础上,要保障耕地的整体质量,既要合理地控制耕地的转移,维护耕地的质量,又要增加农业科技投入、提高管理水平,增强耕地的生产能力<sup>[2-3]</sup>。在社会经济进步和发展的过程中,农民赖以生存的部分耕地被征用后,转移成了建设用地等其他非农用地,使得耕地质量的保护和提升面临巨大的压力。在较为严格的耕地占补平衡制度下,部分被占用的优质耕地被等量而非等质的耕地替代,虽然耕地数量有保障,但耕地的整体质量并没有得到较好的保护。学者们针对这类问题,在严格遵循国家耕地保护政策的前提下,已经将研究内容从单一的耕地数量保护逐渐转向耕地数量保护、耕地质量保护和生态环境保护三者并重的状态,对耕地质量保护和提升的关注度和重视程度越来越高<sup>[4]</sup>。

目前关于耕地质量的研究主要集中在耕地数量与质量间平衡的突破及其重要性评价<sup>[1,3]</sup>,耕地质量评价<sup>[2,5-6]</sup>,耕地质量监测与管理<sup>[7-8]</sup>,耕地质量提升措施<sup>[9-10]</sup>等。但耕地质量相关研究中所涉及的区域尺度较小,以省域为尺度定量分析并预测耕地质量时空变化过程的相关研究还比较少见。该类研究有利于准确获取区域耕地资源的质量现状、空间特征、动态变化、未来趋势等,对于指导耕地质量保护和提升工作有十分重要的现实意义和实践价值,可为相关部门在考察辖区内耕地质量的变化趋势方面提供定量化的数据支撑,同时在耕地的管理政策与决策优化、耕地质量保护与提升、农业产业结构调整方面提供技术参考。鉴于此,本文综合运用 ArcGIS 9.3 的空间分析工具与 Ldrisi 32 中的 CA-Markov 模型对贵州省的耕地质量变化进行情景模拟。在对贵州省耕地质量进行定量评价的基础上,分析 1989 年、1995 年、2000 年全省县域尺度的耕地质量现状、空间分布,明确省域耕地质量的变化规律及趋势,并模拟 2020 年全省的耕地质量空间分布与变化情况,以期在省域内耕地质量保护与管理政策的制定和实施提供科学依据和技术参考,维护耕地在社会经济发展中持续提供资源保障的能力。

## 1 研究区概况

贵州省位于中国西南地区的东南部,介于东经  $103^{\circ}36'$ — $109^{\circ}35'$ 、北纬  $24^{\circ}37'$ — $29^{\circ}13'$ ,地貌类型主要为山地和丘陵,分别占贵州省土地面积的 61.7%和

31.1%,平原较少,山间平坝区域仅占贵州省土地面积的 7.5%,喀斯特地貌面积占全省国土总面积的 73%<sup>[11]</sup>。贵州属于亚热带湿润季风气候区,气候温暖而湿润,一年四季气温变化较小,雨季与热季所在月份相同,且雨量与热量丰富,具有显著的立体气候特点。贵州河流处在长江和珠江两大水系上游交织地带,苗岭是两大流域的分水岭,其北边属于长江流域,南边属于珠江流域。贵州有 69 个县位于长江防护林保护区内,是长江、珠江上游区域十分重要的生态屏障。贵州土壤的地带性属中亚热带常绿阔叶林红壤—黄壤地带。中部及东部大部分区域为湿润性常绿阔叶林带,以黄壤为主;西南部为偏干性常绿阔叶林带,以红壤为主;西北部为具北亚热成分的常绿阔叶林带,多为黄棕壤<sup>[12]</sup>,另外,还有受母岩制约的石灰土和紫色土、粗骨土等土类。贵州省可用于农业开发的土地资源有限,土层厚、肥力高、水利条件好的耕地所占比重低,对于农业生产,贵州土壤资源数量明显不足,可用于农、林、牧业的土壤仅占全省总面积的 83.7%<sup>[13]</sup>。

## 2 数据来源与评价指标体系

### 2.1 数据来源

采用 1989 年、1995 年、2000 年的土地利用现状数据,数据集来源于“寒区旱区科学数据中心”(http://westdc.westgis.ac.cn/)。1989 年、1995 年、2000 年土地利用现状数据是由中国科学院“八五”重大应用项目《全国资源环境遥感宏观调查与动态研究》中组织的中国科学院所属 19 个研究所的遥感科技队伍,以卫星遥感为手段,基于 Landsat MSS, TM, ETM 遥感数据构建的。数据采用分层的土地覆盖分类系统,将全省分为 6 个一级类,即耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地。通过 ArcGIS 9.3 提取了各年份的耕地矢量数据。30 m 空间分辨率数字高程模型(图 1A)来源于“地理空间数据云”(http://www.gscloud.cn/),利用数字高程模型生成了坡度数据;贵州省各区县行政区划、道路数据来自 ArcGIS Online;土壤类型空间分布数据(图 1B)来自贵州省铜仁市国土局。以上各数据均经过格式转换和投影变换等处理,以获得投影方式相同的数据。

### 2.2 评价指标体系

评价耕地质量的基础是构建指标体系,土地的自然属性和社会经济属性是其中的影响因素。由于本项目选取的耕地数据年份跨度较长,在以资料的综合性、科学性、代表性、可获得性为原则的基础上,结合相关文献资料和贵州省的实际状况,选取高程、坡度、连片性、土壤质地、灌溉保证率、距离城镇(农村居民点)距离、距交通干线距离、贵州省交通道路共 7 项指标用于评价耕地质量。所选指标中,高程和坡度反映

耕地的耕作条件,由于耕地是 1 个面,每 1 块耕地的坡度和高程数据并不唯一,坡度会随着坡面的起伏发送变化,为了使每 1 块耕地的坡度值唯一,本文采用该块耕地的坡度平均值来定义耕地坡度,即将耕地矢量数据栅格化后,与 ArcGIS 9.3 中运用贵州省 30 m 精度 DEM 数据直接提取的坡度数据进行叠加分析,采用分区统计(Zonal Statistics as Table)获得每 1 块耕地的坡度平均值;土壤质地是土壤十分稳定的自然属性,能够反映土壤的肥力水平<sup>[14]</sup>;连片性反映土地经营规模程度,该值越大则土地经营规模化程度高,

反之则规模化程度低;灌溉保证率反映利用农用地和水资源的集约化程度<sup>[15]</sup>,该值越大则说明农业生产过程中灌溉用水量能够更大程度上得到保障;耕地与交通干线的距离、距离城镇(农村居民点)的距离反映耕地区位条件,两者是利用 ArcGIS 9.3 在土地利用现状数据中提取的农村居民点、交通干线数据的基础上,运用 Near 工具计算得到,值越小则农业生产活动区位条件优越。评价过程中各指标的权重参照韩敏等构建贵州省农用地(耕地)自然质量评价指标体系中的权重<sup>[5]</sup>,见表 1。

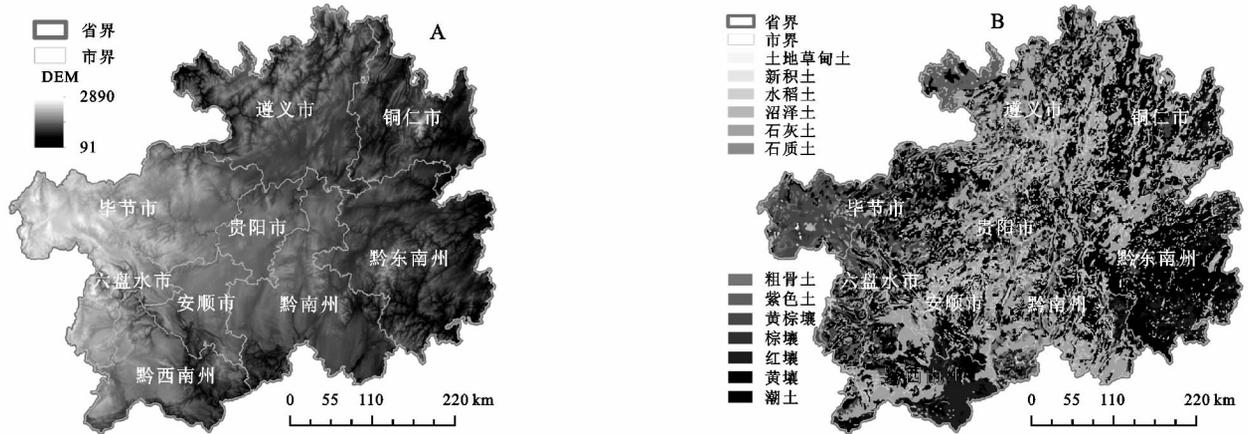


图 1 贵州省 DEM 和土壤分布

表 1 贵州省耕地质量评价指标体系及权重

指标因子	高程	坡度	连片性	土壤质地	距河流距离	距离城镇(农村居民点)距离	距交通干线的距离
权重	0.05	0.25	0.20	0.15	0.15	0.10	0.10

## 2.2 数据标准化

现实环境中各类研究对象范围或大小的度量标准和规范不同,其度量值的背景和量纲会有差异,不便于将数值直接进行比较和分析,因此进行耕地质量评价时,需先将所选取的各类指标的属性值归一化,将数值限制在 $[0,1]$ 内,以消去量纲,采用离差标准化方法对各指标进行标准化,如公式 1 所示。

$$r_{ij} = \frac{|C_i^0 - C_{ij}|}{C_{i\max} - C_{i\min}} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix} \quad (1)$$

式中: $n$ 表示指标的项量; $m$ 表示某项指标数据的个数; $C_{i\max}$ 表示指标集中第 $i$ 项指标的最大值;而 $C_{i\min}$ 则表示指标集中第 $i$ 项指标的最小值。当指标为“成本型”指标时,即属性值越小越好的属性,本研究中此类型的指标为高程、坡度、土壤质地、距河流距离、距离城镇(农村居民点)距离、距交通干线的距离, $C_i^0 = C_{i\min}$ ;当指标为“效益型”时,即属性值越大越好的属性, $C_i^0 = C_{i\max}$ ,本研究中此类型的指标为连片性。

## 3 研究方法

### 3.1 耕地质量组合评价模型

任何评价方法都存在一定的局限性,仅用 1 种方

法进行评价,结果存在一定的局限性<sup>[16]</sup>。选用不同的方法评价即从不同角度进行综合分析,将几种评价结果进行组合,形成多角度评价后的综合平衡,耕地质量组合评价模型即为耕地模糊优选模型与理想点法的组合<sup>[17]</sup>。耕地模糊优选模型是在耕地质量评价过程具有一定决策模糊性的基础上建立的,应用模糊数学中的隶属度定量地描述复杂的耕地质量评价过程,其关键在于确定各耕地地块对于模糊概念“优”的隶属度<sup>[18]</sup>,耕地质量“劣”与“优”分别处于参考连续的两个极点<sup>[19]</sup>,各地块耕地质量与两个极点的差异分别用加权广义距离表示,该值越大耕地质量越高。理想点法是在计算每个地块单元距最优地块距离以及距最差地块距离的基础上,计算各地块的相对贴近度,其为评价单元距最差单元的距离与评价单元距最优单元和最差单元两个距离之和的比值,最优单元指各指标评价价值达到最大时的评价单元,最差单元指各指标评价价值最小时的评价单元<sup>[15,20-21]</sup>,相对贴近度越大耕地质量越高。根据组合决策方法的基本原理,分别对耕地模糊优选模型和理想点法的结果进行由小到大排序,排序第一的记作“1”,依次类推。记耕地模糊优选模型的排序结果存于数组 $X_{1j}$  ( $j=1,2,\dots,$

n),理想点法的排序结果为  $X_{2j}(j=1,2,\dots,n)$ ,利用平均值法集结这两种排序结果<sup>[20]</sup>,最终结果为:

$$X_j = \frac{X_{1j} + X_{2j}}{2} \quad (2)$$

因此,  $X_j$  越大的耕地质量越高,将最终的综合得分划分为 4 个等级,小于等于 0.25 划分为低等地,大于 0.25 且小于等于 0.5 划分为中等地,大于 0.5 且小于等于 0.75 划分为高等地,大于 0.75 划分为优等地。

### 3.2 耕地质量预测

对于贵州省未来耕地的空间布局,采用 Ldrisi 32 中的 CA-Markov 模块进行模拟,该模块集成了 Markov 和元胞自动机等理论,能够较好的解决有关时间序列和空间预测的问题<sup>[22-23]</sup>。依据 1989 年、1995 年 2 期土地利用数据,采用 CA-Markov 模型计算土地利用类型转移概率矩阵及条件概率转换图集,基于这些数据在 1995 年土地利用数据的基础上模拟 2000 年土地利用空间分布状况,并利用 Kappa 系数和随机样点检验法对预测精度进行检验。若精度通过检验,则再利用 CA-Markov 模型计算 1995—2000 年 5 a 间的土地利用类型转移概率矩阵及条件概率转换图集,并利用这些数据在 2000 年土地利用图的基础上预测 2020 年土地利用图,并从中提取贵州省土地利用规划条件下的耕地空间变化情况。进行预测时,滤波器的大小为  $5 \times 5$ ,CA 循环模型次数为 20 次。耕地空间预测中所使用的不同土地利用类型间转换的条件概率图是通过 Logistic 逐步回归模型分析不同地类变化驱动力而获取的<sup>[18,24]</sup>。预测出 2020 年耕地空间格局后,运用模糊优选模型和理想点法构建耕地质量组合评价模型,分析贵州 2020 年耕地质量情况。Markov 模型见公式(3),CA 模型式见公式(4):

$$S(t+1) = P_{ij} \cdot S(t) \quad (3)$$

式中: $S(t)$ ,  $S(t+1)$  为  $t$ ,  $t+1$  时刻的系统状态; $P_{ij}$  为状态转移概率矩阵。

$$S(t, t+1) = f[S(t), N] \quad (4)$$

式中: $S$  表示元胞有限、离散的状态集合; $N$  表示元胞的邻域; $t, t+1$  表示相邻两次循环的时刻; $f$  表示局部空间元胞状态的规则。

## 4 结果与分析

### 4.1 贵州省土地利用变化规律

由 1995 年、2000 年 2 期土地利用现状图获取的土地利用类型综合转移概率矩阵表 2 所示。表中行为原始土地利用类型,列为转移后的土地利用类型。该表反映了这 5 a 间各类土地利用类型的总体变化规律。由表 1 可知,1989 年和 2000 年之间,各类土

地利用类型之间均有相互转变,变化幅度较大的林地和未利用地,转移为其他土地利用类型的概率均大于 0.5,转移的林地中 54.7% 被改造成草地,用于发展畜牧养殖,被开发的未利用地 52.8% 被用于植树造林;其次为水域和草地,转移为其他土地利用类型的概率分别为 0.341, 0.318,减少的水域大部分被填埋改造成陆地;耕地和建设用地的变化幅度较小,转移为其他土地利用类型的概率均小于 0.2,体现了贵州省严格控制耕地红线和科学规划城镇化发展的效果。耕地转移为其他土地利用类型中,所占的比例由大到小依次为草地、林地、水域、建设用地,转移的耕地中 63.3% 仍然为农业用地,土地利用性质变化不大;而其他土地利用类型中,转移为耕地的概率与转移为其余土地利用类型的概率总和相当,甚至超过转移为其余土地利用类型的概率总和,如建设用地。综上可知,贵州省各类土地利用类型均有向耕地转移的趋势。

表 2 贵州省 1995—2000 年土地利用类型转移概率矩阵

类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
耕地	0.812	0.058	0.061	0.008	0.060	0.000
林地	0.230	0.481	0.284	0.001	0.003	0.000
草地	0.157	0.154	0.682	0.003	0.004	0.000
建设用地	0.148	0.004	0.004	0.843	0.001	0.000
水域	0.090	0.166	0.084	0.001	0.659	0.000
未利用地	0.080	0.279	0.168	0.000	0.001	0.472

### 4.2 贵州省耕地质量时空变化趋势

通过耕地质量评价获得 1989 年、1995 年、2000 年耕地质量空间分布图,见图 2。统计分析 1989 年、1995 年贵州省耕地质量,各耕地等级在面积上的变化趋势见图 3。优等地面积极在逐渐上升,相邻两个时期之间面积变化率的平均值为 6.58%;高等地的面积增长速度呈现出慢后快的趋势,相邻两个时期之间面积变化率的平均值为 6.60%;中等地的面积在一定的范围内波动,呈现出先减少后快速增加的趋势,相邻两个时期之间面积变化率的平均值为 20.96%;低等地的面积基本维持平衡,面积在一定范围内波动,相邻两个时期之间面积变化率的平均值为 55.45%。可见各等级耕地的面积均有增加,使得耕地的总面积在增加,平均增长速度为 8.52%。

1989 年、1995 年、2000 年 3 个年份各质量等级耕地的平均高程、平均坡度、平均连片性、距离河流的平均距离见表 3。由历年地块平均高程逐渐减少的趋势可知各等级耕地逐渐由高海拔区域向低海拔区域转移;由历年地块平均坡度逐渐降低可知各等级耕地逐渐向地势比较平坦的区域发展,说明适于耕种的优质土地被广泛开垦;由历年耕地地块距离河流的平

均距离逐年增加可知各等级耕地以贵州省河流等水系逐渐向其外围扩散;而历年地块平均连片性指标增大反映了耕地经营规模的程度在逐渐加大。不难看出贵州省耕地所处环境在不断的优化中,优质耕地资

源得到了有效保护和利用,耕地环境的整体改善与贵州省近年来在辖区内施行退耕还林、石漠化治理、生态补偿、集约化经营、耕地占补平衡等耕地保护政策、惠农政策有着密切的联系。

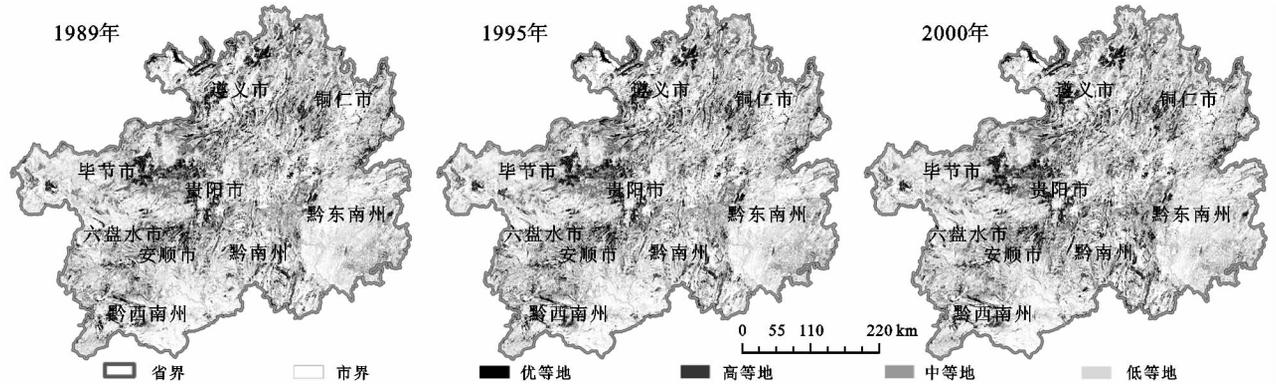


图 2 贵州省 1989 年、1995 年、2000 年耕地质量等级空间分布

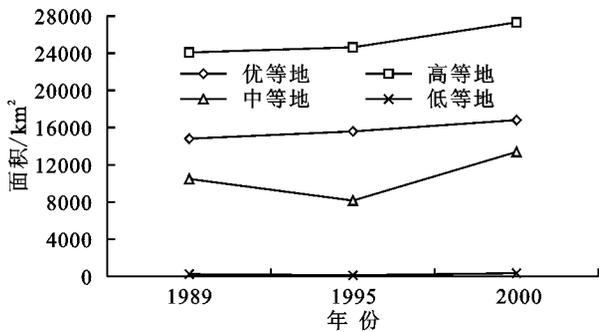


图 3 贵州省 1989 年、1995 年、2000 年各耕地质量等级面积变化趋势

表 3 贵州省 1989 年、1995 年、2000 年各等级耕地地块环境指标均值

年份	耕地质量等级	平均高程/m	平均坡度/(°)	距离河流的平均距离/km	平均连片性/km <sup>2</sup>
1989	优等地	953.84	13.41	5.16	0.63
	高等地	1024.57	16.24	7.89	0.54
	中等地	1222.00	19.68	14.11	0.40
	低等地	1500.69	23.40	28.03	0.38
1995	优等地	957.02	14.01	5.55	0.60
	高等地	1037.62	16.29	8.08	0.54
	中等地	1270.34	19.78	15.58	0.41
	低等地	1637.11	21.32	28.31	0.38
2000	优等地	748.23	10.99	5.49	0.66
	高等地	856.30	13.37	8.17	0.53
	中等地	1185.48	18.79	13.47	0.41
	低等地	1528.35	23.26	25.17	0.35

结合 3 个年份耕地质量等级空间分布图,分别提取 1989—1995 年,1995—2000 年贵州省各类耕地质量等级的面积变化情况,各类等级耕地面积变化见表 4。贵州省优等地的面积有逐渐扩大的趋势,且增长速度逐年增加,增速在 5.3% 以上。由于贵州省加强了生态建设和提高农业生产效益,对质量较差的坡耕

地进行了退耕或者农业产业结构调整,质量等级为高等地、中等地、低等地的耕地面积逐渐减少,使耕地布局整体上有优化,提高了耕地总体质量,这是贵州省耕地质量提高的主要原因。由于其他土地利用类型与耕地之间的相互转移,不同时期各等级耕地增加面积总和与减少面积总和并不相等,特别是 1995 年与 2000 年间各耕地质量等级面积的变化。

表 4 1989—2020 年贵州省各类耕地质量等级面积变化情况

时间段	耕地质量等级	增加面积/km <sup>2</sup>	减少面积/km <sup>2</sup>
1989—1995	优等地	787.92	—
	高等地	555.50	—
	中等地	—	2322.34
	低等地	—	119.08
	总和	1343.42	2441.42
1995—2000	优等地	1223.79	—
	高等地	2683.34	—
	中等地	5232.56	—
	低等地	208.89	—
	总和	9348.58	—

### 4.3 贵州省耕地分布预测及质量评估

利用 1989 年、1995 年 2 期土地利用数据获取的土地利用类型转移概率矩阵及条件概率转换图集,在 1995 年数据的基础上模拟得到的 2000 年的土地利用数据与真实数据对比可知,像元模拟正确的百分比为 80.36%,2000 年模拟的 Kappa 系数为 0.763 5,随机采样点中模拟正确的样点数占随机样点数的比例为 83.74%,验证结果表明模拟结果达到了较高的精度,证明了模拟方法及过程具有较高可信度。在 2000 年土地利用分布图和获取的 1995—2000 年 5 a 间土地利用类型转移概率矩阵的基础上,综合各类地理环境因素和经济因素的影响,利用 CA-Markov 方法在现有已知的变化规律下对未来耕地变化进行情

景模拟,获取 2020 年的土地利用类型图,并提取耕地的空间分布图。通过耕地质量评价获得 2020 年贵州省耕地质量等级分布图,附图 12。

由预测得到的 2020 年耕地质量等级分布图可知,优等地面积为 26 147.69 km<sup>2</sup>,高等地面积为 23 557.98 km<sup>2</sup>,中等地面积为 6 113.16 km<sup>2</sup>,低等地面积为 74.69 km<sup>2</sup>,4 种等级耕地的面积占总耕地面积的比例分别为 46.9%,42.2%,10.8%,0.1%。分区县对贵州省的耕地质量等级空间分布进行分析可知,优等地主要分布在遵义县、贵阳、盘县、六枝等区县,高等地主要分布在桐梓、威宁、凤冈、遵义县等区县,中等地主要分布在威宁、赫章、桐梓、剑河等区县,低等地主要分布在赫章、威宁、台江、剑河等区县。

## 5 结论与讨论

本文提出了在已知三期土地利用现状图和易收集的环境数据的基础上,利用 CA-Markov 模型对贵州省 2020 年耕地的空间分布进行了预测,同时结合耕地模糊优选模型和理想点法对不同时期的耕地质量进行了评价。由于环境数据不会随着时间的推移而发生较大的改变,而耕地空间范围的改变对应的是相应地块单元周围环境的变化,因此,在同一套指标体系下,对不同时期的耕地质量进行了分级。

结果表明,虽然耕地有向其他土地利用类型转移的情况,但土地利用性质变化不大,转移的耕地中 63.3% 仍然为农业用地;随着耕地保护政策的深入实施,部分高等地、中等地、低等地被改造,农业产业结构逐渐被优化,优等地的空间分布呈现扩散的趋势,平均增速在 8.28%;耕地质量总体呈现上升的趋势,且耕地所处环境在不断的优化中。贵州省耕地质量的变化体现了相关政策与管理的导向作用,在今后的耕地质量管理工作中,应充分掌握辖区内耕地质量的总体情况,针对各区域的差异实施不同的耕地保护与管理政策。耕地占补平衡中补充的耕地,或者耕地开发过程中新增的耕地,都应保证耕地的质量,同时对占用耕地的耕作层要充分利用,需要深入研究并落实表土剥离工作,如开展移土培肥工程,确保占优补优。对现有不同质量等级的耕地,在保持整体耕地质量提升和耕地布局优化的前提下,加快优化农业产业结构,充分挖掘各质量等级耕地的生产潜能和生态价值,增加农民增收的途径,从而减少对耕地的过度使用。

本文对耕地质量的时空变化分析及预测中,选取的指标有一定的局限性,并不能完全反映耕地所处的自然环境,因而需要深入挖掘,构建更加合理的指标体系。同时,本研究从全局层面分析出贵州省耕地质

量整体呈现上升的趋势,且逐年增加,但局部地区耕地质量的改善力度还严重不足;此外,还需进一步通过实例验证该组合评价模型在其他尺度耕地质量时空变化分析及预测中的适用性和效率。

### 参考文献:

- [1] 蔡文香,卢万合,冯婧,等.中国粮食安全脆弱性评价与政策建议[J].中国人口·资源与环境,2015,(S1):319-322.
- [2] 姜群鸥,邓祥征,林英志,等.中国耕地用途转移对耕地生产力影响的预测与分析[J].应用生态学报,2010,21(12):3113-3119.
- [3] 李文卓,谢永生.基于农户尺度的陕北退耕区粮食安全[J].应用生态学报,2011,22(2):402-408.
- [4] 姜广辉,赵婷婷,段增强,等.北京山区耕地质量变化及未来趋势模拟[J].农业工程学报,2010,26(10):304-311.
- [5] 韩敏,张慧,陈旭晖,等.贵州省农用地(耕地)自然质量评价指标体系的构建[J].贵州农业科学,2010,38(5):66-69.
- [6] 付国珍,摆万奇.耕地质量评价研究进展及发展趋势[J].资源科学,2015,37(2):226-236.
- [7] 伍育鹏,鄢文聚,李武艳.用标准样地进行耕地质量动态监测与预警探讨[J].中国土地科学,2006,20(4):40-45.
- [8] 胡晓涛,吴克宁,马建辉,等.北京市大兴区耕地质量等级监测控制点布设[J].资源科学,2012,34(10):1891-1897.
- [9] 张瑞福,颜春荣,张楠,等.微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J].中国农业科技导报,2013,15(5):8-16.
- [10] 杨伟,谢德体,廖和平,等.基于完全理性行为特征的农户耕地保护行为决策研究:以重庆市开县为例[J].西南大学学报:自然科学版,2012,34(11):81-87.
- [11] 伍应德.基于生态环境的贵州喀斯特山区现代农业发展模式探讨[J].贵州农业科学,2013,41(8):249-249.
- [12] 周宜君,石莎,冯金朝.我国西南地区自然环境与药用植物多样性[J].中央民族大学学报:自然科学版,2005,14(1):44-48.
- [13] 韩振燕,梁誉,陈绍军.基于生态足迹模型的西部贫困成因及可持续治贫研究:以贵州省为例[J].广西社会科学,2012,(2):54-58.
- [14] 卢德彬,涂建军.耕地入选基本农田整备区评价与决策[J].农机化研究,2012(3):1-4.
- [15] 卢德彬,涂建军,华娟,等. GIS 技术在永久性基本农田划定中的应用研究[J].农机化研究,2012(4):65-68.
- [16] 涂建军,卢德彬.基于 GIS 与耕地质量组合评价模型划定基本农田整备区[J].农业工程学报,2012,28(2):234-238.
- [17] 杨乐,涂建军,王小飞,等. GIS 技术在基本农田整备区划定中的应用:以重庆秀山县中和镇为例[J].农机化研究,2011,33(5):178-181.
- [18] 张鹏,徐中兵,赵振亮,等.基于模糊优选模型的区域可持续发展研究[J].水土保持研究,2009,16(4):186-191.

- [17] 宫丽丹,殷振华. 保水剂在农业生产上的应用研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(22): 174-177.
- [18] 郑易安,杨逢,王爱勤. PAA-AM/SH/MMT 多功能保水剂的溶胀和保水性能研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(4): 435-439.
- [19] 杨永辉,武继承,吴普特,等. 保水剂用量对小麦不同生育期根系生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 73-78.
- [21] 李兴,蒋进,宋春武,等. 不同粒径保水剂吸水特性及其对土壤物理性能的影响[J]. 干旱区研究, 2012, 29(4): 609-614.
- [22] 王洪君,陈宝玉,梁烜赫,等. 保水剂吸水特性及对玉米苗期生长的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(5): 96-99.
- [23] 田娜,张蕾,江海东. 保水剂对垂盆草建植和生理代谢的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(2): 120-123.
- [24] 李兴,蒋进,宋春武,等. 保水剂对梭梭(*Haloxylon ammodendron*),白梭梭(*Haloxylon persicum*)种子萌发及幼苗根系的影响[J]. 干旱区研究, 2012, 29(5): 797-801.
- [25] 蒋雅琴,李文嘉,康德贤,等. 不同保水剂对果菜类蔬菜育苗的影响[J]. 中国蔬菜, 2014(6): 40-43.
- [26] 邓洪波,陆林. 基于 DEA 模型的安徽省城市旅游效率研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(2): 313-323.
- [27] 韦浩华,高岚. 基于 DEA 模型的农户林地经营效率分析:来自广东和江西的调研数据[J]. 中南林业科技大学学报:社会科学版, 2016, 10(1): 88-93.
- [28] 许建伟,许新宇,陈兴鹏,等. 基于 DEA 交叉模型的甘肃省城市效率评价[J]. 自然资源学报, 2013, 28(4): 618-624.
- [29] 田玉川,李国玉,司马义,等. 丙烯酸-腐植酸复合吸水树脂的合成与性能[J]. 石油化工, 2012(8): 948-953.
- [30] 李景生,黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J]. 中国沙漠, 1996, 16(1): 86-91.
- [31] 郭树芳,安文明,张文俊,师庆东. 乌鲁木齐煤田火灾区混土种植基质配比试验研究[J]. 环境科学与技术, 2013(2): 80-85.
- [32] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社, 1978.
- [33] 谭国波,边少锋,马虹,等. 保水剂对玉米出苗率及土壤水分的影响[J]. 吉林农业科学, 2005, 30(5): 26-27.
- [34] Hwang S N, Chang T Y. Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan[J]. Tourism Management, 2003, 24(4): 357-369.
- [35] 崔娜,张玉龙,白丽萍. 不同粒径保水剂对土壤物理性质和番茄苗期生长的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(1): 127-130.
- [36] 宋杰,田长彦,张立运,等. NaCl 对囊果碱蓬,梭梭和白梭梭种子及初期幼苗的影响[J]. 干旱区研究, 2009, 26(4): 543-547.
- [37] 赵敏,高会东,崔彦宏. 保水剂对夏玉米生长发育和产量的影响[J]. 玉米科学, 2006, 14(6): 125-126.
- [38] 杨浩. 保水剂对黄绵土,褐土及沙土物理特性影响研究[D]. 北京林业大学, 2011.
- [39] 杨红善,刘瑞凤,张俊平,等. PAAM-atta 复合保水剂对土壤持水性及其物理性能的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 38-41.
- [40] 韩旭,赵瑞,陈俊琴,等. 添加不同浓度保水剂的育苗块对黄瓜幼苗生长发育及其质量的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(4): 209-211.

~~~~~

(上接第 159 页)

- [19] 李远富,薛波,邓域才. 铁路选线设计方案多目标决策模糊优选模型及应用研究[J]. 西南交通大学学报, 2000, 35(5): 465-470.
- [20] 何丹,金凤君,周璟. 基于 Logistic-CA-Markov 的土地利用景观格局变化:以京津冀都市圈为例[J]. 地理科学, 2011, 31(8): 903-910.
- [21] 程锋,石英,朱德举. 耕地入选基本农田决策模型研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 50-53.
- [22] 胡雪丽,徐凌,张树深. 基于 CA-Markov 模型和多目标优化的大连市土地利用格局[J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1652-1660.
- [23] Kityuttachai K, Tripathi N K, Tipdecho T, et al. CA-Markov analysis of constrained coastal urban growth modeling: Hua Hin seaside city, Thailand[J]. Sustainability, 2013, 5(4): 1480-1500.
- [24] 姜广辉,张凤荣,陈军伟,等. 基于 Logistic 回归模型的北京山区农村居民点变化的驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 81-87.