

重庆市北碚区耕地多功能评价及时空演变分析

何青泽, 谢德体, 王 三, 陈 林

西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 从耕地多功能理论出发, 构建耕地多功能评价指标体系, 采用改进层次法的模糊优选模型对北碚区 2009—2016 年耕地功能变化进行研究. 结果表明: 1) 在新时期背景下, 耕地的内涵不断丰富, 从基本的生产功能逐渐衍生到社会功能、生态维持功能及城镇阻隔功能等集为一体的复合功能. 2) 北碚区耕地多功能时空演变特征差异明显, 生产功能、生态维持功能、社会功能及城镇阻隔功能都有不同程度的变化, 生产功能和生态维持功能呈现先上升后下降再上升的“N”型趋势, 社会功能变化呈现缓和下降趋势, 城镇阻隔功能则逐年增强. 3) 总体上, 北碚区耕地综合功能偏弱, 可根据该区特点因地制宜地进行发展.

关键词: 耕地多功能; 时空演变; 模糊优选模型; 重庆市北碚区

中图分类号: F323.211

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)01-0079-09

耕地资源是人类赖以生存的自然资源, 是形成粮食综合生产能力基础的物质条件^[1], 除了生产食物外, 还需要履行多种功能. 耕地的多功能性已经得到普遍的关注, 这是由耕地本身的性质以及利用特点所决定的. 耕地多功能保护是以多功能性农业发展为依据, 在一定程度上强调了耕地利用方向的合理性, 增强了严格保护耕地的行动力和说服力^[2]. 耕地资源是关乎民生的关键因素^[3], 耕地的保护与利用不再仅限于耕地数量的增加, 而应更加重视“数量、质量、生态、人文”四位一体的新内涵, 从“以地为本”过渡到“以人为本”^[4], 从“耕地农业生产功能”过渡到“多功能”共同发展.

多功能概念最早出现在农业(农业多功能性)领域^[5], 2000 年以来, 多功能性的研究逐渐从农业延伸到乡村发展^[6]、景观研究^[7-8]等多个领域. 国外学者多从耕地多功能的概念和建立模型角度对土地利用及农业多功能进行分析, Gómez 等^[9]采用多维评价模型对西班牙多功能农业土地利用系统进行综合评价; Wiggering 等^[10]将社会经济需求与景观潜力联系起来构建多功能土地利用指标体系; Costanza 等^[11]用多种方法对农业多功能性进行评价, 比如利益相关者分析、多目标评估等; Banzhaf^[12]认为多功能的相关成果整合到土地规划方案中存在一定的困难, 并对此进行了分析研究. 国内学者则多从耕地多功能的内涵、地区功能差异及功能评价等方面进行研究. 陈星宇等^[13]对珠三角地区的耕地多功能空间差异进行分析; 姜广辉等^[14]着眼于耕地多功能的层次性, 提出其多功能保护的建议; 宋小青等^[15]对耕地多功能内涵进行研究, 提出耕地保护的途径. 目前, 对山地丘陵区耕地时空演变进行分析的学者较少, 而北碚区耕地占补平衡矛盾突出, 土地整理与建设用地复垦潜力有限, 并且具备发展耕地多功能的先决条件. 基于此, 本研究以重庆市北碚区为研究区, 采用改进层次分析法的模糊优选模型, 分析该区多功能时空演变特征, 以期对耕地保护提供有力的支持与理论参考.

1 研究区概况

北碚区位于重庆经济发达圈的北部(东经 $106^{\circ}18' - 106^{\circ}56'$ 与北纬 $29^{\circ}39' - 30^{\circ}03'$), 是重庆市九大主城区之一, 下辖 3 个街道办事处和 12 个镇(图 1). 研究区属亚热带季风湿润气候, 水热条件丰富, 常年雨量充沛, 宜于植物生长, 水稻土和紫色土在该区土壤中占据比例较大, 平坝、丘陵、低山等是其主要的地貌类型. 一直以来, 北碚都被称为重庆的后花园, 大力发展生态农业, 加强生态文明建设, 以打造山清水秀美丽北碚为目标, 落实“美丽山水城市”规划.

据北碚区 2016 年土地利用变更调查数据显示, 北碚区土地面积 $75\,155.44\text{ hm}^2$, 其中, 农用地面积 $55\,604.58\text{ hm}^2$, 占比 73.99%; 建设用地面积 $17\,260.04\text{ hm}^2$, 占比 22.96%; 其他土地 $2\,290.82\text{ hm}^2$, 占比 3.05%. 农用地中耕地 $21\,420.99\text{ hm}^2$, 占土地面积的 28.50%. 主要分布在北碚区的东北方向, 静观、柳荫、三圣 3 个镇.

2016 年北碚区生产总值 475.41 亿元. 从产业的角度来看, 一二三产业均稳步增长; 第一产业生产总值 158 739 万元, 同比增长 9 个百分点; 第二产业 3 086 816 万元, 同比增长 10 个百分点; 第三产业 1 508 499 万元, 同比增长 12 个百分点. 北碚区扎实推进“三农”工作, 大力发展特色效益农业和休闲农业, 产值占农业总产值 75% 以上. 然而, 在经济发展和城镇化进程中, 2009—2016 年北碚区耕地面积由 $24\,869.72\text{ hm}^2$ 下降到 $21\,420.99\text{ hm}^2$. 除了耕地数量的减少, 该区局部还易发生地质灾害, 存在着比较严重的灾害隐患. 因此, 在严守耕地红线的同时, 重视并充分发挥耕地的多功能性具有重要意义.

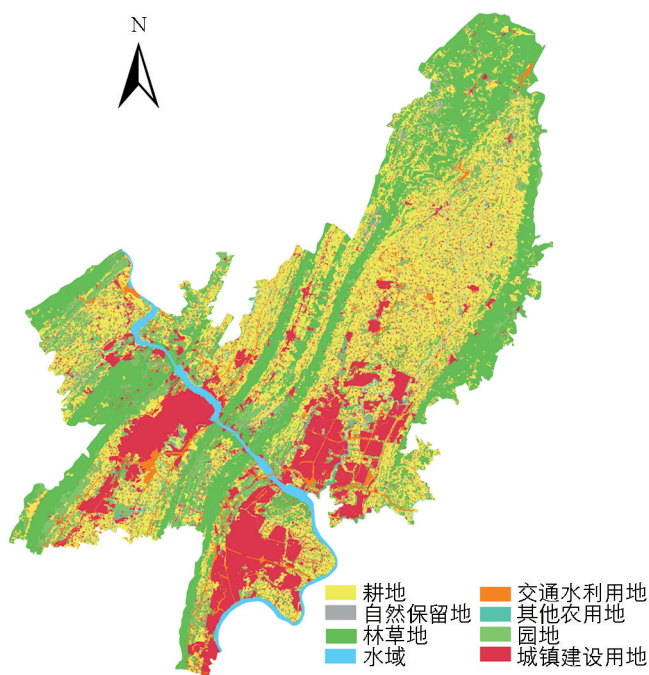


图 1 研究区概况图

2 数据处理

2.1 数据来源

以 2009—2016 年为研究时点, 所使用的属性数据主要来源于研究时段的北碚区统计年鉴、重庆市北碚区人民政府工作报告、重庆市北碚区国民经济和社会发展统计公报、重庆市统计年鉴、政府官方网站的统计资料、北碚区土地利用总体规划(2006—2020 年)以及各镇街的工作报告. 空间分析数据主要来源于 2009—2016 年重庆市北碚区土地利用变更调查数据及土地利用现状数据、2016 年重庆市行政区划图、2016 年北碚区高清遥感影像图及 DEM 数据.

2.2 数据处理

模糊优选模型在多个领域得到了广泛的应用^[16-19], 考虑到耕地是一个复杂的复合系统, 其多功能评价具有一定的模糊性, 并且评价目标在于定量地描述耕地的各项功能. 因此, 应用模糊优选模型(Fuzzy Optimization Model, FOM)^[20]对耕地多功能性进行评价. 主要是确定各块耕地对于模糊概念“优”的隶属度, 利用模糊概念“优”的隶属度量化定性指标更加科学合理^[21]. 采用改进层次分析法确定权重, 能比较全面地反应实际情况, 评价结果较为准确^[22].

2.3 评价指标体系构建

耕地是一个复合系统, 除了基本的生产功能外, 还有一系列的衍生功能, 具体的讲就是满足人类生态、

社会、经济等方面所需要的各种功能。近些年,耕地功能逐渐由单一向多功能转变,其多功能性已成为新的研究热点。根据不同的研究目的和研究用途,耕地多功能性的划分方式有所差异^[23-24]。参考边振兴、宋小青、施园园、覃事娅等^[25-28]对耕地多功能的研究,北碚区作为城市郊区,除了具有生产、社会、生态维持 3 种功能外,还具有一定的特殊性。随着经济的发展,北碚区的城镇化边界逐渐扩张,导致耕地面积下降。在有限的资源下,城市的发展多以牺牲耕地为代价。因此,在城镇边界布置耕地,有利于保护耕地“红线”,防止城市无边界的蔓延^[29]。立足于北碚区的实际情况,将耕地多功能分为 4 种类型,分别为生产功能、社会功能、生态维持功能及城镇阻隔功能并构建评价指标体系(表 1)。

1) 生产功能。该功能是耕地最基本的功能,主要指耕地生产活动的产出。可分为食物生产功能和原材料生产功能^[30]。北碚区属于亚热带季风湿润气候,耕地主要发挥食物生产功能,以生产水稻为主。食物种类主要为粮食、蔬菜、瓜果,2016 年三者占农作物播种面积的 94.49%。原材料种类主要是油料,油料生产比较稳定,2009—2016 年每年生产量变化不大,因此,选择粮食、蔬菜、瓜果、油料 4 种作物的产量作为评价指标。

2) 社会功能。该功能是耕地的衍生功能,主要指耕地所带来的农业从事人员的生活保障功能。人均粮食保证率这一指标反映了粮食安全保障度,因为我国粮食安全的主流观点是每年人均 400 kg 粮食,故选择 400 kg 作为基本值^[28];农业贡献率是指农业产值占国内生产总值的比例,值越大,表明耕地经济贡献能力越强;人均农业纯收入比例反映农业生产对农民生活的基本保障;农业从业人数比例是农业从业人数占城镇从业人数的比例,反映农业生产的就业保障功能。因此,选择人均粮食保证率、农业贡献率、人均农业纯收入比例、农业从业人数比例 4 种指标表征耕地的社会功能。

表 1 耕地多功能评价指标体系

功能类型	指标层	单位	指标解释	性质
生产功能	粮食产量(X_1)	kg/hm ²	粮食产量/耕地面积	+
	油料产量(X_2)	kg/hm ²	油料产量/耕地面积	+
	蔬菜产量(X_3)	kg/hm ²	蔬菜产量/耕地面积	+
	瓜果产量(X_4)	kg/hm ²	瓜果产量/耕地面积	+
社会功能	人均粮食保证率(X_5)	%	粮食产量/(常住人口乘以 400 kg)	+
	农业贡献率(X_6)	%	农业产值/国内生产总值	+
	人均农业纯收入比例(X_7)	%	农村居民经营性收入/农村家庭人均总收入	+
	农业从业人数比例(X_8)	%	农业从业人数/农村从业人数	+
生态维持功能	化肥农药使用强度(X_9)	t/hm ²	(农药使用量+化肥使用量)/耕地面积	—
	农膜使用强度(X_{10})	t/hm ²	农膜使用量/耕地面积	—
	农作物种类多样性指数(X_{11})	—	Σ	+
	有效灌溉面积(X_{12})	hm ²	在一般年景下当年能够进行正常灌溉的耕地面积	+
城镇阻隔功能	到最近建制镇距离(X_{13})	m	采用 ArcGIS 软件的 Buffer 工具进行测算	+
	到最近县乡以上道路距离(X_{14})	m		+

注: X_{11} 计算依据为辛普森多样性指数。

3) 生态维持功能。主要是指耕地在维护生态平衡、调节气候以及保护生物多样性等多方面的功能。选择化肥农药使用强度、农膜使用强度、农作物种类多样性指数及有效灌溉面积 4 个指标。有效灌溉面积是生态可持续发展的基础,农作物种类的多样性在一定程度上有利于平衡生态系统,对耕地景观美学的发挥及生态系统的稳定维持具有重要意义。化肥农药的使用和农膜的大量使用会直接对土壤造成污染,对生态系统形成一定的压力,化肥农药使用强度和农膜使用强度越大,生态维持功能越弱,两者呈负相关。

4) 城镇阻隔功能。主要是指耕地对城镇无止境扩张的控制功能。选取到最近建制镇距离和到最近县乡

以上道路距离这 2 个指标来反映该功能,从城镇边界的约束和道路阻隔两个方面来研究城镇阻隔功能.到最近建制镇距离和到最近县乡以上道路距离越近,阻止城镇蔓延的效果越好,呈正相关.

2.3.1 构建评价指标的隶属度矩阵

设评价指标体系中有 m 个项目,每个项目有 n 个评价指标值,建立特征矩阵 $X=(x_{ij})_{m \times n}$, x_{ij} 为第 i 个项目的第 j 个评价指标特征值,其中 $i=1,2,\cdots,m$, $j=1,2,\cdots,n$. 设 a_{ij} 为 x_{ij} 对评价指标 j 的隶属度,则对于评价因素按照越大越优型、越小越优型两种进行分类,如下式:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

2.3.2 确定评价指标权重

1) 各个因素和理想距离比较判断,得到不同指标的权重.将特征矩阵 $X_{m \times n}$ 进行规范化,得到 $R_{m \times n} = (r_{ij})_{m \times n}$.

$$r_{ij} = \sqrt{x_{ij}^2} \quad (3)$$

其中 $i=1,2,\cdots,m$; $j=1,2,\cdots,n$.

2) 正理想方案 V^+ 和负理想方案 V^- 的计算:

$$V^+ = \max_{r_{ij}} (1 \leq j \leq n, i = 1, 2, \cdots, m) \quad (4)$$

$$V^- = \min_{r_{ij}} (1 \leq j \leq n, i = 1, 2, \cdots, m) \quad (5)$$

每个评价指标到正负理想方案的距离:

$$d_{ij}^+ = \sqrt{(d_{1j}^+)^2 + (d_{2j}^+)^2 + \cdots + (d_{mj}^+)^2} (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n) \quad (6)$$

$$d_{ij}^- = \sqrt{(d_{i1}^-)^2 + (d_{i2}^-)^2 + \cdots + (d_{in}^-)^2} (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n) \quad (7)$$

其中: $d_{ij}^+ = V_i^+ - r_{ij}$.

3) 每个指标到正理想方案的相对贴近度:

$$d_{ij} = \frac{d_{ij}^-}{d_{ij}^- + d_{ij}^+} (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n) \quad (8)$$

4) 评价指标判断矩阵 $S=(s_{ij})$, 对判断矩阵 S 正规化, 得到矩阵 $U=(u_{ij})_{m \times n}$.

$$s_{ij} = \frac{d_j}{d_i} (i, j = 1, 2, \cdots, n) \quad (9)$$

$$u_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sum_{k=1}^n s_{kj}} (i, j = 1, 2, \cdots, n) \quad (10)$$

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{k=1}^n v_k} \quad (11)$$

将 $U=(u_{ij})_{m \times n}$ 按行分别相加得到一个 $n \times 1$ 矩阵 $V=(v_1, v_2, \cdots, v_n)^T$, v_i 进行正规化, 最后得到权重向量 $\vec{w}=(w_1, w_2, \cdots, w_n)^T$.

2.3.3 建立模糊优选模型

采用多目标决策模糊优选模型来确定最优方案, 由于优劣处于参考连续的 2 个极点, $\vec{g}_i=(1.00, 1.00, \cdots, 1.00)$; $\vec{b}_i=(0.00, 0.00, \cdots, 0.00)^{[18]}$. 则项目隶属度如下:

求解相对隶属度 b_i 的最优值, 构建目标函数:

$$\min\{F(u_i)\} = u_i^2 \left(\sum_{j=1}^n w_j (1 - r_{ij})^p \right)^{2/p} + (1 - u_i)^2 \left(\sum_{j=1}^n (w_j r_{ij})^p \right)^{2/p} \quad (12)$$

式中: p 为距离参数, 本文采用欧式距离 $p=2$. 计算 $\frac{\partial F(u_i)}{\partial u}=0, i=1,2,\cdots,m$, 可解得项目隶属于最优方案的程度:

$$\vec{c_j} = \frac{1}{1 + \frac{\sum_{i=1}^m (\omega_i | r_{ij} - g_i |)}{\sum_{i=1}^m (\omega_i | r_{ij} - b_i |)}} \tag{13}$$

3 结果与分析

3.1 耕地数量分析

2009—2016 年北碚区耕地总量为下降的发展趋势. 从其变化过程看, 由 2009 年的 24 869.72 hm² 减少至 2016 年 21 420.99 hm², 减少了 3 448.73 hm², 年均减少 492.68 hm². 其中, 2011 年耕地数量减少最多, 同比减少 2.8 个百分点. 2014 年减少的最少, 同比仅减少 0.9 个百分点. 其他年份耕地数量均有不同程度的减少, 究其原因, 主要是建设用地占用. 根据各年土地利用变化情况分析报告显示, 2009—2016 年建设用地占用耕地数量共计 3 325.04 hm², 2013 年建设用地占用耕地量高达 707.08 hm², 而耕地增加主要来源于土地整理. 从各镇街耕地数量变化来看, 除东阳街道、柳荫镇、天府镇及金刀峡镇 4 个镇街面积呈波动增加的趋势, 增幅较小, 其他镇街均呈减少趋势. 其中, 复兴镇耕地面积减少最多, 从 2009 年的 2 954.09 hm² 减少至 2016 年的 1 803.22 hm²(图 2).

人均耕地面积也是反映耕地动态变化的一个重要指标, 该区的人均耕地面积变化不大, 总体上为波动下降的发展态势. 在耕地数量逐年减少的同时, 乡村人口总数呈波动下降趋势, 人均耕地面积由 2009 年的 0.043 9 hm²/人下降至 2016 年的 0.042 6 hm²/人. 2016 年人均耕地面积相当于 2009 年的 96.98%, 年均减少 0.43%.

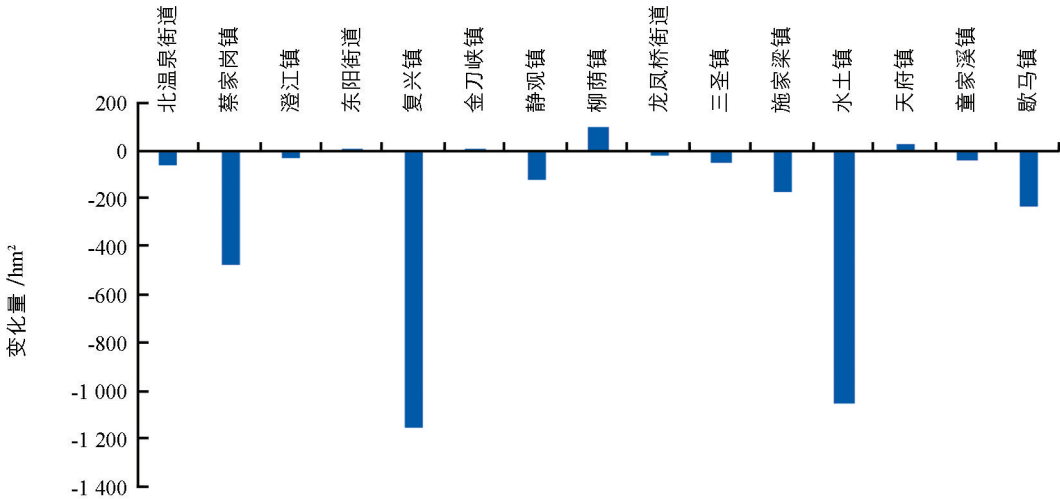


图 2 北碚区各镇街耕地数量变化图

3.2 耕地综合功能演变分析

2009—2016 年北碚区耕地综合功能总体上呈现波动下降的趋势, 由 2009 年的 0.226 3 下降至 2016 年的 0.206 8(图 3). 期间, 北碚区城镇化进程加快, 城市建设有条不紊的进行, 耕地被建设用地占用, 数量逐年减少, 加上自然灾害的发生较为频繁, 使部分耕地的质量下降. 同时, 该区大力发展产业, 引进京东方、万达广场等重点产业项目, 农业从业人员逐年减少, 粮食、油料、蔬菜产量均下降, 二三产业发展迅速, 农业产值在国民经济中的占比下降. 此外, 北碚区进行了农业结构调整, 着重发展特色效益农业和休闲农业, 使耕地数量的减少进一步加剧. 多种因素的共同作用使该区的耕地综合功能整体呈现下降趋势.

该区的综合功能较弱,虽然隶属于重庆市主城九区,但主要的经济指标达不到主城九区的平均水平,总体上该区的经济总量较小,财政实力较弱,产业结构需要进一步的优化,保障和改善民生状况压力较大,耕地综合功能还有待完善与提升.

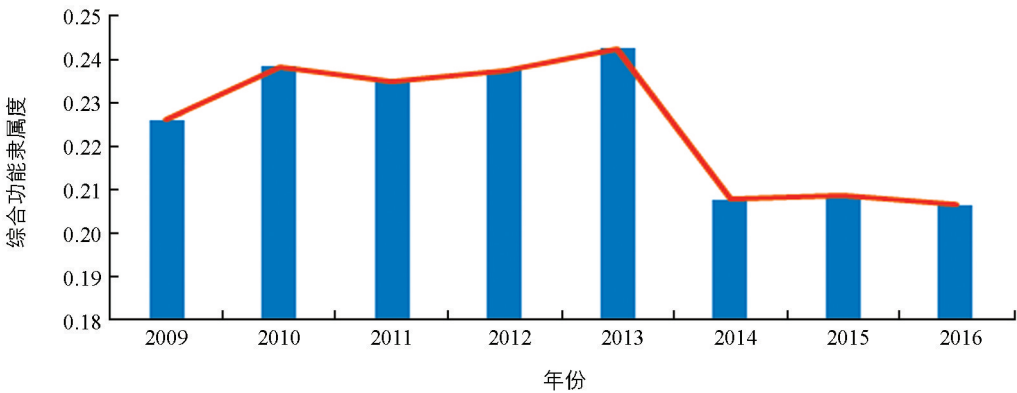


图 3 北碚区耕地综合功能隶属度变化趋势图

3.3 耕地各功能演变分析

探究耕地多功能时空演变的特征,对制定差异化的耕地持续利用管理政策,促进耕地多功能协同发展,提高耕地多功能保护效率具有重要意义. 计算得出北碚区 2009—2016 年耕地多功能隶属度(图 4),立足北碚区的实际情况,对其进行研究分析.

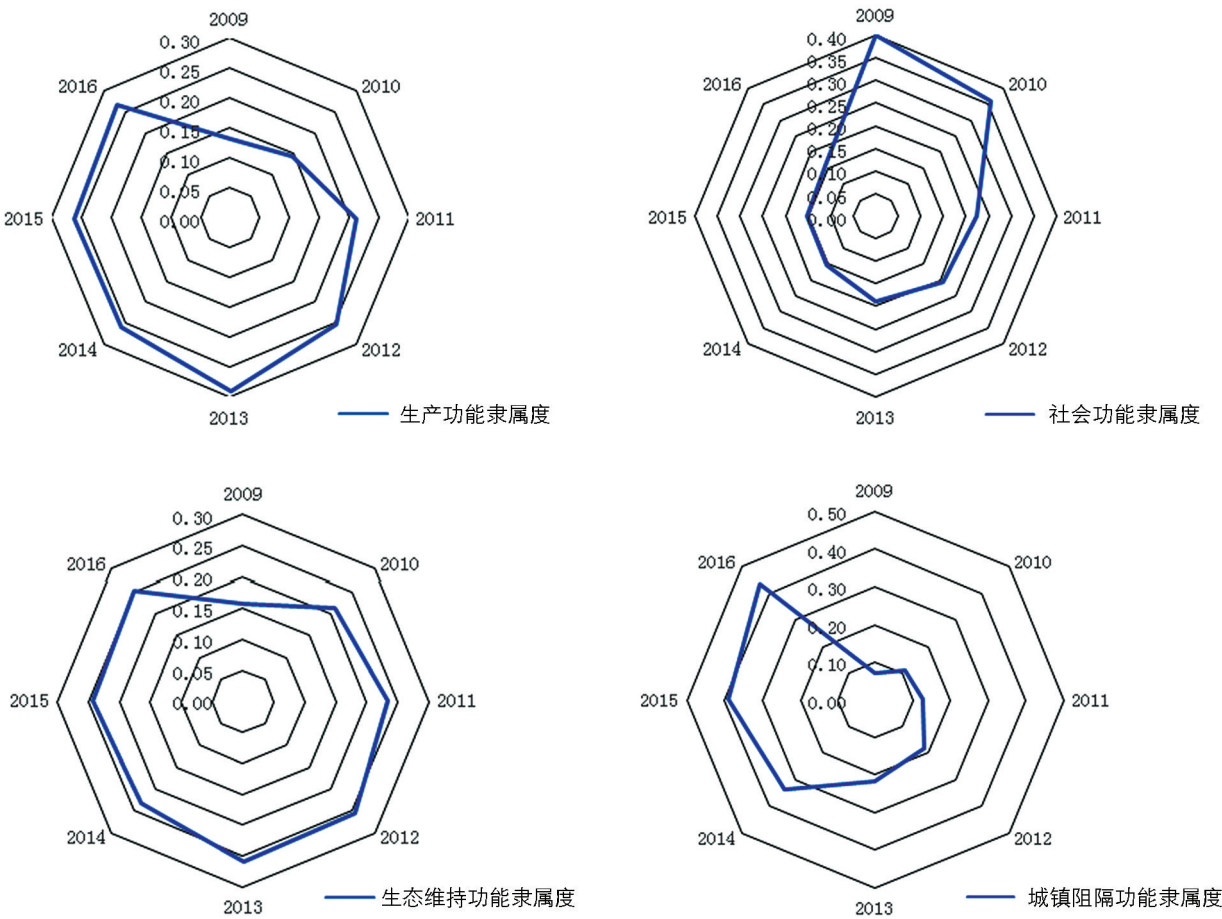


图 4 北碚区耕地各功能隶属度变化图

3.3.1 生产功能

北碚区生产功能呈现上升—下降—上升趋势. 2009—2013 年生产功能的提高得益于粮食、蔬果等每公

顷产量的上升,2013 年,该区的花木、蔬果、休闲观光等特色效益农业产值比重高达 73%。同时,“十二五”期间,北碚区土地整治项目的开展以及农业综合项目的实施,使耕地数量变化不大并且耕地质量有了进一步的提升。2013—2014 年耕地生产功能减弱,在一定程度上是由于粮食、蔬果、油料等作物产量的急剧下降,同时,产业发展和转型升级,使得农业在国民经济中的地位下降,耕地的投入和产出水平较低。2014—2016 年耕地的生产功能有了一定回升。目前,全区蔬菜种植面积达 $6\,800\text{ hm}^2$,林果种植面积 $2\,840\text{ hm}^2$,花木种植面积近 $4\,333.33\text{ hm}^2$,生态鱼养殖面积 260 hm^2 。产业的持续发展和城市建设步伐的加快,耕地数量由 2009 年的 $24\,869.72\text{ hm}^2$ 下降至 2016 年的 $21\,420.99\text{ hm}^2$,但随着“三农”工作稳步推进,北碚区严守耕地保护红线,同时该区的农业生产由传统方式向现代方式进行转变,提高了耕地的利用强度,也在一定程度上促进了农业的发展,对耕地生产功能的发挥起到了积极作用。

3.3.2 社会功能

社会功能主要体现在经济保障和就业保障两个方面。北碚区社会功能变化呈现下降的趋势。究其原因,一方面,农业机械化水平的提高及现代科学技术的使用,在自给率不断提高的同时耕地的就业保障功能减弱,农业从业人员数量逐年减少,2016 年比 2009 年下降了 36.84%,并且该区以基础设施建设为重点,努力提升城市功能,随着城镇化快速发展,城市的就业机会逐渐增多,加上工资待遇的提高,越来越多的农民愿意进城工作,导致耕地撂荒,耕地的就业保障功能持续减弱。另一方面,二三产业的发展,农业贡献率逐年下降,2016 年比 2009 年下降了 21.56%,除此之外,人均粮食保证率下降,从 2009 年的 34.95% 下降至 2016 年的 17.17%,人口增加速度远远大于粮食增产率,同时该区进行了农业结构调整,由传统农业向休闲观光、创意农业、乡村旅游等新型业态拓展延伸,进一步使得耕地粮食保障功能减弱。总的来说,在推进一二三产业融合发展,加快城市建设的进程中,耕地的社会功能被削弱。

3.3.3 生态维持功能

耕地生态维持功能在 2009—2016 年呈现一个先上升后下降再上升的“N”型趋势,2009—2013 年生态维持功能隶属度由 0.154 1 上升至 0.248 1。在这 4 年,农业产业结构进一步优化,控制农药化肥使用量,2013 年,农业良种覆盖率达到 97.5%,农产品优质率、商品率分别达到 70% 和 69.4%。而 2013—2014 年,生态维持功能有所下降,主要是因为耕地有效灌溉面积的减少及农药农膜使用率提高,导致耕地质量下降,加重水土流失。2014—2016 年是一个缓和和上升的阶段,在此期间北碚区坚持质量兴农、绿色兴农,深化农业供给侧结构性改革,促进农业提质增效。农药化肥的使用量虽然有所增加,但是由于农业基础设施的建设,对耕地生态维持功能起到了积极作用,北碚区作为主城重要生态屏障,坚持绿色发展,并开展国土绿化行动,按照“产出高效、产品安全、资源节约、环境友好”的现代农业要求,转变发展理念,倡导发展生态农业、休闲观光农业,增强了耕地的生态维持功能。

3.3.4 城镇阻隔功能

耕地城镇阻隔功能在研究期间逐年增强。该区依据西部大开发、“两江新区”的建设等,建设规模适度扩大,也不可避免地占用部分耕地。再加上蔡家组团城市开发步伐的加快,水土组团开发建设的全面提速,“四大组团”的重点建设,耕地数量越来越少。城市的发展难免会以牺牲耕地为代价,经过多年的开发利用,耕地资源越发紧张,沿道路及城镇边界分布的数量增加,存在着进一步被占用的危险,但是也具有一定的边界限制作用。最近几年,北碚区聚焦产业发展,加快城市建设,调整和转型升级产业结构,大力发展经济。因此,更应该注重发挥耕地的边界控制作用,防止城市的发展进一步占用优质耕地。城镇化的发展使耕地的城镇阻隔功能日益增强。

4 结 论

1) 在新时期背景下,耕地的内涵不断丰富,从基本的生产功能逐渐衍生到社会功能、生态维持功能及城镇阻隔功能等集为一体的复合功能。耕地保护是粮食安全的重要保障,也是促进经济可持续发展的有力措施。在现代社会经济发展的多样化、个性化等要求的前提下,耕地的内涵和功能还需要不断延伸

以适应发展的需要。合理利用耕地才能满足人们对耕地功能不同层次的需求。北碚区具有得天独厚的生态优势,成为经济发展的主战场后,生态环境的保护也是不能忽视的。该区以打造山清水秀美丽北碚为目标,统筹生产、生活、生态“三生空间”。应该充分利用土地整治、基本农田建设等平台,充分发挥耕地多功能的作用。

2) 北碚区耕地多功能时空演变特征差异明显,生产功能、生态维持功能、社会功能及城镇阻隔功能都有不同程度的变化。生产功能和生态维持功能都呈现先上升后下降再上升的“N”型趋势,生产功能呈现缓和下降趋势,而城镇阻隔功能则逐年增强。

3) 北碚区耕地综合功能呈现波动下降趋势,并且整体上偏弱。耕地发展对该区未来可持续发展具有重要影响,地方政府需切实提高耕地保护力,禁止开发优质耕地资源,严格落实“占优补优,占水田补水田”制度,逐步提高耕地综合功能。此外,实行以经济激励为核心的耕地保护制度更有利于将耕地保护工作落到实处。最后,农民是耕地保护的直接参与者和重要执行者,需保障好农民在耕地保护中的主体地位,持续提高农民保护耕地的热情。

参考文献:

- [1] 张 新,李启权,王昌全,等.成都市耕地资源及耕地压力时空变化特征分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(9):37-45.
- [2] 刘卫东.耕地多功能保护问题研究[J].国土资源科技管理,2008,25(1):1-5.
- [3] 李 斐,申丽娟,王 三,等.土地规划中建设用地变化对耕地保护的潜在影响——以重庆市北碚区为例[J].西南大学学报(自然科学版),2017,39(9):159-166.
- [4] 严金明,夏方舟,马 梅.中国土地整治转型发展战略导向研究[J].中国土地科学,2016,30(2):3-10.
- [5] CALLO-CONCHA D, DENICH M. A Participatory Framework to Assess Multifunctional Land-use Systems with Multicriteria and Multivariate Analyses: A Case Study on Agrobiodiversity of Agroforestry Systems in Tomé Açú, Brazil [J]. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 2014, 1(1): 40-50.
- [6] 房艳刚,刘继生.基于多功能理论的中国乡村发展多元化探讨——超越“现代化”发展范式[J].地理学报,2015,70(2):257-270.
- [7] 彭 建,吕慧玲,刘焱序,等.国内外多功能景观研究进展与展望[J].地球科学进展,2015,30(4):465-476.
- [8] 汤 茜,丁圣彦.多功能景观研究进展[J].生态学报,2014,34(12):3151-3157.
- [9] GÓMEZ SAL A, GONZÁLEZ GARCÍA A. A Comprehensive Assessment of Multifunctional Agricultural Land-use Systems in Spain Using a Multi-dimensional Evaluative Model [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2007, 120(1): 82-91.
- [10] WIGGERING H, DALCHOW C, GLEMNITZ M, et al. Indicators for Multifunctional Land use-Linking Socio-economic Requirements with Landscape Potentials [J]. *Ecological Indicators*, 2006, 6(1): 238-249.
- [11] COSTANZA R, ARGE R, GROOT R D, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital [J]. *Nature*, 1997, 387(15): 253-260.
- [12] BANZHAF H S. Economics at the Fringe: Non-Market Valuation Studies and their Role in Land Use Plans in the United States [J]. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91(3): 592-602.
- [13] 陈星宇,王 枫,李 灿.珠三角地区耕地多功能空间差异与影响因素分析[J].地域研究与开发,2017,36(1):130-136.
- [14] 姜广辉,张凤荣,孔祥斌,等.耕地多功能的层次性及其多功能保护[J].中国土地科学,2011,25(8):42-47.
- [15] 宋小青,欧阳竹.耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示[J].地理科学进展,2012,31(7):859-868.
- [16] 韩宇平,阮本清,解建仓.多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J].资源科学,2003,25(4):37-42.
- [17] 许开立,陈宝智,陈 全,等.基于模糊熵的多目标模糊优选模型及其应用[J].煤炭学报,2000,25(4):397-400.
- [18] 王宏伟,朱德威.城市主导产业选择的模糊优选模型方法[J].经济地理,1994,14(3):15-19.
- [19] 崔振才,田文苓,郭林华.水资源可持续利用的模糊优选模型[J].中国人口·资源与环境,2000(S1):98-100.
- [20] 陈守煜,赵瑛琪.模糊优选理论与模型[J].模糊系统与数学,1990,4(2):87-91.

- [21] 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.
- [22] 杨志辉, 陈铁牛, 刘龙章. 基于改进层次分析法的模糊优选模型 [J]. 数学的实践与认识, 2010, 40(10): 25-31.
- [23] 王 成, 彭 清, 唐 宁, 等. 2005—2015 年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究——以重庆市沙坪坝区为例 [J]. 地理科学, 2018, 38(4): 590-599.
- [24] 彭 建, 刘志聪, 刘焱序, 等. 京津冀地区县域耕地景观多功能性评价 [J]. 生态学报, 2016, 36(8): 2274-2285.
- [25] 边振兴, 康 萌, 刘琳琳, 等. 沈阳城市边缘区农地多功能分析 [J]. 土壤通报, 2015, 46(3): 533-538.
- [26] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 1949 年以来中国耕地功能变化 [J]. 地理学报, 2014, 69(4): 435-447.
- [27] 施园园, 赵华甫, 郑文聚, 等. 北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释 [J]. 资源科学, 2015, 37(2): 247-257.
- [28] 覃事娅, 郭羽萱, 唐常春. 长沙市耕地多功能评价及空间差异分析 [J]. 测绘科学, 2018, 43(11): 50-56.
- [29] 范业婷, 金晓斌, 项晓敏, 等. 苏南地区耕地多功能评价与空间特征分析 [J]. 资源科学, 2018, 40(5): 980-992.
- [30] 杨 雪, 谈明洪. 北京市耕地功能空间差异及其演变 [J]. 地理研究, 2014, 33(6): 1106-1118.

Spatio-Temporal Evolution of Cultivated Land Multi-function Based on a Fuzzy Optimization Model in Beibei District, Chongqing

HE Qing-ze, XIE De-ti, WANG San, CHEN Lin

School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Based on the multi-function theory of cultivated land, a multi-function evaluation index system of cultivated land was established. The change of cultivated land function in Beibei District of Chongqing Municipality from 2009 to 2016 is studied by using the fuzzy optimization model of the improved hierarchical method. The results show that in the background of the new era, the connotation of cultivated land is constantly extended and, gradually, social function, ecological maintenance function and the function of urban barrier are derived from the basic production function to form an integration of a variety of functions. The space-time evolution characteristics of farmland multi-function differ obviously in Beibei, the production function, the ecological maintenance function, social function and function of urban barrier have a different degree of change. Production function and ecological maintenance function present an N-shaped trend. The change of social function shows a trend of moderate decline, while the function of urban barrier is increasing year by year. In general, the comprehensive function of cultivated land in this area is fairly weak, which can be developed according to the local conditions.

Key words: cultivated land multi-function; spatio-temporal evolution; Fuzzy Optimization Model; Beibei District of Chongqing Municipality