基于全排列多边形图示法的湖南省耕地多功能强度与协调度研究

曾福生，胡玄超

（湖南农业大学 经济学院，湖南 长沙 410128）

摘　要：[目的] 探究湖南省耕地多功能综合强度与协调度，为该省提高耕地多功能管理水平提供科学参考。[方法] 采用全排列多边形图示法和系统聚类方法对 2018 年湖南省各县（区）的耕地多功能强度和协调度进行测算。[结果] ①湖南省各县（区）耕地多功能综合强度由湘西北部向湘中部、湘东南部弱化，多功能协调度由湘西部到湘中部再到湘东部先增强后减弱。②基于各单元单项功能强度，湖南省各县（区）耕地多功能呈现出 5 类发展模式：多功能弱协调模式、多功能协调模式、多功能强协调模式、生态优先型发展模式、社会主导型发展模式。空间上呈现出从湘西至湘中、湘东部地区，耕地多功能发展模式由生态优先型发展模式向多功能弱协调、多功能协调转换，最终又转变为耕地多功能弱协调发展模式。[结论] 研究结果与湖南省实施的“一圈一区两带”农业战略格局相符，能够比较客观地反映湖南省耕地多功能的空间状况。

关键词：耕地多功能；强度与协调度；生态恢复功能；全排列多边形图示法；湖南省

文献标识码：B　　**文章编号**：1000-288X(2021)04-0166-08　　**中图分类号**：F301.21

文献参数：曾福生，胡玄超.基于全排列多边形图示法的湖南省耕地多功能强度与协调度研究[J].水土保持通报，2021，41(4)：166-173. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.20210603.001；Zeng Fusheng，Hu Xuanchao. Multi-functional intensity and coordination degree of cultivated land in Hu'nan Province based on method of entire array polygon diagram [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2021，41(4)：166-173.

Multi-functional Intensity and Coordination Degree of Cultivated Land in Hu'nan Province Based on Method of Entire Array Polygon Diagram

Zeng Fusheng，Hu Xuanchao

（*Economic College*，*Hunan Agricultural University*，*Changsha*，*Hu'nan* 410128，*China*）

Abstract：[Objective] The multi-functional intensity and coordination of cultivated land in Hu'nan Province were analyzed to provide a reference for improving the multi-functional management level of cultivated land. [Methods] The multi-functional intensity and coordination of cultivated land in each county of Hu'nan Province in 2018 were calculated by using the entire-array-polygon diagram method and the systematic clustering method. [Results] ① The multi-functional comprehensive intensity of cultivated land in each county of Hu'nan Province weakened from the northwest to the central，and to the southeast areas，while the multi-functional coordination increased first，and then weakened from the west to the centre，and to the east of Hu'nan Province. ② Based on the individual functional intensity of each unit，the multi-functional development mode of cultivated land in each county of Hu'nan Province showed five types of development mode：multi-functional weak coordination mode，multi-function coordination mode，multi-functional strong coordination mode，ecological priority development mode，and social-led development mode. Spatially，from the west to the central and east areas of Hu'nan Province，cultivated land multi-functional development model changed from

收稿日期：2021-02-05　　**修回日期**：2021-05-08

资助项目：湖南省社科基金重大项目“日韩台农业现代化与湖南之比较研究”(19ZWA03)

第一作者：曾福生(1964—)，男(汉族)，湖南省祁阳市人，教授，博士生导师，主要从事农业经济理论与政策方面的研究。Email：zefusheng@163.com。

通讯作者：胡玄超(1993—)，男(汉族)，河南省正阳县人，硕士研究生，研究方向为农业经济理论与政策。Email：ivory.hu@foxmail.com。

ecological priority development model to multi-functional weak coordination, multi-functional coordination transformation, and finally into cultivated land multi-functional weak coordinated development mode. [Conclusion] The results of the study are in line with the agricultural strategic pattern of "one circle, one district, two zones" implemented in Hu'nan Province, and can reflect the multi-functional spatial condition of cultivated land in Hu'nan Province objectively.

Keywords: cultivated land multi-function; entire-array-polygon diagram method; intensity and coordination; ecological restoration function; Hu'nan Province

耕地作为一种优质的土地资源,同时具备自然属性和社会经济属性。耕地由自然演化而来,其多功能性是客观存在的,而人类对耕地加以投入,又使其多功能性得以实现。耕地多功能是指耕地在为人类提供粮食、蔬菜等实物产品之外,还能提供包括调节气候、大气组分等的生态功能,提供耕作景观的景观文化功能[1]。近年,中国实现了经济高速发展,城市快速扩张,但耕地资源流失、质量下降、耕地生态破坏也随之而来。虽然中国采取了严格的耕地保护举措[2],但由于目前人们对耕地多功能性的认识不够全面,尤其对耕地的生态功能认识不够充分,对耕地的保护仍然没有取得预期的效果。面临耕地资源的日益稀缺,如何有效发挥耕地资源的多功能性提升耕地的有效利用,对耕地保护以及农业空间管控具有重大意义。

20 世纪 80 年代"农业多功能"的概念首次被提出,学者们普遍关注农产品贸易市场、农业多功能指标体系的构建以及农业多功能对农业政策的影响等研究[3-5],而后耕地多功能得到学者们的普遍关注。国外学者重点关注耕地多功能的理论分析、指标体系构建等[6-7]。国内学者重点研究耕地多功能的内涵及耕地保护[8]、多功能的分类及指标体的系构建[9-10]、耕地多功能时空演变及其驱动力[11]、多功能权衡与协同分析等[12-13]。从研究尺度上来看,有国家级、省级、市级、县级等。从研究方法上来看,有加权求和法、相关性分析、灰色模糊评价模型、熵权法、投影寻踪模型等,如陈星宇等[14]运用加权求和的方法对珠江三角洲地区耕地各项功能进行评价并探究了耕地多功能的影响因素。施圆圆等[15]采用空间相关性的方法对北京市各区县的耕地多功能进行评价,得出北京市各区耕地多功能与经济发展水平存在较强空间关联性的论断,并以此探究耕地多功能与经济发展的协调发展模式。张一达等[16]引入多因素综合评价的方法对北京市 2005—2016 年的耕地多功能进行测算,并探究了各功能的权衡与协同关系及北京市耕地利用的转型变化。张立国等[17]引入基尼系数分解法探究了湖北省耕地多功能的空间变化并采用系统聚类的方法进行多功能分区。董鹏宇等[11]采用偏相关性分析与冷热点分析的方法认为青浦区耕地各多功能存在显著的权衡与协调关系。范业婷等[18]采用模糊优化模型认为苏南地区耕地多功能存在显著的空间差异,并以此探究了各功能主导模式。但当前研究也存在不足,目前对加权求和法、灰色模糊评价模型等需要确定权重,易受主观因素的影响;对耕地多功能综合强度的定量分析往往不能如实地反映各单项功能的内部差异。因此,本文通过相关文献的研究构建湖南省耕地多功能评价指标体系,采用全排列多边形图示法来测算湖南省耕地各功能的强度,该模型不需要指标权重,可以有效克服因确定权重而带来的主观因素影响的缺陷。用多边形面积与形状景观指数表征耕地多功能综合强度及协调度,结合各单项功能强度实现对湖南省各县耕地多功能的探究。

1　研究区域及数据来源

1.1　研究区概况

湖南省总面积 2.12×10^5 km^2,是中国粮食主产区之一,水稻产量全国第一,至 2019 年,耕地面积 4.16×10^5 hm^2,占全国耕地的 3.08%,人均耕地 0.06 hm^2,低于全国平均水平,该省地貌以山地丘陵为主,山地超过 50%,主要分布在湘西部、南部地区,地势西高东低。由于省内东西南三面环山,耕地主要集中分布在北部平原地区,洞庭湖坐落于湖南省北部,该地区具有良好的水肥条件以及较为平坦的地势,湘北平原是全省的主要产粮区。作为重要的农业大省,湖南省农副产品、油料、烤烟、苎麻、生猪等产量全国排列靠前,其中水稻产量屡次位居全国之首。自"中部崛起"发展战略的实施以及长株潭城市群获批为"两型"试验区以来,湖南省社会经济发展迅速。2007—2019 年,GDP 年均增长 11.15%,三类产业结构从 10.06∶48.01∶41.39 调整为 9.19∶37.59∶53.22;2019 年城镇化率 56.02%。

1.2　数据来源

本研究所用数据涉及到湖南省各县(区)人口、农村劳动力就业、城乡经济发展以及农业生产要素投入等数据,所需数据均来源于《湖南统计年鉴》《湖南农

村统计年鉴》。因部分县(区)耕地面积较小,以及受数据获取难度的影响,最终确定湖南省包括长沙县、宁乡县、浏阳市在内的 102 个县(区、市)为本次耕地多功能评价单元。

2 研究方法

2.1 耕地多功能评价指标体系

参考已有学者对耕地多功能的研究[12,19-22],结合湖南省自然经济条件,依据科学性、综合性、代表性等原则以及中国城乡二元化土地制度背景,基于孔祥斌等提出的"要素—过程—功能"框架[23],构建湖南省耕地多功能评价指标体系(表 1)。耕地的物质产出功能属于生产性功能,同时也是耕地的基本功能,反映了耕地的生产能力,采用单位面积耕地的农业产值来表示,其值越大耕地的物质产出功能越强。

劳动力承载功能、社会安定维护功能、家庭经济贡献功能、国民经济贡献功能表征的是耕地的社会经济功能,同时也是由基本功能演化出的衍生功能,劳动力承载功能表示耕地能够容纳农村劳动力,从而持续为农民提生计所需的能力,采用农业从业人员数占农村劳动力的比重表示,其值越大,耕地的劳动力承载功能越强;社会安定维护功能表示耕地在为农户提供经济收入的同时能够减少城乡收入差距,缓解社会矛盾的能力,采用农村、城镇人均可支配收入之比来表示,其值越大耕地的社会安定维护功能越强;家庭经济贡献功能表示通过农业生产耕地能够为农村家庭带来经济收入的强弱,采用农民人均农业增加值与农民人均纯收入的比值来表示,其值越大耕地的家庭经济贡献功能越强;国民经济贡献功能指的是耕地能够促进国民经济增长的能力,采用农业生产总值占地区生产总值的比重表示,其值越大耕地的国民经济贡献功能越强。生态恢复功能表征耕地能够维持农田生态系统恢复和保持生态平衡的能力,有研究表明北京市耕地农药化肥的施用量远超发达国家安全使用标准[24],因此采用单位面积耕地化肥、农药、农膜等生物化学品的施用量测算耕地的生态恢复功能,农业生化物品施用量越高,土壤收到的污染越严重,耕地的生态恢复功能越弱。

表 1 耕地多功能评价指标体系

耕地功能	定 义	计算方法
物质产出功能(F_1)	经过各要素的投入,耕地能够实现的农业产出	单位面积耕地农业产值
劳动力承载功能(F_2)	耕地能够容纳农业劳动力,为农民提供生计的能力	农业从业人数占农村劳动力的比重
社会安定维功能(F_3)	耕地为农户带来经济收益并因此减小城乡收入差距,从而缓解社会矛盾的能力	乡、城人均可支配收入之比
家庭经济贡献功能(F_4)	通过农业生产、耕地能够为农户家庭带来的经济效益	农民人均农业增加值占人均纯收入的比重
国民经济贡献功能(F_5)	耕地促进国民经济增长的能力	农业总产值占地区生产总值的比重
生态恢复功能(F_6)	耕地在提供粮食生产时能够抵御生物化学品污染,维持生态平衡的能力	单位面积耕地化肥、农药、农膜施用量

2.2 全排列多边形图示法

全排列多边形图示法是一种多指标的综合评价方法,多用于土地集约利用、生态城市评价、绿地生态服务能效、节能减排绩效、可持续发展等评价。该法定义为,以 n 个标准化后的指标的上限值为半径构造一个中心正 n 边形,各指标值依次连线构成不规则的中心 n 边形,其顶点为 n 个指标值首尾相连的全排列[25-27]。

指标值的标准化采用以下标准化函数进行,

$$G(x)=\frac{a(x+b)}{x+c} \quad (a\neq 0, x\geqslant 0) \tag{1}$$

$G(x)$满足:

$$G(L)=-1,\quad G(T)=0,\quad G(U)=1$$

式中:L,U,T 分别为指标 x 的下限值、上限值、临界值。

根据上述条件可得:

$$F(x)=\frac{(U-L)(x-T)}{(U+L-2T)x+UT+LT-2UL} \quad (x\in[L,U]) \tag{2}$$

通过公式(2)可将位于区间[L,U]的指标映射到[-1,1],对于第 i 个指标,其标准化公式为:

$$f_i=\frac{(U_i-L_i)(x_i-T_i)}{(U_i+L_i-2T_i)x+U_iT_i+L_iT_i-2U_iL_i} \tag{3}$$

由公式(3)可得单项功能值计算公式:

$$F_i=(f_i+1)/2 \tag{4}$$

最终各项功能值位于区间[0,1],借鉴相关学者研究[9,21,28],采用等间隔法对耕地各功能进行分级评价,功能值位于[0,0.33],(0.33,0.66],(0.66,1]分别为低度持续等级、中度持续等级、高度持续等级。

2.3 耕地多功能综合强度及协调度测算

采用多边形的面积 S 表示耕地多功能的综合强度,S 越大,其多功能综合强度越强。当所有指标均

达到最大值时,综合强度达到理论的最大值:$S=n\cdot\sin(360°/n)/2$。计算公式为:

$$S=\frac{1}{2}\sin\left(\frac{360°}{n}\right)\left[\sum_{i=1}^{n-1}(F_i\times F_{i+1})+F_1\times F_n\right] \quad (5)$$

采用多边形景观形状指数 L 表示各功能间的协调程度,即由区域 n 个指标构成的全排列多边形与相同面积的正 n 边形的偏离程度。L 越大,区域耕地各功能强度差异越大,功能趋于单一化,耕地多功能协调度越强;反之 L 越小,区域耕地各功能强度差异越不明显,各功能趋于多元化,耕地多功能协调度越弱。当所有功能值相同时,L 达到理论最小值 1,因此 $L\geqslant 1$。计算公式为:

$$L=\frac{\sum_{i=1}^{n-1}\sqrt{F_i^2\times F_{i+1}^2-2F_1\times F_n\times\cos(360°/n)}+\sqrt{F_1^2+F_n^2-2F_1\times F_n\times\cos(360°/n)}}{2n\sqrt{\dfrac{S\times[1-\cos(360°/n)]}{n\times\sin(360°/n)}}} \quad (6)$$

2.4　耕地多功能的发展模式聚类

根据各县(区)6 大单项功能强度以及多功能综合强度,采用系统聚类的方法,结合湖南省自然、社会、经济条件对 102 个县(区)进行聚类,得出耕地多功能发展模式。

3　结果与分析

3.1　研究区耕地各项功能空间差异分析

3.1.1　*物质产出功能*　从图 1 可以看出,位于湘中湘北的长沙县、浏阳市、南县、资阳区等 10 个县(区)耕地的物质产出功能较高,是高度持续等级地区。湘中、湘北地处长江中下游,地势较平坦、土地肥沃、灌溉设施齐全,易于耕作,农业生产条件良好,耕地的物质产出功能表现出较高的持续性;湘南的道县、北湖区自然条件优越,物质产出功能也表现出高度持续性。物质产出功能较低的县(区)大部分位于湘西部地区,湘西部地处云贵高原与鄂西山地结合部属山地地形,受地形影响,该地区多为坡耕地,分布较分散,生产力较低;另外一部分分布在湘南部地区。湘中部、湘北部多数县(区)物质产出功能表现为中度持续状态,这些地区虽然具有较为优厚的耕地资源,但相比于湘东部地区而言,较为远离长株潭都市区,农业市场活跃度较差,因而物质产出功能不如湘东部地区。

3.1.2　*劳动力承载功能*　位于湘西的慈利县、永顺县、辰溪县等 12 个县(区)的耕地劳动力承载功能较高,是高度持续等级地区。该地区人口密度小,相对而言农村劳动力中从事农业的劳动力人口较多,受地形以及区位的影响,湘西部地区都市产业相对不发达,非农就业机会较少,因此这些地区耕地的劳动力承载功能较高。湘东部、湘南部地区耕地劳动力承载功能较低,是低度持续等级地区。这些地区是湖南省的都市聚集区,益阳市周边、长株潭城市群着重城市发展,就业岗位较多,吸引着周围农村劳动力进城务工,该地区农村劳动力中从事农业生产的人口占比较小,因此耕地的劳动力承载功能相对较低。湘南部的永州、郴州市由于山地较多,耕地相对较少,这些地方距离城市区较近,非农就业劳动人口占比相对较小,耕地的劳动力承载功能也表现出相对较低的状态。湘中部、湘西北部地区的劳动力承载功能表现为中度持续地区,一方面该区域相比湘东部地区距离都市区较远,能为农村劳动力提供非农就业的机会仅次于湘东部地区,另一方面这些县(区)地势平坦,人均耕地多,水肥条件好,易于耕作,农村劳动力中有相当一部分比从事农业生产,因此湘中部、湘西北部地区的劳动力承载功能弱于湘西部地区且强于湘东部地区。

3.1.3　*社会安定维护功能*　位于湘东部的宁乡县、浏阳市等 20 个县是社会安定维护功能高度持续地区。湘东部处于湖南省的都市集群区,农产品市场较为活跃,此外该区域地理条件优越,地形较平缓,易于耕作,且具有较好的市场环境,农户的农业收入较高,社会安定维护功能持续性较强。而社会安定维护功能较低的地区大多位于湘西部地区,湘西部位于云贵高原与鄂西山地结合处,地势起伏较大,受地形影响单块耕地面积小且分布较分散,且这些地区距离都市区较远,农产品交易市场不活跃,因而该地区社会安定维护功能较低。湘中部地区社会安定维护功能普遍处于中度持续状态,这些地区虽然粮食产量在全省排名靠前,但该地区农村人口也较多,导致农村人均可支配收入水平一般,进而耕地的社会安定维护功能强度处于中间层次。

3.1.4　*家庭经济贡献功能*　位于湘西部地区以及湘北的吉首市、古丈县、石门县、南县等 12 个县(区)的家庭经济贡献功能较高,是高度持续地区。湘西部地区相对远离长株潭等都市聚集区,农村劳动力非农活动较少,因此农业收入是该地区农户收入的主要来源,耕地的家庭经济贡献功能具有较高持续性。位于洞庭湖周边的湖南省粮食主产区,随着农业生产现代化的推进,农户的收入有所增加,伴随着现代农业机械技术的推广投入,更多的农村劳动力从农业生产中解脱出来从事非农活动,农户非农业收入有所增加,

因此这些地区耕地家庭经济贡献功能处于中度持续等级。而区位条件较好的长株潭地区由于农业劳动力有更多的机会从事非农活动,农业收入占总收入的比重较小,为家庭经济贡献低度持续地区。

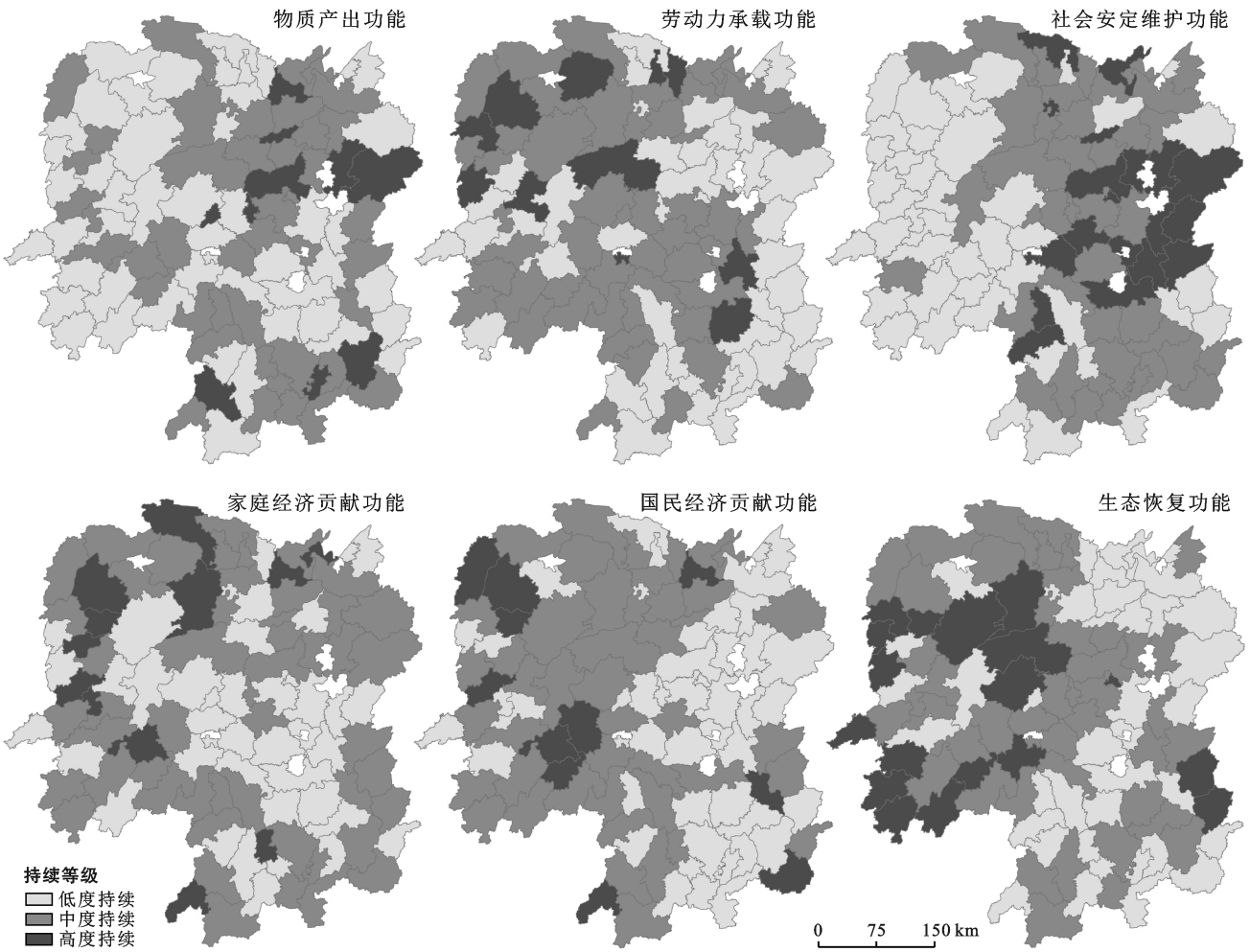


图 1 研究区耕地各项功能分布

3.1.5 国民经济贡献功能 位于湘西部地区的龙山县、永顺县以及湘南、湘西南部的个别县等多个县(区)的耕地国民经济贡功能较高,是高度持续等级地区。这些县(区)的地区生产总值相较于其他地区较低,湖南省是全国的粮食主产区,省内各个县(区)的农业地区生产总值都较高,因此该地区农业产值占比较大,国民经济贡献功能强度较高。位于洞庭湖周边的粮食主产区以及湘中部地区虽然农业生产总值在全省排名靠前,但这些地区地理条件相对较好,非农产业发展较丰富,地区生产总值也相对较高,因此该区域的国民经济贡献功能处于中度持续等级。湘东部地区各县(区)的国民经济贡献功能普遍较低,是低度持续等级地区,这些区域由于靠近省会都市区,地区生产总值较高,在全省各县农业生产总值都较高的情况下,湘东部地区农业生产总值占比较低,因此国民经济贡献功能强度较低。

3.1.6 生态恢复功能 位于湘西湘中部地区的古丈县、花垣县等 18 个县的生态恢复功能较高,是高度持续地区;生态恢复功能中度持续的区域分布于湘中南部以及湘西北部,而生态恢复功能较低的区域分布在湘东北部、湘南部的都市区周围。从种植结构上来看,靠近湘东部都市区的县(区)受城市消费需求的影响,多种植经济收益高的瓜果蔬菜等经济作物,耕地复种指数高,相对而言这些地区耕地的化肥农药使用量较大,耕地的生态恢复功能较弱;湘中部地区有较好的农业基础,土壤肥沃,灌溉保证率较高,具有优越的农业生产条件,良好的水肥条件使得湘中部地区耕地的农药、化肥施用强度较低,耕地的生态恢复功能较强;湘中南部以及湘西北部地区农药、化肥、农膜使用强度处于中间层次,耕地的生态恢复功能为中度持续等级。

3.2 湖南省各县(区)耕地多功能评价

3.2.1 耕地多功能综合强度呈现由湘西北部向湘中部、湘东南部弱化的趋势 图 2 显示了湖南省 2018 年耕地多功能综合强度空间变化。由图 2 可以看出,

湘中部、湘西北部地区综合强度较高,而湘东南部地区耕地多功能综合强度较低。整体上来看,湖南省耕地多功能综合强度存在由湘西北部向湘中部、湘东南部弱化的趋势。从湖南省的发展定位上来看,湘东部地区是全省的都市聚集区,长株潭城市群等着重发展城市经济,湘东南部地区受城市辐射影响,农村居民进城从事非农业活动的机会较多,耕地的劳动力承载、家庭经济贡献等社会性功能以及生态恢复功能普遍较低,因此这些地区耕地的综合强度较弱;湘西北部距离湘东都市区较远,耕地的社会性功能较强,另一方面,湘西北部背靠洞庭湖农业主产区,耕地的物质产出功能较强,因此这些地区耕地多功能中强度较强;湘中部地区耕地各单项功能强度处于中间层次,多功能综合强度介于湘西北部与湘东南部之间。

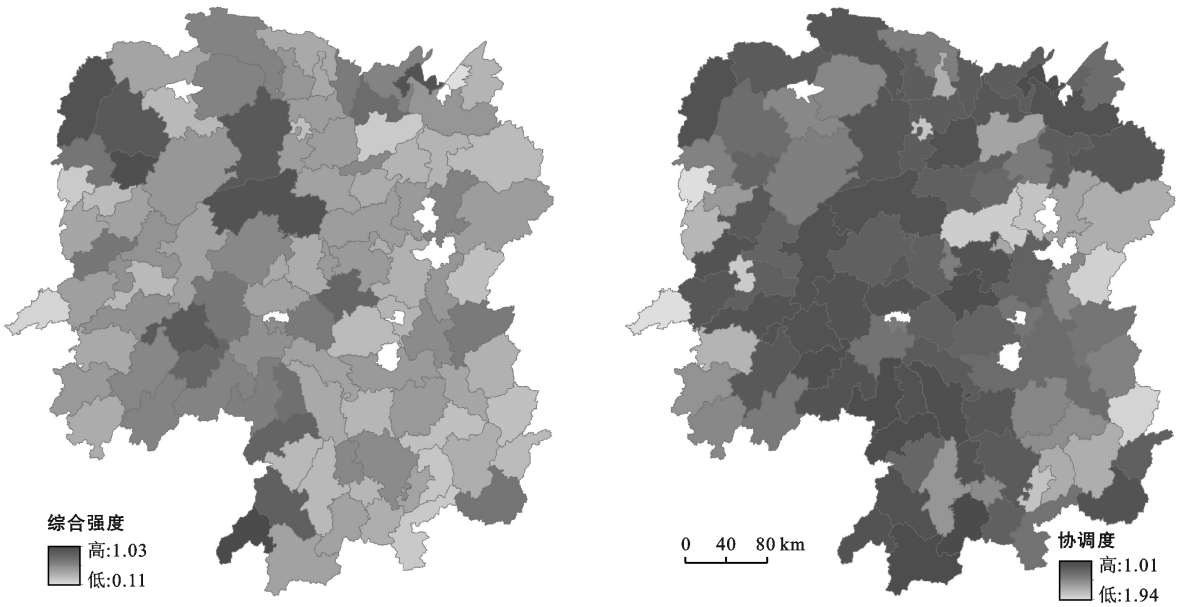


图 2　研究区耕地多功能综合强度与协调度

3.2.2　*耕地多功能协调度由湘西部到湘中部、湘东部先增强后减弱*　以各县六大单项功能指标构建全排列多边形,采用景观形状指数测算多功能综合协调度。图 2 的结果表明,湘中、湘南、湘东北部地区具有较小的景观形状指数,多功能协调度较强;而湘东部地区景观形状指数普遍较大,具有较弱的耕地多项功能协调程度。总体来看,耕地多功能协调度呈现出由湘西部到湘中部、湘东部先增强后减弱的态势。根据前文对耕地单项功能的分析可知,湘中部地区无论是耕地的生产条件还是都市区对该地区的辐射强度都处于中间层次,因此各单项功能大多处于中度持续等级,各功能强度差别不大,耕地多功能协调度较强;湘东部地区依托于都市聚集区,耕地的物质产出功能、社会安定维护功能强度较高,而其他功能相对较低,因而耕地多功能协调度较弱;湘西部地区与湘东部地区相反,耕地的生产条件以及农产品市场条件一般,且都市区对这些地区的辐射强度较弱,耕地劳的动力承载功能、家庭经济贡献功能、国民经济贡献功能以及生态恢复功能强度较高,其他功能相对较低,耕地多功能协调度也表现出较低的状态。

3.3　湖南省各县(区)耕地多功能模式识别

影响耕地多功能的因素复杂多样,湖南各县自然、社会发展状况存在差异,加之各个区域发展目标、定位的不同,各县表现出不同的耕地多功能发展模式。根据各县(区)6 大单项功能强度以及多功能综合强度,采用系统聚类的方法,可将湖南省分为多功能弱协调、多功能协调、多功能强协调、生态优先型、社会主导型 5 类发展模式(见表 2)。

湖南各县自然、社会发展状况差异明显,各个区域发展目标、定位不同,因此湖南省耕地多功能模式呈现出显著的区域异质性。从图 3 可以看出,湘西部地区以生态优先型、多功能弱协调发展模式为主,湘中部地区以多功能协调发展模式为主,湘东部地区多为多功能弱协调模式,湘南、湘北部以多功能协调模式为主;耕地多功能强协调发展模式零星分布于湘南部地区;新晃县、古丈县、冷水江市为社会主导性发展模式。整体上来看,从湘西至湘中、湘东地区,耕地多功能发展模式由生态优先型模式向多功能弱协调、多功能协调发展模式转换,最终又转变为耕地多功能弱协调发展模式。研究结果与湖南省实施的“一圈一区两带”农业战略格局相符。湘东部地区处于湖南省都市聚集

区，受长株潭城市群发展的影响，该地区着重于城市建设，耕地多功能综合强度较弱，且各单项功能持续性等级均不高，因此湘东部地区表现出耕地多功能弱协调发展模式。湘北部、湘中部是湖南省粮食主产区，发展大宗优质农产品，自然条件良好，耕地各项功能持续性较高，具有较强的耕地多功能综合强度；湘西部地区处于湘西生态文化旅游区，生态恢复功能较强，其他耕地功能发展滞后，表现出生态优先型模式。

表 2 湖南省耕地多功能发展模式

模式类型	模式特征	县(区)
多功能强协调模式	各单项功能表现出较强的持续性，单项功能强度在 0.6 以上	南县、攸县等 10 个县(区)
多功能协调模式	各单项功能表现出中等的持续性，单项功能强度位于区间[0.4，0.6]，且各功能之间差异不大，主导性功能不明显	安化县、长沙县等 29 个县(区)
多功能弱协调模式	各单项功能均表现出较弱的持续性，单项功能强度低于 0.4，且各功能之间差异不大，具有较弱的多功能综合强度	资新县、嘉禾县等 45 个县(区)
社会主导型模式	社会安定维护功能、劳动力承载功能持续性较强，其他功能一般，具有较弱的耕地多功能综合强度	新晃县、古丈县、冷水江市
生态优先型模式	生态恢复功能的持续等级较高，多功能综合强度一般。	沅陵县、花垣县等 15 个县(区)

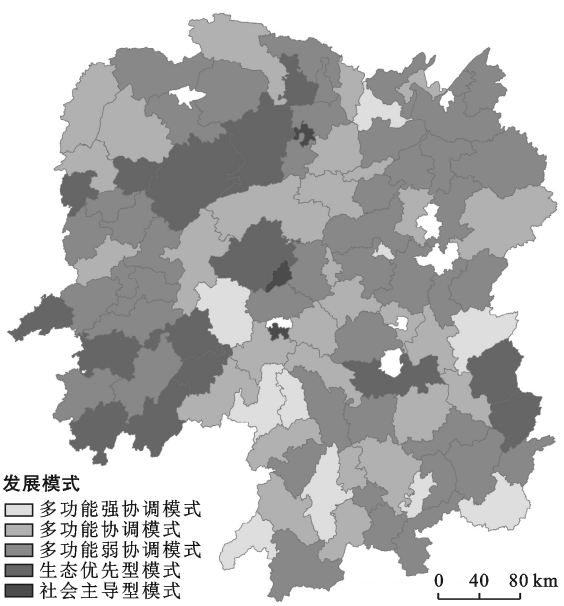


图 3 研究区耕地多功能发展模式现状图

4 讨论与结论

本文通过构建耕地多功能评价指标体系，采用全排列多边形图示法，并用多边形面积以及多边形景观指数分别测算了湖南省耕地多功能综合强度与协调度，在此基础之上引入聚类分析方法，得出湖南省的耕地多功能发展模式。

采用全排列多功能图示法对湖南省耕地多功能评价，能够客观、具体地揭示湖南省各县(区)耕地多功能空间分异规律。从评价结果来看，多功能综合强度及协调度在水平空间上差异明显：湘中部、湘西北部地区耕地多功能综合强度较高，而湘东南部地区多功能综合强度较低，整体上表现出多功能综合强度由湘西北部向湘中部、湘东南部弱化的趋势，耕地多功能协调度有由湘西部到湘中部、湘东部先增强后减弱的态势。这一结果说明对耕地多功能综合强度的评价只能显示耕地多功能的部分状况，引入耕地单项功能的分析和多功能协调度的评价能够使评价结果更加全面。

根据各县(区)耕地多功能评价结果，湖南省各县(区)表现出 5 类发展模式：多功能弱协调、多功能协调、多功能强协调、社会主导型、生态优先型发展模式。空间分布上，湘西部地区以生态优先型、多功能弱协调发展模式为主，湘中部地区以多功能协调发展模式为主，湘东部地区多为多功能弱协调模式，湘南、湘北部以多功能协调模式为主；耕地多功能强协调发展模式零星分布于湘南部地区；新晃县、古丈县、冷水江市为社会主导型发展模式。整体来看，从湘西至湘中、湘东地区，耕地多功能发展模式由生态优先型发展模式向多功能弱协调、多功能协调转化，最终又转变为耕地多功能弱协调发展模式。该结果与湖南省实施的“一圈一区两带”农业战略格局相符，能够比较客观的反映湖南省耕地多功能状况。

本文采用全排列多边形图示法，实现了对湖南省 102 个县(区)2018 年耕地多功能综合强度与协调度的分析，为今后湖南省耕地多功能发展提供了指导依据。湖南省耕地多功能发展模式的识别对今后湖南省城市发展及其与耕地多功能的耦合提供了参考。但文章只选取了 2018 年一个时期的数据，对湖南省耕地多功能时间上的分析有所欠缺，因此对耕地多功能时空演变的研究是下一步的重点。

[参 考 文 献]

[1] 宋小青，欧阳竹.中国耕地多功能管理的实践路径探讨[J].自然资源学报，2012，27(4)：540-551.

[2] 王枫，董玉祥.基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断：以广州市为例[J].自然资源学

报,2015,30(10):1698-1713.

[3] Huang J, Tichit M, Poulot M, et al. Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture [J]. Journal of environmental management, 2015, 149: 138-147.

[4] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, et al. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets [J]. Ecological indicators, 2012, 21: 17-29.

[5] Van Huylenbroeck G, Vandermeulen V, Mettepenningen E, et al. Multifunctionality of agriculture: A review of definitions, evidence and instruments [J]. Living reviews in landscape research, 2007, 1(3): 1-43.

[6] Ferrari S, Rambonilaza M. Agricultural activities, rural areas and natural environment: Drawing up the frontiers of the multifunctionality concept [M]// Rural Landscapes and Agricultural Policies in Europe. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009: 21-34.

[7] Fleskens L, Duarte F, Eicher I. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: A case study of Trás-os-Montes olive groves [J]. Journal of Rural Studies, 2009, 25(1): 141-155.

[8] 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.

[9] 姜广辉,付晶,谭雪晶,等.北京国土空间结构与未来空间秩序研究:基于主体功能区划框架[J].中国人口·资源与环境,2011,21(1):20-27.

[10] 邹利林,李裕瑞,刘彦随,等.基于要素视角的耕地"三生"功能理论建构与实证研究[J].地理研究,2021,40(3):839-855.

[11] 董鹏宇,赵华甫.耕地多功能权衡与协同关系研究:以上海市青浦区为例[J].长江流域资源与环境,2019,28(2):368-375.

[12] 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.

[13] 朱庆莹,胡伟艳,赵志尚.耕地多功能权衡与协同时空格局的动态分析:以湖北省为例[J].经济地理,2018,38(7):143-153.

[14] 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.

[15] 施园园,赵华甫,郧文聚,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.

[16] 张一达,刘学录,任君,等.基于耕地多功能权衡与协同分析的耕地利用转型研究:以北京市为例[J].中国农业资源与区划,2020,41(6):25-33.

[17] 张利国,王占岐,柴季,等.湖北省耕地多功能地区差异及综合分区研究[J].地域研究与开发,2019,38(5):125-130.

[18] 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.

[19] 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.

[20] 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.

[21] 马才学,金莹,柯新利,等.基于全排列多边形图示法的湖北省耕地多功能强度与协调度典型模式探究[J].中国土地科学,2018,32(4):51-58.

[22] 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.

[23] 孔祥斌,张蚌蚌,温良友,等.基于要素—过程—功能的耕地质量理论认识及其研究趋势[J].中国土地科学,2018,32(9):14-20.

[24] 杨雪,谈明洪.近年来北京市耕地多功能演变及其关联性[J].自然资源学报,2014,29(5):733-743.

[25] 张建勇,肖武,王铮,等.基于全排列多边形图示指标法的土壤肥力质量评价[J].中国生态农业学报,2015,23(10):1285-1292.

[26] 翁翎燕,张超,李伟霄.基于全排列多边形图示法的生态城市评价:以上海市为例[J].地球与环境,2017,45(3):356-362.

[27] 龚艳冰,张继国,梁雪春.基于全排列多边形综合图示法的水质评价[J].中国人口·资源与环境,2011,21(9):26-31.

[28] 王枫,董玉祥.广州市土地利用多功能的空间差异及影响因素分析[J].资源科学,2015,37(11):2179-2192.