基于 PCA 的耕地功能冲突与协同识别
——以湖北省为例

柯新利[1]，马艳春[1]，宋小青[2]，唐兰萍[1]，刘世超[1]，金 莹[1]
〔1. 华中农业大学公共管理学院，湖北 武汉 430070；2. 中国地质大学(武汉)公共管理学院，湖北 武汉 430070；国土资源评价与利用湖南省重点实验室，湖南 长沙 410007〕

摘 要：[目的] 以湖北省为例，识别耕地功能之间的冲突与协同关系及各耕地功能的强弱，为耕地多功能利用与管理提供技术支撑及决策信息。[方法] 采用主成分分析法(PCA)进行识别论证。[结果] ①湖北省耕地的基本生活保障功能最强，生态安全维护功能次之，就业保障功能最弱；②湖北省耕地的基本生活保障功能、生态安全维护功能和就业保障功能之间、耕地的社会安定维护功能和粮食安全保障功能之间、耕地的就业保障功能、家庭经济贡献功能和国民经济贡献功能之间存在协同关系；③湖北省耕地的社会安定维护和粮食安全保障功能束与家庭经济贡献和国民经济贡献功能束之间存在显著的冲突关系。[结论] PCA 法不仅可以表达各耕地功能的强弱，更能直观表达耕地功能间的冲突与协同关系以及冲突与协同的程度，为耕地多功能利用与管理提供了一定的技术支撑及决策支持。

关键词：耕地功能；冲突；协同；PCA
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)06-0329-08 **中图分类号**：F323.211

文献参数：柯新利，马艳春，宋小青，等. 基于 PCA 的耕地功能冲突与协同识别[J]. 水土保持通报，2018，38(6)：329-336. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.050. Ke Xinli, Ma Yanchun, Song Xiaoqing, et al. Identification of synergy and tradeoffs among functions of cultivated land based on PCA[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 329-336.

Identification of Synergy and Tradeoffs Among Functions of Cultivated Land Based on PCA
—A Case Study in Hubei Province

KE Xinli[1], MA Yanchun[1], SONG Xiaoqing[2], TANG Lanping[1], LIU Shichao[1], JIN Ying[1]
〔1. *College of Land Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei* 430070, *China*; 2. *School of Public Administration, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan, Hubei* 430074, *China*; *Hunan Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Utilization, Changsha, Hu'nan* 410007, *China*〕

Abstract: [Objective] Taking Hubei Province as an example, the tradeoffs and synergy between cultivated land functions and the strength of each function were studied in order to provide technical supports and decision-making suggestions for the multi-purpose utilization and management of cultivated land. [Methods] The principal component analysis(PCA) was used to identify the relationship between functions. [Results] ① The basic living security function of cultivated land in Hubei Province is the strongest, the ecological security maintenance function is second, and the employment security function is the weakest. ② There is a synergy between the basic living security function, ecological security maintenance function and employment security function, between the social stability maintenance function and the food security function, between the employment security function, the family economic contribution function and the national economic contribution function, respectively. ③ The social stability maintenance and food security had a tradeoff with the family economic contribution and the contribution to the national economy. [Conclusion] The PCA

收稿日期：2018-05-14 **修回日期**：2018-07-22
资助项目：国家自然科学基金项目(41371113；41101098)；国家社会科学基金项目(13CGL092)；中央高校基本科研业务费专项(2662017PY063)；国土资源评价与利用湖南省重点实验室开放课题(SYS-MT-201801)。
第一作者：柯新利(1977—)，男(汉族)，湖北省天门市人，博士，教授，博士生导师，主要从事土地利用变化与生态系统服务方面的研究。E-mail：kexl@mail.hzau.edu.cn。
通讯作者：马艳春(1992—)，男(汉族)，河南省周口市人，硕士研究生，研究方向为土地利用变化与生态系统服务。E-mail：mychzau@126.com。

method can not only express the strength of each function, but also intuitively express the relationships and their degree of interaction between functions. Therefore, it can provide certain technical support and decision support for the multi-purpose utilization and management of cultivated land.

Keywords: cultivated land functions; synergy; tradeoffs; PCA

习近平总书记在十九大报告中指出,我国社会的主要矛盾已经转变为"人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾"。随着社会主要矛盾的转变,人民对耕地的需求已经从单一的生产功能转变为生产、生态、社会保障、文化等多种功能[1-2]。为了更好地应对人们对耕地功能需求的变化,为耕地管理者提供决策参考,越来越多的学者开始关注耕地多功能。目前关于耕地多功能的研究主要集中在以下几个方面:①耕地多功能的层次性[2]和内涵[3];②不同尺度上耕地多功能的时空演变[4-7]和空间异质性[8-9];③从耕地多功能角度探讨耕地保护[10]、耕地利用[11]、耕地补偿[12]及耕地转型[13]等;④耕地单一功能[14-16]及多功能评价[17-18];⑤耕地多功能管理[19-20];⑥耕地多功能价值测算[10,21];⑦耕地功能权衡与协同[22-24]。这些研究对耕地的多功能管理与利用提供了许多有价值的参考。

科学认识耕地功能之间的冲突与协同关系是耕地多功能的管理与利用的前提。存在协同关系的耕地功能,一种耕地功能的增强,另一种耕地功能也会增强,对耕地功能协同关系的识别有利于通过管理充分发挥耕地的多种功能。但存在冲突关系的耕地功能,一种耕地功能的增强是以另一种耕地功能的减弱为代价的,如果不能科学认识耕地功能的冲突关系,在耕地多功能管理和利用过程中可能会因为耕地功能的冲突产生一些意想不到的后果[25-26]。当前关于耕地功能之间冲突与协同关系的研究较少。杨雪等[5]通过对北京市耕地多功能关联性的研究发现耕地功能指标之间存在正负关联性;罗成[6]通过分析湖北省农产品主产区耕地资源的时空演变,发现耕地多种功能呈现协同发展趋势。彭建等[24]对京津冀地区县域耕地景观多功能进行 Spearman 秩相关分析,得出耕地景观多功能之间存在协同与权衡关系。王成等[22]采用 ArcGIS 空间分析工具中的波段集统计工具测算了耕地功能之间的权衡与协同。赵志尚采用相关分析法测算了耕地功能之间的权衡与协同[23]。虽然已有部分学者探寻了耕地功能之间冲突与协同关系的测度方法,但很少有研究提出耕地功能冲突与协同关系识别的新的方法体系。本文拟论证一种耕地功能冲突与协同关系的识别方法:主成分分析法(PCA)[27]。以湖北省为例,识别耕地各功能之间的冲突与协同关系及各耕地功能的强弱,旨在为耕地的多功能利用与管理提供技术支撑及决策信息。

1 研究方法

1.1 耕地功能及指标选取

根据《土地利用现状分类(GB/T21010-2007)》,耕地是指种植农作物的土地,包括熟地,新开发、复垦、整理地,休闲地(含轮歇地、轮作地);以种植农作物(含蔬菜)为主,间有零星果树,桑树或其他树木的土地;平均每年能保证收获一季的已垦滩地和海涂。耕地的功能可以大致分为耕地固有的功能和因人类需求产生的功能。根据耕地的定义耕地上现在或未来一段时间内会种植有农作物,农作物可以调节生态环境,维护生态安全;而农作物的产出会对国家和农户家庭产生经济贡献,因此耕地自身固有生态和经济方面的功能。其次社会还赋予耕地了一些社会属性,随着人口的城镇化和国家对粮食安全的重视,耕地作为农民工外出打工的退路和粮食安全实现的载体,耕地又具有了就业保障、基本生活保障和粮食安全保障等社会功能。本文参考已有的耕地多功能文献,选出当前大家认可的一些能较好衡量耕地功能的指标,同时从数据的可获得性出发,结合耕地的社会功能、经济功能和生态功能 3 个方面最终构建了指标体系(表 1)。其中耕地的社会功能包括:粮食安全保障功能、就业保障功能、基本生活保障功能和社会安定维护功能;耕地的经济功能包括国民经济贡献功能和家庭经济贡献功能;耕地的生态功能即生态安全维护功能。

粮食安全保障功能指一个地区粮食产量保障该地区居民粮食需求的能力,用粮食自给率来衡量。当粮食自给率为 1 时,表示该地区粮食产量刚好满足该地区居民粮食需求;当粮食自给率小于 1 时,说明该地区粮食产量无法满足该地区居民粮食需求;当粮食自给率大于 1 时,表明该地区粮食产量大于该地区居民粮食需求量。粮食自给率中的人均粮食需求量设定为满足小康水平下居民粮食消费量 400 kg/(a·人)[28]。就业保障功能指耕地承载农村劳动力的能力。农村中从事农林牧渔业的农村劳动力大部分是以耕地为依托,可以用农村农林牧渔业劳动力来表示耕地承载农村劳动力的数量。因此本文用农村农林牧渔业劳动力占比来衡量耕地的就业保障功能。基本生活保障功能指农民用耕地生产的物资来满足自

身生活需要的能力。农村居民家庭人均消费支出可以分为两部分,一部分为现金支出,一部分为消费自己劳动生产所得物资的支出。对广大农民来说劳动生产所得物资主要来源于耕地,因此本文用农户消费自给率来衡量耕地的基本生活保障功能。社会安定维护功能指耕地通过影响农村居民收入来减少城乡收入差距,实现社会分配公平的能力。本文以乡城居民收入比来衡量耕地的社会安定维护功能。国民经济贡献功能指以耕地为基础生产资料,以耕地的产出为商品所形成产业的生产总值对国民生产总值贡献的能力。本文用农业增加值占地区生产总值的比例来衡量耕地的国民经济贡献功能。家庭经济贡献功能指以耕地为生产资料获得的产出对农户家庭经济收入的贡献能力。本文用农村居民人均经营性收入占比来衡量耕地的家庭经济贡献功能。生态安全维护功能指耕地在外力影响下维护自身生态安全的能力。本文用单位耕地面积化肥折纯量来衡量耕地的生态安全维护功能。

表 1　耕地功能评价指标

耕地功能	度量指标	指标含义	计算方式	符号	参考文献
粮食安全保障	粮食自给率	粮食产量满足自身需求的能力	(粮食产量/户籍人口)/人均粮食需求量	+	[5]
就业保障	农村农林牧渔业劳动力占比	乡村耕地提供就业能力	农村农林牧渔业从业人员/农村从业人员	+	[5]
基本生活保障	消费自给率	消费自给能力	1-农村居民家庭人均消费现金支出/农村居民家庭人均消费支出	+	[4]
社会安定维护	乡城居民收入比	收入公平程度	农村居民人均纯收入/城市居民人均可支配收入	+	[4]
国民经济贡献	农业产值占比	耕地国民经济贡献度	农业增加值/地区生产总值	+	[5],[6]
家庭经济贡献	经营纯收入占比	经营纯收入地位	农村居民人均经营性纯收入/农村居民人均纯收入	+	[4],[5]
生态安全维护	单位面积耕地化肥施用量	耕地化学品负荷	化肥施用折纯量/耕地面积	−	[4]

注:“+”表示指标为正向指标,指标越大代表的功能越强;“−”表示指标为负向指标,指标越大代表的功能越弱。

1.2　主成分分析法

主成分分析法是一种多变量分析方法,用于分析一个观测值由几个相互关联的变量所描述的高维数据表,它可以从表中提取重要的信息,将高维数据表达为少数几维正交变量(主成分),达到降维的目的,并可以运用所得的正交变量(主成分)很好地表达数据表中变量之间的相关结构[29]。目前主成分分析法多用于主要影响因子选取[30-32]、指标权重确定[33-35]等。本文则采用 PCA 方法对高维的耕地功能数据进行降维,用两维方差贡献率最高的正交主成分表达耕地功能,并用这两个二维正交主成分形成主成分分析图来表示耕地功能的冲突与协同关系[29]。

1.2.1　*主成分分析法的基本原理*　设有 n 个样品,每个样品观测 p 项指标(变量):$X_1, X_2, \cdots, X_p$ 得到 n 行 p 列的原始资料矩阵 $X(n>p)$。

$$X=(X_1, X_2, \cdots, X_p) \tag{1}$$

对 X 做主成分分析,得到其主成分 $F_1, F_2, \cdots, F_p$。以第一主成分 F_1 为横轴,以第二主成分 F_2 为纵轴可以组成一个二维平面,指标向量 $X_1, X_1, \cdots, X_p$ 可以对应投影到此二维平面中。根据向量的特点,指标向量 $X_1, X_2, \cdots, X_p$ 之间的关系,可以用指标向量之间的夹角表示。指标向量 X_1 和 X_2 之间可以表示为:

$$X_1=cX_2\cos\beta \tag{2}$$

其中 β 为指标向量 X_1 和 X_2 之间的夹角,c 为正实数。

当 $\beta<90°$ 时,$c\cos\beta>0$,说明指标 X_1 增加时,指标 X_2 会同时增加,反之亦然,因此指标 X_1 和 X_2 之间呈现协同关系,且当 β 越小时,$c\cos\beta$ 越大,这种协同关系越明显。当 $\beta=90°$ 时,$c\cos\beta=0$,说明指标向量 X_1 和 X_2 之间是正交向量,所以指标 X_1 和 X_2 之间互不相关。当 $\beta>90°$ 时,$c\cos\beta<0$,说明指标向量 X_1 增加时,X_2 会同时减小,反之亦然,因此指标 X_1 和 X_2 之间呈现冲突关系,且当 β 越大时,$c\cos\beta$ 的绝对值越大,指标 X_1 和 X_2 的冲突关系越明显。以图 1 为例,指标 X_1 与指标 X_2 之间呈现协同关系,指标 X_1 与指标 X_3 之间互不相关,指标 X_1 与指标 X_4 之间呈现冲突关系。

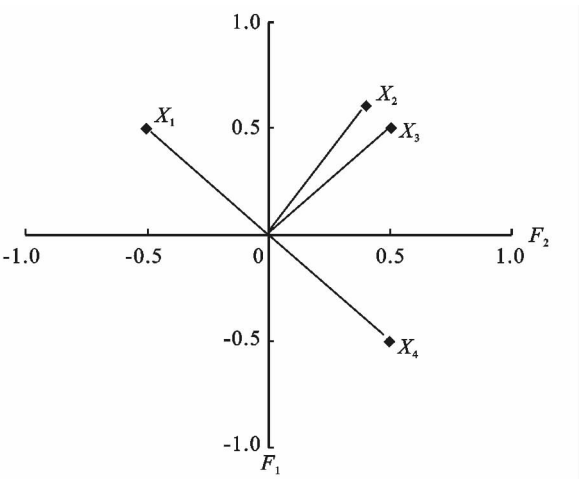


图 1　向量间冲突与协同识别原理示意图

1.2.2 耕地功能间冲突与协同识别的原理 耕地功能之间的冲突与协同关系与上文所阐述的向量之间的冲突与协同关系相对应。因此,可以用同一坐标系下耕地功能向量之间的冲突与协同关系来表征耕地功能之间的冲突与协同关系。向量长度越长则表示该向量代表的耕地功能越强。当向量之间夹角小于90°时,可以认为向量代表的耕地功能之间呈现协同关系,向量之间夹角越小,说明向量代表的耕地功能之间的协同关系越强。当向量之间夹角为90°时,说明两个向量之间互不相关,则认为向量代表的耕地功能之间无相关关系。当向量之间夹角大于90°时,则认为向量代表的耕地功能之间具有冲突关系,向量之间夹角越大,说明向量代表的耕地功能之间的冲突关系越强。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域

湖北省位于长江中游,洞庭湖以北,介于29°05′—33°20′N,108°21′—116°07′E。境内除长江、汉江干流外,省内各级河流长5 km以上的有4 228条,素有"千湖之省"之称,水资源丰富,十分有利于水田的形成。湖北省地势西高东低,拥有山地、丘陵、岗地和平原等多种地貌形态,西—北—东三面环山,中部为江汉平原。中部平原地区耕地比较集中,呈片状分布;北部和东部丘陵地区,耕地相对集中,部分呈片状分布;西部山区海拔较高,耕地较少,分布较为零散。2015年湖北省耕地面积为3.44×10^6 hm^2,粮食种植面积达4.47×10^6 hm^2,比上年增加9.57×10^4 hm^2(湖北省统计年鉴)。

2.2 数据来源

本文使用的数据为湖北省2005—2015年的社会经济统计数据和耕地利用数据。社会经济统计数据包括:户籍人口(万人)、乡村从业人员数(万人)、农村农林牧渔业从业人员数(万人)、地区总产值(亿元)、农业总产值(亿元)、人均GDP(元)、农民人均可支配收入(元)、城镇居民人均可支配收入(元)、农村人均经营性收入(元)、人均生活消费现金支出(元)、人均生活消费支出(元);耕地利用数据包括:耕地面积(10^3 hm^2)、人均耕地面积(hm^2)、粮食产量(t)、粮食播种面积(10^3 hm^2)、农村化肥施用量(折纯量、10^4 t)、有效灌溉面积(10^3 hm^2)、农机总动力(10^4 kW)。本文数据均来源于湖北省统计年鉴。为了消除不同指标量纲的影响,本文在对负向指标单位耕地面积化肥折纯量进行正向处理后,采用Z-score标准化方法对数据进行了归一化处理。

3 结果分析

3.1 主成分分析

主成分分析可以通过降维的方法将一些需要用许多相关变量表达的信息转变为用较少的相互独立的主成分来表达。因此在进行主成分分析之前,先进行7个耕地功能指标的相关性检验,来判断本文数据是否适用于主成分分析法。相关性检验结果详见表2。

表2 7个耕地功能指标的相关性检验结果

项 目	粮食安全保障	就业保障	社会安定维护	基本生活保障	国民经济贡献	家庭经济贡献	生态安全维护
粮食安全保障	1	−0.773 5*** (0.005 2)	0.942 5*** (1.41 E-05)	−0.260 9 (0.438 4)	−0.913 2*** (8.62 E-05)	−0.921 8*** (5.44 E-05)	−0.415 2 (0.204 1)
就业保障		1	−0.663 3** (0.026 1)	0.708 6** (0.014 7)	0.813 7*** (0.002)	0.845*** (0.001)	0.834 2*** (0.001 4)
社会安定维护			1	−0.042 8 (0.900 4)	−0.859 7*** (6.92 E-04)	−0.896 2*** (1.88 E-04)	−0.250 2 (0.458 1)
基本生活保障				1	0.325 3 (0.328 9)	0.322 4 (0.333 6)	0.829 6*** (0.001 5)
国民经济贡献					1	0.987 6*** (1.51 E-08)	0.507 4 (0.111 1)
家庭经济贡献						1	0.541 0* (0.085 7)
生态安全维护							1

注:非括号内值为相关性系数,括号内值为t检验值;*,**,***分别表示在10%,5%,1%水平下显著。

从表2可以看出,7个耕地功能指标中的任意一个都与其他一个或者几个耕地功能指标存在较强的相关关系。因此本文的数据可以用于主成分分析法识别耕地功能之间的冲突与协同。对7个耕地功能

所对应的指标数据进行主成分分析,得到指标数据的第 1 主成分和第 2 主成分(表 3)。其中第 1 主成分可以解释指标数据的 71.83%,第 2 主成分可以解释指标数据的 23%,2 个主成分累加可以解释指标数据的 94.83%。说明这 2 个主成分可以解释指标数据的大部分变化,可以很好地反映 7 个耕地功能之间的关系。

表 3　耕地功能指标主成分分析结果

耕地功能	PC_1	PC_2
粮食安全保障	−0.410	0.253
就业保障	0.422	0.213
社会安定维护	−0.373	0.404
基本生活保障	0.237	0.633
国民经济贡献	0.421	−0.175
家庭经济贡献	0.429	−0.172
生态安全维护	0.312	0.517
方差贡献率	71.83%	23.00%

3.2　耕地功能的冲突与协同

把 7 个耕地功能的第 1 主成分作为坐标轴横轴,第 2 主成分作为坐标轴纵轴,可以得到一个二维平面(图 2)。通过该二维平面可以清晰地识别出耕地功能间的冲突与协同关系。

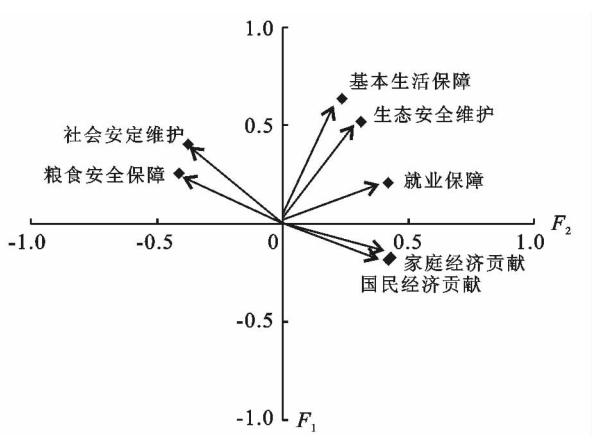


图 2　湖北省耕地功能冲突与协同关系

3.2.1　*耕地功能的强弱*　从图 2 中可以看出代表基本生活保障功能的向量是最长的,代表生态安全维护功能的向量是次长的,代表社会安定维护功能的向量是第 3 长的,代表就业保障功能的向量是最短的。说明在湖北省耕地功能中最强的是基本生活保障功能,其次是生态安全维护功能,然后是社会安定维护功能,最弱的是就业保障功能。湖北省耕地功能中最强的是基本生活保障功能,说明耕地的基本生活保障功能在湖北省仍然是耕地功能的主要方面,耕地保护对农村居民基本生活保障具有十分重要的意义,耕地依然是农村居民基本生活物资主要来源,是保障农村居民基本生活稳定的重要保障,这可能是因为农户风险承受能力较弱,对耕地的依赖性较强。生态调节功能的强度在第 2 位,说明耕地除了为人们提供农产品外,还具有很强的生态调节功能,这与罗成[6]湖北农产品主产区耕地资源生态安全维护仅有小幅增长,耕地资源生态安全维护功能地位逐渐提升的结果相一致。就业保障功能最弱,可能是由于农业机械化的发展,劳动效率增加,造成耕地所能承载的劳动力减少。

3.2.2　*耕地功能的协同关系*　第 1 象限中的基本生活保障、生态安全维护和就业保障 3 种功能对应的向量两两之间夹角都小于 90°,说明 3 种功能两两之间存在协同关系。其中基本生活保障和生态安全维护功能的对应向量之间夹角更小,说明基本生活保障和生态安全维护功能之间的协同关系更强。基本生活保障、生态安全维护和就业保障 3 种功能的任意一种功能增强,另外两种功能都会在一定程度增强,其中基本生活保障功能和生态调节功能彼此之间的这种影响更明显。这一结果可以与杨雪、谈明洪[5]的化肥强度波动上升,就业保障功能和生活保障功能显著减弱的结果相互印证。基本生活保障功能的增强会使生态调节功能和就业保障功能在一定程度上增强,可能由于农村居民可以自给自足更多的基本生活物资后,生活比较稳定丰富,会吸引更多的劳动力从事第一产业,从而增强了就业保障功能;同时人们为了保障自己的生活饮食质量,会合理降低对耕地的农药化肥施用量,从而增强了生态调节功能。生态调节功能的增强会使基本生活保障功能和就业保障功能在一定程度上增强,可能由于态环境质量的提高,增加了农产品的质量,从而增加农村居民对农产品消费量的增加,从而增强了基本生活保障,同时良好的环境和自给自足的优质基本生活物资会吸引更多的农业劳动力。从而增强了就业保障功能。就业保障功能的增强会使基本生活保障功能和生态调节功能在一定程度上增强,可能由于劳动力是基本生活物资的主要消费者,农业劳动力增加,增加了农村居民对基本生活物资的消耗,需要从耕地中自己自足更多的农产品,从而增强了基本生活保障功能;农业劳动力为了增加自己消费的农产品质量,会减少化肥农药的施用量,也可能是农业劳动力增加后,农业中的优质劳动力会增加,优质劳动力会合理施用化肥农药,其他劳动力会模仿这一行为,从而降低了化肥农药施用量,提高了生态调节功能。

第 2 象限中的社会安定维护和粮食安全保障 2

种功能对应的向量之间夹角小于90°,并且两种功能对应向量之间的夹角很小,两种功能存在很强的协同关系。说明耕地的社会安定维护功能的增强有利于粮食安全保障,耕地的粮食安全保障功能增强有利于提高社会安定维护功能。这也说明目前我国现行的粮食安全保护政策确实有利于促进社会的安定,同时一个稳定的社会环境也有利于保障粮食安全。

第4象限中的家庭经济贡献和国民经济贡献功能对应的向量之间夹角小于90°,并且二者之间的夹角很小,说明两种功能之间存在很强的协同关系;就业保障功能与这2种功能对应的向量之间夹角也小于90°,说明就业保障功能与这两种功能也存在协同关系。湖北省耕地的家庭经济贡献和国民经济贡献功能之间也存在协同关系,耕地家庭经济贡献功能的增强会促进耕地的国民经济贡献功能,同时耕地国民经济贡献功能的增强也会促进耕地家庭经济贡献功能。这说明耕地的经济功能具有同向性,农户通过耕地得到的收入增加,会促进耕地对国民经济的贡献,而耕地国民经济贡献的增强也会促进农户在耕地方面的收入。这也从侧面反映农业GDP的提高与农户耕地收入息息相关,也只有农户耕地收入增加了农业才会真正的振兴。

3.2.3 *耕地功能的冲突关系* 第2象限中的2种功能和第4象限中2种功能对应的向量之间夹角接近180°,说明第2象限中的2种功能和第4象限中2种功能存在显著的冲突关系。这意味着社会安定维护和粮食安全保障功能束与家庭经济贡献和国民经济贡献功能束之中一个功能束的增加要以另外一个功能束的减弱为代价,家庭经济贡献和国民经济贡献功能束与社会安定维护和粮食安全保障功能束之间呈现此消彼长的关系。湖北省耕地的社会安定维护和粮食安全保障功能束与家庭经济贡献和国民经济贡献功能束之间存在显著的冲突关系。耕地的社会安定维护和粮食安全保障功能增强的同时,耕地的家庭经济贡献和国民经济贡献功能会减弱,反之亦然。这可能是因为国家的粮食安全保护政策是强制性的,该政策在促进社会稳定的同时,也限制了农民从事其他收益更高行业的机会,牺牲掉了一定的经济利益。这说明虽然现行的耕地保护政策促进了社会的安定,但耕地粮食安全保障功能的增强是以牺牲部分耕地的家庭经济贡献和国民经济贡献功能为代价的。这提醒政府部门在耕地保护的同时要考虑对农户或农业行业进行补贴,以弥补因为耕地粮食安全保障功能增强造成耕地经济功能的衰退。

3.2.4 *耕地功能的弱相关关系* 生态安全维护功能对应的向量与第2象限的社会安定维护和粮食安全保障功能对应的向量之间夹角几乎为90°;与第4象限的家庭经济贡献和国民经济贡献功能对应的向量之间夹角也几乎为90°。说明生态安全维护功能与第2象限的社会安定维护和粮食安全保障功能之间存在较弱的相关关系;生态安全维护功能与第4象限的家庭经济贡献和国民经济贡献功能之间也存在较弱的相关关系。这可能是由于农户对耕地生态环境的保护与自身的认知和经验有关,而认知与经验对一个农民来说短期内很难改变,因此无论第2象限和第4象限的功能怎样变化,都不影响生态调节功能。第2象限和第4象限的功能之间是冲突的,而生态调节功能与这2个象限功能之间没有任何关系,也说明生态调节功能可以在这2个象限功能冲突的同时实现自身的最大化。

4 讨 论

4.1 对耕地多功能管理和利用的启示

要在耕地多功能管理和利用中建立耕地功能冲突与协同识别机制。本文的研究证明耕地具有多功能,并且耕地功能之间存在冲突与协同关系。存在协同关系的耕地功能,一种耕地功能的增强,另一种耕地功能也会增强,但存在冲突关系的耕地功能,一种耕地功能的增强是以另一种耕地功能的减弱为代价的。在制定耕地多功能管理策略或者决定耕地利用方式时,如果忽略了耕地功能之间的冲突与协同关系,可能会因为错估制定的策略和利用方式产生的风险和预期收益而导致一些不必要的损失。建立耕地功能冲突与协同识别机制,可以在决策之前把握耕地功能之间的关系,更加精准的预估耕地多功能管理和利用决策产生的后果,有效避免因决策失误而产生重大损失。

在耕地多功能管理和利用中,要充分利用耕地功能之间的冲突与协同关系。在识别耕地功能之间的冲突与协同关系后。涉及耕地功能存在协同关系时,管理者可以依据耕地功能的协同关系通过制定相关政策充分发挥耕地的多种功能。涉及耕地功能存在冲突关系时,管理者可以首先对冲突的耕地功能进行权衡,然后对因冲突关系而产生的后果进行相应的弥补,以减少因耕地功能冲突产生的损失。就湖北省来说,其耕地的基本生活保障、生态安全维护和就业保障三种功能之间存在协同关系。我们可以根据其协同关系制定大力发展有机农场的政策,既保护了生态环境,又提供了就业岗位,同时还能满足很多人的基本生活保障。湖北省的粮食安全保障功能与农户的

家庭经济收入功能存在冲突关系。很多农户在保护耕地的粮食安全的同时损失了一部分经济收益。对此管理者应制定耕地保护经济补偿政策,或者在乡镇创造更多的兼业岗位来弥补农户因保护耕地而产生的经济损失。进而也可以激励农户更好的保护耕地。

4.2　对其他政策的启示

推动耕地流转和规模经营的速度要适度。湖北省耕地功能中凸显最明显强的是基本生活保障功能。在农村社会保障的机制还不健全,对于农村中的低收入人群来说,其生活保障仍然主要依靠耕地。对外出务工的农民来说,由于生存技能及物价收入等因素,其在城市的生活风险较高,此时耕地还是许多外出务工农民的一条稳定的生存就业的退路。在这个背景下,政府不能盲目推动农地流转和规模经营,这很可能会导致一些农民失去赖以生存的耕地,进而引发社会动荡。

要坚定耕地保护策略,维护国家粮食安全,同时要尽可能的维护社会的稳定。湖北省的研究表明,耕地的粮食安全保障功能与社会安定维护功能之间具有协同关系。说明保护耕地的粮食安全,在一定程度上可以促进社会安定和谐。同时社会稳定程度的提高,有助于农户预估市场行情,保证农户的稳定收入,进而激发农户的农业生产积极性,维护国家粮食安全。

要促进农业产业和种植模式的发展,增加农民在耕地上的收入。湖北省耕地的家庭经济贡献功能和国民经济贡献功能之间存在很强的协同关系。当农户在耕地上的收入增加时,才会吸引更多的劳动力留在农业产业,农业产业的活力才会迸发,进而促进农业 GDP 的增长。因此农业繁荣要从增加农民在耕地上的收入着手。

5　结 论

随着人民生活水平的提高,耕地多功能利用与管理的需求日益增加。而耕地功能冲突与协同关系的识别是耕地多功能利用与管理的基础。为此,本文提出了采用 PCA 进行耕地功能冲突与协同关系识别的方法体系,并以湖北省为例开展耕地功能冲突与协同关系的识别。

(1) PCA 方法适合用于耕地功能冲突与协同关系识别。PCA 方法可以用少数正交变量表达高维变量之间的关系,因此,不仅可以非常直观地表达耕地功能冲突与协同的关系,而且可以表达耕地功能间冲突与协同的程度。此外,PCA 方法还可以用于表达各耕地功能的强弱程度。

(2) 在湖北省的耕地功能中,基本生活保障功能最强,耕地对保障农村居民基本生活具有十分重要的意义。此外,湖北省的耕地还具有较强的生态安全维护功能,但其就业保障功能最弱。

(3) 湖北省耕地功能之间的冲突与协同关系十分显著。其中基本生活保障、生态安全维护功能和就业保障 3 种功能两两之间存在协同关系,社会安定维护和粮食安全保障功能之间存在协同关系,家庭经济贡献和国民经济贡献功能之间存在协同关系。社会安定维护和粮食安全保障功能束与家庭经济贡献和国民经济贡献功能束之间存在显著的冲突关系。

湖北省耕地功能间存在显著的冲突与协同关系,意味着耕地多功能管理将会面临由于这种冲突与协同关系而产生的巨大风险和机遇。管理者既可能由于耕地功能的协同关系充分发挥耕地的功能,提高管理效率;又可能面临因忽视耕地功能的冲突关系而产生的巨大损失。因此管理者在进行耕地多功能管理时需要在识别耕地功能冲突与协同关系的基础上对耕地功能进行权衡,根据冲突功能重要性的不同作出相应决策,在达到管理目的的同时尽可能地降低损失,进而提高管理效率。

[参 考 文 献]

[1] 霍雅勤,蔡运龙,王瑛. 耕地对农民的效用考察及耕地功能分析[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(3):107-110.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 罗成,蔡银莺. 湖北省农产品主产区耕地资源功能的时空演变[J]. 经济地理,2016,36(3):153-161.

[7] 张英男,龙花楼,戈大专,等. 黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及其驱动机制[J]. 地理学报,2018,73(3):518-532.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 周立军. 城市化进程中耕地多功能保护的价值研究[D]. 浙江 杭州:浙江大学,2010.

[11] 李海燕,蔡银莺,王亚运. 农户家庭耕地利用的功能异质性及个体差异评价:以湖北省典型地区为实例[J]. 自

然资源学报,2016,31(2):228-240.
[12] 杜继丰,袁中友.基于耕地多功能需求的巨型城市区耕地保护阈值探讨:以珠江三角洲为例[J].自然资源学报,2015,30(8):1255-1266.
[13] 宋小青,吴志峰,欧阳竹.耕地转型的研究路径探讨[J].地理研究,2014,33(3):403-413.
[14] 柯新利,李红艳,刘荣霞.武汉市耕地景观游憩功能与可达性的空间匹配格局[J].长江流域资源与环境,2016,25(5):751-760.
[15] 陈丽,郝晋珉,陈爱琪,等.基于二元水循环的黄淮海平原耕地水源涵养功能研究[J].生态学报,2017,37(17):1-11.
[16] 陈丽,郝晋珉,王峰,等.基于碳循环的黄淮海平原耕地固碳功能研究[J].资源科学,2016,38(6):1039-1053.
[17] 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(11):1-11.
[18] 辛芸娜,孔祥斌,郧文聚.北京大都市边缘区耕地多功能评价指标体系构建:以大兴区为例[J].中国土地科学,2017,31(8):77-87.
[19] 赵华甫,张凤荣.耕地保护方向待转:从单一功能到多功能的演变交替[J].中国土地,2010(10):19-20.
[20] 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.
[21] 赵丽,张蓬涛,许皞,等.新型城镇化背景下耕地多功能价值测算及动态变化研究:以河北省定州市为例[J].湖北农业科学,2018,57(5):35-40,63.
[22] 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):1-10.
[23] 赵志尚.耕地多功能权衡与协同的时空变化研究[D].湖北 武汉:华中农业大学,2017.
[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] Defries R S, Foley J A, Asner G P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function [J]. Frontiers in Ecology & the Environment, 2004,2(5):249-257.
[26] Briner S, Huber R, Bebi P, et al. Trade-offs between Ecosystem Services in a Mountain Region [J]. Ecology&Society, 2013,18(3):378-380.
[27] Jessop J, Spyreas G, Pociask G E, et al. Tradeoffs among ecosystem services in restored wetlands. [J]. Biological Conservation, 2015,191:341-348.
[28] 龙方,曾福生.中国粮食安全的战略目标与模式选择[J].农业经济问题,2008(7):32-38.
[29] Abdi H, Williams L J. Principal component analysis [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics, 2010,2(4):433-459.
[30] 杨超杰,贺斌,段伟利,等.太湖典型丘陵水源地水质时空变化及影响因素分析:以平桥河流域为例[J].长江流域资源与环境,2017,26(2):273-281.
[31] 简敏菲,简美锋,李玲玉,等.鄱阳湖典型湿地沉水植物的分布格局及其水环境影响因子[J].长江流域资源与环境,2015,24(5):765-772.
[32] 李为,都雪,林明利,等.基于PCA和SOM网络的洪泽湖水质时空变化特征分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(12):1593-1601.
[33] 任俊霖,李浩,伍新木,等.基于主成分分析法的长江经济带省会城市水生态文明评价[J].长江流域资源与环境,2016,25(10):1537-1544.
[34] 陈会广,夏红,肖毅,等.基于灰色关联和主成分分析的农村建设用地集约利用评价:以江苏省为例[J].长江流域资源与环境,2015,24(8):1331-1336.
[35] 张清,孔明,唐婉莹,等.太湖及主要入湖河流平水期水环境质量评价[J].长江流域资源与环境,2014,23(S1):73-80.