

张文琦,姜 博,罗 冲,等. 基于 GIS 的三江平原耕地利用效益研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):243-247.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.067

基于 GIS 的三江平原耕地利用效益研究

张文琦¹,姜 博²,罗 冲³,初楠臣²,李晓庆²,王玉迪²

(1. 东北大学土地管理研究所,辽宁沈阳 110169; 2. 东北农业大学资源与环境学院,黑龙江哈尔滨 150030;
3. 东北农业大学经济管理学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:基于经济、社会与生态视角利用多因素综合评价模型并结合 ArcGIS 空间分析手段探究 2005—2014 年三江平原耕地利用效益时间动态变化与各县(市、区)耕地利用效益空间变异的特征。结果表明,2005—2014 年三江平原耕地利用效益整体呈上升趋势,生态效益在 2005—2009 年呈下降趋势,随着农业资源利用效率的提高,2009 年以后耕地利用生态效益基本稳定;现代农业综合改革试验区的建立,带来三江平原耕地利用效益空间格局的重塑,东北部低平原区耕地利用综合效益高于西南部丘陵地区;未来三江平原耕地利用效益还有较大的提升空间,实现农业现代化的同时应更加注重耕地利用生态效益与经济、社会效益的协调发展。

关键词:耕地利用效益;时间变化;空间分异;GIS 技术;三江平原;经济效益;社会效益;生态效益;综合效益

中图分类号:F301.21 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)23-0243-05

耕地是指种植农作物的土地,因其不可替代的重要性成为农业生产的基础,耕地的合理开发利用对地区的经济、社会和生态要素产生深远影响,其产生的耕地利用效益是衡量土地生产能力和农业可持续发展的重要指标。耕地利用的经济效益源于为人类提供的生产、生活资料,社会效益取决于保障粮食产量、稳定农民收入的重要作用,与此同时它还具有合理配置自然资源、改善环境的生态效益^[1-3]。近 100 年来,黑龙江省的耕地垦殖由松嫩平原向三江平原不断推进,耕地面积

持续增长,大面积沼泽地、林地、草地被垦殖为耕地,三江平原现已成为国家级商品粮基地。21 世纪以来,三江平原耕地面积增长迅速,垦殖率逐年增加,与全国耕地面积减少的态势截然相反,耕地增加类型以水田为主,并集中在富锦市、同江市和抚远市等^[4-6]。目前,三江平原的人均耕地面积约为全国平均水平的 5 倍,该区域为了保障生态环境与农业协调发展,已不再新开垦耕地,因此,提高三江平原耕地利用综合效益成为粮食增产增收的主要因素。

国外对耕地利用效益研究开始的比较早,波兰农业地理学家 Kostowicki 根据农业类型学委员会判定的原则和方法把世界农业划分为 6 个一级类型、25 个二级类型和 93 个三级类型^[7];Herdt 等提出从生态效益、社会效益和经济效益 3 个方面来衡量农业系统的可持续发展能力^[8-9]。国内学者傅伯杰等认为应依据土地可持续利用的特点,从生态、社会、经济角度建立土地可持续利用的评价指标体系^[10];黄秋昊等指出

收稿日期:2016-07-13

基金项目:教育部人文社会科学基金(编号:12YJCZH305);东北农业大学土地资源管理学科团队资助项目。

作者简介:张文琦(1992—),女,黑龙江佳木斯人,博士研究生,主要从事土地利用研究。E-mail:wenqi9094@163.com。

通信作者:姜 博,博士,副教授,硕士生导师,主要从事城市与区域发展研究。E-mail:jiangbo1979@163.com。

[6]李广明,黄立平,詹锦川,等. RFID 在食品安全追溯中的应用[J]. 物流技术与应用,2007,9(3):85-87.

[7]高小新,魏康林. 基于 RFID 的食品安全追溯分析[J]. 商场现代化,2007(31):139-139.

[8]赵 丽,邢 斌,李文勇,等. 基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统[J]. 农业机械学报,2012,43(7):124-129.

[9]焦光源,李志刚. 新疆生鲜农产品质量安全溯源系统的设计——基于.NET 技术[J]. 农机化研究,2013(12):74-77.

[10]黄叶珏. 基于 NFC 的茶叶防伪验证可追溯系统的设计与研究[J]. 农村经济与科技,2013,24(3):151-152,99.

[11]施 亮,傅泽田,张领先. 基于 RFID 技术的肉牛养殖质量安全可追溯系统研究[J]. 计算机应用与软件,2010,27(1):40-43.

[12]郭建宏,钱莲文. 二维码在蔬菜产品质量追溯中的应用[J]. 武汉理工大学学报,2010,32(21):110-114.

[13]张京京,李志刚. 基于 NFC 的新疆牛羊肉质量安全可追溯系统的设计与开发[J]. 河南农业科学,2016,45(4):155-160.

[14]Regattieri A, Gamberi M, Manzini R. Traceability of food products:

general framework and experimental evidence[J]. Journal of Food Engineering,2007,81(2):347-356.

[15]Costa C, Antonucci F, Pallottino F, et al. A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology[J]. Food and Bioprocess Technology,2013,6(2):353-366.

[16]Kadir E A, Shamsuddin S M, Supriyanto E, et al. Food traceability in supply chain based on EPCIS standard and RFID technology[J]. Telkomnika Indonesian Journal of Electrical Engineering,2015,13(1):187-194.

[17]孟未来. 基于 RFID 的种子质量安全溯源管理系统研究[J]. 辽宁农业科学,2010(6):53-54.

[18]韩 璐,刘丙午,李俊韬. 基于工程思维和 RFID 技术的种子仓储管理系统设计[J]. 物流技术,2015,34(5):250-253.

[19]尚二莹,孟未来. 基于物联网的种子质量安全溯源管理系统研究[J]. 农业网络信息,2011(9):14-16.

[20]陈琴刚,李锋霞,马本学,等. 基于 RFID 技术的棉种溯源系统构建[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):388-390.

土地可持续利用的评价指标应该具有时间序列性与空间敏感性^[11];林庶民等分别采用主成分分析、聚类分析和相关性分析等方法进行实证研究,揭示了区域耕地利用效益的时空差异和特征^[12-14]。

但目前我国耕地利用效益的研究主要针对耕地质量下降明显的一些人口密集地区,对县域耕地利用效益时空分异的研究比较少,针对三江平原耕地利用效益的时间动态变化规律和空间分异的研究目前还鲜有报道。本研究在参考已有研究成果的基础上,建立三江平原耕地利用效益评价指标体系,应用地理信息系统(geographic information system,GIS)技术对三江平原耕地的经济效益、社会效益、生态效益与综合效益的时空变化特征进行分析,以期为三江平原耕地资源合理利用及综合效益的提高提供参考。

1 研究区域概况

三江平原位于黑龙江省东部,小兴安岭以东,长白山以北,介于43°49′55″N~48°27′20″N、129°11′20″E~135°5′10″E之间。主要包括黑龙江、松花江、乌苏里江冲击形成的低平地,以及完达山和南乌苏里江流域兴凯湖交汇形成的冲积平原。包含佳木斯市、双鸭山市、鹤岗市、鸡西市、七台河市所属的21个县(市、区)和牡丹江所属的穆棱市、哈尔滨所属的依兰县,总面积108 900 km²,占黑龙江总面积的23.04%。该

区域是温带湿润、半湿润的大陆性季风气候,夏季炎热湿润,冬季寒冷干燥,四季鲜明,1月平均气温低于-18℃,7月平均气温21~22℃,年降水量500~650 mm。区域内土壤土层相对较厚,质地主要是以壤土和壤质粘土为主,土壤有机质含量相对较高,已垦耕地土壤以草甸土、白疆土、黑土和暗棕壤为主。三江平原具有典型的河谷平原特点,平均海拔为50~60 m,平原面积大约占总面积的61.2%,是我国重要的农业区和商品粮生产基地。

2 研究方法

2.1 耕地利用效益评价指标体系的构建

在科学性、客观性、系统性和可操作性等原则的指导下从经济、社会与生态视角综合测度三江平原耕地利用效益。经济效益从耕地资金、技术等投入与生产成本降低、粮食产量提高角度判断耕地的利用效益;社会效益从宏观社会效应角度分析耕地利用对社会环境系统作用的效益;生态效益从生态环境角度阐释在耕地利用过程中对生物、土壤、水资源等生态环境造成的影响^[15]。结合三江平原的实际情况,经因子分析筛选出13个指标,构建三江平原耕地利用效益评价指标体系(表1),该体系由目标层A、准则层B和指标层C构成,将耕地利用综合效益定为目标层,经济效益、社会效益和生态效益设为准则层,各单项指标设为指标层。

表1 耕地利用效益评价指标体系

目标层(A)	准则层(B)	指标层(C)	计算公式	指标含义
耕地利用综合效益	经济效益(B ₁)	粮食播面单产(C ₁)	粮食总产量/粮食播种面积	反映耕地利用效益
		农业机械化程度(C ₂)	农业机械总动力/耕地面积	反映耕地利用技术效率
		单位面积农业总产值(C ₃)	农业总产值/耕地面积	反映耕地产出效益
		单位面积劳动力(C ₄)	农村劳动力/耕地面积	反映耕地利用生产成本
	社会效益(B ₂)	人均粮食产量(C ₅)	粮食产量/总人口	反映粮食生产对社会的满足程度
		人均耕地面积(C ₆)	耕地面积/总人口	反映耕地规模
		人均农业国内生产总值(C ₇)	农业总产值/总人口	反映农业的社会稳定功能
		农村人均纯收入(C ₈)	农村居民家庭纯收入/人口数	反映农民的收益状况
		劳动力转移指数(C ₉)	非农人口/农业人口	反映农业劳动力的转移水平
	生态效益(B ₃)	耕地平均施肥量(C ₁₀)	农业化肥投入总量/耕地面积	反映化肥对耕地的污染程度
		万元产值能耗(C ₁₁)	农业用电量/农业总产值	反映能耗消耗效率
		耕地有效灌溉面积(C ₁₂)	有效灌溉农田面积/耕地面积	反映农业水利化水平
		耕地农药施用量(C ₁₃)	农业农药投入总量/耕地面积	反映农药对耕地的污染程度

2.2 耕地利用效益评价指标权重的确定

运用层次分析法(AHP)从主观视角分析各项指标对耕地利用综合效益的作用强度^[16]。咨询有代表性的学者专家,比较所列指标的重要程度并逐层进行判断打分,进而构建判断矩阵,设为 $A=(a_{ij})_{n \times n}$,其中 $a_{ij}=1/a_{ji}(i \neq j, i, j=1, 2, \dots, n)$; $a_{ij}=1(i=j)$ 。判断矩阵中标度值通常依据比较标度法得到,2个指标 i, j 同等重要,标度值为1,微弱重要为3,明显重要为5,突出重要为7,绝对重要为9,相邻判断的中间值为2、4、6、8。依据方根法计算最大特征根所对应的特征向量,进而得到各项指标的重要性权值,经过层次排序和一致性检验,得出三江平原耕地利用效益各评价指标的权重 W_i ,如表2所示。

2.3 数据处理

以各项指标的原始数值为基础,通过标准化处理消除量

纲,得出标准化数值,以此作为指标体系评价标准。采用极差变换法对数据进行标准化处理。

正向指标: $y_{ij} = \frac{x_{ij} - b_{ij}}{a_{ij} - b_{ij}}$; 逆向指标: $y_{ij} = \frac{a_{ij} - x_{ij}}{a_{ij} - b_{ij}}$ 。

式中: y_{ij} 为无量纲处理后的数值; x_{ij} 指 j 年第 i 项指标的实际值; a_{ij} 为第 i 项指标的最大值; b_{ij} 为第 i 项指标的最小值。考虑到后期绘图便于观察,将标准化处理数值转化为指标得分: $Q_i = y_{ij} \times 10 + 100$ 。指标得分按照正向指标和逆向指标分别计算,得分与耕地利用效益均呈正相关,即 Q_i 越大,耕地利用效益越高,反之亦然。

研究数据来源于2006—2015年《黑龙江省统计年鉴》^[17]和各地统计年鉴,部分数据来源于我国经济与社会发展统计数据库和黑龙江省统计公报,评价方法使用的部分数据是根据各项指标由原始数据计算整理得到。

表 2 三江平原耕地利用效益各评价指标的权重

指标	权重			组合权重
	经济效益	社会效益	生态效益	
	0.335	0.402	0.263	
粮食播面单产(C_1)	0.314			0.105
农业机械化程度(C_2)	0.278			0.093
单位面积农业总产值(C_3)	0.235			0.079
单位面积劳动力(C_4)	0.173			0.058
人均粮食产量(C_5)		0.279		0.112
人均耕地面积(C_6)		0.271		0.109
人均农业 GDP(C_7)		0.164		0.066
农村人均纯收入(C_8)		0.164		0.066
劳动力转移指数(C_9)		0.122		0.049
耕地平均施肥量(C_{10})			0.322	0.085
万元产值能耗(C_{11})			0.248	0.065
耕地有效灌溉面积(C_{12})			0.238	0.063
耕地农药施用量(C_{13})			0.192	0.050

2.4 耕地利用效益评价模型

根据各指标数据标准化处理后计算得分和指标组合权重,采用多因素综合评价法建立耕地利用效益评价模型。 $P = \sum_{i=1}^{13} Q_i W_i$; $E = \sum_{i=1}^4 Q_i B_i$; $S = \sum_{i=5}^9 Q_i B_i$; $F = \sum_{i=10}^{13} Q_i B_i$ 。其中, P 为综合效益指数; E 为经济效益指数; S 为社会效益指数; F 为生态效益指数; Q_i 为第*i*个指标的得分值; W_i 为各指标的组合权重值, $\sum W_i = 1$; B_i 为单因子权重, $\sum B_i = 1$ 。

3 结果与分析

3.1 三江平原耕地利用效益时序特征分析

由图 1 可知,2005—2014 年三江平原耕地利用社会效益、经济效益和综合效益的时序特征大致相同,曲线重合度较高,呈波动上升趋势,2010、2013 年是 2 个转折点;而生态效益曲线呈下降趋势,且下降幅度较大。

耕地利用经济效益是耕地综合利用效益的核心,经济效益的提高有助于社会需求满足度的提高和耕地生态环境的改善。三江平原耕地利用经济效益在 2005—2014 年这 10 年内增长幅度较大,2010、2013 年出现转折点,均比上一年小幅度下降。分析影响三江平原耕地利用经济效益的影响因素可以看出,粮食单位面积总产值、农业机械化程度始终处于增长态势,技术效率的进步释放多余劳动力,使得单位面积劳动力逐渐减少。由于 2010 年三江平原腹地遭遇百年一遇的早春低温寡照雪灾致使农时约延后 15 d,严重影响粮食产量,2013 年 8 月份,受降水偏多和主要江河水位上涨的影响,局部农田出现涝情,粮食生产受到直接威胁,致使 2010、2013 年粮食播面单产下降,这 2 个年份的耕地利用经济效益出现转折。

根据耕地利用社会效益评价指数变化,2005—2014 年三江平原耕地利用社会效益基本呈稳步上升趋势,间或有小的回落。随着社会经济的发展,人均粮食产量、社会需求满足度、人均农业国内生产总值、农民人均纯收入和劳动力转移指数均有所增加;三江平原地区人稀且人口增长较为缓慢,人均耕地面积基本趋于稳定。另外,由于自然灾害,2010 年、2013 年人均粮食产量与社会需求满足度有所回落,导致三江平原耕地利用社会效益出现小幅度下降。

耕地利用的生态效益关系到耕地利用的可持续发展,2005—2014 年三江平原的耕地利用生态效益的评价值与经济、社会和综合效益的相反,出现了明显下降又趋于平稳的态势。2005—2009 年,三江平原耕地资源生态环境状况相对较好,前期生态效益指数明显高于经济效益、社会效益和综合效益,但粮食增产的同时伴随着化肥、农药投入量的加大,致使这一阶段的耕地利用生态效益逐年下降。2009—2014 年,三江平原耕地生态效益评价值趋于平稳,万元产值能耗的逐步降低缓解了耕地利用生态效益下降的态势,这种态势从一定意义上表明耕地利用不可持续的危險有所控制。

三江平原耕地利用的综合效益总体呈上升趋势,2005—2007 年生态效益的下降一定程度上影响了耕地利用综合效益,加之经济效益和社会效益提升缓慢,2007 年耕地利用综合效益达到 10 年间最低水平。2008 年以来,三江平原加快推进黑龙江、松花江、乌苏里江三江连通工程,实现江河、航运和水系贯通,发挥三江平原水利工程综合效益,随着水利设施的修建、农业科技水平的改善与农民农业素养的提高,其耕地利用综合效益在整体上也处于上升态势。

3.2 三江平原耕地利用效益空间变异

基于三江平原 2014 年县域耕地利用效益指数,利用 ArcGIS 10.0 软件的专题图显示功能对三江平原耕地利用效益属性数据生成空间分布图,研究经济效益、社会效益、生态效益和综合效益在地域空间上的分布差异(图 2)。

三江平原耕地利用经济效益指数具有明显的空间集聚特征,松花江沿线平原区的佳木斯和双鸭山地区受到周边城市群经济发展的辐射,整体上经济利用效益较好,而三江平原的南部地区,由于人口密集,耕地面积较少,耕地利用经济效益指数相对较低。经济效益评价值得分小于 104.00 的县(市、区)有 8 个,经济效益评价值得分在 104.01 ~ 105.00 之间的县(市、区)有 8 个,经济效益评价值得分在 105.01 ~ 106.99 之间的县(市、区)有 7 个,表明各区域之间的耕地利用经济效益差异较大,各县(市、区)经济耕地利用经济效益程度参差不齐。三江地区各县(市、区)粮食播面单产平均值为 6.21 t/hm²,大于平均水平的县(市、区)有 11 个,2014 年三江平原单位面积总产值平均值为 21 821.91 元/hm²,大于平均水平的县(市、区)有 9 个,均占 45% 左右。农业机械化程度大于平均值的县(市、区)有 7 个,且空间分布差异较大,这主要是受地形和农业现代化水平的影响。

三江平原耕地利用社会效益评价值得分高于 103.00 的地区主要集中在三江平原北部的富锦市、同江市和抚远县,以及三江平原边缘区的虎林市和依兰县,这些县(市、区)地广人稀,人均耕地面积交广,人均粮食产量较高,耕地利用社会效益评价值得分也相对较高。三江平原人均耕地面积约为全国平均水平的 5 倍,各县(市、区)平均值为 0.53 hm²,人均粮食产量平均值为 3 164.49 kg,超过平均值的县(市、区)有 8 个,人均农业国内生产总值和农民人均纯收入平均值分别为 11 514.33、10 244.72 元,高于平均水平的县(市、区)分别有 9、13 个,分别占 40%、56%。表明三江平原水土资源丰富,农业产值相对较高,但农民收入差距较大,收入高的农民集中在佳木斯、鹤岗、双鸭山、鸡西和七台河等 5 个市辖区及其周边县(市、区),这些地区的劳动力转移指数也比较高。

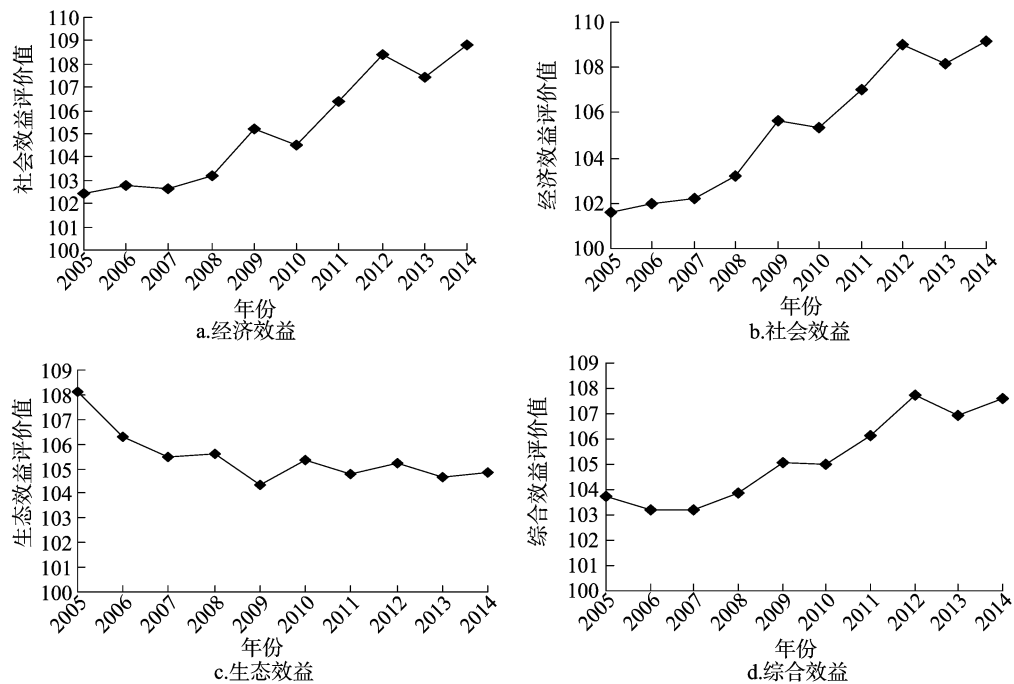


图1 2005—2014 年三江平原耕地利用效益指数变化

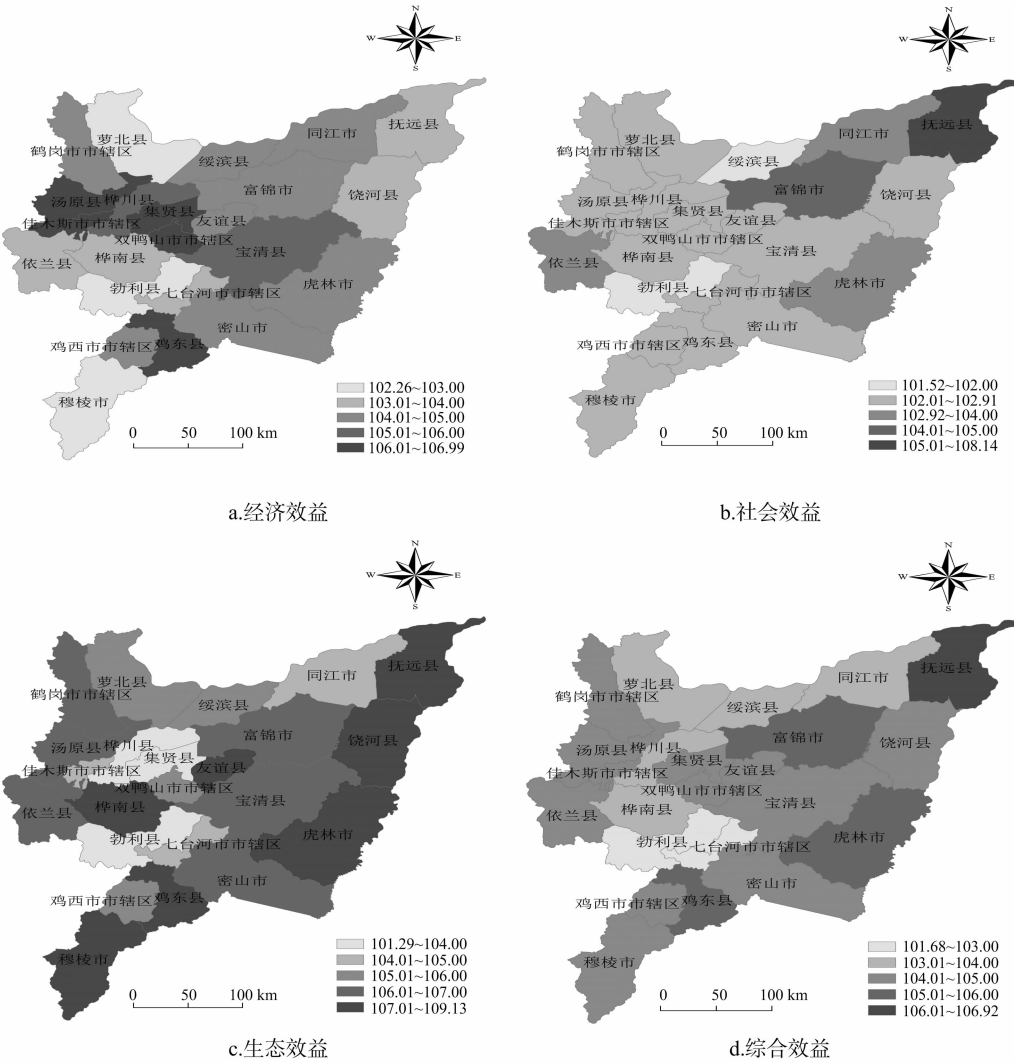


图2 三江平原耕地利用效益指数空间变异

三江平原耕地利用生态效益评价价值得分小于 105.00、105.01~107.00、107.01~109.13 的县(市、区)分别有 6、10、7 个。高值区主要分布在东部平原区,耕地利用的生态效益评价价值得分大于 107.01 的有抚远县、虎林市、穆棱市、友谊县、鸡东县和桦南县,这些地区土壤肥沃、农业现代化程度高,化肥、农药的利用率高,对水体、土壤污染较小。低值区则集中在七台河及其周边地区,影响这些县(市、区)生态效益的主要因素是耕地灌溉面积小、化肥施用量大以及能耗相对较高,其中勃利县、桦川县、集贤县、七台河市市辖区和同江市位于后 5 位。但从整体上看,三江平原地区积极响应国家发展农业建设高水平农业示范区的号召,政府加大农业水利等基础设施投入,耕地有效灌溉面积比率逐年上升,这也使三江平原耕地利用生态效益下降趋势有所缓解,耕地利用可持续度提高。

三江平原耕地利用综合效益评价价值呈东西高、中间低的空间分布形态,这一方面受到地形地理差异的影响,另一方面是由于各县(市、区)农业经济和技术发展水平的差异所致。抚远县的耕地利用综合效益评价价值最高,为 106.93,富锦市、虎林市和鸡东县位于第二梯队,这些耕地利用综合效益评价价值较高的地区主要位于三江平原的东北部,该地区耕地开发时间较短,耕地质量较高,再加上黑龙江省农垦系统归属其中,机械化程度较高,整体上耕地利用综合效益较好。三江平原耕地利用综合效益评价价值得分小于 103.00 的有七台河市市辖区和勃利县,其余县(市、区)耕地利用综合效益评价价值得分均在 103.01~105.00 之间,表明三江平原大部分县(市、区)的耕地利用综合效益均处于中等水平,还有较大的提升空间。

4 结论与讨论

三江平原耕地利用经济效益、社会效益和综合效益在时间序列上曲线重合度较高,表现为波动上升,期间 2010、2013 年遭受自然灾害,耕地利用综合效益评价价值出现小幅度回落,生态效益评价价值在 2005—2009 年持续下降,2009 年以后变化态势逐渐趋于平稳。10 年间,耕地利用效益的提高主要依赖于粮食产量、农业机械化程度、农民人均纯收入的增长与万元产值能耗的降低。

三江平原耕地利用效益空间变异较大,呈明显的东西高、中间低的空间分布形态,各县(市、区)的农业生产水平不均衡发展,耕地利用效益高值区集中在三江平原东北部低平原区,耕地利用综合效益较高的地区有抚远市、富锦市、虎林市和鸡东县。对耕地利用效益空间差异影响较大的指标有农业机械化程度、万元产值能耗、农民人均纯收入,表明三江平原耕地利用技术、劳动力资源的区域分配不平衡和农民的贫富差距较大。

未来三江平原在大力发展农业的同时更应重视耕地利用综合效益的提高,根据三江平原各县(市、区)耕地利用效益的空间差异,制定相应的区域规划,引导各区域经济、社会和生态效益协调发展。依靠科技进步增加粮食播面单产,提高

农业生产效率,减小农业机械化水平和能耗的空间差异,在耕地利用过程中控制农药、化肥施用量的增长,增加耕地有效灌溉面积,提高耕地资源的有效利用率。

运用 ArcGIS 技术可以直观地反映三江平原各县(市、区)耕地利用效益水平的相对空间分布,可为建立耕地利用效益动态监测平台提供理论依据。此外,由于客观条件的局限性,在今后的研究中,还须进一步优化耕地利用效益评价指标体系,减小评价结果与实际值的偏差。

参考文献:

- [1] 刘琼峰,李明德,段建南,等. 基于 GIS 的湖南省耕地利用效益时空变异研究[J]. 经济地理,2013,33(9):142-147.
- [2] 李 俏,谷国锋,姚 丽,等. 黑龙江垦区耕地利用效率变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(4):30-35.
- [3] 李瑞华,李明秋. 河南省耕地利用效益时空分异及驱动因素研究[J]. 地域研究与开发,2010,29(1):109-112.
- [4] 刘吉平,赵丹丹,田学智,等. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力[J]. 生态学报,2014,34(12):3234-3244.
- [5] 王 娟,于凤荣,孙晓兵,等. 三江平原耕地后备资源评价及空间特征分析[J]. 现代化农业,2016(5):59-62.
- [6] 宋开山,刘殿伟,王宗明,等. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报,2008,63(1):93-104.
- [7] Todkari G U, Suryawanshi S P, Suryawanshi M V, et al. Agriculture landuse pattern in solapur district of Maharashtra[J]. International Journal of Agriculture Sciences,2010,2(2):1-8.
- [8] Herdt A R, Byeongsu Kim A, Taton T A. Encapsulated magnetic nanoparticles as supports for proteins and recyclable biocatalysts[J]. Bioconjugate Chemistry,2007,18(1):183-189.
- [9] Vitousek P M, Naylor R, Crews T, et al. Nutrient imbalances in agricultural development[J]. Science,2009,324(5934):1519-1520.
- [10] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报,1999,54(3):241-246.
- [11] 黄秋昊,蔡运龙. 国内几种土地利用变化模型述评[J]. 中国土地科学,2005,19(5):25-30.
- [12] 林庶民. 耕地利用效益时空差异:基于山东省的实证研究[J]. 内蒙古农业大学学报(社会科学版),2007,9(2):97-100.
- [13] 牛海鹏,张安录. 耕地利用生态社会效益测算方法及其应用[J]. 农业工程学报,2010,26(5):316-323.
- [14] 陈美球,黄 靓,蔡海生,等. 鄱阳湖区土地健康评价[J]. 自然资源学报,2004,19(2):170-175.
- [15] 宋 戈,梁海鹏,林 佳,等. 黑龙江省垦区耕地利用综合效益评价及驱动力分析[J]. 经济地理,2010,30(5):835-840.
- [16] 李丰玉,董子铭. 基于层次分析法(AHP)的休闲农业产业集群竞争力评价指标体系[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):484-486.
- [17] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江统计年鉴 2006—2015[M]. 北京:中国统计出版社,2006—2015.