

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.07.019

基于 TOPSIS 和热点分析的高标准农田建设优先区选择

赵冬玲¹ 何珊珊¹ 林尚纬¹ 张婷婷¹ 杨建宇^{1,2} 张超^{1,2}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 国土资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100035)

摘要: 高标准农田建设是保护优质耕地,保障粮食安全的战略部署,合理规划建设时序和空间布局是科学、高效进行高标准农田建设的前提。以河北省涿州市为研究区,按照国家对高标准农田建设区域的基本要求,构建了耕地综合质量评价指标体系,以规则网格为评价单元,基于 TOPSIS 模型对高标准农田建设优先度进行了综合评价计算,并采用热点分析方法划定了高标准农田建设一级优先区、二级优先区和不宜建设区。研究结果表明:涿州市中部和西南部区域耕地立地条件较优,基础设施较好,适宜建设高标准农田,列入一级优先建设区和二级优先建设区,面积占比分别为 38.4% 和 31.8%;西部和东部部分乡镇不宜建设高标准农田。研究结果可为高标准农田建设优先区选择提供指导,为下一步的整治方向提供依据。

关键词: 高标准农田建设; 优先区; 网格; TOPSIS; 热点分析

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)07-0153-06

Selection of High-standard Farmland Construction Priority Area Based on TOPSIS and Hotspot Analysis

ZHAO Dongling¹ HE Shanshan¹ LIN Shangwei¹ ZHANG Tingting¹ YANG Jianyu^{1,2} ZHANG Chao^{1,2}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory for Agricultural Land Quality Monitoring and Control, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: High-standard farmland construction is a strategic deployment to protect the high quality cultivated land and ensure food security. It is a prerequisite for scientific and efficient construction of high-standard farmland to set rational planning of construction sequence and spatial layout. According to the requirements of high-standard farmland construction, firstly, an index system was established to response to cultivated land comprehensive quality. Secondly, TOPSIS model was chosen to evaluate the high-standard farmland construction priority in the grid environment. Thirdly, hotspot analysis method was adopted to zone high-standard farmland construction priority areas into top priority areas, the secondary priority areas and the unfavorable construction areas. The results showed that it was suitable to construct high-standard farmland in the central and southwestern areas of Zhuozhou City, where cultivated land site condition and infrastructure condition were better. These areas were zoned into top priority construction areas and the secondary priority areas, with area proportions of 38.4% and 31.8%. It was unsuitable to construct high-standard farmland in some township of western and eastern regions. The results can provide scientific guidance for zoning high-standard farmland construction priority areas and indicate the direction of land consolidation.

Key words: high-standard farmland construction; priority area; grid; TOPSIS; hotspot analysis

引言

近几年国家高度重视高标准农田建设,建设高标准农田是新形势下对耕地保护制度的一个创新,

是实现耕地保护向数量质量并重保护的一个重要途径,是改造传统农业、发展现代农业的重要途径,有利于发挥组织效应,实现规模化经营^[1]。高标准农田建设优先区空间布局是农用地整治的空间布局和

收稿日期: 2016-10-27 修回日期: 2016-12-27

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201511010-06)

作者简介: 赵冬玲(1961—),女,副教授,主要从事工程测量及航空摄影测量研究,E-mail: zhaodongling@cau.edu.cn

通信作者: 杨建宇(1974—),男,教授,博士生导师,主要从事 3S 技术及其土地应用研究,E-mail: ycyjyang@cau.edu.cn

时序安排,是编制土地整治规划的基础和依据,可为高标准农田建设项目实施提供参考。

众多学者已经从土地整治战略设计、土地整治实践和对策、理论发展与实践创新等角度进行了分析研究^[2],并且取得了诸多成果。在国家政策的大背景下,高标准农田建设的研究已陆续出现,但与耕地保护、耕地整理相比,高标准农田建设的研究尚处于起步阶段,相关研究主要集中在政策标准^[3]、理论研究^[1-2]以及建设区域划定^[4-6]等方面。耕地入选高标准农田建设区域的评价体系还处于探索阶段,评价指标不够客观、标准,建设时序与空间布局的研究较少;在实践中,地方政府和耕地管理部门在高标准农田建设中,往往出现主观性大,重数量轻质量的问题,将一些破碎、质量差、整治难度大的耕地划为优先建设区,导致建设难度和成本大幅增加,建成后难以达到高标准农田的基本要求^[7]。在评价模型与方法上,多采用 LESA^[8]、多因素综合评价法^[9]、物元分析法^[10]等, TOPSIS (Technique for order preference by similarity to an ideal solution) 是一种常用的多目标决策分析法,具有计算简便,分析结果较合理,应用灵活等特点,得到了广泛应用^[11-12],但该方法在耕地评价中鲜有涉及,本文选用该方法进行高标准农田建设优先度评价。在高标准农田建设布局中,耕地质量空间属性越来越受到重视,常采用空间聚类^[13-14]和空间自相关分析^[7, 15-16]等方法,但这些研究多以行政区为单元,难以进行层次化管理,不利于信息检索与更新,而网格是对地理空间的规则划分,具有打破行政单元,提高管理效率的优点^[17]。本文以空间网格为评价单元,采用 TOPSIS 模型和热点分析方法,解决高标准农田建设优先区空间布局问题,并以河北省涿州市为研究区,对本文的研究方法进行实验,以期对涿州市土地整治规划与高标准农田建设提供支撑。

1 研究思路与方法

高标准农田指土地平整、集中连片、设施完善、农电配套、土壤肥沃、生态良好、抗灾能力强,与现代农业生产和经营方式相适应的旱涝保收、高产稳产,划定为永久基本农田的耕地^[3]。依据高标准农田标准,本文考虑高标准农田建设优先在耕地立地条件较优、基础设施较完备、区位条件较好的区域开展,这些区域稍加整治就可以达到高标准农田要求。基于以上分析,本文将耕地自然条件、耕地空间形态、基础设施水平、区位条件的综合定为耕地综合质量,耕地综合质量的评价结果可作为高标准农田建设优先度评价的标准,即耕地综合质量越高,越优先

建设成为高标准农田。

首先,进行网格划分与编码并对原数据进行网格化预处理,其次,构建耕地综合质量评价指标体系,以网格为评价单元程序计算各指标值,采用层次分析法 (Analytic hierarchy process, AHP) 对各指标赋权,并采用 TOPSIS 模型对耕地质量进行综合评价即整治优先度评价。最后,采用热点分析方法对优先度进行局部聚类分析,依据聚类结果划定高标准农田建设优先区。如图 1 所示。

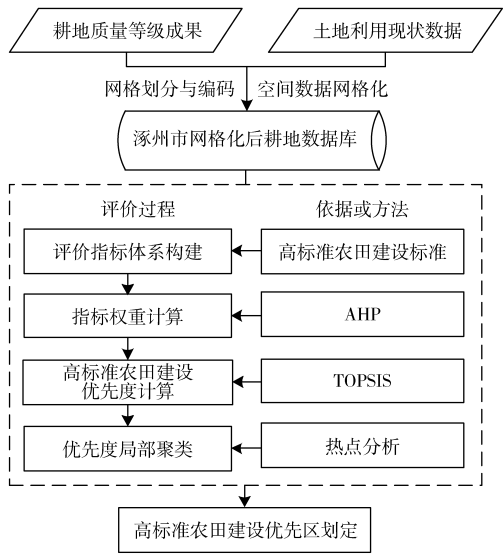


图 1 研究框架

Fig. 1 Research framework

1.1 优先区划分

1.1.1 评价指标体系

定义耕地综合质量是耕地自然条件、空间形态、基础设施水平和区位条件的综合,该定义以高标准农田标准为依据、以农用地分等思想^[18]为基础,增添了表征耕地空间形态、利用设施条件、区位的指标,完善了高标准农田标准中有要求但农用地分等没有体现的指标。自然条件主要指耕地的光温、气候条件、土壤、地形地貌等自然因素,是耕地质量在一定的地理环境中最本质的体现,是比较稳定的自然属性。本文运用已有分等成果中耕地省级自然等指数表征耕地自然质量;耕地空间形态反映了区域内耕地的集中连片性、田块形状复杂度等,是现代规模化农业生产的重要影响因素,选用耕地面积比、田块形状指数、耕地集中连片度 3 个指标表征耕地空间形态;基础设施水平主要包括灌排设施、田间道路条件等,体现人们对耕地的改造和利用程度;区位条件主要包括耕作距离和农贸市场影响度等,反映了耕作便利度以及实施整治工程时的便利程度。运用 AHP 方法确定各指标权重,指标及其权重见表 1。

表 1 耕地综合质量评价指标体系及权重

Tab.1 Indicators and their weighs of cultivated land comprehensive quality evaluation

目标层 <i>T</i>	准则层 <i>G</i> (权重)	指标层 <i>I</i> (权重)	指标说明	指标取向
耕地综合质量	耕地自然质量 <i>G</i> ₁ (0.285)	耕地自然等指数 <i>I</i> ₁ (0.285)	耕地自然条件的综合反映,值越大,耕地自然质量越好	正
		耕地面积比 <i>I</i> ₂ (0.071)	网格单元内耕地面积占网格单元面积的比例	正
	耕地空间形态 <i>G</i> ₂ (0.285)	田块形状指数 <i>I</i> ₃ (0.071)	反映耕地田块的规整度,值越大田块的形状越复杂,越不利于机械耕作	负
		耕地集中连片度 <i>I</i> ₄ (0.143)	耕地图斑集中连片性程度的重要度量,值越大耕地连片程度越高	正
	基础设施水平 <i>G</i> ₃ (0.285)	田间道路密度 <i>I</i> ₅ (0.085)	网格内道路总长度占网格中耕地面积比例	正
		田间道路宽度 <i>I</i> ₆ (0.057)	将长度设为权重的网格内田间道路加权平均宽度	正
		田间沟渠密度 <i>I</i> ₇ (0.086)	网格内沟渠总长度占网格中耕地面积比例	正
		田间沟渠宽度 <i>I</i> ₈ (0.057)	将长度设为权重的网格内田间沟渠加权平均宽度	正
	区位条件 <i>G</i> ₄ (0.145)	耕作距离 <i>I</i> ₉ (0.055)	耕地到所属居民点的距离,值越小耕作便利度和管理水平越高	负
		农贸市场影响度 <i>I</i> ₁₀ (0.090)	耕地到农贸市场的距离,值越小越有利于农业物资运输和农产品销售,耕地经济效益越高	正

1.1.2 TOPSIS 方法

TOPSIS 是一种逼近于理想解的排序法,由 HWANG 等^[11]于 1981 年首次提出,是多目标决策分析中一种常用的有效方法,又称为优劣解距离法。其基本原理是,通过检测评价对象与最优解、最劣解的距离来进行排序,若评价对象最靠近最优解同时又最远离最劣解,则为最好,评价过程^[12]如下:

(1)构建规范化评价矩阵。以 *n* 个规则网格单元作为评价对象集,每个网格有 *m* 个评价指标,采用极差归一化法对各指标去量纲处理,实现数值规范化,构建规范化评价矩阵

$$A = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nm} \end{bmatrix}$$

(1)

(2)构建加权评价矩阵 *B*,其元素为

$$z_{ij} = w_j f_{ij}$$

(2)

式中 *w_j*——各个评价指标的权重
z_{ij}——加权指标值

(3)确定每个指标的正理想解 *B*⁺ 和负理想解 *B*⁻,即

$$B^+ = \{ (\max_i z_{ij} | j \in J), (\min_i z_{ij} | j \in J') \},$$
$$i = 1, 2, \cdots, n = \{ Z_1^+, Z_2^+, \cdots, Z_m^+ \}$$

(3)

$$B^- = \{ (\min_i z_{ij} | j \in J), (\max_i z_{ij} | j \in J') \},$$
$$i = 1, 2, \cdots, n = \{ Z_1^-, Z_2^-, \cdots, Z_m^- \}$$

(4)

式中 *J*——正向指标集 *J'*——负向指标集
Z_j⁺——正理想指标值, *j* = 1, 2, ⋯, *m*
Z_j⁻——负理想指标值, *j* = 1, 2, ⋯, *m*

(4)计算每个网格到正理想解的距离 *S_i⁺* 和到

负理想解的距离 *S_i⁻*,即

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - Z_j^+)^2}$$

(5)

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - Z_j^-)^2}$$

(6)

(5)计算每个网格接近于理想解的相对贴近度

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

(7)

C_i ∈ [0,1],若某网格与正理想解重合,则相应的 *C_i* = 1;若某网格与负理想解重合,则相应的 *C_i* = 0。

1.1.3 热点分析

热点分析 (Getis - Ord*G_i*) 可分析得到高值和低值要素在空间上发生局部聚类的位置。显著的热点区域是为本文中所要寻找的聚类区域,即某网格内耕地综合质量较高,并被质量高的网格包围的局部聚类区域,这些区域耕地综合质量较高,稍加整治就能达到高标准农田要求,应进行优先建设。

采用 Getis - Ord*G_i* 局部统计来指导划分高标准农田建设优先区,公式为

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \right)^2}{n - 1}}}$$

(8)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

其中

(9)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - \bar{X}^2}$$

(10)

式中 *G_i^{*}*——输出统计 *Z* 得分

x_j ——网格 j 的指标得分
 w_{ij} ——网格 i 和 j 之间的空间权重
 n ——网格总数
 $\bar{X}$ ——指标得分均值
 S ——指标得分标准差

当局部总和与所预期的局部总和有很大差异,会产生一个具有显著统计学意义的 Z 得分。本文利用 $Z(G_i^*)$ 将各类耕地利用水平指标划分为 7 种类型:高高相邻、高中相邻、中中相邻、随机、高低相邻、中低相邻、低低相邻。其中高高相邻、高中相邻型是具有显著统一意义的热点聚类区域,该区域内耕地综合质量较好,则可以划分为一级优先建设区。中中相邻,随机,高低相邻地区内耕地综合质量较好,可划分为二级优先建设区域。中低相邻,低低相邻地区耕地综合质量较差,划分为不适宜建设区。

2 研究区与数据预处理

涿州市位于河北省中部,地处太行山山前平原北部,东经 $115^{\circ}44' \sim 116^{\circ}15'$ 、北纬 $39^{\circ}21' \sim 39^{\circ}36'$,东临固安,西接涞水,北通北京,南到高碑店。东西横距 36.5 km,南北纵距 25.5 km。全区总面积 739.67 km^2 ,其中耕地面积 443.54 km^2 ,耕地面积占区域总面积的 60%,区域地势平坦,起伏较小,处于暖温带半湿润季风气候区,四季分明。区域内河流较多,有永定河、白沟河、小清河、玻璃河、北拒马河、胡良河等,适宜小麦、玉米、水稻种植,是黄淮海平原重要粮食产区。涿州市耕地土地利用系数变化幅度较大,证明全市整体水平差异较大,质量较好的耕地分布在中南部,质量较差的耕地分布在东北部和西南部。

涿州市区位特殊,位于京、津、保三角区中心地带,处于太行山山地丘陵区至华北平原区的过渡带,同时处于北京都市城区至保定贫困区的过渡带(图 2),资源整合和治理是京津冀协同发展的先决条件^[19],涿州市在京津冀一体化发展中位于特殊位置。《河北省土地整治规划(2011—2020 年)》指出涿州市是土地整治重点区和示范县,选择该区域进行高标准农田建设优先区布局与整治模式研究,具有较强的典型性和代表性。

所用数据包括 2011 年涿州市耕地质量监测数据库和涿州市 1:10 000 行政区划图,数据均为 shp 格式,包括耕地县级分等单元、面状地物、线状地物、行政区数据等。对以上数据资料进行严格的检查,剔除异常值,确保数据的可靠性。

本文选择 $400 \text{ m} \times 400 \text{ m}$ 尺度^[20]划分规则网格单元,并进行网格权属确定和网格编码。随后进行

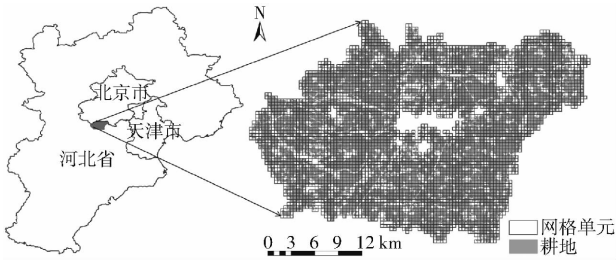


图 2 涿州市区位及空间网格单元

Fig. 2 Geographical position of Zhuozhou City and space grid unit

耕地质量数据和土地利用数据的网格化预处理,以建立起网格与图斑数据之间的空间关系,从而为之后评价指标的网格化计算做准备。涿州市共划分出包含耕地的 4 644 个网格单元,每个网格中耕地面积平均为 9.55 hm^2 ,占网格单元面积的 59.7%。

3 结果与分析

按照 TOPSIS 方法综合评价涿州市耕地综合质量,计算出每个网格的土地整治优先度得分,按自然断点法并辅助手动调整将优先度得分分成 5 个等级(图 3),优先度得分整体分布(图 3b)与省级自然等指数的分布(图 3a)大致相同,涿州市中部地区耕地综合质量较好,西部地区和东部区域综合质量较差。热点分析方法对优先度得分做局部聚类的结果共分为 7 个级别,99% 置信度冷点聚类区(低低相邻),95% 置信度冷点聚类区(低中相邻),90% 置信度冷点聚类区(高低相邻),无显著性聚类,90% 置信度热点聚类区(中中相邻),95% 置信度热点聚类区(高中相邻),99% 置信度热点聚类区(高高相邻),见图 3c。其中低低相邻,低中相邻聚类区划定为不宜进行高标准农田建设的区域,高低相邻、中中相邻聚类区和无显著性聚类区划定为高标准农田建设二级优先区;高中相邻、高高相邻聚类区划定为高标准农田建设一级优先区,一级优先区的优先程度大于二级优先区。

高标准农田建设一级优先区优先度得分为 $0.185 \sim 0.765$,平均得分 0.585,空间上具有显著高值聚集性,共有网格单元 1784 个,占网格单元总数的 38.4%。主要分布于研究区中部的码头镇、刁窝乡、豆庄乡,西南部部分地区松林店镇,研究区的东北部义和庄乡的西南部。这些区域土壤肥沃,地势较低平,交通便利,并且距离市区较近,经济条件优,是高标准农田建设的理想区域。且该区域耕地空间形态得分等级较高,耕地规整、连片性好,利于大规模机械化作业和集中管理,基础设施完善,多位于农业和经济发达的地区,区位条件好,且耕地质量自然

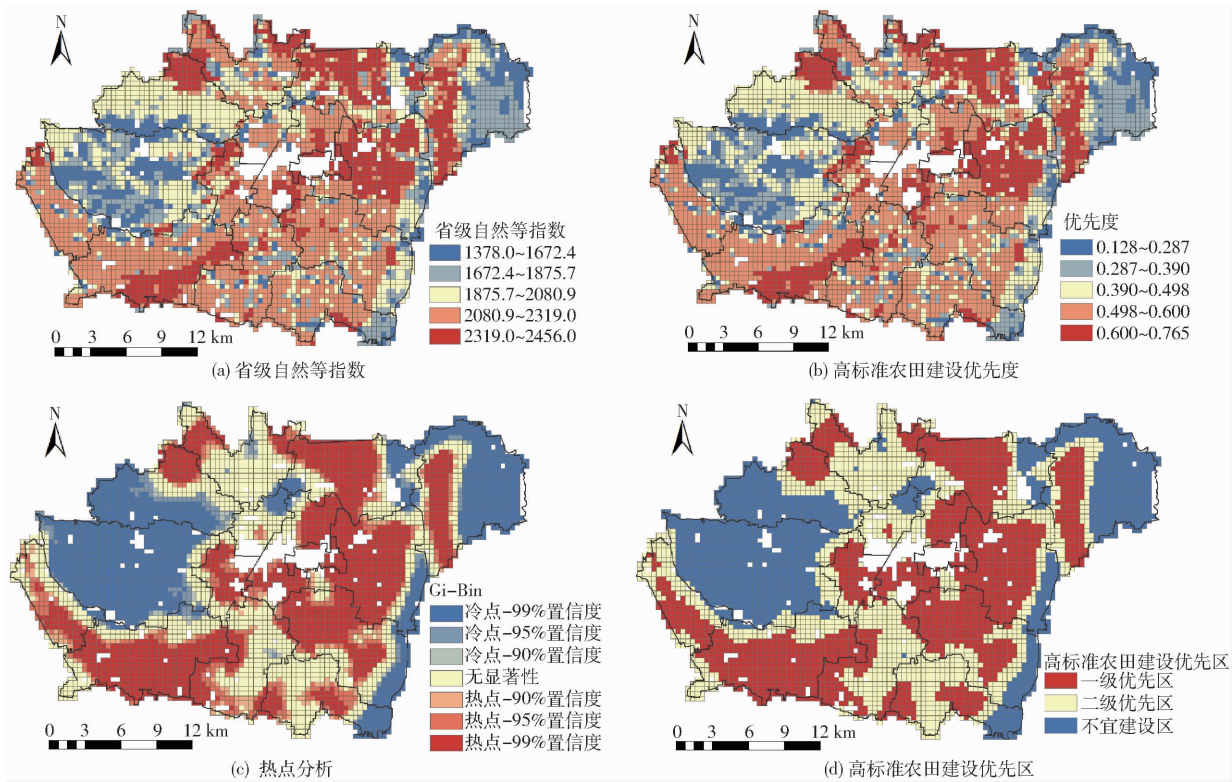


图 3 高标准农田建设优先区划定

Fig. 3 Zoning results of construction area of high standard farmland

等级中高等地聚集分布,耕地产能高,土地整治难度小,因此优先划入高标准农田建设区域,严格禁止非农建设,在最短的时间内建成高标准农田,保障粮食安全。

高标准农田建设二级优先区优先度得分为 0.128~0.749,平均得分 0.473,空间上高值聚集性不够显著,共有网格单元 1478 个,占网格单元总数的 31.8%。在空间上主要分布于研究区中部的东仙坡镇、双塔街道办事处、林家屯乡,该区域具有一定的整治潜力,应该根据高标准农田建设方向进行土地整治,从而使高标准农田的范围进一步扩大。但是该区域相比一级优先区,土地整治难度大,需要投入更多的人力、物力和财力,在建设时序安排上应该靠后,可在完成对一级优先区高标准农田的建设后,综合考虑财政支撑和实际需要等进行建设。

高标准农田不宜建设区优先度得分最低,为 0.126~0.627,平均得分 0.313,共有网格单元 1 382 个,占网格总数的 29.8%。主要分布于研究区西部的东城坊镇、百尺竿镇,和研究区东北部义和庄乡的东部,以及研究区东南部狭长地带。这些区域耕地综合质量较差,集中连片性不高,基础设施不够完善,且耕地自然等指数值较小,立地水平差。因此,该区域土地整治投入大,不宜建设高标准农田。另外,

该区域在区位上离市区和重点乡镇较远,比较偏僻,交通不便,短期内可通过发展特色农业,以农户为主,种植经济作物,提高农民经济收入,并注重生态保护,兼顾耕地的生产和生态功能。

4 结论

(1)构建了耕地综合质量评价指标体系,客观评价了研究区的耕地综合质量,为高标准农田建设优先区选择提供依据,试验表明 TOPSIS 方法和热点分析能够科学合理选择高标准农田建设优先区;将网格化方法应用于高标准农田建设优先区选择中,为现代农田管理与监管问题提供一种解决方案。

(2)采用 TOPSIS 方法,以网格为单元评价了涿州市耕地综合质量,按照得分从高到低划分为 5 级,综合质量较好的耕地分布在中部地区,较差的耕地分布在西部和东部。

(3)采用热点分析方法对优先度进行局部聚类分析,划分了高标准农田建设一级优先区、二级优先区和不宜建设区。一级优先区分布于中部的码头镇等地区,占区域面积的 38.4%;二级优先区分布于中部的东仙坡镇等地区,占区域面积的 31.8%;不宜建设区分布于西部东城坊镇等和东部义和庄乡等地区,占区域面积的 29.8%。

参考文献

- 1 李少帅, 鄯文聚. 高标准基本农田建设存在的问题及对策[J]. 资源与产业, 2012, 14(3): 189–193.
LI Shaoshuai, YUN Wenju. Issues and approaches to the construction of high-standard of basic farmland [J]. Resources & Industries, 2012, 14(3): 189–193. (in Chinese)
- 2 鄯宛琪, 朱道林, 汤怀志. 中国土地整治战略重塑与创新[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 1–8.
YUN Wanqi, ZHU Daolin, TANG Huaizhi. Reshaping and innovation of China land consolidation strategy[J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(4): 1–8. (in Chinese)
- 3 TD/T 1033—2012 高标准基本农田建设标准[S]. 2012.
- 4 唐秀美, 潘瑜春, 刘玉, 等. 基于四象限法的县域高标准基本农田建设布局与模式[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 238–246.
TANG Xiumei, PAN Yuchun, LIU Yu, et al. Layout and mode partition of high-standard basic farmland construction at county level based on four-quadrant method [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(13): 238–246. (in Chinese)
- 5 杨建宇, 徐凡, 赵龙, 等. 基于综合质量空间自相关性分析的耕地保护分区方法[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(3): 156–163. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20170320&flag=1. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.03.020.
YANG Jianyu, XU Fan, ZHAO Long, et al. Protection zoning of cultivated land comprehensive quality based on spatial autocorrelation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(3): 156–163. (in Chinese)
- 6 赵冬玲, 何珊珊, 杨建宇, 等. 基于限制因素和热点分析的耕地质量潜力测算[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(2): 158–164, 157. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20170221&flag=1. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.02.021.
ZHAO Dongling, HE Shanshan, YANG Jianyu, et al. Qualitative potential calculation of arable land consolidation based on limiting factors and hot spot analysis[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(2): 158–164, 157. (in Chinese)
- 7 张超, 张海锋, 杨建宇, 等. 网格环境下县域基本农田建设空间布局方法研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(11): 245–251. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20161134&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.034.
ZHANG Chao, ZHANG Haifeng, YANG Jianyu, et al. Spatial layout of basic farmland construction at county scale in grid environment[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(11): 245–251. (in Chinese)
- 8 边振兴, 杨子娇, 钱凤魁, 等. 基于 LESA 体系的高标准基本农田建设时序研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3): 436–446.
BIAN Zhenxing, YANG Zijiao, QIAN Fengkui, et al. Study on time sequence of high-standard prime farmland based on LESA [J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(3): 436–446. (in Chinese)
- 9 薛剑, 韩娟, 张凤荣, 等. 高标准基本农田建设评价模型的构建及建设时序的确定[J]. 农业工程学报, 2014, 30(5): 193–203.
XUE Jian, HAN Juan, ZHANG Fengrong, et al. Development of evaluation model and determination of its construction sequence for well-facilitated capital farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(5): 193–203. (in Chinese)
- 10 侯俊国. 土地整治对农村主要资源要素整合的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
HOU Junguo. The impact on integration of mainly rural resource elements by the land consolidation[D]. Chongqing: Southwest University, 2013. (in Chinese)
- 11 HWANG C, YOON K. Methods for multiple attribute decision making[M]//HWANG C, YOON K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey, Berlin, Heidelberg: Springer, 1981: 58–191.
- 12 王阳, 王占岐, 陈媛. 基于 TOPSIS 和矩阵法的山区农村居民点整治时序分区研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 324–330, 334.
WANG Yang, WANG Zhanqi, CHEN Yuan. Zoning and time series of mountain rural residential land consolidation based on TOPSIS and prioritization matrix method [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(6): 324–330, 334. (in Chinese)
- 13 杨永侠, 施彦如, 孙婷, 等. 基于空间聚类的西藏耕地后备资源开发组合模型[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(4): 239–247. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160432&flag=1. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.04.032.
YANG Yongxia, SHI Yanru, SUN Ting, et al. Study on the model of exploitation combination of reserved cultivated land resources based on spatial clustering in Tibet[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(4): 239–247. (in Chinese)
- 14 周明, 王占岐. 基于耕地质量和空间聚类的县域基本农田划定——以湖北省团风县为例[J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 316–321.
ZHOU Ming, WANG Zhanqi. Spatial distribution of primary farmland based on cultivated land quality and spatial clustering at county scale[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(5): 316–321. (in Chinese)
- 15 韦仕川, 熊昌盛, 荣乔林, 等. 基于耕地质量指数局部空间自相关的耕地保护分区[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 249–256.
WEI Shichuan, XIONG Changsheng, LUAN Qiaolin, et al. Protection zoning of arable land quality index based on local spatial autocorrelation[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(18): 249–256. (in Chinese)
- 16 杨永侠, 王旭, 孟丹, 等. 基于空间自相关的耕地等别指数检验方法研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(5): 328–335. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20160545&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.045.
YANG Yongxia, WANG Xu, MENG Dan, et al. Test method of cultivated land grading index based on spatial autocorrelation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5): 328–335. (in Chinese)
- 17 沈立宏, 张超, 桑玲玲, 等. 利用网格法确定县域农田整治优先度[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 241–247, 296.
SHEN Lihong, ZHANG Chao, SANG Lingling, et al. Determination of consolidation priority for farmland at county level using grid method [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(18): 241–247, 296. (in Chinese)
- 18 GB/T 28407—2012 农用地分等规程[S]. 2012.
- 19 李鹏山, 吕雅慧, 张超, 等. 基于核密度估计的京津冀地区耕地破碎化分析[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(5): 281–287. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20160538&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.038.
LI Pengshan, LÜ Yahui, ZHANG Chao, et al. Analysis of cultivated land fragmentation in Beijing–Tianjin–Hebei region based on kernel density estimation [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5): 281–287. (in Chinese)
- 20 陈彦清. 网格环境下基于多尺度指标体系的耕地质量评价方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
CHEN Yanqing. Cultivated land quality evaluation method based on multi-scale indicators' system in grid environment [D]. Beijing: China Agricultural University, 2015. (in Chinese)