

基于物元模型的高标准农田建设优先区划定方法

赵冬玲¹ 林尚纬¹ 张 瑛² 周振旭¹ 杜振博¹ 杨建宇^{1,3}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 台州科技职业学院汽车与信息工程学院, 台州 318020;
3. 国土资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100035)

摘要: 以河北省涿州市为研究区,从耕地的立地条件、基础设施、空间布局、生态保护4方面构建高标准农田建设条件评价指标体系,采用层次分析法对各指标赋值,综合计算评价高标准农田建设条件,并采用物元模型对各评价条件进行综合关联度计算,结合限制因素组合法,对各限制因素进行等级划分和个数组合,通过建设条件和限制因素两方面划分高标准农田建设优先区。研究结果表明:涿州市高标准农田建设条件整体较好,其中优先划入区、适宜调入区、重点整治区、后备调控区面积比例分别为17.58%、48.60%、32.70%、1.12%,且优先划入区主要分布在码头镇、刁窝乡、豆庄乡北部以及松林店镇,适宜调入区主要分布在百尺竿镇东部、东城坊镇、义和庄乡西部、刁窝乡以及涿州市南部大部分地区,重点整治区分布在百尺竿镇、东城坊镇以及义和庄乡东部地区,呈现明显的聚集状态,后备调控区分布较少,零散分布于研究区内。研究结果可为高标准农田建设优先区合理划定提供借鉴参考。

关键词: 高标准农田; 优先区划定; 物元模型; 限制因素; 网格

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)06-0167-09

Delineation of High-standard Farmland Construction Priority Area Based on Matter Element Model

ZHAO Dongling¹ LIN Shangwei¹ ZHANG Ying² ZHOU Zhenxu¹ DU Zhenbo¹ YANG Jianyu^{1,3}

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

2. College of Automotive and Information Engineering, Taizhou Vocational College of Science and Technology, Taizhou 318020, China

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

Abstract: The construction of high standard farmland is of great significance to the development of modern agriculture, ensure food security and promote the sustainable development of rural areas. It is an important prerequisite for the construction of high standard farmland by scientifically and rationally delimiting the sequence of priority areas. Taking Zhuozhou City of Hebei Province as an example, from four aspects of cultivated land site conditions, infrastructure, spatial layout and ecological protection, an evaluation index system of high standard farmland construction condition was constructed. Using the analytic hierarchy process (AHP) to evaluate the indexes of each index and comprehensively evaluate the construction conditions of high standard farmland. The matter-element model was applied to calculate the comprehensive correlation degree of each evaluation condition. Through the factor combination method, the limits of limiting factors in each evaluation unit were found, the Zhuozhou high standard farmland construction priority area was finally divided into four grades. The results showed that the construction conditions of high standard farmland in Zhuozhou City was good as a whole, the proportion of the grade 1 of priority construction was 17.58%, the proportion of grade 2 area suitable for adjustment was 48.60%, the area ratio of grade 3 area in the key construction was 32.70%, and the area ratio of reserve regulation area was 1.12%. Grade 1 and grade 2 region showed obvious outward from the center of the diffusion trend and spatial distribution had a strong continuity, suitable for large-scale, high standard farmland construction. The grade 3 area was distributed in the west of Zhuozhou City, the level of restriction factors was high and the number was large, it was a difficult area to build, and the distribution of the grade 4

收稿日期: 2017-12-15 修回日期: 2018-01-10

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

was less. The research results can provide reference for the reasonable delimit and result verification of high standard farmland construction priority area.

Key words: high-standard farmland; priority area delimit; matter element model; limiting factor; grid

0 引言

高标准农田建设对发展现代农业、确保粮食安全和促进农村可持续发展具有重要意义,是保障国家粮食安全的必然要求,是推进农业供给侧结构性改革的重要内容^[1],科学合理地划定优先区时序是高标准农田建设的重要前提。2009—2013年连续5个中央1号文件都强调要加快推进高标准农田建设,《全国高标准农田建设总体规划》指出:到2020年,全国建成集中连片、旱涝保收的高标准农田5 000万 hm^2 ,每公顷粮食综合生产能力提高1 500 kg以上,其中,“十二五”期间建成2 600万 hm^2 。但是,在我国人口数量持续增多、耕地压力不断加大趋势下,“十三五”期间,我国高标准农田建设面临着更加严峻的挑战,《国土纲要十三五规划》明确指出:大力推进土地整治和高标准农田建设,到2020年经整治的基本农田质量平均提高1个等级,2017年2月8日,国务院常务会议强调:要健全规划、资金等统筹机制,按照集中连片、整体推进的要求,协调开展土地平整、灌排沟渠、田间道路、生态保护等建设。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中提出全面划定永久基本农田,大规模推进农田水利、土地整治、中低产田改造和高标准基本农田建设。由此可见,高标准农田建设在“十三五”时期仍然受到国家的高度重视,而如何科学合理的对高标准农田建设优先区进行划定是其研究的重要基础。

国内众多学者已经从土地整治潜力分析^[2-6]、高标准农田建设潜力及区域分布^[7-10]、基本农田划定及建设分区研究^[11-15]、高标准农田建设规范体系^[16-17]等多方面对高标准农田建设进行了研究。综合分析已有成果可以发现大多数研究主要是通过从耕地自然质量、经济效益、社会效益等方面选取多个影响指标,建立一套评价指标体系,根据熵权法^[18-19]等进行赋权,采用不同的评价方法计算得到耕地综合质量,进而对其进行分级和分区。然而,这些研究都将重心集中在指标体系计算的综合得分,而忽略了结果的真实性和准确性,缺乏对评价指标限制程度的分析,例如在生产实践中,地方政府和耕地管理部门在高标准农田建设优先区划定过程中,为了达到预期数量目标,忽略耕地质量的本质和农田建设的限制条件,从而导致划定的高标准农田出

现了部分区域地形破碎、整治难度大、质量不达标等情况。

本文以河北省涿州市为例,通过构建高标准农田建设条件评价指标体系并依此划分建设条件等级,同时通过物元模型等对影响高标准农田建设的限制因子条件进行关联度综合计算,根据计算结果划分隶属度和统计限制因素等级及个数,并与建设条件等级进行叠加对比分析,从而得到最终优先区划分结果。

1 研究区域概况与数据

1.1 研究区域概况

河北省涿州市位于河北省中部,保定市北部,太行山东麓平原,经纬坐标范围分别是:115°44′~116°15′E,39°21′~39°36′N,东西相距36.5 km,南北相距25.5 km,总面积742.5 km^2 ,人口59.4万;境内地形总体特征是西高东低,全境地处太行山前倾斜区,由西北向东南倾斜,全市地势平坦,起伏较小;大陆性季风气候特点显著,属暖温带半湿润季风区,四季分明,年平均降水量547.3 mm。市内河流较多,有永定河、白沟河、小清河等,属海河流域,大清河水系;2014年全市耕地共分为8个国家级自然质量等别,为8~15等,其中水田469.45 hm^2 、水浇地36 991.36 hm^2 、旱地8 106.53 hm^2 。《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划定研究具有较强的代表性和象征性。涿州市地理位置如图1所示。

1.2 数据来源及处理

研究数据主要包括:2014年涿州市1:10 000耕地质量等别数据;涿州市土地利用现状数据和部分行政区边界数据,主要用来计算道路、沟渠等距离耕地图斑的通达度;《涿州市土地利用总体规划(2010—2020年)》、《河北省涿州市2014年度耕地质量等别年度更新评价分析报告》、GB/T 28407—2012《农用地质量分等规程》(以下简称《规程》)^[20]、林业部门统计数据等辅助分析资料;涿州市2014年统计年鉴。

为确保数据的真实性、有效性和一致性,首先检查数据来源及格式,以及数据属性表是否完整;其次进行计量单位的统一和规范,并进行地图投影和坐标转换等操作;分类提取线状地类数据中的道路以

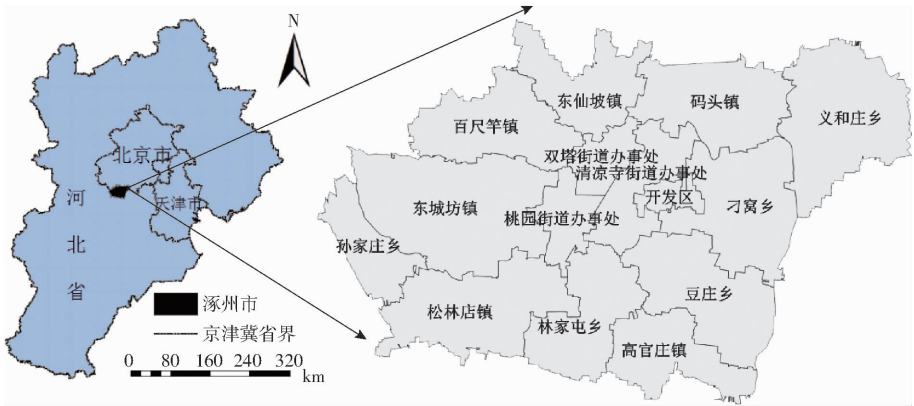


图 1 涿州市位置图
Fig. 1 Position map of Zhuozhou City

及沟渠等作为后续指标计算的基础数据。

2 研究思路与方法

2.1 研究思路

以网格为评价单元具有打破行政单元约束、易于空间定位、提高信息检索与更新效率、切实反映耕地综合质量状况,相对更加准确,指标获取和衡量相对容易等优点^[21],因此本文利用 ArcGIS 10.2 中的生成渔网功能,选择 1 km × 1 km 尺度进行网格单元划分,将耕地图斑和线状地类进行相关叠加分析,最后涿州市共划分为 838 个网格单元。TD/T 1033—2012《高标准基本农田建设标准》中提到:高标准农田建设是以建设高标准基本农田为目标,在本区域开展的土地整治活动,建设内容主要包括土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程、农田防护与生态环境保持工程以及其他工程等^[1]。因此本文严格按照标准中提到的建设要求与内容,以评价分析研究区高标准基本农田建设条件和按照建设内容选取评价指标、查找限制因素两方面为出发点,首先选取平均自然等指数、灌溉保证率、排水条件、道路通达度、耕地面积比、分维数、景观破碎度、防护林比例 8 个指标构建高标准农田建设条件评价指标体系,利用 AHP 法^[22]对各指标赋权,通过计算综合评价得分分析涿州市高标准农田建设条件情况,并进行等级划分;其次,利用物元分析^[23-25]法,对耕地立地条件、基础设施条件、空间布局条件、生态保护条件 4 个限制因素进行物元分析计算,评价各单元的隶属度,根据隶属度高低划分等级,通过因素组合法统计所有单元的限制因素等级个数组合,并将统计结果与高标准农田建设条件等级进行叠加对比分析,进而确定最终的高标准农田建设优先区。具体研究流程见图 2。

2.2 构建评价指标体系

首先严格按照高标准农田建设标准要求中提到

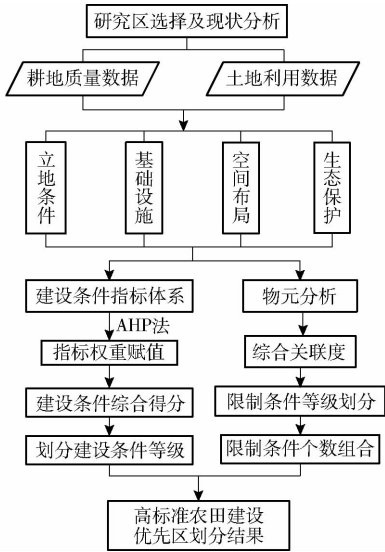


图 2 研究流程图
Fig. 2 Flow chart of study

的地面坡度大于 25° 的区域为禁止区域,对研究区进行坡度分析,结合研究区实际情况,涿州市耕地起伏较小,因此忽略地形坡度方面的因素。其次,综合考虑影响高标准农田建设条件的各类影响因素,尽量弥补前人研究中评价指标体系遗漏以及剔除冗余的指标。标准中提到:全国农用地质量分等成果中的优等、高等、中等级耕地是高标准农田的重要组成部分,因此本文的耕地立地条件通过选取平均自然等指数这一指标进行评判;空间布局条件通过选取耕地面积比、分维数两个指标进行表征,依次反映建设区的土地利用结构与地块形状复杂度;高标准农田须具备建设必需的水利、交通等骨干工程设施,同时还需耕作条件便利,耕作距离适中,本文选取灌溉保证率、排水条件、道路通达度 3 个指标反映田间基础设施建设条件;农田防护与生态环境保持工程也是高标准农田建设内容之一,本文的生态保护条件包括景观破碎度和防护林比率,综合反映生态环境和抗灾能力大小;然后利用 AHP 法计算各指标权重,结果如表 1 所示。

表 1 涿州市高标准农田建设条件评价指标体系及权重

Tab.1 Evaluation index system and weight of high standard farmland construction conditions in Zhuozhou City

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标属性	指标层权重	相关性
高标准农田建设条件	立地条件 C_1	0.540 8	平均自然等指数 T_1	农田的自然条件和本底质量	1	正
	基础设施 C_2	0.201 5	灌溉保证率 T_2	农田的防旱能力	0.209 8	正
			排水条件 T_3	农田的防涝、渍和盐碱能力	0.240 2	正
			道路通达度 T_4	农田地块的耕作便利程度	0.55	正
	空间布局 C_3	0.145 1	耕地面积比 T_5	网格内耕地的占地比率	0.75	正
			分维数 T_6	耕地田块形状复杂程度	0.25	负
	生态保护 C_4	0.112 6	景观破碎度 T_7	农田的破碎程度	0.25	负
			防护林比率 T_8	农田防护林占农田的比率	0.75	正

2.3 指标计算及优先区等级划定

2.3.1 耕地立地条件

由于耕地立地条件代表了耕地的自然禀赋属性,耕地整体质量越高,越有利于高标准农田建设,已有的耕地自然等别数据能很好地反映每个地区的耕地自然质量,因此本研究选取涿州市耕地自然等别数据,采用面积加权法计算每个评价单元内的平均自然等指数,以此反映耕地自然条件的高低。计算公式为

$$T_i = \left(\sum_{i=1}^n R_i S_i \right) / \sum_{i=1}^n S_i \tag{1}$$

式中 T_i ——地块 i 的平均自然等指数
 n ——评价单元内的地块数量
 S_i ——地块 i 的面积, m^2
 R_i ——地块 i 的自然等指数

2.3.2 基础设施条件

灌溉保证率 T_2 :参照涿州市农用地分等数据、统计年鉴及灌区分布图、水井有效控制灌溉面积等,依据充分满足、基本满足、一般满足、无灌溉条件,对每个地块进行相应的指标分值打分,并进行数据标准化处理,采用面积加权法计算每个评价单元的平均得分。

排水条件 T_3 :根据线状沟渠数据,通过 ArcMap10.2 中 ArcToolBox 工具的近邻分析功能,计算每一地块和周围沟渠的最近距离,以此表征农田的排水条件高低,距离越近,排水条件越好,计算公式为

$$T_3 = \left(\sum_{i=1}^n D_i S_i \right) / \sum_{i=1}^n S_i \tag{2}$$

式中 D_i ——地块 i 到最近沟渠的距离, m

道路通达度 T_4 :此指标是影响田间基础设施的重要影响因素,本文根据每一地块到农村道路的最近距离表达,借助上述近邻分析功能计算,距离越近,道路通达度越高,以此表征农田的道路通达情况。

2.3.3 空间布局条件

耕地面积比 T_5 :耕地面积直接影响高标准农田

建设的资金投入以及建设方式选择,本文通过统计每一评价单元内耕地面积占比来综合反映耕地面积比。

$$T_5 = \sum_{i=1}^n S_i / A \tag{3}$$

式中 A ——评价单元的面积, m^2

分维数 T_6 :分维数描述耕地田块形状的复杂程度,其值越大,说明形状越复杂, T_6 越小,代表越有规律、几何形状趋于简单,形状越简单的田块对高标准农田建设越有利。

$$T_6 = \frac{2 \ln \frac{L_i}{4}}{\ln A_i} \tag{4}$$

式中 A_i ——田块 i 的面积, m^2
 L_i ——田块 i 的周长, m

2.3.4 生态保护条件

景观破碎度 T_7 :景观破碎程度高低不仅反映地块破碎化程度,而且破碎度高的地块生态性脆弱,直接影响了农田的抗灾能力。

$$T_7 = n / A \tag{5}$$

防护林比率 T_8 :防护林密度高的地区能明显增强农田抵御自然灾害的能力,改善生态景观,提高粮食生产保障能力。

$$T_8 = F / A \tag{6}$$

式中 F ——评价单元内的防护林面积, m^2

2.4 物元模型

物元的概念是将事物的质和量完美的结合在一起,当可拓集合的元素是物元时,构成的可拓集合就是可拓物元集,在可拓物元集上建立的模型就是物元模型。本文利用物元模型对影响高标准农田建设的 4 个条件进行分析,通过计算关联函数确定各评价单元的隶属度,根据隶属度高低划分各评价单元等级。具体计算过程如下:

(1) 建立待判物元矩阵

给定事物的名称 M 、特征 C 及特征向量 X ,以有序三元组 $R = (M, C, X)$ 作为描述该事物的基本物

元。如果该事物有多个特征, $\mathbf{M}$ 以 n 个特征 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 和相应的向量 $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n$ 来描述, 则可表示为

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} & C_1 & \mathbf{X}_1 \\ \mathbf{M} & C_2 & \mathbf{X}_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & \mathbf{X}_n \end{bmatrix} \tag{7}$$

式中 $\mathbf{R}$ ——待判物元矩阵

(2) 确定经典域矩阵和节域矩阵为

$$\mathbf{R}_p = \begin{bmatrix} & C_1 & (a_{p1}, b_{p1}) \\ \mathbf{M}_p & C_2 & (a_{p2}, b_{p2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{pn}, b_{pn}) \end{bmatrix} \tag{8}$$

$$\mathbf{R}_B = \begin{bmatrix} & C_1 & (a_{B1}, b_{B1}) \\ \mathbf{B} & C_2 & (a_{B2}, b_{B2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{Bn}, b_{Bn}) \end{bmatrix} \tag{9}$$

式中 $\mathbf{R}_p$ ——经典域矩阵 $\mathbf{M}_p$ ——评价等级
 $\mathbf{R}_B$ ——节域矩阵 $\mathbf{B}$ ——全体评价等级
 a_{pn} ——特征 C_n 对应经典域矩阵的最小值
 b_{pn} ——特征 C_n 对应经典域矩阵的最大值
 a_{Bn} ——特征 C_n 对应节域矩阵的最小值
 b_{Bn} ——特征 C_n 对应节域矩阵的最大值

(3) 确定关联函数, 计算关联度为

$$K_j(\mathbf{X}_i) = \begin{cases} -\frac{\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_0)}{|\mathbf{X}_0|} & (\mathbf{X} \in \mathbf{X}_0) \\ \frac{\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_0)}{\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_1) - \rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_0)} & (\mathbf{X} \notin \mathbf{X}_0) \end{cases} \tag{10}$$

其中

$$\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_0) = \left| \mathbf{X} - \frac{1}{2}(a_{pn} + b_{pn}) \right| - \frac{1}{2}(b_{pn} - a_{pn}) \tag{11}$$

$$\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_1) = \left| \mathbf{X} - \frac{1}{2}(a_{Bn} + b_{Bn}) \right| - \frac{1}{2}(b_{Bn} - a_{Bn}) \tag{12}$$

式中 $\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_0)$ ——点 $\mathbf{X}$ 与待判物元 $\mathbf{R}$ 的经典域区间距离

$\rho(\mathbf{X}, \mathbf{X}_1)$ ——点 $\mathbf{X}$ 与待判物元 $\mathbf{R}$ 的节域区间距离

$K_j(\mathbf{X}_i)$ ——待判物元 $\mathbf{R}$ 各指标关于各评价等级的归属程度, 并以此数值的大小来确定该物元的等级, 关联函数的值域为 $(-\infty, +\infty)$

若 $K_j(\mathbf{X}_i) = \max K_j(\mathbf{X}_i) (j = 1, 2, \dots, m)$, 则待判物元

第 i 个指标隶属于等级 j 。

(4) 计算综合关联度并确定等级

$$K_j(\mathbf{M}_i) = \sum_{i=1}^n w_i K_j(\mathbf{X}_i) \tag{13}$$

式中 w_i ——对应指标 C_i 的权重

$K_j(\mathbf{M}_i)$ ——土地利用系数指标单元关于等级 j 的综合关联度

若 $K_j(\mathbf{M}_i) = \max K_j(\mathbf{M}_i) (j = 1, 2, \dots, m)$, 则 $\mathbf{M}_i$ 属于等级 j 。

2.5 限制因素等级修正

通过建立高标准农田建设条件评价指标体系计算综合得分并划分等级的方法存在一定的误差和局限性, 比如等级划分依据不合理、缺乏对限制因素的考虑等情况, 因此本研究从限制条件的限制程度角度对高标准农田建设条件评价等级结果进行二次修正。即以 2.4 节中物元分析结果为基础, 通过统计分析每一评价单元 4 个准则层建设条件中 1 级、2 级、3 级的个数, 其中 1 级代表建设条件为高限制性, 2 级代表建设条件为中等限制水平, 3 级代表低限制性水平, 采用限制因素组合法, 按照顺序对个数进行组合, 如表 2 所示, “004”表示评价单元 4 个建设条件中包含 0 个高限制条件, 0 个中限制条件, 4 个低限制条件, 从而依据评价单元内各限制因素占高、中、低限制条件的个数并结合建设条件评价等级进行涿州市高标准农田建设优先区最终划定, 具体划分规则如表 2 所示。

表 2 优先区划定规则
Tab.2 Rule of priority area delimit

限制因素 个数组合	高标准农田建设条件等级		
	1 级	2 级	3 级
004			
013			
022		适宜调入区	优先划入区
031			
040	重点整治区		
103			
112		重点整治区	适宜调入区
121			
130			
202			
211			重点整治区
220	后备调控区	后备调控区	
301			后备调控区
310			

3 结果与分析

3.1 建设条件等级划分

通过 ArcGIS 10.2 中的 FishNet 工具创建网格,

并经网格和耕地数据的空间连接、空间叠加,依据表3所示的指标赋分规则进行打分,根据建设条件综合得分,采用自然间断点法将涿州市高标准农田

建设条件等级由低到高依次划分为1级、2级、3级3个等级,等级分值区间分别为[48,64),[64,80),[80,92),空间可视化结果如图3所示。

表 3 评价单元赋分规则
Tab.3 Rule of evaluation unit value

因素分值	平均自然等指数	灌溉保证率	排水条件	道路通达度	耕地面积比	分维数	景观破碎度	防护林比率
100	2 400 ~ 2 600		0 ~ 10	0 ~ 10	0.9 ~ 1.0	1.00 ~ 1.04	0.08 ~ 0.14	> 0.7
90	2 200 ~ 2 400	80 ~ 90	10 ~ 50	10 ~ 20	0.8 ~ 0.9	1.04 ~ 1.08	0.14 ~ 0.20	0.6 ~ 0.7
80	2 000 ~ 2 200	70 ~ 80	50 ~ 100	20 ~ 30	0.7 ~ 0.8	1.08 ~ 1.12	0.20 ~ 0.26	0.5 ~ 0.6
70	1 800 ~ 2 000	60 ~ 70	100 ~ 200	30 ~ 40	0.6 ~ 0.7	1.12 ~ 1.16	0.26 ~ 0.32	0.4 ~ 0.5
60	1 600 ~ 1 800	50 ~ 60	200 ~ 400	40 ~ 50	0.5 ~ 0.6	1.16 ~ 1.20	0.32 ~ 0.38	0.3 ~ 0.4
50	1 400 ~ 1 600	40 ~ 50	400 ~ 800	50 ~ 60	0.4 ~ 0.5	1.20 ~ 1.24	0.38 ~ 0.44	0.2 ~ 0.3
40	1 200 ~ 1 400	30 ~ 40	800 ~ 1 000	60 ~ 70	0.3 ~ 0.4	1.24 ~ 1.28	0.44 ~ 0.50	0.1 ~ 0.2
30	1 000 ~ 1 200		1 000 ~ 1 200	70 ~ 80	0.2 ~ 0.3	1.28 ~ 1.32	0.50 ~ 0.56	0.01 ~ 0.1
20	800 ~ 1 000		1 200 ~ 1 400	80 ~ 100	0.1 ~ 0.2	1.32 ~ 1.36	0.56 ~ 0.62	0 ~ 0.01
10	600 ~ 800		> 1 400	> 100	0 ~ 0.1	> 1.36	> 0.62	0

3.2 物元分析计算

通过对耕地立地条件、基础设施条件、空间布局条件、生态保护条件这4类综合指标进行物元分析计算,经典域矩阵和节域矩阵设置为

$$R_1 = M_1 \begin{bmatrix} [T_1 \quad 618 \quad 1\,400] \\ [T_2 \quad 30 \quad 50] \\ [T_3 \quad 1\,000 \quad 2\,100] \\ [T_4 \quad 200 \quad 430] \\ [T_5 \quad 0 \quad 0.2] \\ [T_6 \quad 0.008 \quad 1] \\ [T_7 \quad 1.8 \quad 2] \\ [T_8 \quad 0 \quad 0.01] \end{bmatrix}$$

$$[R_2 = M_2 \begin{bmatrix} [T_1 \quad 1\,400 \quad 2\,000] \\ [T_2 \quad 50 \quad 70] \\ [T_3 \quad 200 \quad 1\,000] \\ [T_4 \quad 50 \quad 200] \\ [T_5 \quad 0.2 \quad 0.6] \\ [T_6 \quad 0.004 \quad 0.008] \\ [T_7 \quad 1.4 \quad 1.8] \\ [T_8 \quad 0.01 \quad 0.2] \end{bmatrix}$$

$$[R_3 = M_3 \begin{bmatrix} [T_1 \quad 2\,000 \quad 2\,456] \\ [T_2 \quad 70 \quad 90] \\ [T_3 \quad 0 \quad 200] \\ [T_4 \quad 0 \quad 50] \\ [T_5 \quad 0.6 \quad 1] \\ [T_6 \quad 0 \quad 0.004] \\ [T_7 \quad 1 \quad 1.4] \\ [T_8 \quad 0.2 \quad 1] \end{bmatrix}$$

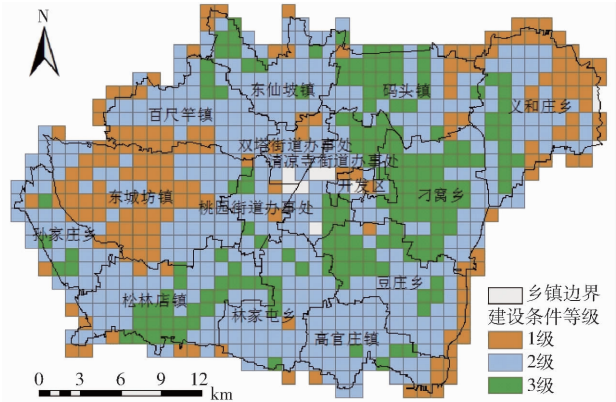


图 3 建设条件等级分布

Fig.3 Grade distribution map of construction conditions

$$R_H = H \begin{bmatrix} [T_1 \quad 618 \quad 2\,456] \\ [T_2 \quad 30 \quad 90] \\ [T_3 \quad 0 \quad 2\,100] \\ [T_4 \quad 0 \quad 430] \\ [T_5 \quad 0 \quad 1] \\ [T_6 \quad 0 \quad 0.1] \\ [T_7 \quad 1 \quad 2] \\ [T_8 \quad 0 \quad 1] \end{bmatrix}$$

然后按照式(10)~(12)进行综合关联度计算,并对结果进行等级划分,结果如表4所示。

3.3 限制因素等级修正

根据3.2节计算结果,对涿州市838个评价单元的立地条件、空间布局、基础设施、生态保护4个限制因素进行分析,分别统计每个单元隶属于1级、2级、3级不同限制程度等级的因素个数,例如表4中的评价单元1:生态保护条件等级为1,空间布局条件为2,耕地立地条件和基础设施条件均为3,则1、2、3级(高、中、低)个数分别为1、1、2。

表4 高标准农田建设条件限制等级组合

Tab.4 Restricted level combination of high standard farmland construction conditions								
序号	耕地立地条件等级	空间布局条件等级	基础设施条件等级	生态保护条件等级	1级个数	2级个数	3级个数	限制因素个数组合
1	3	2	3	1	1	1	2	112
2	3	1	3	1	2	0	2	202
3	2	1	1	1	3	1	0	310
4	2	2	3	2	0	3	1	031
5	2	1	3	1	2	1	1	211
6	3	1	1	1	3	0	1	301
7	3	1	2	1	2	1	1	211
8	3	2	3	1	1	1	2	112
9	3	2	3	2	0	2	2	022
10	2	2	3	1	1	2	1	121
11	3	1	3	2	1	1	2	112
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
838	2	1	1	1	3	1	0	310

然后统计得到所有单元的限制因素等级个数组合,经统计,涿州市限制因素等级个数组合一共有14种类型,如表2所示,其中004、013、022、031、040高限制因素均为0个,说明开展高标准农田建设难度不高,应优先考虑进行划定,301、310高限制因素均为3个,代表建设难度较大,应最后考虑。最后,结合限制因素等级个数情况和建设条件评价等级两方面考虑,经修正后的涿州市高标准农田建设优先区划定结果如图4所示。

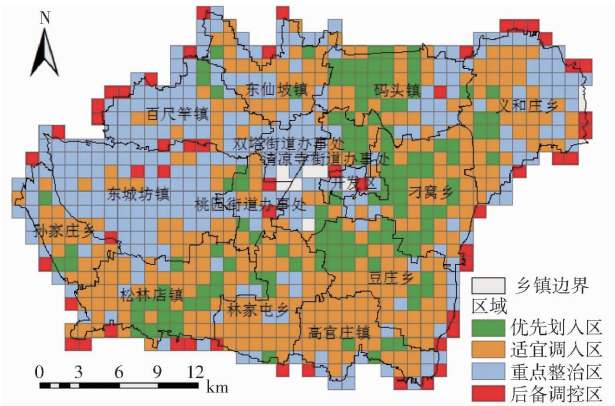


图4 涿州市高标准农田建设优先区分布图
Fig.4 Distribution map of high standard farmland construction priority area in Zhuozhou City

为了将最终划分结果落实到耕地图斑上,本文通过 ArcGIS 10.2 中的分类导出数据、叠加分析等操作,通过一一对应关系,将评价网格单元内的耕地图斑按照面积占优法、坚持保留图斑原始边界的原则分别赋以相应的等级,最后显示结果如图5所示。

3.4 优先区结果分析

优先划入区是涿州市整体建设条件最佳区域,建设条件综合得分在80以上,总面积8 008.72 hm²,占涿州市耕地总面积的17.58%。主要分布在涿州市自东北向西南一带,涉及码头镇、刁窝乡、豆庄乡北

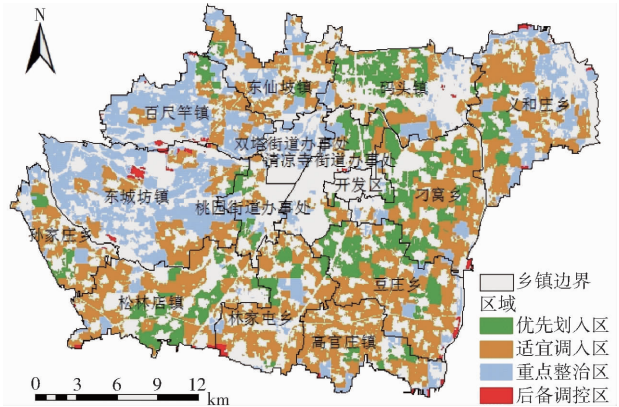


图5 优先区图斑等级分布图
Fig.5 Grade distribution plaque map of priority area

部、松林店镇地区,这些地区耕地自然质量等别高、田块连片性好、耕地产能优良,围绕在涿州市中心城镇周边,交通便利,经济条件优越,建设条件均为最高级别(3级),且限制因素以低限制水平为主,无高限制性因素,相对于其他地区来说进行土地整治工程所需投入少且难度低,收益持续稳定升高。因此该地区应优先划定为高标准农田建设区,严禁非农建设,加大对其保护力度以确保粮食安全。

适宜调入区分布范围较为广泛,主要分布在百尺竿镇东部、东城坊镇、义和庄乡西部、刁窝乡以及涿州市南部大部分地区。该地区耕地自然本底质量较高,且灌溉排水、道路通达度等田间基础设施完善,建设条件得分在64~92之间,具有理想的高标准农田建设条件基础,且限制因素以中低限制水平为主,部分地区有1个高限制因素,稍加整治就可达到高标准农田标准,该地区总面积22 145.34 hm²,占涿州市耕地总面积的48.60%,不仅占地面积多而且分布较为集中,利于大规模机械化和规模化生产,同时在空间分布上与优先划入区紧密相邻,具备连片开发建设的基础,可通过自上而下全方位的开

展高标准农田建设条件改进工程,主要开展集中连片工程、修复老旧设施、增加防护林提高耕地生态环境和抗灾能力等为主,与已划定的高标准农田区形成设施配套一体化、高产稳产的建设格局。

土地整治重点地区总面积为 14 907. 20 hm²,占涿州市耕地总面积的 32. 70%,分布相对集中,主要以百尺竿镇、东城坊镇为主,此外义和庄乡以及其它乡镇少有分布,这些地区耕地自然等别较低,与东部具有明显的差距,且基础设施老旧、损毁严重,地势较高,水资源短缺,生态环境脆弱,抗灾能力不足,建设基础条件较差,且大部分有 1 或 2 个高限制性水平因素,土地整治难度相对较大,但面积相对较多,是土地整治高难度地区,可以在建设完适宜调入区之后,进行基础设施、资金、人力、物力等基础投入,充分调动农村集体经济及组织和农民的积极性,整治和保护协同并进。

后备调控区耕地面积共 506. 10 hm²,占涿州市耕地面积的 1. 12%,主要分布在东城坊镇北部以及其它涿州市边缘地区,这些地区不仅建设条件综合得分较低,平均在 60 分以下,而且限制因素条件大于等于 3 个,土地整治投入大,不适宜进行高标准农田建设。随着城市未来发展建设速度的加快,该地区耕地稳定性持续下降,极易被占用。因此该区域可作为后备开发区,可考虑作为其他建设用地开发对象。

4 结 论

(1)以网格为评价单元对涿州市进行了高标准

农田建设条件评价,打破了行政边界的限制,通过网格计算影响高标准农田建设条件的评价指标使计算结果更加客观合理,并且将最后优先区划定结果落实到耕地图斑上,可视化效果更为直观、逼真。通过引用物元模型对影响建设条件的因素进行限制因素等级个数组合分析,并将分析结果应用到优先区时序划分上,建设条件综合得分结合限制性因素难度个数组合的划分优先区方法,使耕地数量、质量、生态以及整治难度 4 个特性结合在一起,使划分结果更加科学合理。

(2)涿州市高标准农田建设条件整体较高,其中适宜划定为高标准农田建设区(优先划入区和适宜调入区)的面积之和占了涿州市耕地总面积的 66. 18%,耕地自然质量以及田间基础设施、空间布局、生态保护等条件均处于中上水平,优先区等级呈现中部高、四周偏低,东部南部高、西部低的规律。其中优先划入区以中等生态条件限制因素为主,今后应在现有优越农田质量的基础上加强环境保护和生态建设工程为主,促进可持续发展;适宜调入区以高限制生态保护条件和高限制空间形态、基础设施条件为主,该区域应继续加强防护林等生态保护工程,同时翻新破旧基础设施,进行复杂地块的外形规整、连片建设工程等;重点整治区空间形态、基础设施、生态保护条件均为高限制性,可进行土地综合整治,力争提高整体建设条件和质量;后备调控区均为高限制因素,可结合土地利用规划进行适宜开发和建设,为其它地区提供资源后备存储。

参 考 文 献

1 TD/T 1033—2012 高标准基本农田建设标准[S]. 2012.

2 张一飞,黄劲松,沈秀峰,等. 以定级为基础的农用地整理潜力测算方法研究[J]. 地域研究与开发, 2005, 24(2):96-100.
ZHANG Yifei, HUANG Jingsong, SHEN Xiufeng, et al. Research on estimation of farmland rearrangement potential based on farmland classification[J]. Areal Research and Development, 2005, 24(2): 96-100. (in Chinese)

3 张瑞娟,姜广辉,周丁扬,等. 耕地整治质量潜力测算方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14):238-244.
ZHANG Ruijuan, JIANG Guanghui, ZHOU Dingyang, et al. Calculation method of qualitative potential of farmland consolidation [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(14): 238-244. (in Chinese)

4 闫东浩,侯森兴,朱德举,等. 耕地整理潜力测算[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3):257-261.
YAN Donghao, HOU Senxing, ZHU Deju, et al. Estimation of cultivated land consolidation potential [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 257-261. (in Chinese)

5 马春艳,王占岐,易平. 基于 ArcGIS 的耕地整治潜力测算与分级研究——以湖北省房县为例[J]. 水土保持研究, 2015, 2(1):207-211.
MA Chunyan, WANG Zhanqi, YI Ping. Study on the potential calculation and classification of farmland remediation based on ArcGIS[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 2(1):207-211. (in Chinese)

6 刘文智,陈亚恒,李新旺,等. 基于产能的耕地整理数量质量潜力测算方法研究——以河北省卢龙县为例[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3):227-231.
LIU Wenzhi, CHEN Yaheng, LI Xinwang, et al. Study on the quantitative and qualitative potential of farmland consolidation on production capacity — a case study on Lulong county[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(3):227-231. (in Chinese)

7 杨伟,谢德体,廖和平,等. 基于高标准基本农田建设模式的农用地整治潜力分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(7):219-229, 298.
YANG Wei, XIE Deti, LIAO Heping, et al. Analysis of consolidation potential of agricultural land based on construction mode of

- high-standard basic farmland [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(7): 219–229, 298. (in Chinese)
- 8 郑新奇, 杨树佳, 象伟宁, 等. 基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 66–71. ZHENG Xinqi, YANG Shujia, XIANG Weining, et al. Spatial planning method for the basic farmland protection based on the farmland classification [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 66–71. (in Chinese)
- 9 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 modepartition 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)
- 10 王璐. 海阳市高标准基本农田建设分区及整治工程类型研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2014. WANG Lu. Research on construction partition and rearrangement project type of well-facilitated capital farmland in Haiyang City [D]. Ji'nan: Shandong Normal University, 2014. (in Chinese)
- 11 李婷, 林爱文, 高云, 等. 高标准基本农田建设分区研究——以湖北省赤壁市为例[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(2): 396–399. LI Ting, LIN Aiwen, GAO Yun, et al. Research on high standard basic farmland construction zoning—taking Chibi City of Hubei Province as an example [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(2): 396–399. (in Chinese)
- 12 王新盼, 姜广辉, 张瑞娟, 等. 高标准基本农田建设区域划定方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 241–250. WANG Xinpan, JIANG Guanghui, ZHANG Ruijuan, et al. Zoning approach of suitable areas for high quality capital farmland construction [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(10): 241–250. (in Chinese)
- 13 钱凤魁, 王秋兵, 李娜. 基于耕地质量与立地条件综合评价的高标准基本农田划定[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 225–232. QIAN Fengkui, WANG Qiubing, LI Na. High-standard prime farmland planning based on evaluation of farmland quality and site conditions [J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(18): 225–232. (in Chinese)
- 14 王莹. 约束的 LESA 模型在高标准基本农田建设区划定中的应用研究: 以广西桂平市为例[D]. 南宁: 广西师范学院, 2014. WANG Ying. The application research of constrained LESA model in well-facilitated capital farmland construction area planning: a case study of Guangxi, Guiping city [D]. Nanning: Guangxi Teachers Education University, 2014. (in Chinese)
- 15 赵冬玲, 何珊珊, 林尚纬, 等. 基于 TOPSIS 和热点分析的高标准农田建设优先区选择[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(7): 153–158. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170719&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.07.019. ZHAO Dongling, HE Shanshan, LIN Shangwei, et al. Selection of high-standard farmland construction priority area based on TOPSIS and hotspot analysis [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(7): 153–158. (in Chinese)
- 16 李琪. 浅论地方性高标准基本农田建设规范体系的完善[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(7): 25–28.
- 17 王涛. 浅谈开展土地整治建设高标准基本农田的经验[J]. 新农村: 黑龙江, 2012(13): 25–28.
- 18 倪九派, 李萍, 魏朝富, 等. 基于 AHP 和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 202–209. NI Jiupai, LI Ping, WEI Chaofu, et al. Potentialities evaluation of regional land consolidation based on AHP and entropy weight method [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(5): 202–209. (in Chinese)
- 19 李萍, 魏朝富, 邱道持. 基于熵权法赋权的区域耕地整理潜力评价[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 536–541. LI Ping, WEI Chaofu, QIU Daochi. Potentiality evaluation of regional cultivated land consolidation and rehabilitation based on entropy weight method: a case study of Chongqing municipality [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 536–541. (in Chinese)
- 20 GB/T 28407—2012 农用地质量分等规程[S]. 2012.
- 21 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)
- 22 CAY T, UYAN M. Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP) [J]. Land Use Policy, 2013, 30(1): 541–548.
- 23 葛安华, 姚向楠, 战智强. 基于物元模型的供应链绩效评价研究[J]. 工业工程与管理, 2014(3): 40–46. GE Anhua, YAO Xiangnan, ZHAN Zhiqiang. Research on the performance evaluation of supply chain based on matter element model [J]. Industrial Engineering and Management, 2014(3): 40–46. (in Chinese)
- 24 赵冬玲, 林尚纬, 杨建宇, 等. 基于分等因素组合和物元分析的耕地质量潜力研究[J/OL]. 农业机械学报, 2018, 49(4): 181–191. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20180421&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2018.04.021. ZHAO Dongling, LIN Shangwei, YANG Jianyu, et al. Potential of cultivated land quality based on combination of grading factors and matter element analysis [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(4): 181–191. (in Chinese)
- 25 廖慧斌. 江西省开发区土地集约利用评价研究[D]. 南昌: 江西师范大学, 2011. LIAO Huipin. Study on the evaluation of land intensive use in Jiangxi Development Zone [D]. Nanchang: Jiangxi Normal University, 2011. (in Chinese)