

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2018.07.014

基于田块尺度的高标准农田建设空间形态判别研究

李少帅^{1,2} 鄢文聚² 曹文静³ 金晓斌⁴ 李红举² 张 超⁵

(1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 国土资源部土地整治中心, 北京 100035;
3. 深圳市房地产评估发展中心, 深圳 518040; 4. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093;
5. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 鉴于高标准农田工程布局、结构具有自身特殊性以及相较于一般农田具有空间形态上的显著差异,本研究基于农田田块尺度,以《高标准农田建设通则》为评价出发点,从田块规模、田块形态、农田道路、灌排设施和农田防护等方面构建了一套高标准农田建设合规性评价指标体系,利用布尔型赋值方式和短板原理综合评价高标准田块建设的质量和状况,并以吉林省松原市土地整治项目区为例进行试验实证。研究表明:从农田建设规范的内涵出发,构建的评价体系能有效测度不同维度和不同方面的高标准农田建设效果;提出的方法体系可进一步挖掘高标准农田建设工程的短板,为下一步改进工程措施和提高建设的合理性提供依据;试验区契合与不契合高标准农田建设标准的田块分别占总面积的 78.2% 和 11.8%。

关键词: 土地整治; 高标准农田; 建设标准; 空间形态; 田块尺度

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)07-0112-07

Spatial Morphology Identification of Well-facilitated Farmland Construction Based on Patch Scale

LI Shaoshuai^{1,2} YUN Wenju² CAO Wenjing³ JIN Xiaobin⁴ LI Hongju² ZHANG Chao⁵
(1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China
2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resource, Beijing 100035, China
3. Center for Assessment and Development of Real Estate, Shenzhen, Shenzhen 518040, China
4. School of Geography and Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China
5. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Well-facilitated farmland construction is an important strategy to ensure food safety. It is meaningful for improving regulation efficiency to quickly determine whether farmland construction is of high standard or not. Well-facilitated farmland has its remarkable features in engineering layout and structure, and has distinctive spatial morphology compared with regular farmland. In order to quickly recognize well-facilitated farmland, based on patch scale, a system for identifying spatial pattern was established, considering patch size, patch shape index, spatial relationship of patch with pathway, irrigation channel, drainage and shelter. Using this system, the case of Songyuan land consolidation project located in Jilin Province was looked into, and it was found that 129 patches (78.2% of the total cultivated land area) completely met the criteria of well-facilitated farmland, and 43 patches can not completely meet criteria. These 43 patches were characterized by the spatial structure below the form requirements for strip farmland, insufficient farmland shelter construction and irrigation facilities. The results indicated that spatial morphology can be regarded as an important criterion for judging whether a farmland was well-facilitated or not. The morphology can not only help recognize the patches that met the requirement of well-facilitated farmland construction, but also analyze the insufficiencies in constructing a well-facilitated farmland. The research result can provide reference for improving the current regulation system of well-facilitated farmland construction.

Key words: land consolidation; well-facilitated farmland; construction standard; spatial morphology; patch scale

0 引言

高标准农田建设是保障国家粮食安全、实施藏粮于地的重大战略部署,对提高农民收入、促进现代农业发展和推进美丽乡村建设具有重要意义。《全国高标准农田建设规划》提出,到 2020 年全国建成高标准农田 0.53 亿 hm^2 ;2016 年中央一号文件进一步明确,到 2020 年确保建成 0.53 亿 hm^2 、力争建成 0.67 亿 hm^2 高标准农田;党的十八大以来,全国通过土地整治等措施已经建成高标准农田约 0.32 亿 hm^2 ^[1];高标准农田建设投入资金大、建设工程多、涉及面广,建后监测监管面临严峻考验。当前,以国土资源遥感监测“一张图”和综合监管平台为依托,实现高标准农田图斑上图入库、信息集中统一管理,是国家层面实时掌握、动态监管高标准农田建设范围、规模和主要工程等信息的重要方式之一,但由于监管平台在一定程度上存在重数量轻质量、重内容轻功能、重要素轻成效等问题,使得管理部门难以有效掌握农田的建设成效和建设标准是否契合高标准农田的相关规范要求。

目前,国内学者对高标准农田建设开展了有关研究,主要包括:高标准农田建设选址^[2-4]、时序安排^[5-7]、适宜性评价^[8-10]、绩效评估等^[11-14]。其中,涉及高标准农田监管的研究主要集中在两方面:一是利用遥感技术和地理信息系统技术识别高标准农田建设区的单项工程完成情况或工程建设质量^[15-19],如土地平整度、农田水利设施完备度、道路通达度等;二是利用景观指数法度量高标准农田建设前后田块破碎度的变化情况^[20-23],该方法大多基于土地利用变更调查数据,侧重于分析高标准农田建设前后耕地破碎度的变化情况,受数据比例尺和精度限制,较少考虑宽度小于 2 m(南方小于 1 m)的沟、渠、路等基础设施以及农田防护工程设施的建设成效。

针对高标准农田工程布局、结构具有自身特殊性以及相较于一般农田具有空间形态上的显著差异,本研究基于农田田块尺度,以高标准农田建设内涵为评价出发点,从田块规模、田块形态、农田道路、灌排设施和农田防护等方面构建一套高标准农田建设质量评价的指标体系,并利用布尔型赋值方式和短板原理综合评价高标准田块建设的合规情况,最后以吉林省松原市土地整治项目区为例进行试验实证。

1 研究区与数据源

以吉林省松原市前郭尔罗斯蒙古族自治县额如

乡土地整治项目区为研究区(图 1),本研究区位于东经 $124^{\circ}48' \sim 124^{\circ}54'$,北纬 $44^{\circ}56' \sim 45^{\circ}59'$,总面积 1 477.7 hm^2 。研究区地形平坦开阔,地势南高北低,属温带大陆性季风气候区,主要种植水稻。针对整治区灌排系统不完善、抗风能力弱、局部田块较破碎等问题,通过土地整治活动,采取修建灌排渠沟、栽植防护林、土地平整和完善田间道路体系等方式提高了整治区抗灾能力和现代农业生产能力,促进农业生产的规模化和机械化。本研究涉及的空间数据主要为土地整治项目规划图和项目竣工后影像图,分别源自该县土地整治项目初步设计方案和项目竣工后的高分 2 号卫星遥感影像,影像空间分辨率 0.8 m,时相为 2015 年 5 月 10 日;通过对遥感影像进行辐射定标、大气校正和融合处理后,以项目区规划图为基准对影像数据进行几何校正和裁减等预处理。

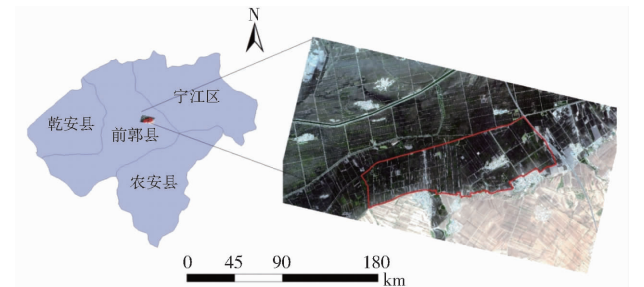


图 1 研究区位置及遥感影像图
Fig.1 Study area and remote sensing imagery

2 研究方法

2.1 评价技术路线

本研究主要分为 4 个步骤:①要素提取。综合监督分类、与规划图相互验证和实地踏勘等方式,提取经预处理后的研究区遥感影像内的耕地图斑、田间道路工程、灌排渠沟和防护林等线状、面状空间要素信息。②田块生成。参考《高标准农田建设通则》关于田块的定义和田块空间特征,将研究区内田间道路、渠、沟等空间线性信息予以分类合并,以此进行空间拓扑检查和处理,修改悬挂点和自相交等错误,以此形成的边界体系作为农田田块的分割界线,而当灌排沟渠体系与农田道路彼此相邻时以农田道路视为田块界线,在此基础上将田块界线叠加到耕地图斑内,分割后形成农田田块。③评价体系构建。基于高标准农田建设规范和相关要求,以农田田块为评价基本单元,从田块规模、形态、灌溉排水、田间道路和防护工程配套等方面构建高标准农田建设空间形态的评价体系。④基于构建的评价体系,利用布尔型二值数据赋值方式对田块规模、形态、农田交通水利和防护林等指标分别赋值,最后结

合短板原理综合评价高标准农田建设的合规情况。其评价技术路线如图 2 所示。

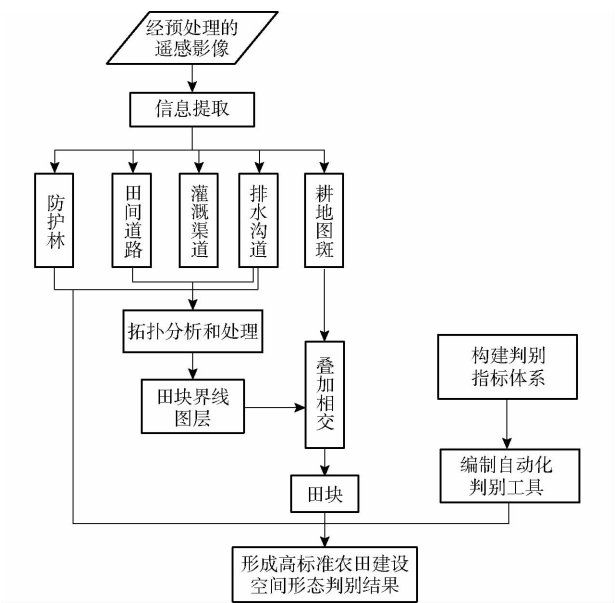


图 2 评价技术路线图
Fig. 2 Flow chart of technical roadmap

2.2 评价体系构建

2.2.1 指标选取及量化

根据《高标准农田建设通则》，高标准农田建设是为建设高标准农田、改善或消除主要限制性因素、全面提升农田质量而开展的土地平整、土壤改良、灌溉与排水、田间道路、农田防护与生态环境保护、农田输配电以及其他工程建设的活动。上述工程类型中，土地平整工程与田块形态密切相关。土壤改良工程不具备空间特征。灌溉与排水、田间道路工程与灌排渠沟、道路的布局密切相关。立足于本研究区实际，农田防护工程与防护林的布局密切相关。农田输配电工程主要服务于水利工程，不需考虑其空间形态。综上，以田块为判别单元，从田块规模与形态、灌溉渠道、排水沟、田间道路、农田防护林等指标可综合判别高标准农田建设的空间形态。

(1) 田块规模指标 (AI)

该指标对应于高标准农田建设的土地平整工程。根据《高标准农田建设通则》有关要求，田块规模应在 1~30 hm² 之间。田块规模过小不利于机械化，规模过大则说明水利、交通等配套设施不足。田块规模小于 1 hm²，AI 为 0；田块规模介于 1~30 hm² 之间时，AI 为 1；田块规模大于 30 hm² 时，AI 为 2。

(2) 田块形态指标 (SSI)

该指标对应于高标准农田建设的土地平整工程。《高标准农田建设通则》要求平原区田块应修筑为条田，为便于机械化作业，条田的几何形状一般需近似于长方形。在判别田块形态方面，现有研究

主要通过景观指数法中的形状指数来分析田块的破碎化程度^[21-23]，然而形状指数主要用来判别对象与正方形的相似程度^[24]，不适合判别长方形。本文提出了判别田块长方形形态的方法，其思路是用几何旋转卡壳算法^[25]生成田块的最小面积外接矩形，然后通过计算田块规模与最小面积外接矩形面积的比值(图 3)得出

$$SSI = Aa / AR \tag{1}$$

式中 AR——田块最小面积外接矩形的面积
Aa——田块规模

SSI 越大(最大值为 1)，田块形状越接近长方形。参考相关研究，SSI 的阈值设置为 0.8，当 SSI≥0.8 时，田块近似于长方形，符合条田形态，此时 SSI 为 1；当 SSI<0.8 时，田块形状与长方形差异较大，不符合条田形态，SSI 为 0。

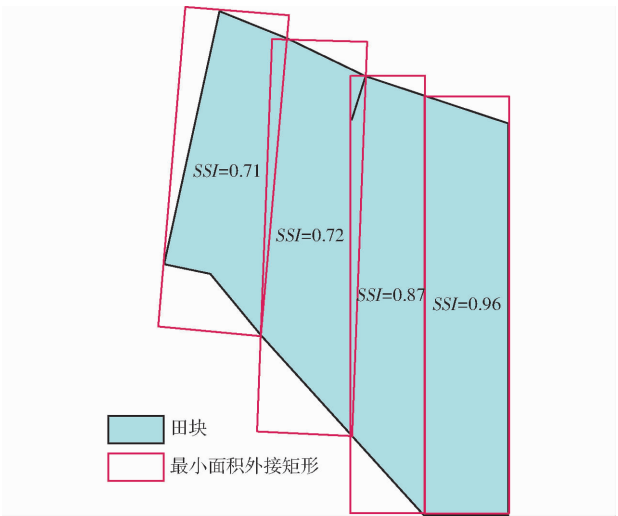


图 3 田块形态指标计算示意图
Fig. 3 Schematic diagram of strip land shape index calculation

(3) 道路通达指标 (RI)

该指标对应于高标准农田建设的田间道路工程。《高标准农田建设通则》要求平原区田间道路通达度要达到 100%，即每个田块均要有田间道路相连。反映在空间关系上，当田块与道路相切(式(2))或相交(式(3))时^[26]视为田块道路通达，RI 为 1；反之，RI 为 0。

$$\phi \neq L \cap \partial A \ \& \ \phi = L \cap A^\circ \tag{2}$$

$$\phi \neq L \cap \partial A \ \& \ \phi \neq L \cap A^\circ \tag{3}$$

式中 L——道路、灌溉设施或排水设施等线型基础设施

A——田块 ∂A——A 的边界

A°——A 的内部

(4) 灌溉设施配套指标 (CI)

该指标对应于高标准农田建设的灌溉与排水工程。《高标准农田建设通则》规定了不同类型区农

田的灌溉保证率。在空间上,每个田块应与灌溉渠道相连以确保能够得到灌溉。当田块与灌溉渠道相切(式(2))或相交(式(3))时视为灌溉渠道配套, CI 为 1;反之, CI 为 0。

(5)排水设施配套指标(DI)

该指标对应于高标准农田建设的灌溉与排水工程。要求排水沟布置应与渠、路、林相协调,及时排除积水。在空间上,每个田块应与排水沟相连以确保能够及时排水。当田块与排水沟相切(式(2))或相交(式(3))时视为排水设施配套, DI 为 1;反之, DI 为 0。

(6)农田防护指标(PI)

该指标对应于高标准农田建设的农田防护与生态环境保护工程。针对高标准农田建设区域面临的自然灾害限制因素,农田防护工程包括农田林网、岸坡防护、沟道治理和坡面防护工程。因本研究区主要面临风害,只涉及农田防护林工程,需根据农田防护林的实际布局计算处于农田防护状态下的田块面积。一般说来,农田防护林防风范围最多不超过树高的 30 倍^[27],按树高 20 m 计算,农田防护林防风距离约 600 m。在空间上计算农田防护范围的方法如下:首先,按式(4)判断防护林是否为直线^[28],如非直线则在拐点处将其分割,然后分别计算分割后的防护林与主风害方向夹角,按式(5)分别提取农田防护林背风侧缓冲区并求并集,并集后的缓冲区与田块交集则为农田防护区。鉴于《高标准农田建设通则》要求农田防护比例不低于 90%,单个田块

农田防护面积占田块面积 90% 以上(含 90%)的,满足农田防护要求, PI 为 1;反之,不满足农田防护要求, PI 为 0。

$$d = |Ax + By + C| / \sqrt{A^2 + B^2}$$

(4)

其中

$$B = \{x | d_1(x) \leq 600 \sin \alpha\}$$

(5)

式中 $Ax + By + C$ ——过首末点的直线方程
(x, y)——相邻 3 点中相对中间的点坐标
 d ——该中间点到直线 $Ax + By + C$ 的距离,
本文设置当 d 小于 5 m 时判别为直线
 B ——农田防护林背风侧缓冲区
 $d_1(x)$ ——背风侧与农田防护林的距离
 α ——主风害风向与分割后防护林的夹角

2.2.2 综合评价体系

以田块为评价基本单元,依上述选取的田块规模、田块形态、道路通达、灌溉设施配套、排水设施配套、农田防护等 6 个指标逐个排序,采取 6 位编码方式自左向右逐个对田块的各个评价维度进行赋值,其中每位编码代表相应评价指标的指标值。利用短板原理进行综合维度评价,当且仅当评价田块的 6 位编码值全都为 1 时,表征通过土地整治活动后建成的田块符合高标准农田建设的相关规定和要求;反之,评价田块在规模、形态和配套等某个或多个方面存在不足,尚不能满足高标准农田的建设要求。基于此,建立基于农田田块建设质量的编码值体系,用于从多维度分析田块的高标准建设情况(表 1)。

表 1 高标准农田建设空间形态判别综合判别指标编码值及其含义

Tab.1 Identification index of spatial morphology of well-facilitated farmland construction, index codes and their meaning

编码位数	对应指标	编码值		
		0	1	2
1	田块规模(AI)	田块规模小	田块规模适中	田块规模大
2	田块形态(SI)	不是条田	是条田	
3	道路通达(RI)	田间道路不通达	道路通达	
4	灌溉设施配套(CI)	缺少灌溉设施	灌溉设施配套	
5	排水设施配套(DI)	缺少排水设施	排水设施配套	
6	农田防护(PI)	农田防护不到位	具备防护能力	

3 研究结果

3.1 遥感影像信息提取结果

研究区遥感影像的耕地和相关工程信息提取结果如图 4 所示。研究区耕地面积 1 423.46 hm²,占研究区面积的比例为 96.35%。研究区田间道路 147 条,总长 85.29 km;各级灌溉渠道 137 条,总长 70.72 km;各级排水沟道 104 条,总长 88.7 km;对研究区内农田具有防护作用的研究区内外防护林带 15 条。上述信息提取结果已经过实地验证并修正,验证结果表明,有 3 条灌溉渠道因防护林遮挡而漏

判,无误判情况。

将提取的田间道路、渠、沟等信息合并为一个图层,经过拓扑分析和处理后,与耕地图斑叠加,生成田块 172 个(图 4b)。其中,最大田块规模 22.2 hm²,最小田块规模 0.53 hm²,平均田块规模 8.23 hm²。

3.2 高标准农田建设质量评价结果

在提取研究区工程和田块信息的基础上,利用 Python 语言,根据构建的高标准农田建设空间形态判别指标编制判别工具。使用该工具对田块规模和形态,田块与田间道路、灌溉渠道、排水沟、农田防护范围之间的空间关系进行判别,形成判别结果。

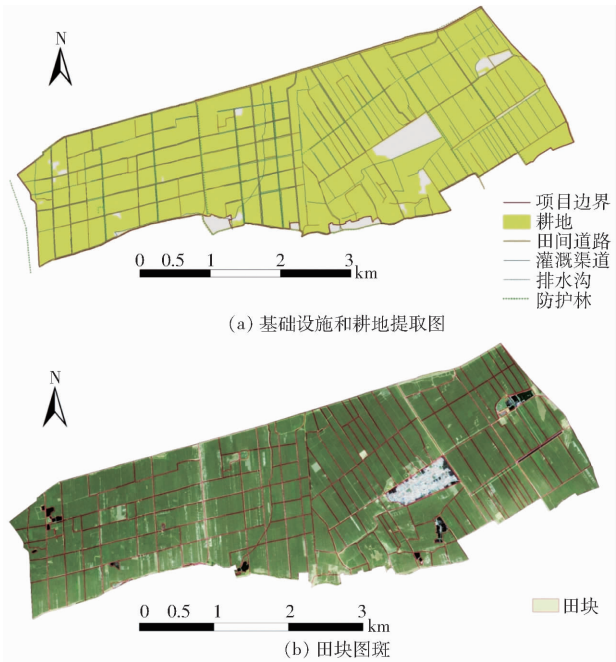


图 4 研究区遥感影像信息提取和田块划分
Fig. 4 Remote sensing information extraction and patches division in study area

从田块规模看(图 5a),172 个田块中,有 1 个田块规模小于 1 hm²,位于研究区南部;其余 171 个田块规模适中。从田块形态看(图 5b),有 147 个田块形态与长方形近似度高,属于条田形态,此部分田块面积 1 250.47 hm²,占耕地总面积的比例为 87.85%;25 个田块不规则程度高,与长方形差异大,不属于条田形态,总面积 172.99 hm²。从道路通达情况看(图 5c),有 2 个田块与田间道路不相连,总面积 6.96 hm²,占耕地总面积的比例为 0.49%,位于研究区西北部;其余 170 个田块均有田间道路通达。从灌溉设施配套情况看(图 5d),有 8 个田块未与灌溉渠系相连,总面积 37.3 hm²,占耕地总面积

的比例为 2.62%,主要分布在研究区的西北、北部和东北部;其余 164 个田块均有灌溉渠系相连。从排水设施配套情况看(图 5e),172 个田块均有排水沟相连。从农田防护范围看(图 5f),16 个田块不在农田防护林防护范围内,总面积 132.05 hm²,占耕地总面积的比例为 9.27%,主要分布在距离迎主害风向防护林的较远处。

从研究区高标准农田建设空间形态综合判别结果来看(图 6,表 2),完全满足判别指标条件的田块 129 个(总面积 1 113.41 hm²),占耕地总面积的 78.2%。不完全满足判别指标的田块 43 个(总面积 310.05 hm²),主要表现在田块不满足条田形态要求(18 个田块,142.93 hm²),农田防护不到位(13 个田块,117.03 hm²),缺少灌溉设施(4 个田块,14.5 hm²),以及少量(8 个田块,35.59 hm²)涉及包括上述表现在内的复合因素导致的不符合判别指标条件的田块。

4 讨论

(1)研究方法具有效率高和全覆盖等特征。从监测的时间成本上看,本文提出的方法基于 GIS 构建判别模型对空间形态进行自动判别,该工作的主要时间成本取决于对遥感数据的预处理和信息提取,根据土地整治遥感监测工作实践^[19],1 个项目的遥感数据处理和信息提取工作一般需要 1 人 1~2 d,而实地检查需要 2~3 人至少 3 d。从监测的空间范围看,实地检查因空间范围大、时间有限等因素,往往采取抽查的方式以点带面。本文提出的空间形态判别方法可基于遥感影像对全域范围的农田形态进行分析和判别。

(2)研究方法的适用性和局限性。与实地检查

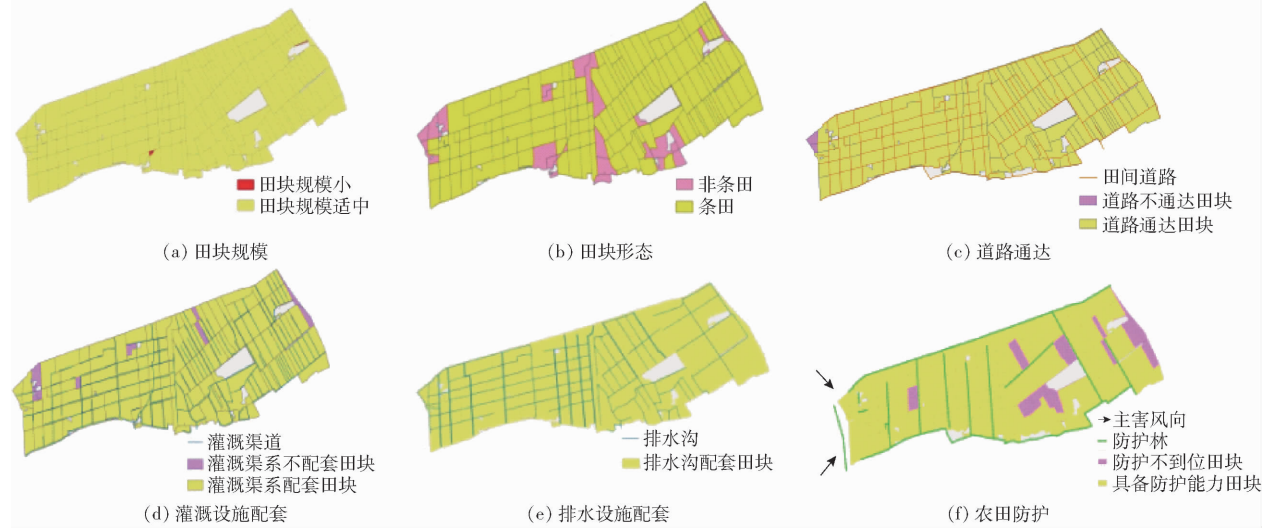


图 5 高标准农田建设空间形态分指标判别结果

Fig. 5 Result of sub index on spatial morphology identifying of well-facilitated farmland construction

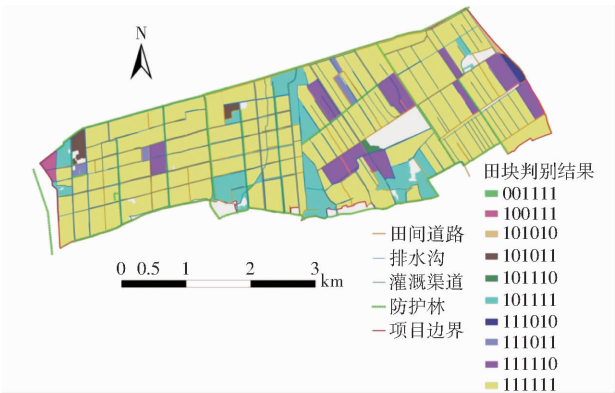


图 6 高标准农田建设空间形态综合判别结果

Fig. 6 Comprehensive result of spatial morphology identifying of well-facilitated farmland construction

表 2 高标准农田建设空间形态综合判别结果

Tab. 2 Identifying result of well-facilitated farmland construction

田块综合 判别编码值	含义	涉及田块 数量	涉及田块 面积/hm ²
111111	高标准农田	129	1 113. 41
101111	非条田	18	142. 93
111110	农田防护不到位	13	117. 03
111011	缺少灌溉设施	4	14. 50
101011	非条田, 缺少灌溉设施	2	13. 08
100111	非条田, 田间道路不通达	2	6. 96
101010	非条田, 缺少灌溉设施, 农田防护不到位	1	4. 19
101110	非条田, 农田防护不到位	1	5. 30
111010	缺少灌溉设施, 农田 防护不到位	1	5. 53
001111	田块规模小, 非条田	1	0. 53

相比,空间形态判别不涉及农田的耕地质量等别评

定和工程质量,而上述内容是高标准农田建设考核的组成部分,空间形态判别不能取代实地检查。空间形态判别方法适用于快速、大范围地对建设的高标准农田进行初步判别,辅助管理者和决策者对高标准农田建设工作形成初步判断,是实地检查工作的有效补充。该方法目前主要适用于平原区、以渠灌为主、针对风害采取防护措施的农田区域。我国幅员辽阔,受自然、社会、经济等多种因素影响,区域间的农田空间形态差异大,需针对不同类型区进一步检验和完善高标准农田建设空间形态判别指标体系,在此基础上研发高标准农田建设空间形态判别系统,丰富高标准农田建设“一张图”管理平台。

5 结论

- (1)以《高标准农田建设通则》为依据,基于田块尺度,从田块规模、条田形状指数、田块与田间道路、灌溉渠道、排水沟、农田防护范围之间的空间关系等方面构建了评价体系,该体系可有效测度不同维度和不同方面的高标准农田建设效果。
- (2)提出的方法体系,通过判别空间形态的方式,不仅可以找出研究区符合高标准农田建设空间形态的田块,还可进一步挖掘高标准农田建设工程的短板,为下一步改进工程措施和提高建设合理性提供依据。
- (3)以吉林省松原市土地整治项目区进行试验实证,结果表明,试验区契合与不契合高标准农田建设标准的田块分别占总面积的 78.2% 和 11.8%,本文提出的方法具有较强的可操作性,可为完善现有高标准农田建设监管体系提供参考。

参 考 文 献

1 贾文涛. 强化监管,为土地整治改革创新保驾护航[J]. 中国土地, 2017(11): 33 - 36.

2 孙茜, 牛海鹏, 雷国平, 等. 高标准农田建设区域划定与项目区选址研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 337 - 346. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20161242&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.12.042.

SUN Qian, NIU Haipeng, LEI Guoping, et al. Well-facilitated farmland construction zoning and project site selection [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 337 - 346. (in Chinese)

3 钱凤魁, 张琳琳, 边振兴, 等. 高标准基本农田建设中的耕地质量与立地条件评价研究[J]. 土壤通报, 2015, 46(5): 1049 - 1055.

QIAN Fengkui, ZHANG Linlin, BIAN Zhenxing, et al. Farmland natural quality evaluation and site assessment in the high-standard basic farmland construction[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2015, 46(5): 1049 - 1055. (in Chinese)

4 蔡朕, 刁承泰, 王锐, 等. 基于模糊物元模型的高标准基本农田建设项目选址合理性评价[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(12): 128 - 134.

CAI Zhen, DIAO Chengtai, WANG Rui, et al. An evaluation of reasonability of site selection for high-quality capital farmland construction projects based on the fuzzy matter element model[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2014, 36(12): 128 - 134. (in Chinese)

5 赵冬玲, 何珊珊, 林尚伟, 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)

6 李发志, 孙华, 江廷美, 等. 高标准基本农田建设区域时序划分[J]. 农业工程学报, 2016, 32(22): 251 - 258.

LI Fazhi, SUN Hua, JIANG Tingmei, et al. Time sequence division of high-standard prime farmland construction area[J].

- Transactions of the CSAE, 2016, 32(22): 251–258. (in Chinese)
- 7 朱传民,郝晋珉,陈丽,等. 基于耕地综合质量的高标准基本农田建设[J]. 农业工程学报,2015,31(8):233–242.
ZHU Chuanmin, HAO Jinmin, CHEN Li, et al. Well-facilitated capital farmland construction based on cultivated land comprehensive quality[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(8): 233–242. (in Chinese)
- 8 赵素霞,牛海鹏,张合兵,等. 高标准农田生态位障碍因子诊断模型建立与应用[J/OL]. 农业机械学报,2018,49(1):194–202. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20180124&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j. issn. 1000-1298. 2018. 01. 024.
ZHAO Suxia, NIU Haipeng, ZHANG Hebing, et al. Construction and application of obstacle diagnosis model based on ecological niche on well-facilitated farmland[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(1): 194–202. (in Chinese)
- 9 崔勇,刘志伟. 基于 GIS 的北京市怀柔区高标准基本农田建设适宜性评价研究[J]. 中国土地科学,2014,28(9):76–81.
CUI Yong, LIU Zhiwei. A GIS-based approach for suitability evaluation of high standard primary farmland consolidation: a case from Huairou in Beijing[J]. China Land Sciences, 2014, 28(9): 76–81. (in Chinese)
- 10 赵素霞,牛海鹏,张捍卫,等. 基于生态位模型的高标准基本农田建设适宜性评价[J]. 农业工程学报,2016, 32(12):220–228.
ZHAO Suxia, NIU Haipeng, ZHANG Hanwei, et al. Suitability evaluation on high quality capital farmland consolidation based on niche-fitness model[J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(12): 220–228. (in Chinese)
- 11 费建波,凌静,吴玺,等. 基于土地整治监测监管系统的高标准农田建设状况分析[J]. 农业工程学报,2016,32(3):267–274.
FEI Jianbo, LING Jing, WU Xi, et al. Analysis on construction of well-facilitated farmland based on land reclamation monitoring and supervision system[J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(3): 267–274. (in Chinese)
- 12 信桂新,杨朝现,杨庆媛,等. 用熵权法和改进 TOPSIS 模型评价高标准基本农田建设后效应[J]. 农业工程学报,2017, 33(1):238–249.
XIN Guixin, YANG Chaoxian, YANG Qingyuan, et al. Post-evaluation of well-facilitated capital farmland construction based on entropy weight method and improved TOPSIS model[J]. Transactions of the CSAE, 2017, 33(1): 238–249. (in Chinese)
- 13 唐秀美,潘瑜春,程晋南,等. 高标准基本农田建设对耕地生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报,2015,35(24):8009–8015.
TANG X M, PAN Y C, CHENG J N, et al. Impact of high-standard prime farmland construction on ecosystem service value in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(24): 8009–8015. (in Chinese)
- 14 熊冰瑶,夏建国,林婉婷,等. 四川省高标准农田建设绩效评价[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(增刊2):219–222.
XIONG Bingyao, XIA Jianguo, LIN Wanbin, et al. Research on performance evaluation of high standard farmland construction in Sichuan Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(Supp. 2): 219–222. (in Chinese)
- 15 岳安志,张超,苏伟,等. 基于高分辨率遥感影像的土地整理区农用井识别[J]. 农业工程学报,2009,25(11):189–193.
YUE Anzhi, ZHANG Chao, SU Wei, et al. Recognition of farm well in land consolidation area using high resolution remote sensing image[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(11): 189–193. (in Chinese)
- 16 张超,王志浩,杨建宇,等. 基于 Canny 算子的农田线状工程地物自动提取方法[J/OL]. 农业机械学报,2015,46(2):270–275. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20150239&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j. issn. 1000-1298. 2015. 02. 039.
ZHANG Chao, WANG Zhihao, YANG Jianyu, et al. Farmland linear project feature auto-extraction method based on Canny algorithm[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(2): 270–275. (in Chinese)
- 17 吕雅慧,张超,郎文聚,等. 高分辨率遥感影像农田林网自动识别[J/OL]. 农业机械学报,2018,49(1):157–163. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20180120&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j. issn. 1000-1298. 2018. 01. 020.
LÜ Yahui, ZHANG Chao, YUN Wenju, et al. Automatic recognition of farmland shelterbelts in high spatial resolution remote sensing data[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(1): 157–163. (in Chinese)
- 18 李少帅,陈原,张超,等. 基于多时相高分辨率遥感影像的土地整治项目进展评价模型研究[J]. 中国土地科学,2014, 28(3):83–88.
LI Shaoshuai, CHEN Yuan, ZHANG Chao, et al. Study on evaluation progress model in the implementation of land consolidation projects based on multi-temporal high-resolution remote sensing data[J]. China Land Sciences, 2014, 28(3): 83–88. (in Chinese)
- 19 范树印,李少帅,陈原,等. 土地整治遥感监测技术方法与实践[M]. 北京:地质出版社,2016.
- 20 黄思琴,陈英,张仁陟,等. 基于景观指数的耕地细碎化与农业经济水平的空间相关性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3):238–244.
HUANG Siqin, CHEN Ying, ZHANG Renzhi, et al. Spatial correlation analysis of land fragmentation and agriculture development based on landscape indexes[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(3): 238–244. (in Chinese)
- 21 FALCOS D, PENOV I, ALEKSIEV A, et al. Agrobiodiversity, farm profits and land fragmentation: evidence from Bulgaria[J]. Land Use Policy, 2010, 27(3): 763–771.
- 22 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)
- 23 DEMETRIOU D, STILLWELL J, SEE L. A new methodology for measuring land fragmentation[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013, 39(39): 71–80.
- 24 邬建国. 景观生态学-格局、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- 25 MICHAEL S. Computational geometry[D]. New Haven:Yale University, 1978.
- 26 EGENHOFER M, FRANZOSA R. Point-set topological spatial relations[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1991, 5(2):161–174.
- 27 王万茂,韩桐魁. 土地利用规划学[M]. 北京:中国农业出版社,2013.
- 28 邓敏,刘启亮,吴静. 空间分析[M]. 北京:测绘出版社,2015.