

基于空间分异的高标准农田建设空间特征判别系统设计与实现

李少帅^{1,2}, 鄢文聚², 张 燕³, 杨 剑³, 曹文静⁴, 李红举², 陈元鹏²

(1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 自然资源部国土整治中心, 北京 100035;
3. 农业农村部工程建设服务中心, 北京 100081; 4. 深圳市房地产和城市建设发展研究中心, 深圳 518040)

摘 要: 为提升高标准农田监管效能, 该文基于空间分异规律, 依据相关标准和规划, 构建了差别化的高标准农田建设空间特征判别指标体系, 在此基础上, 使用 C#.NET、ArcObject 技术, 设计和实现了高标准农田建设空间特征判别系统。系统的实证案例表明: 用于监测评价场景的黄土高原案例区符合高标准农田空间特征的田块 38.33 hm², 与验收后实际确认的高标准农田相比, 总体判别精度为 94.38%。2) 用于设计评审场景的南方山地丘陵案例区符合高标准农田空间特征的 30.07 hm², 较批复立项的高标准农田多 10.34 hm², 造成该差异的主要因素是部分田块尚未划定为永久基本农田, 如扣除永久基本农田划定因素, 总体判别精度为 100%。从实例结果看, 使用该系统可从空间特征方面辅助判别高标准农田, 分析高标准农田建设在田块平整、道路和灌排设施配套、农田防护方面的不足, 为丰富高标准农田监测手段、提升管理效能提供参考。

关键词: 土地利用; 农村; 空间分异; 高标准农田; 空间特征判别; 系统设计

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.06.030

中图分类号: F301 文献标志码: A 文章编号: 1002-6819(2020)-06-0253-09

李少帅, 鄢文聚, 张 燕, 杨 剑, 曹文静, 李红举, 陈元鹏. 基于空间分异的高标准农田建设空间特征判别系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2020, 36(6): 253–261. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.06.030 <http://www.tcsae.org>
Li Shaoshuai, Yun Wenju, Zhang Yan, Yang Jian, Cao Wenjing, Li Hongju, Chen Yuanpeng. Design and implementation of spatial differentiation-based system for identifying spatial features of well-facilitated farmland construction[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(6): 253–261. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.06.030 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

《全国高标准农田建设总体规划》(以下简称《规划》)提出,“十二五”期间建成高标准农田 0.27 亿 hm², 到 2020 年建成高标准农田 0.53 亿 hm²。为落实《规划》提出的建设目标,已初步形成了统一建设标准^[1], 统一评价标准^[2], 统一上图入库^[3]的建设管理体系。截至 2016 年底, 全国已建成高标准农田约 0.32 亿 hm²^[4]。2019 年中央 1 号文件再次强调, 2020 年要确保建成 0.53 亿 hm² 高标准农田, 当前, 高标准农田建设已步入攻坚阶段, 建设重点由布局谋划转向进度推进和监管考核。统一上图入库是国家层面实施高标准农田监管的重要方式, 其以国土资源遥感监测“一张图”和综合监管平台为依托, 实现上图入库信息集中统一管理, 进而了解高标准农田建设范围、规模、主要工程量和建设成效等信息。然而不能据此判别各地开展的农田建设项目是否契合高标准农田建设的规范要求。进一步完善高标准农田综合监管平台有关功能, 实现高标准农田建设快速判别

对提升监管效能具有重要的现实意义。

目前, 国内开展的高标准农田有关研究较多, 从研究目标入手, 主要集中于 3 方面: 1) 为完善高标准农田建设制度和政策方面的研究, 包括高标准农田建设机制研究^[5-6]和实施保障研究^[7-8]。2) 为做好高标准农田规划设计等前期工作开展的研究, 包括高标准农田建设时序安排研究^[9-12], 选址研究^[13-15], 适宜性评价^[16-17], 区域划定^[18-19]等。3) 为高标准农田监管评价工作提供借鉴的研究, 此类研究目前主要集中在成效分析方面, 包括高标准农田建设后的综合效益评价或社会经济生态等单方面的建设效益评价研究^[20-25]。其中, 涉及高标准农田判别、直接服务于监管工作的研究较少, 且研究的尺度较小^[26-27]。鉴于不同区域自然地理和社会经济的差异性, 农业生产的限制性因素差别较大, 采取的高标准农田建设措施亦不同, 建成的高标准农田在空间特征上亦有明显差异, 已有研究基于单个县域或单个土地整治项目区形成的研究方法可移植性不高。鉴于此, 本研究在总结和归纳高标准农田建设空间分异的基础上, 以高标准农田建设空间特征的有关要求^[1]为依据, 利用 GIS 技术构建了高标准农田建设空间特征判别系统, 初步实现了高标准农田建设空间特征的自动化判别功能, 以期为进一步完善高标准农田建设管理工作, 提升监管效能提供参考。

收稿日期: 2019-04-09 修订日期: 2020-02-05

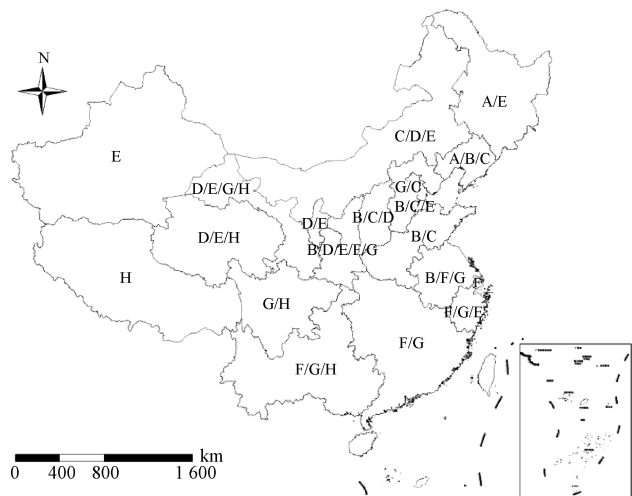
基金项目: 国家重点研发计划(NQ1)项目(2017YFF0206800); 自然资源部土地整治重点实验室开放课题(2018-KF-04)

作者简介: 李少帅, 高级工程师, 博士生, 主要从事国土整治信息技术研究。Email: liss715@163.com

1 系统研发的关键问题

1.1 理论依据

太阳辐射和地球内能等因素使得地球呈现明显的地带性和非地带性空间分异规律^[28],受该规律影响,不同区域的种植制度和农业生产方式有明显差异,限制农业生产的主要因素也就不同,使得高标准农田建设的工程内容和空间布局呈明显的区域特征,《规划》依据区域气候、地形地貌、水源、地质、土地利用条件等因素,将全国划分为东北平原区、华北平原区、北方山地丘陵区、黄土高原区、内陆干旱半干旱区、南方平原河网区、南方山地丘陵区、西南高原山地丘陵区8个工程类型区(图1)。在对不同类型区的高标准农田空间特征进行判别时,需要依据空间分异规律,在符合有关标准^[1]的前提下,对不同类型区建设的高标准农田空间特征设置差别化的判别指标和判别阈值。



注: A: 东北平原区; B: 华北平原区; C: 北方山地丘陵区; D: 黄土高原区; E: 内陆干旱半干旱区; F: 南方平原河网区; G: 南方山地丘陵区; H: 西南高原山地丘陵区。

Note: A: Northeast plain region. B: Northern China plain region. C: Northern hilly region. D: Loess Plateau region. E: Inland arid and semi-arid region. F: Southern plain river network region; G: Southern hilly region. H: Southwest Plateau hilly region.

图1 全国高标准农田建设工程类型区划分示意图(不含港澳台)

Fig.1 Division diagram of national well-facilitated farmland construction type zone (HK, MC and TW not included)

1.2 构建差别化的空间特征判别指标体系

1.2.1 判别指标计算方法和阈值设定

高标准农田建设工程体系^[1]包括7类工程,其中,与空间特征有关,区别于一般农田的工程措施包括土地平整、灌溉与排水、田间道路、农田防护与生态环境保护4类工程措施,涉及田块规模、田块形状指数、灌溉设施配套率、排水(洪)设施配套率、道路通达度和农田防护比例6类判别指标(表1),各指标含义、空间判别方法和阈值确定依据如下。

1) 田块规模

即田块的面积。《高标准农田建设通则》依据空间差异,根据规模大小,将田块划分为北方平原条田(规模在1~30 hm²之间)、南方平原条田(规模在0.5~18 hm²

之间)和梯田(规模≥0.2 hm²)3种类型,系统根据此要求,结合《规划》设定的8个工程类型区,将东北平原区、华北平原区、内陆干旱和半干旱区的田块规模阈值设定为1~30 hm²,将南方平原河网区田块规模阈值设定为0.5~18 hm²,将北方山地丘陵区,黄土高原区,南方山地丘陵区 and 西南高原山地丘陵区的田块规模阈值设定为≥0.2hm²。系统设定相应工程类型区符合田块规模要求的田块占田块总量的比例为100%。

2) 田块形状指数

为便于机械作业,《高标准农田建设通则》要求田块几何形状要近似于长方形,田块形状指数是指田块规模与田块最小面积外接矩形面积的比例^[27],该指标可以衡量田块与长方形的相似程度。在田块规模达标的前提下,当田块形状指数≥0.7时,田块近似于长方形,可以满足机械化作业要求。系统设定符合田块形状指数要求的田块占田块总量的比例为100%。

3) 灌溉设施配套

指田块具备灌溉条件,在判别空间特征时,灌溉渠系(管道)与田块相切或相交的,视为灌溉设施配套。灌溉设施是高标准农田建设的必要内容,在实践中,黄土高原区部分区域为雨养农业,年均降水量达450 mm以上,且集中在夏秋之际,与当地农作物生长吻合,不需要建设灌溉设施。除上述区域外,系统设定其他所有区域具备灌溉设施配套的田块占田块总量的比例为100%。

4) 排水(洪)设施配套

指田块具备排水(排洪)条件,在空间特征判别时,排水(洪)沟与田块相切或相交的,视为排水(洪)设施配套。根据《规划》,东北平原区、华北平原区、南方平原河网区主要修建排水沟改善项目区的排水条件。北方山地丘陵区、黄土高原区、南方山地丘陵区 and 西南高原山地丘陵区主要修建排洪沟以保持农田水土,防治水土流失。对于上述7个工程类型区,系统设定具备排水(洪)设施的田块占田块总量的比例为100%。对于内陆干旱半干旱区,《规划》对排水设施没有明确要求,系统对该类型区的排水(洪)设施配套率亦不做要求。

5) 道路通达度

指田间道路直接通达的田块占田块总数的比例。在空间特征判别时,田间道路与田块相切或相交的,视为道路通达。《高标准农田建设通则》要求道路通达度在平原区达到100%,丘陵区达到90%。据此,系统设定东北平原区、华北平原区、内陆干旱半干旱区和南方平原河网区道路通达度为100%;设定北方山地丘陵区、黄土高原区、南方山地丘陵区 and 西南高原山地丘陵区道路通达度≥90%。

6) 农田防护比例

指通过农田防护与生态环境保护工程建设,受防护的农田面积占建设区面积的比例。主要考虑2项工程因素,一个是防护林,另一个是田坎(谷坊、拦沙坝)。对于防护林,主要从防治风害的角度,通过计算缓冲的方式计算受防护林防护的农田面积,具体算法可

参考有关文献^[27]。对于田坎（谷坊、拦沙坝），在判别空间特征时，田坎（谷坊、拦沙坝）与田块相切或在田块范围内的视为受田坎（谷坊、拦沙坝）防护的田块（式（1）、式（2）），该因素指标涉及北方山地丘陵区、黄土高原区、南方山地丘陵区、西南高原山地丘陵区。根据《规划》，系统设定内陆干旱半干旱区、南方平原河网区具备防护条件的田块占田块总量的比例≥80%，东北平原区具备防护条件的田块占田块总量

的比例≥85%，其余工程类型区具备防护条件的田块占田块总量的比例≥90%。在对项目区的农田防护比例进行判别时，由用户根据项目区面临的主要限制性因素选取农田防护比例的判定因素。

$$\varnothing \neq L \cap \partial A \quad \varnothing = L \cap A^\circ \tag{1}$$

$$\varnothing = L \cap \partial A \quad \varnothing = L - A \tag{2}$$

式中 L 为田坎、淤地坝或谷坊； A 为田块； ∂A 为 A 的边界； A° 为 A 的内部。

表1 高标准农田建设空间特征判别指标体系

Table 1 Index system for identifying spatial feature of well-facilitated farmland construction %						
工程类型区 Engineering type zone	田块规模 达标率 Standard rate of field scale	田块形状 达标率 Standard rate of field shape	灌溉设施 配套达标率 Standard rate of irrigation facilities	排水(洪)设施 配套达标率 Standard rate of drainage facilities	道路通达度 Road accessibility	农田防护比例 Proportion of farmland protection
东北平原区 Northeast plain region	100	100	100	100	100	≥85
华北平原区 Northern China plain region	100	100	100	100	100	≥90
北方山地丘陵区 Northern hilly region	100	100	100	100	90	≥90
黄土高原区 Loess Plateau region	100	100	年降雨量450 mm以上区域不涉及,其余区域100%	100	90	≥90
内陆干旱半干旱区 Inland arid and semi-arid region	100	100	100	不涉及	100	≥80
南方平原河网区 Southern plain river network region	100	100	100	100	100	≥80
南方山地丘陵区 Southern hilly region	100	100	100	100	90	≥90
西南高原山地丘陵区 Southwest Plateau hilly region	100	100	100	100	90	≥90

注：各指标阈值依据《全国高标准农田建设总体规划》和《高标准农田建设通则》设立。
Note: The threshold value of each index is established according to the *National Well-facilitated Farmland Construction Master Plan* and *Well-facilitated Farmland Construction General Rules*.

1.2.2 综合判别算法

根据《高标准农田建设通则》，上述各指标空间判别方法基于田块尺度判别，指标阈值基于项目区尺度设定，考虑到道路通达度和农田防护比例的阈值设定存在区域差异，允许一部分因道路不通达或未受防护的田块纳入高标准农田范围。因此，系统综合判断和提取项目区符合高标准农田建设空间特征的田块包括2类：一类是依据木桶理论，将满足所有判别指标要求的田块作为符合高标准农田空间特征要求的田块。另一类是在符合道路通达度和农田防护比例阈值要求的前提下，按照判别从严原则，从符合田块规模、田块形状、灌溉设施和排水（洪）配套要求，道路不通达或未受防护的田块中，优先将面积较小的田块纳入高标准农田范围。

2 系统设计

2.1 应用场景设计

系统围绕着高标准农田建设空间特征判别这一核心

任务，根据服务对象、服务目标的不同，按照高标准农田建设流程，设计3个应用场景。场景1：服务于高标准农田建设项目规划设计。项目设计单位通过系统对初步形成的项目规划设计成果进行审查，结合项目区实际情况和审查结果完善项目规划设计。场景2：服务于高标准农田建设项目竣工验收。项目验收单位通过系统对项目竣工后绘制的竣工图进行审查，根据审查结果和实际情况辅助开展验收工作或要求项目建设单位进行整改。场景3：服务于监管工作。省、部级管理部门在遥感监测和实地检查的基础上对项目竣工图成果进行修正，通过系统对修正后的竣工图进行审查，判别高标准农田建设情况。

2.2 流程设计

图2表达了系统进行高标准农田建设空间特征判别的流程图，包括5个关键环节：1）导入基础数据。基础数据包括矢量和栅格2个类型，矢量数据根据应用场景分为规划图、竣工图和修正后的竣工图，是系统开展空间判别的核心数据；栅格数据一般是遥感影像，为辅助

显示高标准农田的建设效果。2) 数据校验。包括逻辑校验和拓扑校验。逻辑校验主要检查数据坐标系的合规性和田块、各类工程图层的齐全性。拓扑校验主要检查道路、灌溉渠系、排水沟、防护林带等线性图层是否自重叠或自相交。3) 匹配工程类型区。系统自动将图层数据与系统内置的高标准农田建设类型区图层相叠加, 为高标准农田建设项目区匹配可能涉及的工程类型区, 用户根据项目区实际情况在系统提供的工程类型区范围内进行确认, 系统根据用户确认的工程类型区选定相应的空间特征判别指标体系。4) 空间特征判别。按照空间特征判别指标分别判别项目区各田块的空间特征。5) 形成专题图和判别报告。专题图包括基于各评价指标分别形成的专题图, 如田块形状判别图、道路通达度判别图等, 以及基于木桶理论形成的空间特征综合判别图。判别报告主要说明满足空间特征要求的田块数量、面积以及不满足空间特征要求的田块类型、数量和面积。

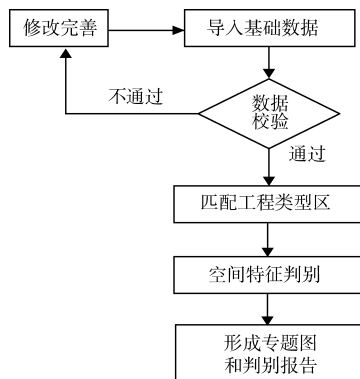


图2 高标准农田建设空间特征判别流程图

Fig.2 Flow chart of identifying spatial feature of well-facilitated farmland construction

2.3 系统框架体系结构

系统采用 C/S 结构, 基于 Visual Studio.NET2013 平台和 MySQL 数据库, 结合 Arc Objects 组件, 使用 C# 语言开发。基于面向对象思想, 系统采用了三层架构设计模式 (图3), 其优势是可提高业务层代码的重复使用, 降低系统后期的维护成本和维护时间。三层架构包括表现层、业务层和数据层。其中, 表现层是系统的界面设计, 即展现给用户的系统界面。业务层是指在表现层和数据层之间加入的一个中间层, 是对具体问题进行操作, 是实现系统各项功能的核心层, 基于 MapControl、PageLayoutControl、TOCCControl、ToolbarControl 和 LicenseControl 组件, 本系统的用户管理、数据校验、地图基本操作、工程类型区匹配、空间判别, 专题图制作和专题报告生成等功能在该层实现。数据层是集成高标准农田建设有关数据和数据处理的核心层, 该层实现了高标准农田相关数据的导入和删除功能, 并通过该层读取数据库中的高标准农田工程类型区数据、遥感影像、田块数据、灌溉渠系、排水沟、田间道路等空间数据。

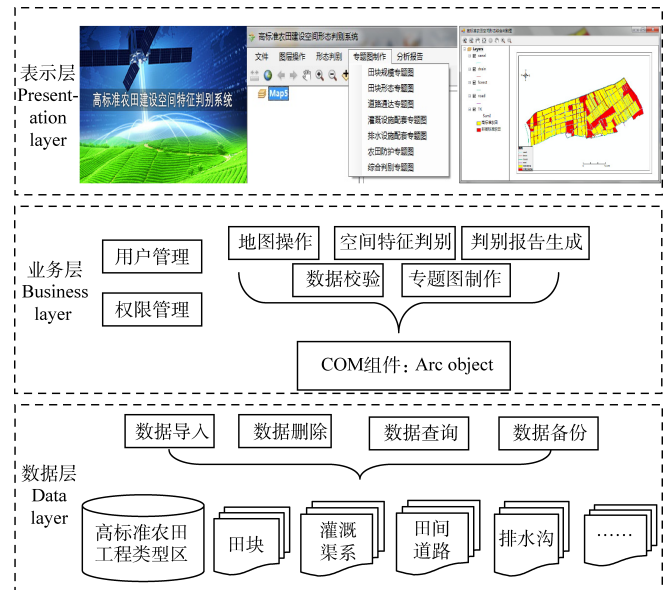


图3 系统总体架构

图3 系统总体架构

Fig.3 System architecture diagram

3 实证案例

该系统已在东北平原区、华北平原区、黄土高原区和南方山地丘陵区进行了试点试验, 因篇幅所限, 本文选取地形较为复杂的黄土高原案例区和较为简单的南方山地丘陵案例区说明系统试点情况。其中, 黄土高原案例区数据来源于经过修正、拓扑分析与处理后的项目竣工图, 主要用于判别项目建成后是否满足高标准农田空间特征要求, 对应于场景3。南方山地丘陵案例区数据来源于经过拓扑分析处理后的项目规划图和无人机航拍影像, 主要用于判别项目设计是否满足高标准农田空间特征要求, 对应于场景1。

3.1 案例区基本情况

陕西省延安市延长县交口河镇项目区 (图4a) 地形复杂, 生态环境较为脆弱, 年降雨量近 500 mm, 且主要集中于夏季, 防洪压力较大, 作为耕地来源的沟坝地狭窄分散, 破碎化严重; 缺乏田间道路设施, 耕作不便。该项目采取土地平整, 修建田间道、排洪渠、淤地坝和谷坊等措施, 建设高标准农田, 改善生态环境。案例区属黄土高原工程类型区, 因案例区年降雨量 450 mm 以上, 不需建设灌溉设施, 因此系统从田块规模、田块形状指数、排洪设施配套、道路通达度、农田防护比例等 5 个维度判别高标准农田建设空间特征。鉴于案例区面临的主要限制性因素是水土流失和夏季的洪涝灾害, 在判别农田防护比例时主要从谷坊 (淤地坝) 防护农田面积因素进行判别。

海南省海口市琼山区旧州镇项目区 (图4b) 地属羊山石块地貌, 气候条件对农作生产有利, 但气象要素时空分布不均, 冬春容易干旱, 耕地田块小而零散, 石块分布较多, 农田水利设施不配套, 易出现旱不能灌、涝不能排的问题, 交通设施不健全, 严重制约了农业生产。该区域拟实施高标准农田建设项目, 通过土地平整移除杂乱石块, 归并零乱田块, 建设蓄水池和灌溉管道, 完

善排水沟和田间道路工程,在此基础上开展土地流转,建设现代农业产业园区。案例区属南方山地丘陵区,主要从田块规模、田块形状指数、灌溉和排水设施配套、道路通达度、农田防护比例6个维度判别高标准农田建设

空间特征。因项目区主要地形为台地,无水土流失风险,在判别农田防护比例时选取防护林防风指标,因项目未设计防护林工程,笔者通过无人机航拍影像提取项目区内和项目区周边的林带,据此分析农田防护比例。

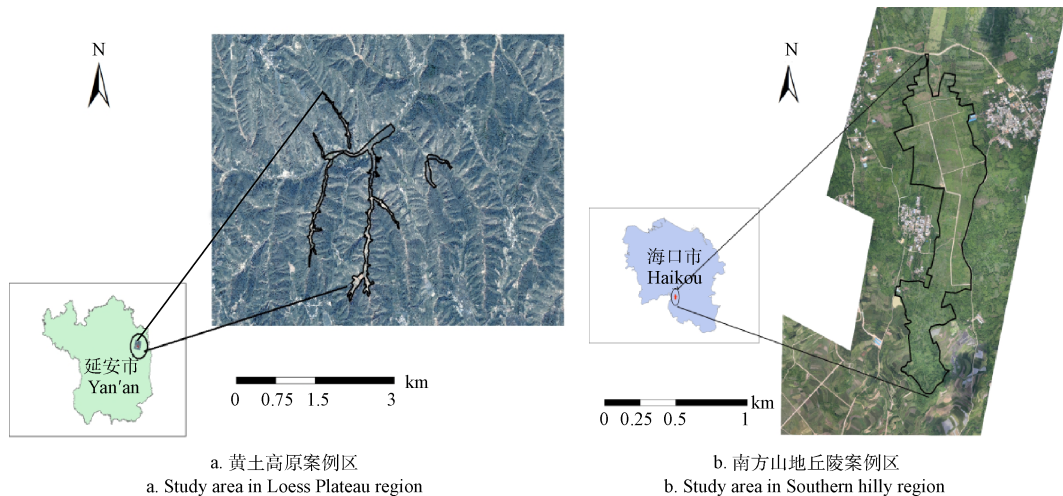


图4 案例区位置图

Fig.4 Geographical location of study area

3.2 案例区高标准农田判别结果

黄土高原案例区包含77个田块,总面积52.98 hm²。其中,符合田块规模要求的田块67个(图5a),面积52.08 hm²,田块规模达标率为87.01%;符合田块形状要求的田块64个(图5b),面积12.83 hm²,田块形状达标率83.12%;排洪设施配套田块62个(图5c),面积45.96 hm²,排洪设施配套达标率80.52%;道路通达田块70个(图5d),面积48.5 hm²,

道路通达度90.91%;受防护田块64个(图5e),面积49.21 hm²,农田防护比例83.12%。总体来看,符合条件的田块47个(图5f),总面积38.33 hm²。综合判别这47个田块,其农田防护比例为97.87%(1个田块不具备农田防护条件),田块规模达标率、田块形状达标率、排洪设施配套达标率和道路通达度均为100%,符合黄土高原工程类型区高标准农田建设空间特征判别指标的阈值要求。

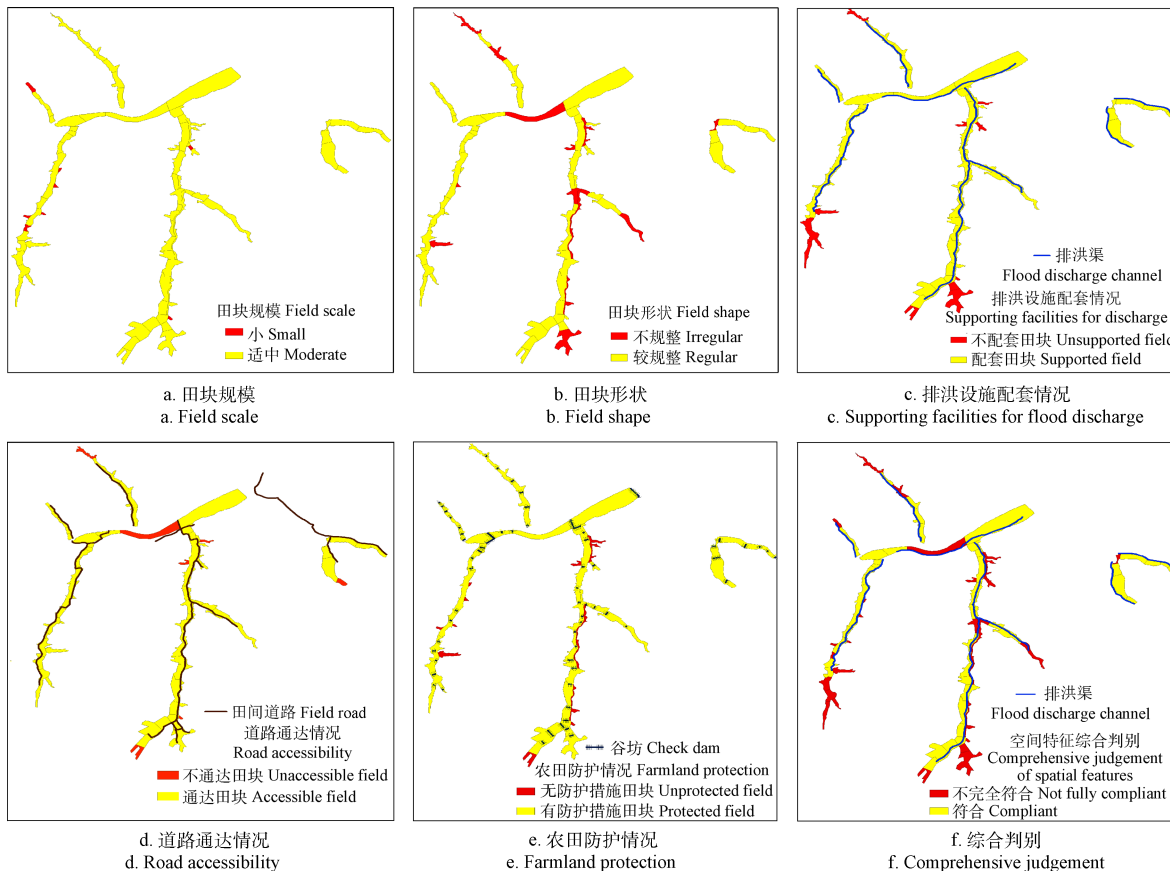


图5 黄土高原案例区高标准农田建设空间特征判别结果

Fig.5 Results of spatial feature discrimination of well-facilitated farmland construction in study area on Loess Plateau

南方山地丘陵案例区总面积 60 hm²，其中，规划耕地面积 30.07 hm²，其余以林地、草地为主。案例区耕地被设计为 7 个田块，各田块的规模和形状均符合高标准农田空间特征要求（图 6a）。为解决案例区季节性干旱问题，拟在北部和中部新建 2 座蓄水池，并建设配套的 PVC 灌溉管道连接蓄水池和各田块，保障案例区所有耕地得到有效灌溉（图 6b）。案例区各田块均有排水沟相连（图 6c），道路通达度 100%（图 6d）。案例区内和周

边已存在大范围的防护林，可有效保护农田抵御风灾（图 6e）。总体上看，案例区的 7 个田块均符合高标准农田空间特征要求（图 6f）。

3.3 案例区判别精度分析

根据监测系统填报数据，黄土高原案例区项目验收后实际确认的高标准农田为 41.31 hm²。通过本系统判别满足高标准农田空间特征的农田为 38.33 hm²，据此构建误差矩阵（表 2）可计算得出该案例区总体判别精度为 94.38%。

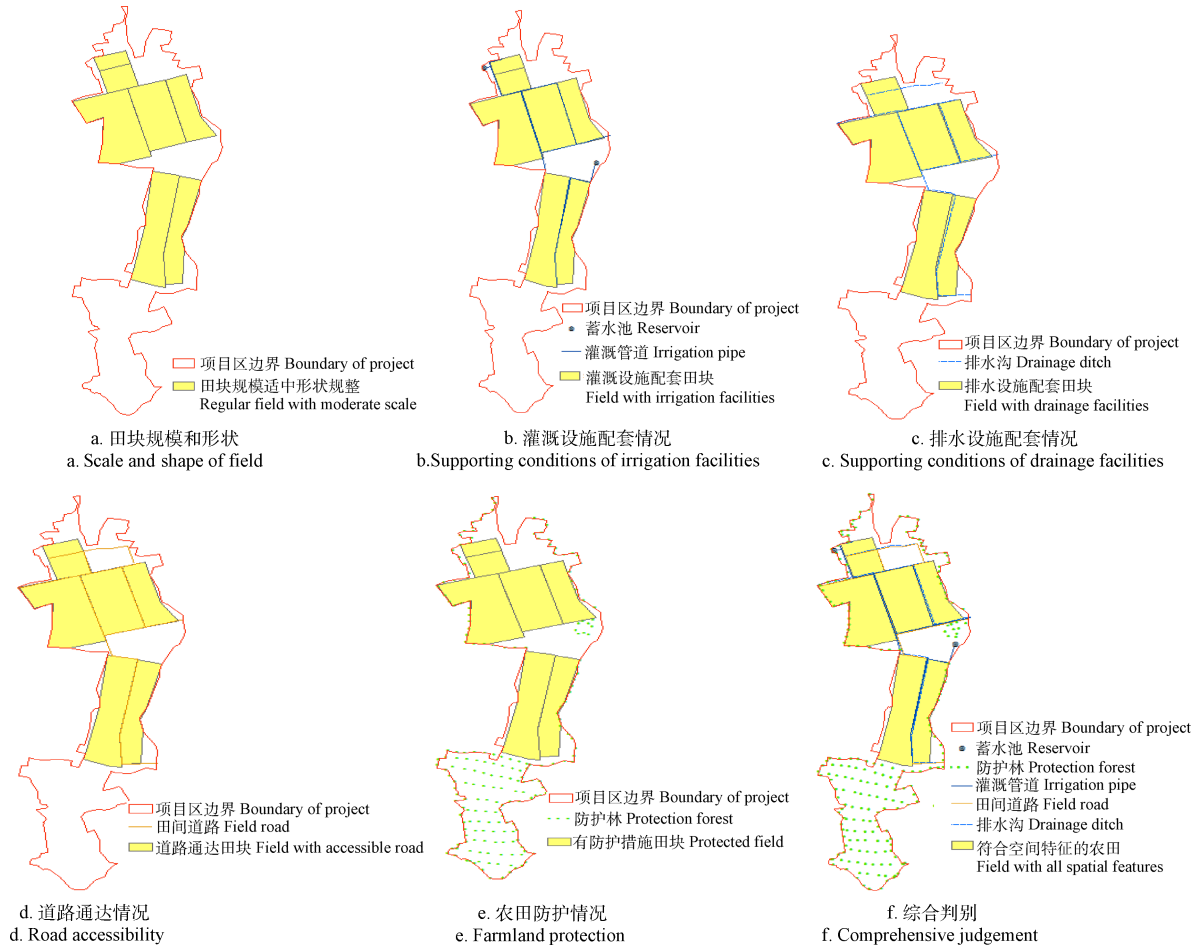


图 6 南方山地丘陵案例区高标准农田建设空间特征判别结果

Fig.6 Result of spatial feature identifying of well-facilitated farmland construction in study area on southern hilly area

表 2 黄土高原和南方山地丘陵案例区高标准农田判别误差矩阵

Table 2 Confusion matrix for identifying well-facilitated farmland in areas of southern hilly and Loess Plateau regions				hm ²
案例区 Case area	系统判别类型 Identifying type by system	实际认定的高标准农田 Well-facilitated farmland actually identified	实际认定的非高标准农田 Non well-facilitated farmland actually identified	合计 Total
黄土高原 Loess Plateau	符合空间特征的高标准农田	38.33	0	38.33
	不符合空间特征的高标准农田	2.98	11.67	14.65
	合计	41.31	11.67	52.98
南方山地丘陵 (考虑永久基本农田划定因素) Southern hilly (Considering the delimitation of permanent basic farmland)	符合空间特征的高标准农田	19.73	10.34	30.07
	不符合空间特征的高标准农田	0	0	0
	合计	19.73	10.34	30.07

根据监测系统填报数据，南方山地丘陵案例区项目经评审批复的高标准农田为 19.73 hm²。通过本系统判别经建设后可满足高标准农田空间特征的农田为 30.07 hm²，据此构建误差矩阵（表 2）可计算得出该案例区总体判

别精度为 65.61%。系统判别结果较批复实施的高标准农田多 10.34 hm²，经核实发现差异在于：根据高标准农田定义，高标准农田必须是永久基本农田，而位于案例区南部的 2 个总面积 10.34 hm²的拟建设田块尚未划定为永

久基本农田,需经过实施且划定为永久基本农田后才能认定为高标准农田,但其立地条件与已批复的19.73 hm²农田并无差异,扣除永久基本农田划定这一因素后,该案例区总体判别精度为100%。

4 讨论

本文基于空间分异规律,依据高标准农田国家标准和规划,梳理构建了差别化的空间特征判别指标体系,并在此基础上形成了高标准农田建设空间特征判别系统。根据系统的试点试验情况,需在如下2点进一步完善:

1) 系统主要从田块规模和形状、灌排设施配套、道路通达、农田防护等空间特征判断高标准农田建设情况,其优势在于从外观快速掌握高标准农田建设的总体情况,不足在于未涉及农田建设的工程质量、土壤质量、土层厚度等内容,而上述内容也是高标准建设考核的重要内容。从高标准农田全生命周期、全方位、全要素监管目标的角度考量,该系统在后续推广使用的逻辑链条做如下建议:第1步是地方通过统一上图入库的方式填报高标准农田的建设范围和建设规模等信息;第2步是监管部门通过遥感监测方式提取项目区各要素信息,并用该系统分析项目区高标准农田建设空间特征,与地方填报信息对比得出高标准农田建设的初步结果,为抽查工程做参考;第3步是在第2步的基础上,利用实地核查APP系统有针对性赴项目区核查,并抽查工程和耕地质量,形成高标准农田建设的最终评价结果。至此才能完成高标准农田全链条监测监管。

2) 现有系统依据木桶原理,任何指标在判别空间特征时具有一票否决权。当前国家以项目为载体落实完成高标准农田建设任务,在项目这种微观的空间尺度上,即使在同一类型区存在相似的自然条件和相同的种植制度,因项目区之间已有的基础设施条件不同导致项目间的投资强度和建设重点存在较大差异。宜在现有空间特征评价指标体系基础上,对系统进一步改进,提供人机交互的指标权重设置界面,由项目验收专家或评估专家依据区域实际情况设置空间特征评价指标权重,对区域农业生产的主要限制性因素涉及的空间形态指标给予较高权重,非限制性因素涉及的空间形态指标给予较低权重,使得判别结果更具针对性。

5 结论

本文依据相关标准和规划,构建了差别化的高标准农田建设空间特征判别指标体系,以此为核心设计和实现了高标准农田建设空间特征判别系统,以黄土高原案例区和南方山地丘陵区进行了实证试点。实证结果表明:1) 用于监测评价场景的黄土高原案例区符合高标准农田空间特征的田块面积38.33 hm²,其与经验收后实际确认的高标准农田相比,总体判别精度为94.38%。2) 用于设计评审场景的南方山地丘陵案例区田块均符合高标准农田空间特征,总面积30.07 hm²,较批复立项的高标准农田多10.34 hm²,造成该差异的主要因素是部分田

块尚未划定为永久基本农田,如扣除永久基本农田划定这一因素,总体判别精度为100%。系统可为审查高标准农田建设项目规划设计的合理性,辅助监管人员判断高标准农田建设情况提供参考,但同时需要结合永久基本农田划定,工程建设质量实地核查和耕地等别评定等因素综合判定。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 高标准农田建设通则: GB/T 30600—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 高标准农田建设评价规范 GB/T 33130—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [3] 国土资源部、国家发改委、财政部、水利部、农业部联合发出通知切实做好高标准农田建设统一上图入库[EB/OL]. 2019-04-09[2019-03-16] http://www.gov.cn/xinwen/2017-10/12/content_5231312.htm.
- [4] 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.
- [5] 刘新卫, 李景瑜, 赵崔莉. 建设4亿亩高标准基本农田的思考与建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(3): 1—5.
Liu Xinwei, Li Jingyu, Zhao Cuili. On building 4 hundred million mu of high-standard basic farmland in the twelfth fiveyear plan[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(3): 1—5. (in Chinese with English abstract)
- [6] 袁浩斌. 高标准基本农田建设中利益博弈分析[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
Yuan Haobin. Analysis of Interest Game in the Construction of High-standard Basic Farmland[D]. Guangzhou: Huanan Agriculture University, 2016. (in Chinese with English abstract)
- [7] 李少帅, 鄢文聚. 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 and Industries, 2012, 14 (3) :189—193. (in Chinese with English abstract)
- [8] 黄玉娇, 陈美球, 刘志鹏. 高标准基本农田建设面临困境与对策初探[J]. 中国国土资源经济, 2013 (11): 28—30.
Huang Yujiao, Chen Meiqiu, Liu Zhipeng. Discussion on the countermeasures aimed at dealing with difficulties concerning high-level development of basic farmland[J]. Natural Resource Economics of China, 2013 (11): 28—30. (in Chinese with English abstract)
- [9] 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 with English abstract)
- [10] 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]. 农业机械学报, 2017, 48(7): 153—158.
Zhao Dongling, He Shanshan, Lin Shangwei, et al. Selection

- of high-standard farmland construction priority area based on topsis and hotspot analysis[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(7): 153—158. (in Chinese with English abstract)
- [11] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(22): 251—258. (in Chinese with English abstract)
- [12] 曾吉彬, 邵景安, 谢德体. 基于遥感影像的重庆高标准基本农田建设难度与时序分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(23): 267—278.
Zeng Jibin, Shao Jing'an, Xie Deti. Study on difficulty and time sequence of construction of high standard basic farmland in Chongqing based on remote sensing images[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(23): 267—278. (in Chinese with English abstract)
- [13] 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]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 337—346.
Sun Qian, Niu Haipeng, Lei Guoping, et al. Well-facilitated farmland construction zoning and project site selection [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 337—346. (in Chinese with English abstract)
- [14] 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, Zang 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 with English abstract)
- [15] 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 with English abstract)
- [16] 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 with English abstract)
- [17] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(12): 220—228. (in Chinese with English abstract)
- [18] 熊昌盛, 谭荣, 岳文泽. 基于局部空间自相关的高标准基本农田建设分区[J]. 农业工程学报, 2015, 31(22): 276—284.
Xiong Changsheng, Tan Rong, Yue Wenzhe. Zoning of high standard farmland construction based on local indicators of spatial association[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(22): 276—284. (in Chinese with English abstract)
- [19] 孙宇, 高明, 莫建兵, 等. 西南丘陵区高标准基本农田建设区域划定研究: 以重庆市铜梁区为例[J]. 中国土地科学, 2016, 30(3): 20—28.
Sun Yu, Gao Ming, Mo Jianbing, et al. Construction area division of high-standard primary farmland in the southwest hilly area: A case study in tongliang, chongqing[J]. China Land Science, 2016, 30(3): 20—28. (in Chinese with English abstract)
- [20] 马雪莹, 邵景安, 曹飞. 重庆山区县域高标准基本农田建设综合成效评估: 以重庆市垫江县为例[J]. 自然资源学报, 2018, 33(12): 2183—2199.
Ma Xueying, Shao Jing'an, Cao Fei. Comprehensive performance evaluation of high standard farmland construction in mountainous counties: A case study in Dianjiang, Chongqing[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(12): 2183—2199. (in Chinese with English abstract)
- [21] 李少帅, 鞠正山, 张晓沛. 基于省域差异的土地整治项目效益分析[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2015, 43(1): 93—97.
Li Shaoshuai, Ju Zhengshan, Zhang Xiaopei. Performance analysis of land consolidation projects based on different provinces[J]. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 2015, 43(1): 93—97. (in Chinese with English abstract)
- [22] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(3): 267—274. (in Chinese with English abstract)
- [23] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(1): 238—249. (in Chinese with English abstract)
- [24] 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[J]值的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(24): 8009—8015.
Tang Xiumei, Pan Yuchun, Cheng Jinnan, 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 with English abstract)
- [25] 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 Wanpin, et al. Research on performance evaluation of high standard farmland construction in Sichuan Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(Suppl. 2): 219—222. (in Chinese with English abstract)
- [26] 吕雅慧, 鄢文聚, 张超, 等. 基于TOPSIS和BP神经网络的高标准农田综合识别[J]. 农业机械学报, 2018, 49(3): 196—204.
- Lü Yahui, Yun Wenju, Zhang Chao, et al. Multi-characteristic comprehensive recognition of well-facilitated farmland based on TOPSIS and BP neural network [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(3): 196—204. (in Chinese with English abstract)
- [27] 李少帅, 鄢文聚, 曹文静, 等. 基于田块尺度的高标准农田建设空间形态判别研究[J]. 农业机械学报, 2018, 49(7): 112—118.
- Li Shaoshuai, Yun Wenju, Cao Wenjing, et al. Spatial morphology identification of well-facilitated farmland construction based on patch scale [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(7): 112—118. (in Chinese with English abstract)
- [28] 刘南威. 自然地理学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

Design and implementation of spatial differentiation-based system for identifying spatial features of well-facilitated farmland construction

Li Shaoshuai^{1,2}, Yun Wenju², Zhang Yan³, Yang Jian³, Cao Wenjing⁴, Li Hongju², Chen Yuanpeng²

(1. China University of Geosciences(Beijing), School of Land Science and Technology, Beijing 100083, China;

2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China;

3. Center of Engineering and Construction Service, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China;

4. Center for Assessment and Development of Real Estate, Shenzhen 518040, China)

Abstract: Rational construction of a well-facilitated farmland become necessary for food security and modern agriculture in China. In farmland construction, the automatic management of spatial data can benefit to accurately distinguish well-facilitated farmland from the various land types. Various discriminating ways of well-facilitated farmland are adopted due to the different influence factors of agricultural production in different regions, where the spatial distribution and structural features of well-facilitated farmland are quite different from place to place across the country. Most of the previous studies focus mainly on policies, benefit evaluation, preliminary planning and design in the well-facilitated farmland construction. There is still lacking on the studies of the discrimination and analysis for the regional structural features of the well-facilitated farmland. In this paper, a framework of an index system was constructed to identify the spatial distribution and structural features of the well-facilitated farmland using the law of spatial differentiation together with the related national standards and strategic planning, ranging from the scale and shape of farmlands, irrigation and drainage facilities, traffic accessibility, and farmland protection ratio. The identifying system was designed on the basis of the index framework with C#.NET and Arc Object. Subsequently, the proposed system was verified for its availability by taking a case study of a Loess Plateau and a southern mountainous region. The results were as follows: (1) In the Loess Plateau area, the standard rate of the farmland scale, farmland shape, irrigation and drainage facilities, traffic accessibility was 87.01%, 83.12%, 80.52%, 90.91% and 83.12%, respectively. The well-facilitated farmland area can be identified by the system was 38.33 hm² with the total discriminating precision was 94.38%. There were some farmlands that did not meet the requirements of the well-facilitated farmland, such as incomplete irrigation and drainage facilities, the irregular shapes of the fields that distributed in the branch furrow and furrow head around the farmland. (2) In the southern mountainous area, the standard rate of all spatial features was 100%. The well-facilitated farmland area that identified by the system was 30.07 hm², which was 10.34 hm² higher than that of the state-approved well-facilitated farmland. The high identified areas can be because some fields that meet the requirements of well-facilitated farmland have not been classed as the permanent basic farmland in some administrative regions. When regardless of this classification, the total discrimination precision was 100%. This index system can be used in different scenarios, such as macro monitoring and evaluation, project design and inspection of the well-facilitated farmland. This system was also applied for the Northeast Plain, North China Plain, Loess Plateau and southern mountainous regions, while the key elements of the spatial features of well-facilitated farmland construction can be detected with a reliable discriminant resolution. When combining with the remote sensing technology, the index system can help automatic management to know the real-time spatial data of well-facilitated farmland construction. Therefore, the developed system can be successfully applied to identify the extract well-facilitated farmland in the construction area, and then to analyze the obtained spatial data in real time, finally to implement automatic management for well-facilitated farmland construction. Furthermore, the proposed system in this paper can offer a promising reference to the current comprehensive supervision platform, and improve the management effectiveness of well-facilitated farmland construction in modern agriculture.

Keywords: land use; rural area; spatial differentiation; well-facilitated farmland; spatial features discrimination; system design