

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2018.12.021

华北平原农田耕作便利度评价研究

任艳敏^{1,2} 刘玉^{1,2} 潘瑜春^{2,3} 胡月明^{2,4}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;
3. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100097; 4. 华南农业大学信息学院, 广州 510642)

摘要: 耕作便利是表征农田综合质量的重要因素。为准确反映现代农业发展对耕作便利条件的要求, 基于农业机械效率视角界定农田耕作便利度, 进而构建定量综合评价模型, 并在华北平原项目区开展实证分析。结果表明: 新界定的耕作便利度强化了农业机械耕作效率的影响, 包括田间作业效率和机械通行效率两方面。明确了机械化耕作背景下的连片度、耕作距离和田间道路通达度3个关键指标的内涵与快速获取方法, 为准确评价耕作便利度奠定了基础。耕作便利度评价结果显示: 研究区82.41%的耕地处于非常便利和比较便利的级别, 平均地块面积大, 集中连片且交通便利, 是发展高效农业、推广机械化耕作的适宜区域; 一般便利和不便级别的田块平均面积较小, 分布分散且远离居民点, 机械耕作效率较低, 不利于发挥规模效益。该研究可为耕地质量评价、高标准农田建设项目选址等提供技术支持。

关键词: 耕作便利度; 耕地质量; 评价; 现代农业; 效率; 华北平原

中图分类号: F301.21 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2018)12-0165-07

Evaluation of Farming Convenience Degree in North China Plain

REN Yanmin^{1,2} LIU Yu^{1,2} PAN Yuchun^{2,3} HU Yueming^{2,4}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

3. Key Laboratory of Agri-informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China

4. College of Information, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Farming convenience degree (FCD) is an important feature of cultivated land. In order to accurately characterize all requirements of modern agriculture for FCD, the definition and its meaning of FCD were introduced. Then, a systematic and comprehensive evaluation model was constructed and applied in a project area of Dingzhou City in Hebei Province. The results showed that the newly defined FCD put farming efficiency on an importance place, which consisted of field work efficiency and traffic efficiency. Three key indexes were thoroughly studied, including connective degree, field road accessibility and farming distance. Their meaning and acquisition method offered the foundation to obtain FCD accurately. The evaluation results showed that the FCD condition of farmland in the study area was good overall. Based on the comprehensive evaluation score, the farm units were divided into four levels. Among that, totally 82.41% of all farmland area was at the level of very convenient or more convenient. These kinds of units mainly had the feature of convergent distribution and large average land area, and also distributed in the area close to roads. It was the appropriate area for developing high-efficiency agriculture and spreading mechanized farming. On the contrary, it was difficult to exert scale benefit and mechanical tillage for farmland of the grades like general convenient and not convenient, because of their small units and scattered distribution. The research can provide technical support and method reference for the project selection and performance evaluation for well-facilitated farmland as well as the evaluation of cultivated land quality.

Key words: farming convenience degree; cultivated land quality; evaluation; modern agriculture; efficiency; North China Plain

收稿日期: 2018-06-28 修回日期: 2018-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401193)和北京市农林科学院科研创新平台建设项目(PT2018-23)

作者简介: 任艳敏(1985—),女,工程师,博士,主要从事GIS技术应用研究,E-mail: renym@nrcita.org.cn

通信作者: 刘玉(1982—),男,副研究员,博士,主要从事土地利用、区域农业与农村发展研究,E-mail: liuyu@nrcita.org.cn

0 引言

耕作便利是表征农田综合质量的重要因素,已被广泛应用于耕地质量评价、基本农田划定、高标准农田建设布局等^[1-2]。近年来,我国高度重视高标准农田建设,力图通过大规模建设高标准农田,整体提升农田的土地平整度、集中连片度、设施完善度等,进而提升农田耕作便利度,使之适应于现代农业的生产和经营方式^[3]。提升农田耕作便利度是农业机械化推广应用和农业规模经营的前提和基础,而这需要对耕作便利度进行准确评价并对其提升路径进行科学设计。为准确反映现代农业发展对耕作便利条件的现实要求,基于农业机械效率视角构建农田耕作便利度评价模型与方法,可为耕地质量评价、高标准农田建设项目选址与绩效评估等提供技术支持和方法参考。

以往研究中,耕作便利度大多采用耕作距离进行表征^[4-5],其内涵是指农村居民点到耕作田块的距离,与过去分散的家庭经营方式相适应,但不能准确表征机械化耕作背景下现代农业生产经营对耕作便利条件的全面要求。已有学者开始尝试包含田块连片度、耕作距离和田间道路通达度等指标的耕作便利度综合评价研究^[6],但部分指标未能充分反映现代农业机械化耕作的现实情况:①作为影响连续化耕作和耕作效率发挥的关键指标,通常采用人为设定距离阈值法判定田块连片度^[7-8],未形成客观、定量的连片距离阈值设定方法;且未考虑河流、建设用地等地理要素对农业机械通行的阻碍影响。②耕作距离常采用农村居民点与田块的欧氏距离表征^[9],该方法计算简单、含意明确、应用广泛。但在实际中,农户通过不同运输能力的道路网往返于农村居民点与田块之间,采用到达田块所需的实际时间或费用来表征耕作距离更符合实际。③田间道路通达度影响着农业生产物质的运输能力以及机械耕作效率,以往多采用“集中连片的田块中,田间道路

直接通达的田块数与田块总数的比值”进行指标值获取^[3]。该方法计算简单,但未区分田间道路数量与等级对农业物资输入输出能力的影响。

基于此,本研究以耕作田块为单元,按照现代农业机械化发展要求界定农田耕作便利度,重点研究耕作便利度评价指标体系构建和关键指标值获取方法,作为传统耕地质量评价的有益补充,以期服务于耕地质量综合评价和高标准农田建设项目选址与绩效评估等。

1 研究方法

耕作便利度是指田块在农业耕作生产中的便利程度,不仅包括田间生产的便利程度,还包括居民点到达田块的便利程度。《全国农业机械化发展第十三个五年规划》指出,到2020年,主要农作物生产全程机械化取得显著进展;在华北平原地区,重点巩固提高小麦生产全程机械化质量效益,全面实现玉米生产全程机械化。考虑到平原区现代农业生产主要依靠机械化^[10],故将农田耕作便利度限定在便于农业机械效率的发挥方面,即在农田耕作过程中影响农业机械化作业效率发挥的程度,包括田间机械作业效率和居住地到田间地头的机械通行效率2方面。

1.1 影响因素分析与评价指标体系构建

基于界定的农田耕作便利度以及 GB/T 28405—2012《农用地定级规程》中农用地定级备选因子关于耕作便利条件评价指标的分析^[11],从土地平整、集中连片、交通便利和其他条件4方面构建耕作便利度评价指标体系(表1)。其中,土地平整、集中连片和其他条件主要影响田间作业效率,交通便利主要影响机械通行效率。

(1) 土地平整

土地平整程度与机械化水平、田间耕作便利度、水土保持及土壤肥力等密切相关^[12],直接影响着农作物的生长发育和农业机械耕作效率。本研究选取

表1 农田耕作便利度评价指标体系

Tab.1 Evaluation indexes of farming convenience degree for farmland

目标层	影响因素	评价指标	指标含意	指标类型
田间作业效率	土地平整	地形坡度	地表斜坡的斜度	逆指标
		田面平整度	田块表面的平整程度	正指标
	集中连片	田块大小	耕作田块的面积	正指标
		田块方向	田块长边的方向	正指标
		田块形状指数	田块形状的规整程度	正指标
其他条件	连片度	田块空间上的相连或相邻程度	正指标	
机械通行效率	交通便利	田间障碍物	田间有否影响机械耕作的障碍物	逆指标
		耕作距离	农村居民点到田块的实际距离	逆指标
	田间道路通达度	与田块连接的田间道路的实际通行能力	正指标	

地形坡度和田面平整度来表征土地的平整状况。地形坡度越大、田面平整度越差,越不利于田间机械化作业,耕作效率越低,导致农户对农田的投入意愿和水平降低、作物减产^[13]。

(2) 集中连片

田块自身的大小、方向、形状以及田块之间的连片程度对耕作便利程度和机械效率的发挥均有影响,是农田耕作便利度的重要表征指标。已有研究表明^[14],田块面积越大、工作单程越长、形状越规则,农业机械纯作业时间占总作业时间的比重越大,用于机械掉头等无效时间越少,田间作业效率越高;耕作田块是否连片直接影响着农业机械能否在田间进行连续化作业,进而影响耕作效率。

(3) 交通便利

现代农业生产与经营需要在适度规模基础上实现机械化^[15-16],这对交通设施的数量、等级、质量与布局等提出新需求。选取耕作距离和田间道路通达度 2 个指标表征交通便利条件,反映推广农业机械化耕作的可行性与便利性。其中,耕作距离反映农业机械进入田间作业的通行便捷性,田间道路通达度反映农业机械出入田间地头进行农田操作的便利性。

(4) 其他条件

除以上因素外,田间障碍物等因素也对耕作便利度有一定影响。例如,有障碍物田块的田间机械耕作效率远低于没有障碍物的田块。尤其是障碍物占地面积较大时,农业机械耕作效率降低的程度更大。

1.2 指标获取方法与标准化

依据构建的评价指标体系及指标含意,分析各指标的获取方法与路径。其中,地形坡度和田面平整度可以直接从耕地质量等别年度更新评价成果中获取;田块大小和田块方向可以借助 ArcGIS 软件的空间计算工具获取^[17];田块形状指数利用景观分析

软件的分维数计算获取;田间障碍物可以通过实地调查或利用高分影像人为识别获取。为了准确反映机械化耕作背景下的耕作便利度,本研究拓展了连片度、耕作距离和田间道路通达度的获取方法。

(1) 连片度

指田块空间上的相连或相邻程度,小于一定距离阈值则认为田块连片^[8]。本研究充分利用矢量数据和栅格数据各自的优点,基于数学形态学的栅格膨胀腐蚀运算自动求取连片距离阈值,并在考虑水域、河道、林地、建设用地、高级公路等障碍要素影响的基础上实现连片田块的判定与连片度分级^[18]。

(2) 耕作距离

指农村居民点到田块的实际距离,采用居民点到达田块所需的最短加权距离表征:距离田块越近、道路等级越高,加权距离越小。ArcGIS 中的生成网络空间权重 (Generate network spatial weights, GNSW) 是通过建立对象之间的空间相邻关系,准确表达其空间相互作用程度的工具。考虑到不同等级道路的通行能力差异,本研究根据道路等级赋予相应权重,通过构建加权网络数据集,并利用生成网络空间权重工具获取评价单元的耕作距离指标值。

(3) 田间道路通达度

指田块通过不同等级或运输能力的田间道路,进行物料或农产品输入输出的实际运输能力。本研究根据田间道路等级设置不同权重,通过统计田块直接通达的田间道路数量与权重,采用加权求和法获取各田块的田间道路通达度。连接田块的道路等级越高、数量越多,田间道路通达度越高。

将不同类型和性质的指标标准化为 [0, 100] 闭合区间(表 2)。其中,地形坡度、田面平整度指标的标准化分值参考 GB/T 28407—2012《农用地质量分等规程》确定,其他指标采用专家打分法进行分级和量化处理。

表 2 耕作便利度评价指标体系与标准化

Tab. 2 Index system and standardization of farming convenience degree

准则层	指标层	指标权重	指标分级标准									
			100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
土地平整	地形坡度/(°)	0.143	<2	2~5		5~8		8~15		15~25		≥25
	田面平整度	0.157	1			2			3			
集中连片	田块大小/hm ²	0.138	≥1.0		0.5~1.0			0.2~0.5		0~0.2		
	田块方向	0.036	南北			东西						
	田块形状指数	0.053	≥50			40~50			0~40			
	连片度/hm ²	0.103	≥60	30~60			20~30		10~20		0~10	
其他条件	田间障碍物	0.110	无							有		
交通便利	耕作距离	0.104	0.65~1		0.45~0.65		0.30~0.45			0.15~0.30		0~0.15
	田间道路通达度	0.156	4~22			3~4			1~3		0~1	

1.3 综合评价模型构建

采用层次分析法^[19]确定指标权重,具体步骤如下:①将耕作便利度作为目标层(G 层),土地平整、集中连片、其他条件、交通便利作为准则层(C 层),把影响准则层的各指标作为指标层(A 层)。②构建判断矩阵 A 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 。③求取层次单排序、层次总排序并进行一致性检验:利用 yaahp 软件计算得到 4 个准则层的最大特征值、一致性指标(Consistency index, CI)和一致性比率(Consistency ratio, CR),并进行层次总排序,直到检验结果具有满意的一致性。④采用和积法计算 A 层对 G 层的组合权重(表 2)。

采用加权指数和法^[20]计算农田耕作便利度

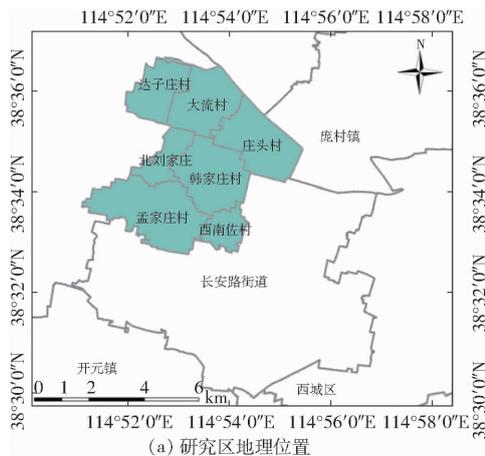
$$F_k = \sum_{i=1}^n F_{ki} W_i \quad (1)$$

式中 F_k ——第 k 个评价单元的耕作便利度

F_{ki} ——第 k 个评价单元第 i 个指标标准化值

W_i ——第 i 个指标的权重

n ——评价指标总数



2 研究区概况与数据处理

2.1 研究区概况

华北平原地势平坦、土层深厚,是我国粮食主产区,也是全国农业机械化水平较高的区域。但该区域人口密集,人均耕地少,加上道路、河流等切割以及家庭联产承包责任制下的分散经营,耕地细碎化、分散化情况较为严重。本研究选定的研究区位于河北省定州市长安路街道西北部,总面积 2 405.58 hm^2 ,共包括 7 个行政村(图 1)。该区域位于太行山山前平原区,地势平坦,属暖温带半干旱半湿润大陆性季风气候,四季分明,降水不均。2015 年,区域耕地面积为 1 497.19 hm^2 ,占土地总面积的 62%;人均耕地面积仅 0.09 hm^2 ,平均地块面积仅为 0.14 hm^2 ,限制了农业规模化生产与大型农业机械的推广使用;加上区域地块形状与耕作方向差异较大,农业耕作效率低下。因此,在该区域开展农田耕作便利度评价研究具有较强的典型性和代表性。

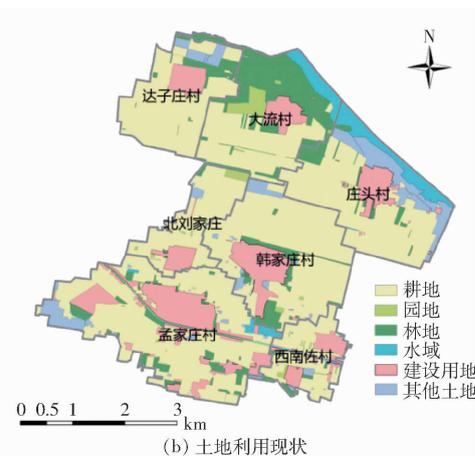


图 1 研究区所在地理位置与土地利用现状

Fig.1 Location of study area and present land use

2.2 数据来源与处理

主要数据来源包括:①2015 年高分二号卫星影像,用于获取耕作田块、田间道路等矢量数据。②2015 年定州市耕地质量等别年度更新数据库,用于获取地形坡度、田面平整度指标数据。③定州市土地利用总体规划数据库(2006—2020 年),用于获取行政区划图、耕地图斑、交通水系、林地、居民点、线状地物等,用于制图以及作为辅助数据提取耕作田块、田间道路,并提取障碍要素参与连片度计算。④2011—2015 年定州市统计年鉴、实际调查问卷等,获取农业人口、户均耕地面积、田间障碍物等。

数据进行整理汇总后,将所有的图件资料统一为 ArcGIS 格式,坐标系采用 1980 西安平面坐标系和 1985 国家高程基准。在本研究中,基于高分二号

卫星影像,结合土地利用现状等矢量数据,采用面向对象分割分类的方法提取耕作田块和田间道路等信息^[21-22]。最终提取的田块与田间道路的精度分别为 89.13% 和 90%,可用于耕作便利度评价。另外,根据空间位置将地形坡度、田面平整度赋予对应的评价单元。

3 结果与分析

3.1 关键指标获取结果

研究区耕作田块的连片度、耕作距离和田间道路通达度 3 个关键指标的计算结果如图 2 所示。基于数学形态学方法确定田块连片距离阈值为 1.5 m,远小于依据线状地物宽度设定的阈值(10 m),精度更高,以此划定的耕地连片面积也更符合现代农业

发展对适度规模的要求。基于连片面积将连片度分为 5 个级别(表 2、图 2a),其中,韩家庄村和庄头村的耕地连片度较好,大流村、西南佐村和孟家庄村的耕地地块面积小、分布较为分散。根据不同等级道路通行能力的差异,将高级公路、机耕路、生产路的权重分别设为 1.0、0.7 和 0.4,计算获取的耕作距离权重指数介于 0~1 之间,越接近于 1,说明居民点到达田块的耕作距离越小;越接近于 0,说明耕作

距离越大。按照权重指数高低划分为 5 个级别(表 2、图 2b)。田间道路权重设置同耕作距离,最终获取的田间道路通达度指数为 0~22,并据此将田间道路通达度划分为 4 个级别(表 2、图 2c)。指数越高,说明田块连接的道路等级越高、数量越多。与仅考虑直接通达与否的获取方法相比,综合考虑道路数量与等级的田间道路通达度计算方法更能反映田块的实际运输能力。

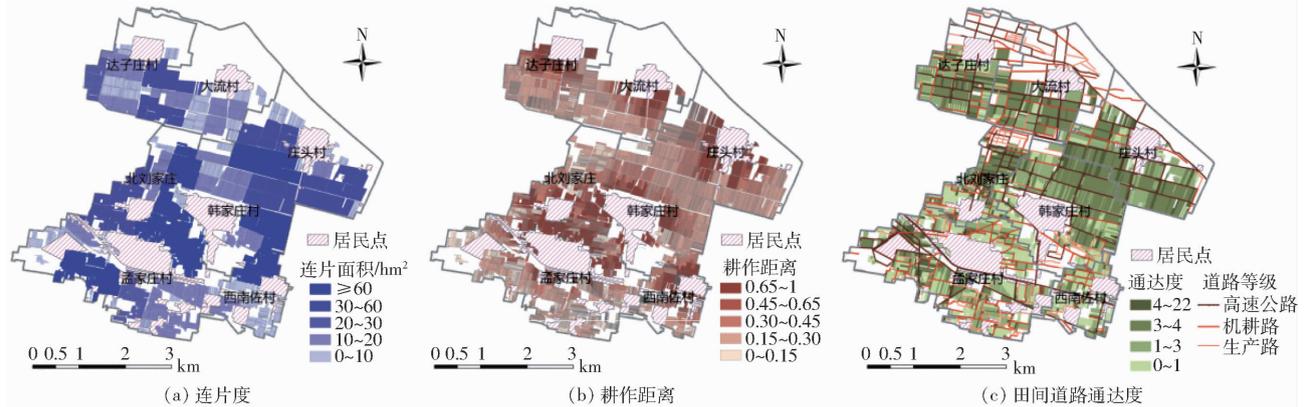


图 2 关键指标获取结果
Fig. 2 Results of key indexes

3.2 耕作便利度评价结果

通过指标值获取与标准化,利用式(1)对研究区田块的耕作便利度进行定量评价与分级。结果显示:耕作便利度分值在 60.68~100 之间,按照 85~100、75~85、65~75、0~65,将耕作便利度分为非常便利、比较便利、一般便利和不便利 4 个级别(表 3、图 3)。

表 3 耕作便利度评价结果分级统计

Tab. 3 Evaluation result and its grade statistics of farming convenience degree

级别	田块数/个	数量百分比/%	面积/hm ²	面积百分比/%	平均田块面积/(hm ² ·个 ⁻¹)
非常便利	514	14.12	319.09	25.89	0.62
比较便利	2 005	55.05	696.55	56.52	0.35
一般便利	1 092	29.98	213.56	17.33	0.20
不便利	31	0.85	3.19	0.26	0.10
总计/平均值	3 642	100	1 232.39	100	0.34

(1) 非常便利

该级别田块数为 514 个,占田块总数的 14.12%;平均田块面积最大(0.62 hm²/个),远大于其他级别的田块。田块多呈集中连片状分布,能减少掉头、转向等农业机械的低效或者无效耕作时间,进而较长时间的连续作业,耕作效率较高。从空间分布看,该级别田块一般位于居民点或田间道路周

边,耕作距离近、交通便利,便于农业物资的运输,是发展高效农业、推广机械化耕作的最适宜区域。但同时也易在村镇建设与发展过程中转化为其他用地,尤其是建设用地,因此有必要优先将其划为永久基本农田加以保护。

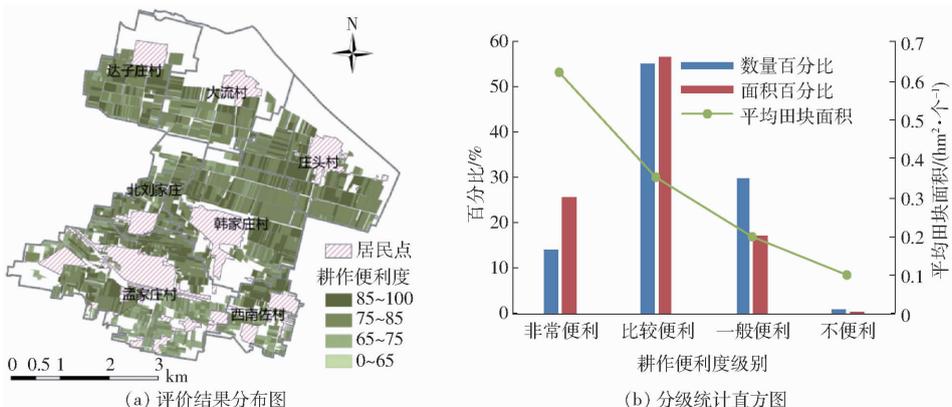


图 3 耕作便利度评价结果分布图与分级统计直方图

Fig. 3 Distribution map and statistical histogram of farming convenience degree

(2) 比较便利

该级别田块数量最多,面积最大,分别占总田块数与总田块面积的 55.05% 和 56.52%;平均田块面积为 0.35 hm²/个,略高于研究区的平均水平。从空间分布看,该级别田块广泛分布于各个行政村,一般与非常便利田块相邻,有利于农业机械规模化耕作和农业科技推广。加之该区域田块本身的耕作条件较好,建议将其与非常便利田块一起划入永久基本农田片区进行保护。

(3) 一般便利

该级别田块数量较多,占田块总数的 29.98%,但面积仅占田块总面积的 17.33%,田块平均面积较小(0.20 hm²/个)。从空间分布看,该级别田块分布较为分散,很少有集中连片分布,耕作距离远、交通不便,田块耕作便利度较差。在未来开展土地整治或高标准农田建设时,将此类田块与周边田块合并或者增建田间道路等,提高耕作便利度。

(4) 不便利

该级别田块面积很少,仅为田块总面积的 0.26%;平均田块面积也最小,仅为 0.10 hm²/个;零散分布在远离村庄地区,不适宜机械化耕作。未来可以考虑将该级别的田块退耕还林或者发展成园地等对机械化耕作依赖较少的农业利用方向,提高田块的经济收益。

4 结论

(1) 将耕作便利度界定为:在农田耕作过程中

影响农业机械耕作效率发挥的程度,包括田间机械作业效率和居住地到田间地头的机械通行效率 2 方面。

(2) 从土地平整、集中连片、交通便利和其他条件等 4 方面构建了耕作便利度综合评价模型,并结合农业机械化耕作实际探索了连片度、耕作距离、田间道路通达度 3 个关键指标的快速获取方法。其中,连片度同时考虑了影响机械通行的障碍要素以及农田连片程度对机械化规模化耕作的影响;耕作距离反映了居民点到达田块的实际通行路径以及不同等级道路对机械通行效率的影响;田间道路通达度综合考虑了田块与田间道路的直接通达性以及不同等级道路对农业机械的实际运输能力。

(3) 评价结果表明,研究区农田耕作便利度整体较好,82.41% 的耕地处于非常便利(25.89%)和比较便利(56.52%)的级别,平均地块面积大,集中连片且交通便利,是发展高效农业、推广机械化耕作的最适宜区域;而一般便利和不便利级别的田块平均面积较小,分布分散且远离村庄,不利于机械化耕作和规模效益的发挥。

(4) 提出的耕作便利度评价方法对耕地质量评价与高标准建设项目选址等有一定指导意义。随着大型农业机械装备的研发应用和主要农作物全程机械化生产的推进实施,可结合土地整治、高标准农田建设等实践,按地理区位、作物类型进一步完善影响因素和评价指标体系,以推进该研究的科学性和严谨性。

参 考 文 献

- 1 邓红蒂. 规划修编与基本农田保护[J]. 中国土地, 2005(9): 27-28.
DENG Hongdi. Amendment of land planning and the protection of basic farmland [J]. China Land, 2005(9): 27-28. (in Chinese)
- 2 钱凤魁,王秋兵,边振兴,等. 永久基本农田划定和保护理论探讨[J]. 中国农业资源与区划, 2013, 34(3): 22-27.
QIAN Fengkui, WANG Qiubing, BIAN Zhenxing, et al. Discussion about the permanent basic farmland planning and protection [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2013, 34(3): 22-27. (in Chinese)
- 3 GB/T 30600—2014 高标准农田建设通则[S]. 2014.
- 4 宋戈,邹朝晖,王越. 东北粮食主产区县域耕地产能核算及其影响因子分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24): 308-317.
SONG Ge, ZOU Chaohui, WANG Yue. Calculation of county cultivated land productivity and its analysis of influential factors of grain main production area in Northeast China [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(24): 308-317. (in Chinese)
- 5 张贵军,赵丽,张蓬涛,等. 基于农用地分等的耕地资源安全评价及整治分区[J]. 农业工程学报, 2017, 33(16): 248-255.
ZHANG Guijun, ZHAO Li, ZHANG Pengtao, et al. Cultivated land resource security evaluation and consolidation division based on farmland classification [J]. Transactions of the CSAE, 2017, 33(16): 248-255. (in Chinese)
- 6 任敏敏,唐秀美,刘玉,等. 考虑耕地生态质量的基本农田划定方法[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24): 298-307.
REN Yanmin, TANG Xiumei, LIU Yu, et al. Demarcating method of prime farmland considering ecological quality of cultivated land [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(24): 298-307. (in Chinese)
- 7 鲁学军,武鹏达,郭旭东. 二值形态闭运算在优质耕地集中连片划定中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(2): 199-206.
LU Xuejun, WU Pengda, GUO Xudong. Application of binary morphological closing operation for aggregation connectivity planning in high-quality arable land [J]. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(2): 199-206. (in Chinese)
- 8 杨柳,余平祥,胡月明,等. 基于景观生态指标的农用地连片阈值调整方法[J]. 华南农业大学学报, 2017, 28(2): 112-117.
YANG Liu, YU Pingxiang, HU Yueping, et al. Farmland connectivity threshold adjustment based on landscape ecological indexes

- [J]. Journal of South China Agricultural University, 2017, 28(2):112-117. (in Chinese)
- 9 赵素霞,牛海鹏,张合兵,等.高标准农田建设中耕地空间稳定性评价研究[J/OL].农业机械学报,2018,49(7):119-126. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20180715&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2018.07.015.
- ZHAO Suxia, NIU Haipeng, ZHANG Hebing, et al. Space stability evaluation during well-facilitated farmland consolidation [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(7):119-126. (in Chinese)
- 10 罗锡文,廖娟,胡炼,等.提高农业机械化水平促进农业可持续发展[J].农业工程学报,2016,32(1):1-11.
- LUO Xiwen, LIAO Juan, HU Lian, et al. Improving agricultural mechanization level to promote agricultural sustainable development [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(1):1-11. (in Chinese)
- 11 GB/T 28405—2012 农用地定级规程[S]. 2012.
- 12 杜昭阳,辛磊,李超,等.基于质量评价的耕地建设分区研究:以河北省望都县为例[J].农业现代化研究,2013,34(6):733-737.
- DU Zhaoyang, XIN Lei, LI Chao, et al. Cultivated land construction partition based on quality evaluation: set Wangdu County as an example[J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(6):733-737. (in Chinese)
- 13 王欣蕊,李双异,苏里,等.东北黑土区漫岗台地高标准农田质量建设标准研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(增刊):551-554.
- WANG Xinrui, LI Shuangyi, SU Li, et al. Quality construction standards of high-standard farmland in the Hilly Terrace of black soil regions of northeast China[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(Supp.):551-554. (in Chinese)
- 14 罗丹,徐艳,王跃朋,等.基于地块面积的土地整理耕作效率测算方法研究[J].中国土地科学,2013,27(6):73-78.
- LUO Dan, XU Yan, WANG Yuepeng, et al. Study on the method of measuring the scale efficiency of land consolidation in terms of plot size [J]. China Land Sciences, 2013, 27(6):73-78. (in Chinese)
- 15 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)
- 16 蔡朕,刁承泰,王锐,等.基于集对分析的高标准基本农田建设项目选址合理性评价:以重庆市梁平县为例[J].中国生态农业学报,2014,22(7):828-836.
- CAI Zhen, DIAO Chengtai, WANG Rui, et al. Evaluation of the reasonability of site selection for high quality capital farmland construction project based on set pair analysis[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22(7):828-836. (in Chinese)
- 17 吕振宇,郝晋珉,牛灵安.黄淮海平原耕作单元地块几何特征及其对机械耕作的影响:基于河北省曲周县的实证分析[J].中国农业大学学报,2016,21(1):97-103.
- LÜ Zhenyu, HAO Jinmin, NIU Ling'an. Study on the plots' geometrical feature and its effects on the mechanized farming in Huang-Huai-Hai plain: an empirical study of Quzhou County in Hebei Province [J]. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(1):97-103. (in Chinese)
- 18 任艳敏,孙九林,刘玉,等.县域永久基本农田划定方法研究[J/OL].农业机械学报,2017,48(4):135-141. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170417&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.04.017.
- REN Yanmin, SUN Jiulin, LIU Yu, et al. Delineation method of permanent basic farmland on county scale [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(4):135-141. (in Chinese)
- 19 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 WENZE. Zoning of high standard farmland construction based on local indicators of spatial association [J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(22):276-284. (in Chinese)
- 20 任艳敏,唐秀美,刘玉,等.基于“生产-生态-区位”的都市区粮田布局方法[J/OL].农业机械学报,2016,47(5):321-327. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20160544&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.044.
- REN Yanmin, TANG Xiumei, LIU Yu, et al. Layout method of cereal field based on production-ecology-location in metropolitan area [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5):321-327. (in Chinese)
- 21 张超,刘佳佳,陈英义,等.土地整治区田块空间形态变化遥感监测与评价[J/OL].农业机械学报,2017,48(1):104-111. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170114&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.01.014.
- ZHANG Chao, LIU Jiajia, CHEN Yingyi, et al. Remote sensing monitor and evaluation on patch morphology changing in land consolidation areas [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(1):104-111. (in Chinese)
- 22 佃袁勇,方圣辉,姚崇怀.多尺度分割的高分辨率遥感影像变化检测[J].遥感学报,2016,20(1):129-137.
- DIAN Yuanyong, FANG Shenghui, YAO Chonghuai. Change detection for high-resolution images using multilevel segment method [J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(1):129-137. (in Chinese)