

基于耕地连片度的高标准基本农田建设划区

杨建宇^{1,2} 赵龙^{1,2} 徐凡¹ 岳彦利¹ 杜贞荣¹ 朱德海^{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: 为提高高标准基本农田划定区域的耕地连片性,在耕地综合质量评价和耕地连片网络基础上,提出了局部耕地连片度计算公式来评价耕地的连片性,并采用四象限法空间耦合耕地质量和连片度2个时空属性。结果表明: 献县高标准基本农田优先建设区域面积为24 803.45 hm²,重点建设区域面积为19 688.77 hm²,有条件建设区域面积为19 538.64 hm²,与面积累加方法相比,优先建设区域连片度提高了15.55%,而有条件建设区域连片度减小了37.82%,表明该方法明显提高了高标准基本农田建设划区的耕地连片度。

关键词: 高标准基本农田; 网络; 连片性; 建设划区

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)04-0142-07

Zoning of High Standard Prime Farmland Construction Based on Arable Lands Connectivity

YANG Jianyu^{1,2} ZHAO Long^{1,2} XU Fan¹ YUE Yanli¹ DU Zhenrong¹ ZHU Dehai^{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: To improve the connectivity of high standard prime farmland regions, on the basis of arable land comprehensive quality evaluation and the arable land connected network, a local farmland connectivity calculation formula was proposed to evaluate arable lands connectivity, and four-quadrant method was adopted to space couple farmland quality and connectivity. Firstly, arable land comprehensive quality evaluation system was built from natural quality, site environment and ecological quality by using the analytic hierarchy process. Secondly, on the basis of contiguous thresholds and contiguous rules, the arable land connected network and arable lands connectivity evaluation system was built. Finally, four-quadrant method was adopted to zone high standard prime farmland, which included prioritized construction area, important construction area and conditional construction area, and it can provide reference for the construction of high standard prime farmland. The results showed that the area for prioritized construction was 24 803.45 hm², where the arable lands had better quality and higher connectivity; the area for important construction was 19 688.77 hm² and 19 538.64 hm² for conditional construction area, each region included three types of construction and each construction had different sequences. A global farmland connectivity calculation formula was also proposed. Compared with the method of accumulation area, the connectivity of prioritized construction area was improved by 15.55%, while the connectivity of conditional construction area was decreased by 37.82%, indicating that the method significantly improved the connectivity of high standard prime farmland construction area.

Key words: high standard prime farmland; network; connectivity; construction zoning

引言

开展农村土地整治,大规模建设旱涝保收高标准农田是我国重要的战略举措,对保障粮食安

全、提高耕地综合生产能力、改善农业生产条件、发展现代农业具有重要意义^[1]。高标准基本农田是指通过农村土地整治形成的集中连片、设施配套、高产稳产、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基本农田^[2]。《全国土地整治规划(2011—2015年)》提出要在2020年全国建成8亿亩高标准基本农田。因此,科学划定与建设一定数量的高标准基本农田对于提高耕地质量、保障粮食安全具有重要意义,也是耕地保护和土地整治的重心。

目前,国内关于高标准基本农田划区与研究已经形成了很多成果,当前的研究主要从耕地自然属性^[3-5]、空间分布^[6]、社会经济影响^[7-8]、生态保护^[9]等方面展开,采用多因素综合评价法^[3-4]、外部环境适宜性修正模型^[5]、LESA法^[7]、四象限法^[10-11]、局部空间自相关法^[6]等方法,涉及高标准基本农田建设时序与分区、空间布局与规划。高标准基本农田建设作为土地综合整治规划中重要的组成部分,应该从自然条件、社会经济条件、生态条件、集中连片等几方面来综合考虑,构建合理的建设模式和时空安排。当前研究中,大多集中在耕地的自然属性和社会经济条件等方面,在空间分布方面的研究相对较少,较少考虑耕地的集中连片情况,或者仅仅作为耕地评价的一个方面,并没有从总体上考虑高标准基本农田建设中的耕地连片性。本文从耕地连片性的角度,结合耕地自然质量和空间分布情况,构建基于耕地连片度的高标准基本农田划区方法。

1 研究区域和数据来源

1.1 研究区概况

献县位于河北省和黑龙港地区中部,沧州市西部,地处海河流域,属冲积扇平原与冲积平原的交接地区,东经 $115^{\circ}50'$ ~ $116^{\circ}30'$ 、北纬 $38^{\circ}03'$ ~ $38^{\circ}22'$ 之间。纵观全境,地势平坦,自西南向东北缓缓倾斜,坡降为 $1/10\ 000$ 。海拔高度在 $10\sim 15\text{ m}$ 之间,全年日照时数为 $2\ 851.1\text{ h}$,日照百分率为 65% 。年极端最高气温多在 $38\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间,一般出现在6月下旬,年极端最低气温在 $-23\sim -14^{\circ}\text{C}$ 之间,多出现在1、2月份。多年平均降水量为 564 mm ,降水多集中于6—9月份。根据2013年土地利用变更调查资料,献县土地总面积为 $117\ 139.23\text{ hm}^2$,其中耕地面积 $64\ 030.86\text{ hm}^2$,占土地总面积的 54.66% 。献县耕地总体质量较好,地势平坦,地块较为集中连片,适宜于开展高标准基本农田建设。

1.2 数据来源

数据来源:①献县2013年1:10 000土地调查成果图。②献县行政区划图。③献县2013年线状地物分布图,包括道路、沟渠等。

2 研究方法

本研究以县域耕地图斑为基本研究单位,在耕地综合质量评价的基础上,构建耕地连片网络,计算耕地局部连片度,采用四象限法,空间耦合耕地质量与局部连片度,划分高标准基本农田建设区域,为高标准基本农田建设提供参考。技术路线见图1。

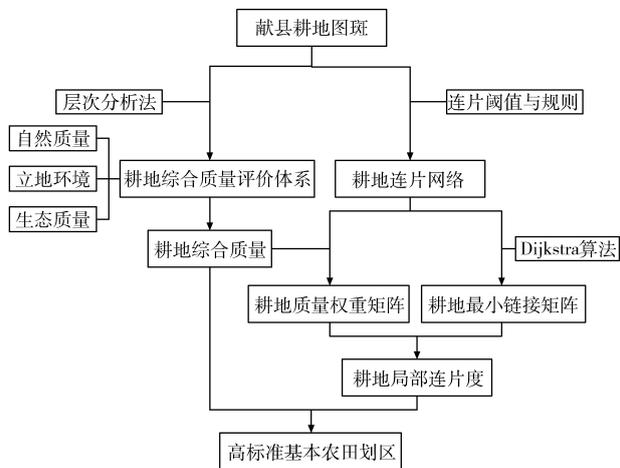


图1 基于耕地连片性的高标准基本农田建设划区技术路线图

Fig. 1 Technology route of zoning of high standard prime farmland construction based on arable lands connectivity

2.1 耕地综合质量评价体系构建

国内学者对于高标准基本农田评价单元的选定分为2类,一类是以耕地地块为基础,一类是以行政村为基础,但县级高标准基本农田建设注重可操作性,要求落实到地块^[10],故本文以献县土地利用调查成果图中划定的耕地图斑为基本评价单元,最终包含15 886个评价单元。

耕地综合质量评价包括内部影响因素和外部影响因素,目前在耕地质量评价^[12-13]以及农用地分等定级^[14-15]等相关研究方面已形成完善的指标体系。内部影响因素主要考虑耕地自然状况和生态条件,耕地自然状况包括表层土壤质地、有机质含量、盐渍化程度、有效土层厚度、剖面构型等,耕地生态条件是指一定区域内本底条件差异不大的耕地在不同的外界环境作用下,防止水土流失、抵御自然灾害、保持耕地质量稳定的能力^[9],包括地形坡度、洪涝灾害率、田块规整度等;而外部影响因素主要是耕地的立地环境特征,包括排水条件、灌溉保证率、与中心城市距离、道路通达度。本研究从自然质量、立地环境、生态质量(表1)3方面构建高标准基本农田建设的耕地综合质量评价指标体系。

采用Delphi法和层次分析法共同确定各评价指标的权重,权重结果均通过一致性检验,具体数值

由一级指标权重和二级指标权重的乘积得到,结果见表 1。

表 1 耕地综合质量评价体系

Tab.1 Index system of farmland quality evaluation

一级指标	权重	二级指标	权重
自然质量	0.46	表层土壤质地	0.104
		有机质含量	0.052
		盐渍化程度	0.132
		有效土层厚度	0.069
		剖面构型	0.103
立地环境	0.40	排水条件	0.100
		灌溉保证率	0.200
		与中心城镇距离	0.033
		道路通达度	0.067
生态质量	0.14	地形坡度	0.064
		洪涝灾害	0.043
		田块规整度	0.033

2.2 耕地连片度计算模型构建

连片性的定义起源于景观生态学,连接度通常被区分为结构连接度和功能连接度^[16]。结构连接度是指组成景观元素在空间结构上的联系,而功能连接度则是景观中各种元素在功能上和生态过程上的联系^[17]。目前关于耕地连片性的研究较少,引用较多的定义是将连片性定义为同一质量范围(同一类型或等级,或某一等级以上,或某等级区间内)地块的相连程度^[18]。因高标准基本农田划定优先选择高质量耕地进行建设,且划定的耕地要求集中连片,故本文将高标准农田建设中的耕地连片性定义为某一地块与高质量地块的相连程度,并提出一种基于耕地连片网络的局部耕地连片度计算方法。

2.2.1 连片阈值与连片规则

全国第二次土地调查规程规定如下:线状地物宽度大于等于图上 2 mm 的按图斑调查。对于 1:10 000 比例尺来说,宽度小于 20 m 都按线状地物调查,因此按照此规定,空间阈值设定应该最小为该距离的 2 倍,即为 40 m,设为 D 。

本文采用的耕地连片规则包括 2 点:①采用缓冲区分析的方法判断耕地是否连片,缓冲区距离为 $D/2$,即 20 m,缓冲区相交的两块耕地标记为连片。②高速公路、铁路、大型河流可以影响耕地连片生产,阻断耕地的连通性,在耕地连片性判断中,其作为阻隔要素使空间上连片的耕地不再连片。

2.2.2 耕地连片网络构建

耕地连片网络是一种无向连通图,其中节点是对耕地地块的简单表示,其坐标为地块图斑的几何中心点;边是对 2 个地块之间连片关系的简单表示,即一条边两端的节点所对应的地块认为是连片的。

采用缓冲区分析的方法,对每一个地块图斑生成缓冲区,将缓冲区相交的图斑连接成线,将连线记入边集合,以图斑几何中心的横、纵坐标生成节点,利用这些边和节点构建耕地连片网络。具体流程图见图 2。

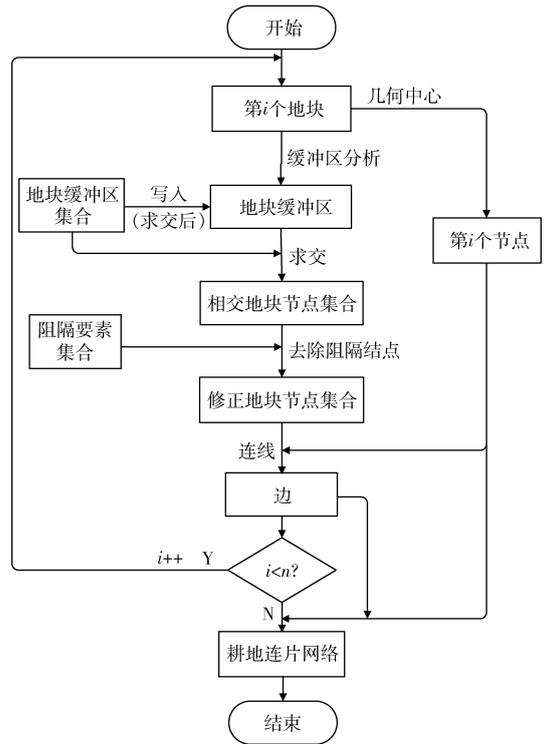


图 2 耕地连片网络构建流程图

Fig.2 Flow chart of arable land connected network

2.2.3 耕地连片度指数计算

(1) 构造耕地连片网络最小链接矩阵

采用 Dijkstra 算法构建最小链接矩阵 L , Dijkstra 算法是典型的单源最短路径算法,用于计算一个节点到其他所有节点的最短路径。每一条边所赋的权重为 1, 2 个无连通的节点之间的最小链接数赋值为 ∞ 。

$$L = (l_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \cdots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \cdots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \cdots & l_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 l_{ij} ——第 i 个节点与第 j 个节点之间的最小链接数

(2) 构造耕地质量权重矩阵

地块之间的相连程度不仅与它们的链接数有关,而且受其综合质量的影响,根据相连地块质量的不同,评价地块与周围地块的质量关系被赋予定值,具体公式为

$$W = (w_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中

$$w_{ij} = \begin{cases} 0 & (d_i \text{ 与 } d_j \text{ 无连通性, 或 } m_j \text{ 为差等地}) \\ 0.5 & (d_i \text{ 与 } d_j \text{ 连通, 且 } m_j \text{ 为良等地}) \\ 1 & (d_i \text{ 与 } d_j \text{ 连通, 且 } m_j \text{ 为优等地}) \end{cases} \quad (3)$$

式中 w_{ij} ——以第 i 个地块为中心, 第 j 个地块相对于第 i 个地块的耕地质量权重

d_i ——第 i 个地块 d_j ——第 j 个地块

m_j ——第 j 个地块的耕地综合质量分级

(3) 耕地局部连片度公式

借鉴综合连接度指数 (Integral index of connectivity, IIC)^[19-20], 同时考虑耕地质量的影响, 提出基于耕地连片网络的局部耕地连片度 I_i , 计算公式为

$$I_i = \sum_{j=1}^m \frac{w_{ij} a_i a_j}{1 + l_{ij}} \quad (l_{ij} \leq M) \quad (4)$$

式中 I_i ——第 i 个结点的局部连片度

m ——与第 i 个地块连通的地块个数

a_i ——第 i 个地块的面积

a_j ——与第 i 个地块相连的第 j 个地块的面积

M ——研究区域指定的最大链接数

2.3 高标准基本农田建设区域划分

采用四象限法, 通过耦合耕地综合质量和耕地局部连片度计算结果确定高标准基本农田建设区域, 如表 2 所示。耕地综合质量评价结果被划分为优等地、良等地和差等地, 生成高标准基本农田耕地质量分布图; 耕地局部连片度计算结果被划分为高连片、中连片和低连片, 生成高标准基本农田耕地连片性分布图。将耕地质量分布图和耕地连片度分布图进行空间叠加, 按照四象限法划分成优等-高连片、优等-中连片、优等-低连片、良等-高连片、良等-中连片、良等-低连片、差等-高连片、差等-中连片、差等-低连片 9 个类型区, 根据这 9 个类型区, 将耕地划分为优先建设区域、重点建设区域和有条件建设区域。

表 2 献县高标准基本农田建设划区

Tab.2 Zoning of high standard prime farmland construction in Xian County

级别	高连片	中连片	低连片
优等地	优先建设	优先建设	重点建设
良等地	优先建设	重点建设	有条件建设
差等地	重点建设	有条件建设	有条件建设

3 结果与分析

3.1 耕地综合质量分析

通过上述评价, 献县耕地综合质量分值在

62.68 ~ 97.82 之间, 采用 Natural Breaks 方法将献县耕地质量划分为优等地、良等地和差等地。其中, 优等地面积 21 375.75 hm², 占耕地总面积的 33.38%; 良等地面积 28 188.41 hm², 占耕地总面积的 44.02%; 差等地面积 14 466.70 hm², 占耕地总面积的 22.59%。献县总体耕地质量较高, 适宜高标准基本农田建设。结果如图 3 所示。

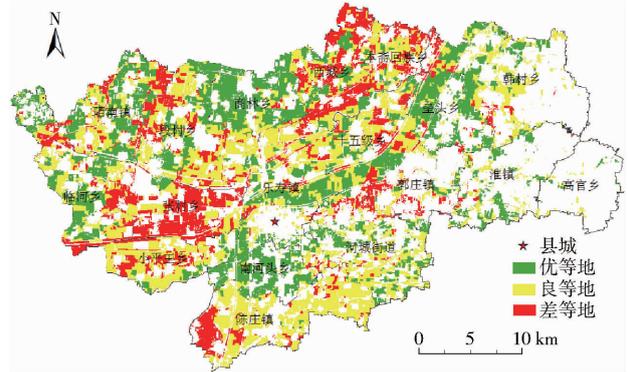


图 3 献县耕地综合质量

Fig.3 Comprehensive quality of farmland in Xian County

从空间分布上看, 耕地主要分布在献县西部和中部, 东部耕地面积较小, 主要是因为东部分布大片的果园, 分割了耕地, 导致耕地分布稀疏。其中, 优等地主要分布在县域乐寿镇、高林乡、垒头乡和南河头乡, 这些地区耕地自然质量较好, 土壤质地多为壤土, 有效土层较厚, 且地势平坦, 灌溉和排水条件很好。良等地在全县各乡镇均有分布, 其中在乐寿镇、陈庄镇与河街镇分布面积较大。差等地主要分布在 2 个区域, 一是张村乡、小平王乡附近区域, 该区域处于滹沱河左堤以南、滏阳河右堤以西, 滹沱河与滏阳河汇入子牙河的夹角地带, 是历史上有名的洪泛区, 耕地易受洪涝和盐渍灾害影响, 耕地质量较差; 二是西城乡附近和陈庄镇西南区域, 基础设施不够完善, 灌溉和排水条件较差, 不利于农业生产。

3.2 耕地连片度分析

3.2.1 耕地连片网络

献县耕地连片网络如图 4 所示, 图中清楚地表达了在不考虑耕地质量的前提下献县的耕地连片情况, 县东部和南部耕地连片性较差, 县中部和北部耕地连片性较好, 特别是在县中部存在一条耕地连片带, 通过与献县地形图比对, 在图中红线所在位置存在 2 条小型河流, 分别为子牙新河和北排河, 这 2 条河流所夹区域形成一块相对独立的农田系统, 不易被其他类型土地占用, 连片度和稳定性较高。

3.2.2 耕地局部连片度分析

在高标准基本农田建设划区中, 邻近地块之间的影响较大, 而距离较远的地块间连片影响可忽略不计, 故本文取最大链接数为 3, 在局部耕地连片度

计算值的基础上,采用 Natural Breaks 方法将耕地划分为高连片、中连片和低连片,结果如图 5 所示。

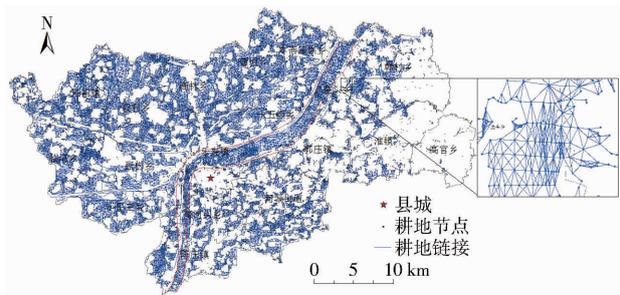


图 4 献县耕地连片网络

Fig. 4 Arable land connected network of Xian County

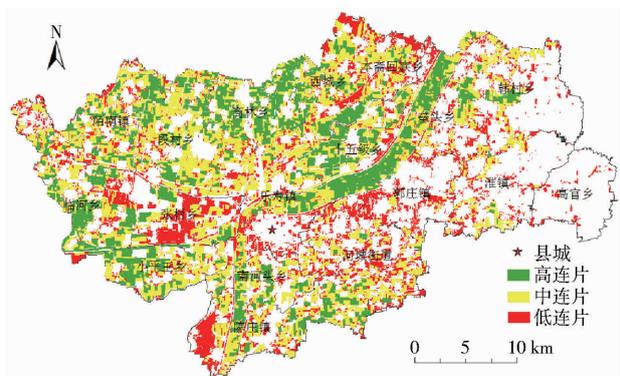


图 5 耕地连片度分布

Fig. 5 Distribution of arable land connectivity

由耕地连片度分布图可以看出,连片性高的区域主要分布在北部商林乡、西城乡,西南临河乡,和中部十五级乡及 2 条河流所夹区域;低连片区域主要分布在两种区域,一是县东部和东南区域,耕地较为破碎、零散,其中南部为县城所在地,建设用地占用农用地较多,不利耕地的连片生产,县东部存在大片的果园,切割分离耕地,使得耕地分布非常零散,二是张村乡附近和陈庄镇西南区域,该区域是差等地聚集区,虽然空间相连性较好,但耕地质量较差,局部连片度也较低。

在 ArcGIS 中采用空间自相关工具,献县耕地质量全局空间自相关指数为 0.403,表明全县耕地质量存在较强的空间正相关。通过将献县耕地质量与连片类型对比分析(表 3),优等地的 83.25% 是高连片和中连片区域,差等地的 82.00% 是低连片和中连片区域,献县优等地主要分布在高连片和中连片区域,良等地主要分布在中连片区域,差等地主要分布在中连片和低连片区域,这与县域耕地质量的相关性一致。

3.3 高标准基本农田建设分区

依据四象限法将耕地划分为优先建设、重点建设和有条件建设 3 种区域,结果见图 6 和表 4。优

表 3 献县耕地质量与连片类型统计分析

Tab.3 Statistical summary connectivity types and classification of farmland quality in Xian County

等别	高连片		中连片		低连片		全县
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	
优等地	7 607.86	35.59	10 187.84	47.66	3 580.05	16.75	21 375.75
良等地	7 007.74	24.86	13 504.13	47.91	7 676.54	27.23	28 188.41
差等地	2 604.60	18.00	5 336.12	36.89	6 525.98	45.11	14 466.70
总计	17 220.20	26.89	29 028.09	45.34	17 782.57	27.77	64 030.86

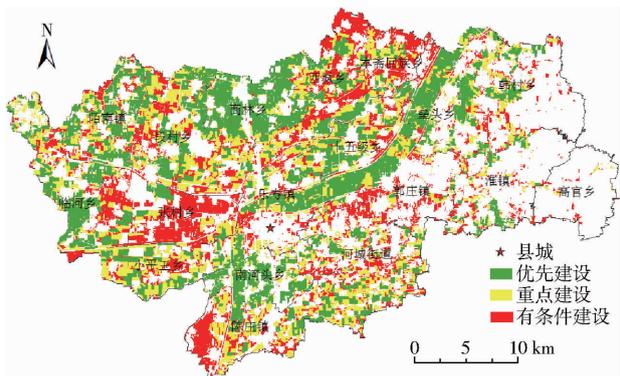


图 6 高标准基本农田建设分区

Fig. 6 Zoning of high standard prime farmland

表 4 高标准基本农田分区汇总

Tab.4 Summary of high standard prime farmland zoning

分区	面积/hm ²	比例/%
优先建设	24 803.45	38.74
重点建设	19 688.77	30.75
有条件建设	19 538.64	30.51

标准基本农田;其次是良等-高连片,该区域是与优等地连片的良等地,建设难度较小,在建成后,可与周围的优等地形成大片的集中连片的高标准农田,最后是优等-中连片,该区域耕地本体质量较好,但周围耕地质量一般,可与建成后的其他耕地连成一片。

重点建设区域包括优等-低连片、良等-中连片、差等-高连片 3 种区域,该区域在县域各乡镇均有分布,较为零散,属于耕地质量和连片性某一方面有所欠缺的区域。建设时序首先为差等-高连片区域,该

先建设区包括优等-高连片、优等-中连片、良等-高连片 3 种区域,主要分布在商林乡、垒头乡和南河头乡,该区域属于优等地聚集区域,耕地质量好,连片度高,可优先建设为高标准基本农田。建设时序应该首先是优等-高连片,这一片区域可以直接划入高

区域一般为差等地被优等地包围的区域,整治后可大幅提高整体的连片性;其次是良等-中连片区域,该区域是良等地集中区,可整体治理,是高标准基本农田建设潜力最大的区域;最后是优等-低连片区域,该区域耕地较为琐碎,或被差等地所包围,不利于高标准基本农田建设。

有条件建设区域包括良等-低连片、差等-中连片、差等-低连片,主要分布在2种区域:一种是差等地聚集区域,主要包括张村乡和本斋回族乡附近区域;另一种是空间分布较为细碎和零散的区域,主要分布在县东部的郭庄镇、淮镇和高官乡。建设时序首先是差等-中连片区域,该区域是与良等地相连的差等地,在连片的良等地整治后,可优先开展整治;其次是良等-低连片和差等-低连片区域,这两片区域属于最后考虑的范围。

3.4 对比与评价

借鉴综合链接度指数 IIC,加入耕地质量权重,在耕地局部连片度公式的基础上,提出高标准基本农田建设中的全局耕地连片度,公式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{w_{ij} a_i a_j}{1 + L_{ij}}}{A_L^2} \quad (L_{ij} \leq M) \quad (5)$$

式中 A_L ——研究区的耕地总面积

分别采用基于耕地综合质量的面积累加和耦合连片度2种方法划定高标准基本农田建设区域,取最大链接数为3,分别计算各个区域的全局耕地连片度,结果如表5所示。

表5 献县高标准基本农田划区全局连片度对比分析

Tab.5 Comparison of zoning of high standard prime farmland construction in Xian County

分区	综合质量	连片度-综合质量
优先建设	2.38×10^{-3}	2.75×10^{-3}
重点建设	2.05×10^{-3}	2.05×10^{-3}
有条件建设	1.56×10^{-3}	9.70×10^{-4}

从表中数据可以发现,基于连片度的高标准农田建设划区的优先建设区全局连片度增加了15.55%,重点建设区基本没有变化,有条件建设区减少了37.82%,这与实际情况相符合,证明了划区的合理性。其中优先建设区中的部分优等地-低连片耕地被划入重点建设区,而重点建设区的良等地-高连片被划入优先建设,这导致了优先建设区连片性的增加;重点建设区中部分良等地-低连片耕地被划入有条件建设区,而有条件建设区的差等地-高连片被划入重点建设区,这导致了重点建设区全局连片度的不变,同时有条件建设区全局连片度的减少。

4 结论

(1) 献县耕地总体质量较高,优等地、良等地、差等地分别占耕地总面积的33.38%、44.02%和22.59%,优等地主要分布在北部的商林乡、中部的垒头乡和南部的南河头乡,分布较为集中;差等地在西部和中部的各乡镇都有分布,分布总体分散,局部集中。

(2) 通过耕地连片网络,可以比较清晰地看到全县耕地在西部和中部较为集中连片,而在东部和南部较为琐碎零散,这与局部耕地连片度评价结果相一致。优等地的83.25%是高连片和中连片区域,差等地的82.00%是低连片和中连片区域,这与耕地综合质量的空间分布相一致。

(3) 采用四象限法将全县耕地划分为优先建设区域、重点建设区域和有条件建设区域,其面积分别为全县耕地面积的38.74%、30.75%和30.51%,其中每种建设区域包括3种类型,并分析了各个类型的建设时序。

(4) 采用全局耕地连片度公式,比较了面积累加和耦合连片性2种方法所划定区域的全局耕地连片度,优先建设区域连片度提高了15.55%,而有条件建设区域连片度减小了37.82%,表明该方法明显提高了高标准农田建设划区的耕地连片度。

参 考 文 献

- 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 & Industries, 2012, 14(3): 189-193. (in Chinese)
- TD/T 1003—2012 高标准基本农田建设标准[S]. 2012.
- 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)
- 李赓, 吴次芳, 曹顺爱. 划定基本农田指标体系的研究[J]. 农机化研究, 2006(8): 46-48.
LI Geng, WU Cifang, CAO Shun'ai. Study on indicators system of selecting cultivated land into prime farmland [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(8): 46-48. (in Chinese)
- 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-facilitied capital farmland construction based on cultivated land comprehensive quality[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(8): 233–242. (in Chinese)
- 6 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 CSAE, 2015, 31(22): 276–284. (in Chinese)
- 7 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)
- 8 冯锐, 吴克宁, 王倩. 四川省中江县高标准基本农田建设时序与模式分区[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 243–251.
FENG Rui, WU Kening, WANG Qian. Time sequence and mode partition of high-standard prime farmland construction in Zhongjiang county, Sichuan province[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(22): 243–251. (in Chinese)
- 9 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)
- 10 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)
- 11 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-facilitied capital farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(5): 193–203. (in Chinese)
- 12 吴飞, 濮励杰, 许艳, 等. 耕地入选基本农田评价与决策[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 270–277.
WU Fei, PU Lijie, XU Yan, et al. Evaluation and decision-making for selecting cultivated land into prime farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 270–277. (in Chinese)
- 13 奉婷, 张凤荣, 李灿, 等. 基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 200–210.
FENG Ting, ZHANG Fengrong, LI Can, et al. Spatial distribution of prime farmland based on cultivated land quality comprehensive evaluation at county scale[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(1): 200–210. (in Chinese)
- 14 钱凤魁, 王秋兵. 基于农用地分等和 LESA 方法的基本农田划定[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 251–255.
QIAN Fengkui, WANG Qiubing. Planning method of the prime farmland based on farmland classification and LESA method[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011, 18(3): 251–255. (in Chinese)
- 15 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.jcsam.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)
- 16 富伟, 刘世梁, 崔保山, 等. 景观生态学中生态连接度研究进展[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6174–6182.
FU Wei, LIU Shiliang, CUI Baoshan, et al. A review on ecological connectivity in landscape ecology[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 6174–6182. (in Chinese)
- 17 陈利顶, 傅伯杰. 景观连接度的生态学意义及其应用[J]. 生态学杂志, 1996, 15(4): 37–42.
CHEN Liding, FU Bojie. The ecological significance and application of landscape connectivity[J]. Journal of Ecology, 1996, 15(4): 37–42. (in Chinese)
- 18 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72–77.
ZHOU Shangyi, ZHU Axing, QIU Weili, et al. GIS based connectivity analysis and its application in prime farmland protection planning[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7): 72–77. (in Chinese)
- 19 PASCUAL-HORTAL L, SAURA S. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation[J]. Landscape Ecology, 2006, 21(7): 959–967.
- 20 PASCUAL-HORTAL L, SAURA S. Integrating landscape connectivity in broad-scale forest planning through a new graph-based habitat availability methodology: application to capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Catalonia (NE Spain)[J]. European Journal of Forest Research, 2008, 127(1): 23–31.