

基于生态位模型的高标准基本农田建设适宜性评价

赵素霞, 牛海鹏^{*}, 张捍卫, 张合兵, 张小虎

(河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 焦作 454000)

摘 要: 该研究以生态位理论为基础, 以河南省新郑市为研究区域, 结合高标准基本农田的建设目标, 提出了高标准基本农田生态位的概念, 构建了高标准基本农田生态位适宜度评价模型, 并在基本农田现实生态位空间与最适宜生态位空间匹配度评判的基础上, 将新郑市高标准基本农田划分为 4 个建设适宜性等级, 明确了不同区域高标准基本农田建设的适宜度。同时以区域高标准基本农田生态位最适值作为评判标准, 构建了障碍因子诊断模型, 分析了各障碍因子的限制程度。研究结果表明: 1) 新郑市基本具备高标准基本农田建设条件的面积为 14 017.72 hm², 占全市耕地面积的 25.88%。需稍加整治即可达到基本农田建设条件的区域面积为 21 121.15 hm², 占全市耕地面积的 38.99%; 需全面整治才可达基本农田建设条件的区域面积为 4 559.37 hm², 占全市耕地面积的 8.42%; 暂不适宜建设的区域面积为 14 469.70 hm², 占全市耕地面积的 26.71%。2) 新郑市耕地整体自然禀赋较好, 制约新郑市高标准基本农田建设的主要障碍因子是灌溉保障率和土壤污染指数。3) 利用生态位模型进行高标准基本农田建设适宜性评价, 丰富了生态位理论在不同领域中的应用, 同时也为高标准基本农田建设项目选址及规划方案设计提供了依据。

关键词: 土地利用; 区划; 模型; 生态位适宜度模型; 高标准基本农田; 适宜性评价; 障碍因子; 新郑市

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.032

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-12-0220-09

赵素霞, 牛海鹏, 张捍卫, 张合兵, 张小虎. 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. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.032 <http://www.tcsae.org>

Zhao Suxia, Niu Haipeng, Zhang Hanwei, Zhang Hebing, Zhang Xiaohu. 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) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.032 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

开展农村土地整治, 大规模建设旱涝保收高标准基本农田是我国重要的战略举措^[1], 对于区域粮食保障能力提升与新型农业现代化推进具有重大的意义。国内自 2008 年《政府工作报告》首次提出要“建设一批高标准农田”后, 2009 年和 2010 年中央 1 号文件、全国“十二五”规划纲要相继提出了高标准基本农田建设的相关要求。2012 年,《全国土地整治规划(2011—2015 年)》明确提出“十二五”期间我国新建 4 亿亩旱涝保收高标准基本农田和《高标准基本农田建设标准》(TD/T 1033—2012)的颁布实施。各地纷纷开展高标准基本农田的建设工作, 但在建设过程中存在一些问题, 如: 资金投入与耕地资源禀赋不匹配, 投资分散, 综合效益难以发挥等问题^[1]。产生这些问题的根本原因在于高标准基本农田

建设项目在选址和规划设计上缺乏因地制宜的科学指导。因此, 系统地开展高标准基本农田建设适宜性评价及障碍因子诊断研究, 为高标准基本农田建设项目的选址和规划方案的设计提供技术支撑, 已成为我国目前高标准基本农田研究领域的重要课题。

国内学者从相关理论政策^[1-3]、评价方法^[4-7]的构建、建设模式分区和时序安排^[8-11]等方面进行了有益探索, 为本研究提供了一定的理论基础。但是在高标准基本农田建设标准、整治的重点和方向方面还有待深入, 而生态位理论作为生态学的重要理论之一^[12], 可以通过最适生态位解释高标准基本农田的建设标准, 用区域的现状条件和最适生态位之间的差异程度, 来确定整治的重点和方向。近年来, 随着对生态位理论研究的不断深入, 其与土地资源的研究联系越来越紧密, 如张侠等^[13]引入土地利用生态位作为土地利用/覆被研究的一种新方法。王瑞燕等^[14]构建了各土地利用方式的生态位适宜度模型, 为定量分析土地利用对环境脆弱性的影响开拓了一条新路。王汉花等^[15]运用生态位模型对土地资源数量结构进行优化。李红波等^[16]构建元胞自动机生态位适宜度模型进行土地开发建设适宜性评价。俞艳等^[17-18]建立基于生态位适宜度的土地适宜性评价模型。曲衍波等^[12]、秦天等^[19]将生态位适宜度理论引入到区域农村居民点用地适宜性评价与分区调控研究中。牛海鹏等^[20-21]界定了“耕地生态元”和“耕地生态位”的内涵, 并构建了关于耕

收稿日期: 2015-11-26 修订日期: 2016-04-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371524); 国家自然科学基金项目(U140410717); 国土资源部公益性行业科研专项(201411022); 河南省教育厅重点项目(15A420006)。

作者简介: 赵素霞, 女, 河南新乡人, 博士生, 主要从事土地整治、土地复垦等研究工作。焦作 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 454000。

Email: zhaosuxiahpu@163.com

^{*}通信作者: 牛海鹏, 男, 河南南阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地整治、土地复垦和土地生态方面的科研工作。焦作 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 454000。Email: niuhaipeng@126.com

地数量生态位和耕地可持续利用的生态位适宜度评价模型。鉴于此,本文以新郑市为研究对象,根据高标准基本农田建设的相关要求与区域内现状条件的匹配关系,运用生态位适宜度模型并结合 GIS 技术,为定量分析高标准基本农田建设的适宜性探索了一条新路,以期科学编制土地整治规划,提高资金使用效率,确保建设项目顺利落地提供参考。

1 研究方法与模型构建

1.1 高标准基本农田生态位内涵的界定

本文借鉴多维超体积生态位^[22]的概念和牛海鹏等^[20-21]提出的耕地生态位的内涵,将高标准基本农田生态位定义为:高标准基本农田的建设受耕地的自然禀赋、区位条件、基础设施条件、空间稳定性等多个资源因子的制约和限制,每个因子对于高标准基本农田的建设都有一个合适的阈值,在所有这些阈值所限定的区域内,任何一点所构成的环境资源组合状态上,均符合高标准基本农田的建设标准,所有这些状态组合点共同构成了高标准基本农田的多维超体积生态位,即为允许或支撑高标准基本农田存在的超体积,即 n 维因子中的超体积。用一个函数来表述高标准基本农田生态位

$$F = f(x_j) \quad j=1, 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

式中 F 代表评价区域的高标准基本农田生态位; x_j 代表影响高标准基本农田生态位大小的各维度影响因素,简称为生态位因子; j 表示生态因子的总个数。

1.2 高标准基本农田生态位适宜度评价模型构建

高标准基本农田建设须满足一些特定的条件,包括自然禀赋、基础设施、可持续性和空间稳定性等,它们共同构成一个生态因子空间。本研究基于区域范围内耕地的现实条件与高标准基本农田建设之间的匹配关系,当设定评价单元完全满足高标准基本农田建设条件时,该评价单元的生态位适宜度为 1。当评价单元完全不满足高标准基本农田建设条件时,该评价单元的生态位适宜度为 0。因此,高标准基本农田生态位适宜度的取值应在 $[0,1]$ 之间。

高标准基本农田的各评价因子可以分为 3 类^[23],第 1 类是正向因子,即评价因子值越大越好,因子值超过某一值后,其影响程度将越来越小。如:土壤有机质含量。该类因子评价模型为

$$N_i = \begin{cases} 0 & X_i < D_{i\min} \\ X_i / D_{i\text{opt}} & D_{i\min} \leq X_i < D_{i\text{opt}} \\ 1 & X_i \geq D_{i\text{opt}} \end{cases} \quad (2)$$

式中 N_i 为高标准基本农田中各评价因子 i ($i \in [1, n]$) 的生态位适宜度; X_i 为评价因子 i 的现实生态位; $D_{i\text{opt}}$ 为高标准基本农田评价因子 i 的最适生态位; $D_{i\min}$ 为评价因子 i 的生态位的最小值。

第 2 类是适度因子,即因子的值存在一个适宜的区间,值过大或过小都会成为高标准基本农田的限制因素。如: pH 值。该类因子评价模型为

$$N_i = \begin{cases} 0 & X_i \leq D_{i\min}, X_i \geq D_{i\max} \\ (X_i - D_{i\min}) / (D_{i\text{opt}} - D_{i\min}) & D_{i\min} < X_i < D_{i\text{opt}} \\ (D_{i\max} - X_i) / (D_{i\max} - D_{i\text{opt}}) & D_{i\text{opt}} < X_i < D_{i\max} \end{cases} \quad (3)$$

式中 $D_{i\max}$ 为评价因子 i 的生态位的最大值。

第 3 类是负向因子,即评价价值越小越好,如:土壤污染程度等。该类因子评价模型为

$$N_i = \begin{cases} 1 & X_i \leq D_{i\min} \\ 1 - (X_i - D_{i\min}) / (D_{i\max} - D_{i\min}) & D_{i\min} < X_i < D_{i\max} \\ 0 & X_i \geq D_{i\max} \end{cases} \quad (4)$$

高标准基本农田生态位是一个由 n 种资源构成的 n 维资源空间。根据 Shefold 限制性定律:任何一个生态因子在数量上或质量上的不足,就会导致该生物的衰退或不能生存^[24]。因此,高标准基本农田的生态位适宜度模型为

$$N = [\prod_{i=1}^n N_i]^{1/n} \quad (5)$$

式中 N 为高标准基本农田的生态位适宜度指数。

1.3 障碍因子诊断模型构建

高标准基本农田项目的建设必须把握需求最迫切、影响地力提高的突出性障碍因素,制定有针对性的规划方案,解决主要问题^[25],以便于有针对性地在建设过程中消除障碍因子。因此,本文参考以往的研究^[26-28],引入限制因子模型对区域高标准基本农田建设障碍因子进行定量分析。模型如下

$$S = \min \{N_1, N_2, \dots, N_n\} \quad (6)$$

式中 S 为评价单元的障碍因子; N_i 为第 i 个评价因子的生态位适宜指数值。

2 实证研究

2.1 研究区概况

新郑市位于河南省中部,北边紧邻省会郑州市,地处 $34^{\circ}16' \sim 34^{\circ}39'N$, $113^{\circ}30' \sim 113^{\circ}54'E$ 之间。2013 年,全市总人口为 63.88 万人,其中,农村人口 32.91 万人,占总人口的 51.53%。新郑市地势西高东低、中部高、南北低。山、丘、岗和平原兼有。西部、西南部为侵蚀低山区,峡谷或谷峰相间。低山外围和西北部为山前坡洪积岗地,京广铁路以东多沙丘岗地,京广线以东的古黄河阶地和京广线以西的双洎河、黄水河、溱水河两侧为平原。新郑市交通运输十分便利,京广铁路、107 国道、京珠高速公路、郑平公路纵贯南北,新郑机场直航全国各地。良好的交通条件推动了新郑市与全省乃至全国各地人才、物资的交流,为全市经济社会的全面发展奠定了良好的基础。根据新郑市 2013 年土地利用现状变更调查,全市土地总面积 88 459.15 hm^2 ,其中耕地面积 51 824.93 hm^2 ,占全市土地总面积的 58.59%。根据新郑市土地利用总体规划(2010—2020 年),新郑市基本农田保护指标为 42 773 hm^2 。

2.2 评价单元划分

高标准基本农田建设需落实到具体的地块，注重实际操作性，因此，本研究以地块即耕地图斑为评价单元。以新郑市 2013 年土地利用变更数据库为基础，提取耕地图斑，把面积过小的图斑进行合并后得到高标准基本农田的评价单元图，共计 21 663 个。

2.3 高标准基本农田建设适宜性评价

2.3.1 高标准基本农田建设适宜性评价指标体系构建

高标准基本农田生态位是由若干因子构成的一个多维空间，但要获取所有评价因子比较困难，因此，在参考相关文献的基础上^[4-11]，本文从自然禀赋、基础设施条

件、高标准基本农田的可持续性和空间稳定性等 4 个方面构建评价指标体系，与高标准基本农田具有质量良好、布局稳定、设施配套、可持续利用的特征相匹配，共选取 13 个指标。自然禀赋条件和田间基础设施条件主要反映高标准基本农田的内在影响因素；可持续性则通过耕地的生态条件和农民对土地的投入情况进行刻画；空间稳定性指标主要考虑经济发展对建设用地的需求，距离城镇和主干道越近的区域，被占用的可能性越大，因此，用距城镇（县城、乡镇、产业集聚区）距离和距主干道距离 2 个指标来表征高标准基本农田的空间稳定性。指标体系见表 1。

表 1 新郑市高标准基本农田建设适宜性评价指标体系及最适生态位值
Table 1 Evaluation index system and optimal niche of consolidation suitability evaluation on high quality capital farmland in Xinzheng city

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	最适值 Optimal value	指标类型 Index type
高标准基本农田建设适宜性评价 Consolidation suitability evaluation on high quality capital farmland	自然禀赋 Natural condition	土壤质地	壤土	1 类
		有效土层厚度/cm	100	1 类
		土壤有机质含量/(g·kg ⁻¹)	20	1 类
		坡度/(°)	2	3 类
		集中连片程度/hm ²	333.33	1 类
	田间基础设施 Infrastructure In cropland	田间道路通达度/m	10	3 类
		排水健全度/%	100	1 类
		灌溉保证率/%	100	1 类
		pH 值	6.0~7.9	2 类
	可持续性 Sustainability	土壤污染程度/%	0	3 类
		土地利用程度	水田	1 类
		距城镇（县城、乡镇、产业集聚区）距离/km	1	1 类
	空间稳定性 Spatial stability	距主干道距离/m	200	1 类

2.3.2 评价因子最适值的确定

对高标准基本农田建设而言，每个评价因子都有一个最适的生态位值，其中土壤质地、有效土层厚度、土壤有机质含量、坡度、集中连片程度和 pH 值等指标最适值的确定根据《高标准基本农田建设标准》（TD/T 1033—2012）、《高标准农田建设标准》（NY/T 2148—2012）和《农用地质量分等规程》（GB/T 28405—2012）。田间道路通达度、排水健全度、灌溉保证率、土地利用程度等指标属越大越好的指标直接按分值 100 分作为最适值。而土壤污染程度属越小越好的指标把 0 作为最适值。距城镇（县城、乡镇、产业集聚区）距离、距主干道距离最适值的确定根据现场调查确定。结果如表 1 所示。

2.3.3 数据来源

2013 年土地利用变更调查数据库、新郑市土地利用总体规划（2010—2020 年）、新郑市耕地质量等级更新成果（2012 年）、多目标地球化学调查、中原经济区典型区域土地生态状况信息提取与精细评估相关成果（2014 年）、《新郑市统计年鉴（2013 年）》和通过调查问卷入村调查获得的关于农田基础设施条件、外部水源保证率等资料。

2.3.4 属性数据获取

高标准基本农田建设一方面对耕地质量有较高的要

求，另一方面也受到土地利用总体规划、城市总体规划等的限制，因此，本研究中对高标准基本农田实行“一票否决制”，对耕地坡度大于 25°的耕地，土地利用总体规划中的允许建设区、有条件建设区域和禁止建设区实行一票否决，直接列入不适宜建设高标准基本农田的区域，其余的耕地则根据生态位适宜度指数的高低进行分区。因此，本文在计算过程中把“一票否决”的这些评价单元直接划为不适宜建设区，不参与计算。最终参与计算的评价单元 16 887 个。属性数据的获取即将以下各因子图层叠加，获取最终各评价单元评价指标的属性数据。

属性数据主要分为 3 类，连续型、离散型和中间型。一般来说，评价指标 pH 值属于中间型的，存在一个最适宜区间；有效土层厚度等指标属于连续性的，且越大越好，超过某一值，它的影响将越来越小；而土壤质地、灌溉保证率则属离散型的，根据指标属性类型确定因子的属性值，离散型指标分级分值如表 2 所示。

1) 土壤基本条件：如土壤质地、有效土层厚度、土壤有机质含量和 pH 值，这些指标以多目标地球化学调查数据为基期数据，辅助典型地区野外调查采样数据，结合农业部门基础地力调查数据和土壤图等相关资料。

2) 坡度：从新郑市第二次全国土地调查属性数据库中获取。

表 2 新郑市高标准基本农田建设适宜性部分评价指标分值标准
Table 2 Score standard of indicators of consolidation suitability evaluation on high quality capital farmland in Xinzheng city

指标层 Index layer	类型 Type	分值 Score
表层土壤质地 Surface soil texture	壤土	100
	黏土	90
	砂土	70
	砾质土	40
排水条件 Drainage condition	排水体系健全	100
	排水体系基本健全	80
	排水体系一般	40
	无排水体系	10
灌溉保证率 Irrigation guarantee rate	充分满足 (>80%)	100
	基本满足 (>60%~80%)	80
	一般满足 (>30%~60%)	50
	无灌溉条件 (≤30%)	0
土地利用程度 Land use degree	水田	100
	水浇地	80
	旱地	50

注：属性数据分为 3 类，连续型、离散型和中间型，表中主要为离散型指标的分级分值表。
Note: Attribute data is divided into three categories, successive type, discrete type, and intermediate type. Above table shows grading scale of discrete index.

3) 耕地集中连片程度：高标准基本农田建设一个重要的目标就是促进集中连片，发挥规模效益。因此耕地的集中连片程度是衡量耕地能否入选高标准基本农田的主要因素之一。本文采用 GIS 分析中空间相连性算法，假设间隔距离在 5m 以内的地块是相连的^[29-30]，进行缓冲区分分析。然后按式 (2) 计算各评价单元分值。

新郑市共有耕地图斑 21 663 个，最大图斑面积 62.74 hm²，最小图斑面积 0.0001 m²，缓冲区融合后，形成了 976 个区片，最大区片面积 7 483.69 hm²，最小区片面积为 0.02 hm²，平均面积为 2 681.57 hm²，从缓冲区融合结果来看，新郑市耕地连片程度较高。根据农业部颁布实施的《高标准农田建设标准》(NY/T 2148—2012) 附录 D 中的高标准农田连片和田块规模标准，确定连片规模最适值为 333.33 hm²。

4) 田间道路通达度：田间道路通达度用田间地块到农村道路的距离表达，借用 ARCGIS 中的 near 工具计算最短距离，然后按式 (4) 计算各评价单元分值。

5) 排水健全度和灌溉保证率：依据新郑市的土壤、市水利志、市统计年鉴及农业区划资料，参照全市耕地分布情况、各灌渠分布及水井的有效控制灌溉面积等指标，同时实地咨询当地群众，从而制定了新郑市的耕地灌溉保证率分布情况图。

6) 土壤污染程度：借用《中原经济区典型区域土地生态状况信息提取与精细评估》中重金属污染物如铬、镉、铅、铜、锌，非金属污染如砷和化肥污染硝态氮、铵态氮等含量的测定结果，利用公式 (7) 和 (8) 来计算出土壤综合污染指数。

土壤单项污染物污染指数= $\frac{\text{土壤中该类污染物的实测浓度}}{\text{土壤中该污染物的评价标准}}$ 。

(7)

土壤污染综合指数 = $\sqrt{\frac{\text{平均单项污染指数}^2 + \text{最大单项污染指数}^2}{2}}$ 。

(8)

7) 土地利用程度：本文用土地利用程度来反映农户耕作行为引起的耕地质量差异。农户耕作行为如：耕地的利用方式、管理水平、投入情况等均会对耕地质量产生一定的影响，不同耕地利用类型下，耕地利用的集约化程度、环境友好程度都有较大的差异^[31]。农户对水田、水浇地管理精细、投入比较高，耕地质量较好，因此赋予较高的分值。而对旱地的投入程度相对较低，分值也较低。

8) 距城镇（县城、乡镇、产业集聚区）距离和距主干道距离：利用 ArcGIS 中的“欧氏距离”做分区统计，提取属性值。

2.3.5 建设适宜性等级划分

综合考虑适宜度指数值，结合自然断裂点分级结果，并在参考相关文献的基础上^[32-33]，将评价区域划分为 4 个等级：I 级区域、II 级区域、III 级区域、IV 级区域。相关研究表明^[32-33]：当适宜度指数值 $N=0.5$ 时，对应于该评价因子适宜区间的下限，因此，将 0.5 作为是否适宜的阈值，即将适宜性 $N \leq 0.5$ 的区域划为不适宜区（即 IV 级区域）， $N > 0.5$ 的区域划为适宜区。在适宜区内，由高到低依次划分 I 级区域 ($N > 0.85$)，II 级区域 ($0.75 < N \leq 0.85$) 和 III 级区域 ($0.5 < N \leq 0.75$)。其中：I 级区域为基本具备高标准基本农田建设条件的区域；II 级区域为稍加整治即可达到高标准基本农田建设条件的区域；III 级区域为需全面整治才能达到建设条件的区域；IV 级区域为不适宜建设高标准基本农田的区域（表 3）。

表 3 新郑市高标准基本农田建设适宜性等级划分标准
Table 3 Grading standard of consolidation suitability evaluation on high quality capital farmland in Xinzheng city

等级 Grade	适宜度指数 Suitability index
I 级 First grade	>0.85
II 级 Second grade	>0.75~0.85
III 级 Third grade	>0.50~0.75
IV 级 Fourth grade	≤0.50

2.4 障碍因子诊断

首先根据式 (2) ~ (4) 计算区域内各评价单元各评价因子的生态位适宜度指数值 N_i ，取 N_i 最小的 3 个作为该评价单元的障碍因子，然后对区域内各评价单元的这 3 个因子进行频率统计，取频率最大的 3 个为该区域的障碍因子。

2.5 高标准基本农田建设适宜性评价结果及整治措施

将各评价单元进行整治适宜性等级划分以后，得到新郑市高标准基本农田建设整治适宜性评价结果见图 1 和表 4，具体分区如下：

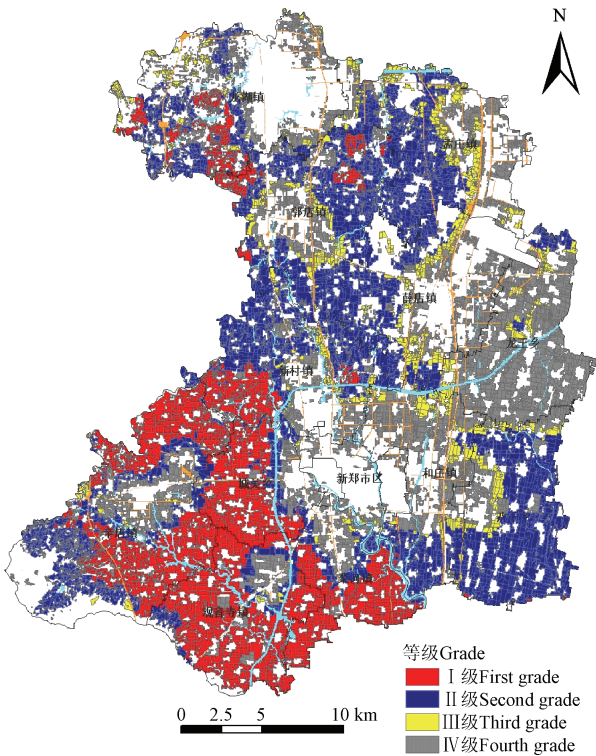


图 1 新郑市高标准基本农田建设建设适宜性等级分布图
Fig.1 Suitability grading distribution diagram of high quality capital farmland of Xizheng city

1) I 级区域。该区域已基本具备高标准基本农田建设条件, 面积为 14017.72hm², 占总耕地面积的 25.88%, 主要集中在辛店镇、观音寺镇、梨河镇等区域, 该区域基础条件较好, 工程建设比较容易, 且投入小收益高, 建成后能够实现耕地产能的持续提高。区域内障碍度最大的因子即土壤污染指数, 区域内土壤污染指数平均适宜度指数值为 0.60, 对该区域有一定的制约作用。区域内土壤污染则主要是因为随着近年来粮食产量的提高, 新郑市化肥、农药和地膜的使用量也在增加, 对土壤造成了一定程度的污染。其他指标适宜度值均大于 0.85, 已基本达

到高标准基本农田建设条件, 见表 5。因此, 在该区进行高标准基本农田建设项目施工中应注意土壤污染的治理, 大力推广使用农家肥, 实施测土配方施肥技术, 推广可降解农膜的使用, 减少化肥、地膜对土壤的污染。

2) II 级区域。该区域为需稍加整治即可达到高标准基本农田建设条件的类型, 面积为 21 121.15 hm², 占总耕地面积的 38.99%, 主要分布在八千乡、龙湖镇和孟庄镇, 该区域耕地的土壤质量条件较好, 存在一定的障碍因素, 但是障碍因素较易改造。该区域是新郑市高标准基本农田需要重点建设的区域, 区域面积较大, 而高标准基本农田的建设要分区域分项目进行施工, 因此, 把该区域划分成两个区域来进行障碍因子研究, 以期为下一步的项目施工建设提供更好的参考价值。北部区域主要包括龙湖镇、孟庄镇、郭店镇、新村镇和薛店镇, 制约该区域前三位的障碍因子分别为灌溉保证率、土壤污染指数和土壤有机质, 生态位适宜度指数分别为 0.65、0.66、0.70, 其他因子均大于 0.80。从这 3 个指标的生态位适宜度指数值来看, 这三个因子对区域内高标准基本农田建设有一定的限制, 但限制因素小, 因此, 该区域在建设过程中, 应注重农田水利设施建设、农田土壤污染治理和周边村庄环境污染治理工程, 同时增加有机肥使用量, 实行有机和无机肥料的配合, 不断增加有机物残留在土壤中的数量。南部区域主要包括辛店镇、城关乡、观音寺镇、八千乡、和庄镇和梨河镇。制约该区域前三位的障碍因子为土壤污染指数、排水健全度和灌溉保证率, 生态位适宜度指数分别为 0.61、0.66、0.72, 限制性较小, 其他因子适宜度指数值均大于 0.80。从障碍因子来看, 该区域耕地整体质量较好, 制约该区域的主要限制因素就是农田的基础设施不完善, 土壤存在一定程度的污染。因此, 在该区域安排基本农田建设项目时, 在注重土壤污染治理的同时, 应针对该区域农田水利设施标准低、配套差、老化失修等问题, 建设一批“早能浇、涝能排”的高标准基本农田。

表 4 新郑市高标准基本农田建设适宜性评价结果及障碍因素
Table 4 Results of Suitability Evaluation of the high quality capital farmland in Xinzheng city

级别 Level	面积 Area/hm ²	比例 Proportion/%	区域分布 Regional distribution	主要障碍因素 The main obstacle indicators	区域特征 Regional characteristics
I 级 First grade	14 017.72	25.88	辛店镇、观音寺镇、梨河镇、城关乡、龙湖镇	土壤污染指数	该区域基本具备高标准基本农田建设条件, 障碍因子影响较小
II 级 Second grade	11 883.81	21.94	龙湖镇、孟庄镇、郭店镇、新村镇和薛店镇	灌溉保证率、土壤污染指数和土壤有机质	该区域需稍加整治即可达到高标准基本农田建设条件, 该区域耕地自然基础条件较好, 存在一定的障碍因素, 但是障碍因素较易改造
	9 237.34	17.05	辛店镇、城关乡、观音寺镇、八千乡、和庄镇和梨河镇	土壤污染指数、灌溉保证率和排水健全度	
III 级 Third grade	4 559.37	8.42	交通沿线、城镇和产业集聚区周边	距城镇距离、距主干道距离和景观聚集度	该区域耕地地块比较零碎, 易被占用, 且较难改造
IV 级 Fourth grade	14 469.70	26.71	龙王乡、薛店镇、和庄镇和孟庄镇	空间稳定性	该区不适宜进行高标准基本农田建设, 是新郑市未来发展建设的主要区域, 建设高标准基本农田空间稳定性较差, 易被占用

注: 因为高标准基本农田建设是对田、水、路、林、村的综合整治, 因此本研究在区域面积统计时除统计耕地面积之外, 包括田坎、沟渠和农村道路。
Note: The construction of the high quality capital farmland aims at the comprehensive renovation of farmland, water, road, woods, and villages, therefore, field ridges, irrigation canals and country roads are also included in this study's statistics besides the cultivated area.

表 5 新郑市高标准基本农田建设指标层主要障碍因素的适宜度指数

区域 Area	指标排序 Index ranking	障碍因素 Obstacle index	适宜度指数 Suitability index
I 级 First grade	1	土壤污染指数	0.60
	2	排水健全度	0.85
	3	土壤有机质	0.90
II 级 Second grade	北部 North	1 灌溉保证率	0.65
		2 土壤污染指数	0.66
		3 土壤有机质	0.70
	南部 South	1 土壤污染指数	0.61
		2 排水健全度	0.66
		3 灌溉保证率	0.72
III 级 Third grade	1	距城镇距离	0.52
	2	距主干道距离	0.60
	3	景观聚集度	0.67
IV 级 Fourth grade	1	空间稳定性	0

注：IV 级区域内主要是坡度大于 25° 的耕地和土地利用总体规划中的允许建设区和禁止建设区。本文对这些区域实行“一票否决制”，直接列入不适宜建设区。因此，影响该区域的最大因素是空间稳定性。

Note: Farmland in the fourth level area, which mainly includes cultivated land with slope gradients steeper than 25° as well as constructive expansion permitted zones and prohibited zones in the overall plan for land utilization, was rejected directly and enrolled in list unsuitable for construction. Therefore, main factor affecting this area is space stability.

3) III 级区域。该区域为需全面整治才能达到高标准基本农田建设条件的类型，面积为 4 559.37 hm²，占总耕地面积的 8.42%，主要分布在交通沿线、城镇、产业集聚区周边和地块比较零碎的区域。制约该区域的主要障碍因子为距城镇距离、距主干道距离和景观聚集度，生态位适宜度指数分别为 0.52、0.60、0.67，从障碍因子来看，该区域受到区位条件和建设用地空间压力的影响最大，易被占用高标准基本农田建设的空间稳定性较小，且该区域耕地地块比较零碎。因此，该区域应结合农村土地流转相关政策，逐步改变耕地破碎的现状。

4) IV 级区域。该区域为不适宜进行高标准基本农田建设的类型，面积为 14 469.70 hm²，占总耕地面积的 26.71%，主要分布在龙王乡、薛店镇、和庄镇、孟庄镇，该区域是郑州航空经济综合实验区、新港工业集聚区，已被纳入河南省产业集聚区发展规划，是新郑市未来发展建设的主要区域，高标准基本农田空间稳定性较差，易被占用。因此，该区域不适宜建设高标准基本农田。该区域耕地自然禀赋条件较好，从准则层来说制约该区域的主要障碍因子是空间稳定性因素，因为该区是新郑市未来几年的主要发展区域，但高标准基本农田的建设可为城市周边的市场提供农副产品、为城市居民提供良好的生态环境，并具有休闲娱乐、旅游观光、科普教育等功能。因此，该区域可在保障城市用地的前提下，结合国土资源部和农业部《关于进一步做好永久基本农田划定工作的通知》（国土资发[2014]128 号）文中要将城市周边和交通沿线现有易被占用的优质耕地优先划为永久基本农田的相关规定，来开展高标准基本农田建设项目的实施。

3 结 论

1) 本研究将生态位适宜度模型引入到高标准基本农田建设适宜性评价研究中，利用最适生态位解释高标准基本农田建设适宜性评价标准，生态意义明确，是基于生态理念的高标准基本农田建设适宜性评价研究的一个有效创新。同时，引入限制因子模型，通过比较各评价因子的 N_i 值与其最佳建设水平之间的差异，确定了不同区域的障碍因子，便于不同地区制定高标准基本农田建设的方案和整治措施。

2) 从建设的适宜性来看，新郑市耕地整体自然禀赋较好，全市适宜开展高标准基本农田建设的耕地（含田坎、农村道路、沟渠）面积为 35 138.87 hm²，占总面积的 64.87%，主要分布在新郑市的南部和西北部区域。其中，基本具备高标准基本农田建设条件的为 14 017.72 hm²，占总面积的 25.88%。需稍加整治即可达到高标准基本农田建设条件的面积 21 121.15 hm²，占总面积的 38.99%。

3) 从区域障碍因子来看，制约新郑市高标准基本农田建设的主要障碍因素是灌排设施缺乏和土壤污染。因此，高标准基本农田建设要针对这些主要问题进行建设和规划，且建设的内涵要进一步丰富，要与新农村建设工作一起推进，使居民生活条件逐步得到改善，加快推进新型农业现代化进程。

【参 考 文 献】

- [1] 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)
- [2] 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 of high-standard basic farmland in the twelfth five-year plan[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(3): 1—5. (in Chinese with English abstract)
- [3] 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、39.
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, 39. (in Chinese with English abstract)
- [4] 程锋, 石英, 朱德举. 耕地入选基本农田决策模型研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 50—53.
Cheng Feng, Shi Ying, Zhu Deju. Study on decision-making models of selecting cultivated land into prime farmland[J].

- Geography and Geo-Information Science, 2003, 19(3): 50—53. (in Chinese with English abstract)
- [5] 王晨, 汪景宽, 李红丹, 等. 高标准基本农田区域分布与建设潜力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 226—229.
- Wang Chen, Wang Jingkuan, Li Hongdan, et al. Research on regional distribution and potentiality of high-standard basic farmland[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(5): 226—229. (in Chinese with English abstract)
- [6] 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)
- [7] 谭泉, 王秀茹, 汤怀志, 等. 县级高标准基本农田建设条件评价指标体系及方法研究: 以四川省绵竹市为例[J]. 西南农业学报, 2013, 26(5): 1977—1983.
- Tan Xiao, Wang Xiuru, Tang Huaizhi, et al. Evaluation index system and method on construction condition of county well-facilitated capital farmland: A case study of Mianzhu country[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2013, 26(5): 1977—1983. (in Chinese with English abstract)
- [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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(22): 243—251. (in Chinese with English abstract)
- [9] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(10): 241—250. (in Chinese with English abstract)
- [10] 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 with English abstract)
- [11] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(13): 238—246. (in Chinese with English abstract)
- [12] 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 290—296.
- Qu Yanbo, Zhang Fengrong, Jiang Guanghui, et al. Suitability evaluation and subarea control and regulation of rural residential land based on niche[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(11): 290—296. (in Chinese with English abstract)
- [13] 张侠, 葛向东, 濮励杰, 等. 土地利用的经济生态位分析和耕地保护机制研究[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 677—683.
- Zhang Xia, Ge Xiangdong, Pu Lijie, et al. A study on the niche of land use theory and mechanisms of cropland conservation[J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(6): 677—683. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王瑞燕, 赵庚星, 于振文, 等. 利用生态位适宜度模型评价土地利用环境脆弱性效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 218—224.
- Wang Ruiyan, Zhao Gengxing, Yu Zhenwen, et al. Assessment of land use effects on environmental vulnerability by ecological niche suitability model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(11): 218—224. (in Chinese with English abstract)
- [15] 王汉花, 刘艳芳. 基于生态位与约束 CA 的土地资源优化配置模型研究: 以武汉市黄陂区为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(2): 97—102.
- Wang Hanhua, Liu Yanfang. Research on optimal allocation model of land resource based on niche and CA: the Case of Huangpi[J]. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(2): 97—102. (in Chinese with English abstract)
- [16] 李红波, 张慧, 赵俊三, 等. 基于元胞生态位适宜度模型的低丘缓坡土地开发建设适宜性评价[J]. 中国土地科学, 2014, 28(6): 23—29.
- Li Hongbo, Zhang Hui, Zhao Junsan, et al. Evaluation on land suitability for development and construction in low hill and gentle slope area based on CA-Niche-Suitability Model[J]. China Land Sciences, 2014, 28(6): 23—29. (in Chinese with English abstract)
- [17] 俞艳, 何建华. 基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 124—128.
- Yu Yan, He Jianhua. Land eco-economical suitability evaluation based on niche fitness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of

- the CSAE), 2008, 24(1): 124—128. (in Chinese with English abstract)
- [18] 俞艳, 何建华, 袁艳斌. 土地生态经济适宜性评价模型研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2008, 33(3): 273—276.
Yu Yan, He Jianhua, Yuan Yanbin. Model of land eco-economical suitability evaluation[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008, 33(3): 273—276. (in Chinese with English abstract)
- [19] 秦天天, 齐伟, 李云强, 等. 基于生态位的山地农村居民点适宜度评价[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 5175—5183.
Qin Tiantian, Qi Wei, Li Yunqiang, et al. Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(16): 5175—5183. (in Chinese with English abstract)
- [20] 牛海鹏, 张安录. 基于生态位理论的耕地数量变化驱动机制分析[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1533—1540.
Niu Haipeng, Zhang Anlu. Driving mechanisms of changes in quantity of cultivated land based on niche theory[J]. Resources Science, 2008, 30(10): 1533—1540. (in Chinese with English abstract)
- [21] 牛海鹏, 赵同谦, 张安录, 等. 基于生态位适宜度的耕地可持续利用评价[J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5535—5543.
Niu Haipeng, Zhao Tongqian, Zhang Anlu. Cultivated land sustainable use evaluation based on niche-fitness[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10): 5535—5543. (in Chinese with English abstract)
- [22] Hutchinson G E. Concluding remarks [J]. Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology, 1957, 57(1507): 239.
- [23] Ouyang Zhiyun, Weisman Jason, Wang Rusong. Ecological niche suitability model with an application in Taojiang land use planning [J]. Journal of Environmental Science, 1994, 6(4): 449—456.
- [24] 蒙莉娜, 郑新奇, 赵璐, 等. 基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 282—287.
Meng Li'na, Zheng Xinqi, Zhao Lu, et al. Land-use functional regionalization based on niche-fitness model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(3): 282—287. (in Chinese with English abstract)
- [25] 钟毅, 陈超, 蒋凤慧. 高标准基本农田建设的几点思考[J]. 国土资源导刊, 2012(6): 86—87.
Zhong Yi, Chen Chao, Jiang Suhui. The study about high standard primary farmland consolidation[J]. Land & Resources Herald, 2012(6): 86—87. (in Chinese with English abstract)
- [26] 杨奇勇, 杨劲松, 姚荣江, 等. 基于 GIS 的耕地土壤养分贫瘠化评价及其障碍因子分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1375—1384.
Yang Qiyong, Yang Jinsong, Yao Rongjiang, et al. GIS-based evaluation of soil nutrient depletion and analysis of its limiting factors in Yucheng City[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(8): 1375—1384. (in Chinese with English abstract)
- [27] 方婷婷, 程久苗, 费罗成, 等. 繁昌县后备土地资源多宜性评价[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(5): 750—757.
Fang Tingting, Cheng Jiumiao, Fei Luocheng, et al. Research on multi-suitability evaluation of reserved land resources in Fanchang country[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(5): 750—757. (in Chinese with English abstract)
- [28] 于婧, 聂艳, 周勇, 等. 生态位适宜度方法在基于 GIS 的耕地多宜性评价中的应用[J]. 土壤学报, 2006, 43(2): 190—196.
Yu Jing, Nie Yan, Zhou Yong, et al. Niche-fitness theory and its application to GIS based multi-suitability evaluation of cultivated land[J]. Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(2): 190—196. (in Chinese with English abstract)
- [29] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(7): 72—77. (in Chinese with English abstract)
- [30] 潘洪义, 景伟力, 范婷, 等. 规划引导与耕地质量约束下农用地整理时序研究[J]. 中国土地科学, 2015, 29(8): 81—88.
Pan Hongyi, Jing Weili, Fan Ting, et al. The sequence of farmland comprehensive consolidation under the guidance of plan and the constraint of cultivated land quality[J]. China Land Sciences, 2015, 29(8): 81—88. (in Chinese with English abstract)
- [31] 方琳娜, 宋金平. 基于 SPOT 多光谱影像的耕地质量评价: 以山东省即墨市为例[J]. 地理科学进展, 2008, 27(5): 71—78.
Fang Linna, Song Jinping. Cultivated land quality assessment based on SPOT multispectr remote sensing image: A case study in Jimo city of Shandong province[J]. Progress in Geography, 2008, 27(5): 71—78. (in Chinese with English abstract)
- [32] Mukhtar Elaalem, Alexis Comber, Peter Fisher. A comparison of fuzzy AHP and ideal point methods for evaluating land suitability[J]. Transactions in GIS, 2011, 15(3): 329—346.
- [33] Deng Fei, Li Xiaobing, Wang Hong, et al. GIS-based assessment of land suitability for alfalfa cultivation: A case study in the dry continental steppes of northern China[J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2014, 12(2): 364—375.

Suitability evaluation on high quality capital farmland consolidation based on niche-fitness model

Zhao Suxia, Niu Haipeng^{*}, Zhang Hanwei, Zhang Hebing, Zhang Xiaohu

(College of Surveying & Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: It is China's significant strategic move to carry out rural land consolidation and construct high quality capital farmland on a large scale, which ensures stable yields despite drought or excessive rain. However, the construction project of high quality capital farmland is currently with the lack of scientific instruction in line with local conditions in respect of project site selection and design approach. An empirical research was conducted in Xinzheng City to study suitability evaluation and obstacle indicators of high quality capital farmland. Based on the theory of ecological niche and the construction target of high-quality capital farmland, this paper proposed the very concept of high quality capital farmland niche, and established the index system from the different aspects of natural resource endowment, infrastructure, sustainability of high quality capital farmland and its space stability. Thirteen indicators were selected during the evaluation. Then this paper built the niche-fitness evaluation model. Throughout the evaluation model as well as the matching degree between the actual niche and the first-rate niche, 4 levels were divided to pinpoint the niche of the high quality capital farmland in different regions. The farmland in the first level areas was high quality capital farmland; the farmland in the second level areas needed to be improved; the farmland in the third level needed to be comprehensively renovated; and the farmland in the fourth level was not appropriate for exploitation. This paper clarified the niche of the high quality capital farmland in different regions, took the first-rate niche as the sole criterion to establish the diagnosis model of obstacle indicators, analyzed the restricted degree and diversity of the obstacle indicators, clarified the priority and orientation on capital farmland construction in different regions, and sought countermeasures and valid paths. The results were as follows: 1) 14 017.72 hm² farmland was high quality capital farmland, accounting for 25.88% of the city's farmland, 21 121.15 hm² farmland needed to be improved, accounting for 38.99% of the city's farmland, 4 559.37 hm² farmland needed to be comprehensively renovated, accounting for 8.42% of the city's farmland, and 14 469.70 hm² farmland was not appropriate for exploitation, accounting for 26.71% of the city's farmland; 2) In Xinzheng City, the arable land was in a good natural endowment, and the security of irrigation and soil pollution index were the main obstacle indicators; 3) Using the niche-fitness model to pinpoint the niche of high quality capital farmland, could extend the application range of the theory of ecological niche, solve the problems including indeterminate key rectification regions and unreasonable project locations, and provide the theoretical basis for project site selection and design approach.

Keywords: land use; zoning; models; niche-fitness model; high quality capital farmland; suitability evaluation; obstacle indicators; Xinzheng city