

河北沽源县未利用地宜耕、宜建及生态风险综合评价

闫慧慧¹, 耿其明², 李航², 张利¹, 何玲¹

(1. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071000; 2. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000)

摘要: 土地资源的紧缺, 势必对粮食安全产生不良效应, 影响整个社会生活的稳定。所以, 对未利用地的整治开发, 是补充和保护土地资源的重要举措。通过科学引导土地开发利用, 分析未利用地宜耕、宜建及生态风险, 综合评价其开发利用方向和功能分区, 是目前土地工作的重点, 可为解决土地供求冲突的途径指明方向。通过对河北沽源县未利用地进行宜耕、宜建及生态风险分析, 并运用遗传算法和权衡模型对多重适宜性评价结果进行有效综合, 初步划定其用地功能分区, 可以解决多种开发方向间的牵制问题提供借鉴, 为全国的相似区域未利用地资源整治提供前期有效示范。结果表明: (1) 沽源县未利用地宜耕开发可划分为4个等级, 多为二级宜耕未利用地, 主要分布在县域北部和西南部; (2) 宜建开发可分4个等级, 多为一级宜建未利用地, 主要集中在县域的中北部; (3) 就未利用地的生态风险评价而言, 可划分为五级, 多为中低生态风险区, 生态风险整体上表现为南高北低; (4) 沽源县的未利用地可初步划分为耕作用地、建设用地、生态用地3种用地功能区, 耕作用地功能区大多分布在县域西北部, 建设用地功能区主要位于县域中部, 生态用地功能区大多分散在县域南部。

关键词: 未利用地资源; 宜耕; 宜建; 生态风险评价; 开发功能分; 沽源县

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)01-0360-08

Arable Suitability, Constructive Suitability and Ecological Risk Comprehensive Evaluation of Unutilized Land in Guyuan County, Hebei Province

YAN Huihui¹, GENG Qiming², LI Hang², ZHANG Li¹, HE Ling¹

(1. College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. College of Resources and Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: The shortage of land resources will have adverse effects on food security inevitably and affect the stability of the entire social life. Therefore, the remediation and development of unutilized land is a requirement of the times and an important measure for supplementing and ensuring land resources. By guiding the development and utilization of unutilized land scientifically, analyzing the arable suitability, constructive suitability and ecological risk of unused land, and evaluating synthetically the direction and function of its development and utilization zoning, and addressing the direction of land supply and demand conflicts are the focuses of land work. We analyzed the arable suitability, constructive suitability and ecological risk of unutilized land in Guyuan County of Hebei, and validated the multiple suitability evaluation results by coupling model and genetic algorithm comprehensive and preliminary delineation of the functional zoning of its land, which can provide reference for solving the problem of containment among multiple development directions, can also provide pre-effective demonstration of resource management for similar areas in the whole country. The results illustrated that: (1) the exploitation suitability of the arable unutilized land included four grades in Guyuan County, mostly the second-class cultivated unused land, mainly concentrated in northern and south-western parts of the county; (2) the constructive suitability of the unutilized land has four grades, mostly the first-class constructive unused land, mainly concentrated in the north central area of the county; (3) unused land ecological risk assessment, can be divided into five levels, mostly low and medium ecological in the risk area, the ecological risk as a whole is high in the south and low in the north; (4) it can be divided into three kinds of key function partitions, cultivated land, construction land and ecological land in Guyuan

County; most of the cultivated land functional areas are located in the northwest of the county; the functional areas for construction land are mainly located in the central part of the county; most of the functional areas for ecological land use are scattered south of the county.

Keywords: unutilized land resources; arable suitability; constructive suitability; ecological risk assessment; development function points; Guyuan County

随着经济的快速发展及城镇化建设的不断扩张,占用大量的土地,导致生态退耕现象越来越严重,耕地数量也大幅的减少,目前,土地资源的短缺以及不合理的整治开发利用已经成为阻碍经济和社会协调可持续发展的因素^[1-2]。为破解上述经济建设及耕地保护的矛盾,就必须采用合理的开发模式,以求在保证耕地数量质量提高的同时,也达到保护生态环境的要求。针对未利用地资源整治工作正在各地有序的快速推进。未利用地是主要的可开发的储备资源,通过有效的整治开发,确定其功能分区,对缓解土地供求冲突、维护经济社会可持续发展具有推动作用。

从近几年来看,对未利用地资源的研究在国内外土地学术界越来越受到重视。部分研究土地的学者从工作的实际出发,在有关土地部门的组织调节下,研究我国未利用地的整治开发模式及其可能产生的土地生态问题,因为不合理的开发利用将可能导致不可挽回的生态问题,如次生盐碱化,水土流失等^[3-4]。国内外的土地研究学者对未利用地的适宜性开发及可能面临的问题进行研究,并提出有效的措施。例如李春越^[5]、张凤荣^[6]和舒帮荣^[7]等则从生态适宜性生与生态安全性的视角出发,整体上提高了生态指标在整个适宜性评价指标体系中所占的比重;金贵^[8]、唐常春^[9]、Mehrnoush^[10]、Pereira^[11]、Fitzsimons^[12]等使土地评价的指标体系逐步得到调整与丰富,从不同角度对未利用地的适宜性进行综合评价,进一步完善与引领土地利用的分区划定;欧阳志云^[13]、廖和平^[14]、刘耀林^[15]等陆续将生态位适宜度评价方法、模糊评价法与计算智能理论评价引入到未利用地评价的领域,进而拓宽与丰富了未利用地评价领域的研究方法;苏亚艺^[16]、类淑霞^[17]等主要从生态安全的角度对生态敏感区的土地进行宜耕开发评价和潜力分区,进一步拓宽了多适宜的评价领域。可是,从整体来看,大多学者的研究对象针对的是未利用地这个整体,还没有对未利用地展开更为细致的分类研究,来提高评价指标体系的针对性;值得一提的是,目前对未利用的开发研究大多是针对一种适宜目标,对于多适宜目标及多用途权衡的研究尚少,且不能产生有效的科学决策手段。

在以上研究的基础上,本文以河北省沽源县为例,根据不同的未利用地类型,建立具有针对性的评

价指标体系,在多学科整合研究的框架下,通过运用综合指数法对未利用地进行宜耕、宜建和生态风险3种评价,然后运用权衡模型和遗传算法对以上3种评价进行综合分析,可以初步确定土地利用的主要功能区,可为我国未利用地资源的整治及利用功能区划分提供研究示范。

1 研究区概况

沽源县位于河北省西北部,隶属于张家口市,交通便利,邻内蒙古自治区,属于坝上高原区。全县总面积3 654 km²,包括4镇10乡、233个行政村,全县未利用地资源共有39 610.92 hm²,涉及到其他草地、裸地两种地类。其中,其他草地面积为37 282.66 hm²,占未利用地总面积的94.12%;裸地面积为2 328.26 hm²,占未利用地资源总面积的5.88%。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

根据研究内容及目的,进行未利用地宜耕、宜建及生态风险综合评价,涉及到多方面的指标,需要的数据也很多。本文通过在实地布置有效样点187个,来获取一部分研究数据,另一部分数据主要是从河北省各有关部门获取。(1)国土资源局:1:1万的最新完成的土地利用现状变更调查图,1:1万的遥感影像图,最新完成的市乡两级的土地总体规划以及土地整治与整理规划,地质灾害防治规划,耕地后备资源调查资料。(2)建设规划局:城市总体及体系规划,地基承受力技术规范文本。(3)水利局:水利志,水资源分布及开发状况,水资源利用综合评价,地下水开采的相关文件。(4)统计局:2014—2015年的河北乡镇统计年鉴。(5)环境保护局:土壤污染、水污染状况的相关资料,生态环境的规划资料。

2.2 研究方法

2.2.1 未利用地多适宜性评价方法

(1)建立评价指标体系。未利用地宜耕评价指标体系:依据未利用地分布分类及地表形态,分别选用不同的指标体系,依次对其他草地、裸地进行宜耕性评价。从未利用地不同的地类出发,选取具有地类特点的指标,默认为每个指标在不同的区域内是均质的,然

后采用指标分级赋分法(目前指标分值量化、赋分没有统一的标准,在这里采用背对背的通信方式,征询专家小组成员的分级赋分意见,经过多轮征询,使专家小组意见趋于集中并获得集体判断结果)对相应指标区间进行量化,确定指标作用分值,指标权重的确定采用特尔

斐法。本文经过多层次的调研,划定多种类未利用地的宜耕评价指标体系(表 1—2)。其中,其他草地的宜耕性评价选取了 8 项指标,即海拔高度、地形部位、表土质地与含盐情况等;裸地的宜耕性评价选取了 10 项指标,即有效土层厚度、砾石含量、基岩类型及土源距离等。

表 1 其他草地宜耕构建评价指标体系

分值	海拔 高度/m	地形 部位	表土 质地	含盐 情况	地下 水埋深/m	植被 覆盖度/%	有机质/ %	水源 距离/km
100	0~500	坡梁	壤土、黏土	无盐化	0~100	>70	≥1.0	0~2
90	0~500	坡梁	壤土、黏土	轻度	0~100	50~70	≥1.0	—
80	0~500	坡梁	砂土	轻度	100~200	50~70	≥1.0	—
70	0~500	坡梁	砂土	中度	100~200	30~50	0.6~1.0	2~5
60	500~1000	湖淖	砂土	中度	100~200	30~50	0.6~1.0	—
50	500~1000	湖淖	砾质土	重度	>200	10~30	0.6~1.0	—
40	500~1000	湖淖	砾质土	重度	>200	10~30	0.6~1.0	5~10
30	1000~1500	湖淖	砾质土	重度	>200	10~30	<0.6	—
20	1000~1500	旱滩	流动沙	重度	>200	10~30	<0.6	—
10	>1500	旱滩	流动沙	重度	>200	0~10	<0.6	≥10
权重	0.18	0.18	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.12

表 2 裸地宜耕构建评价指标体系

分值	海拔 高度/m	地形 部位	有效土层 厚度/cm	表土 质地	含盐量 情况	砾石 含量/%	基岩 类型	土源 距离/m	地下 水埋深/m	地下 水采限
100	0~500	坡梁	≥50	壤土、黏土	无盐化	0~15	岩浆岩、花岗岩片麻岩	0~500	0~100	无
90	0~500	坡梁	≥50	壤土、黏土	轻度	0~15	岩浆岩、花岗岩片麻岩	0~500	0~100	无
80	0~500	坡梁	20—50	砂土	轻度	0~15	岩浆岩、花岗岩片麻岩	500~1000	100~200	无
70	0~500	坡梁	20—50	砂土	中度	15~30	石灰岩	500~1000	100~200	无
60	500~1000	湖淖	20—50	砂土	中度	15~30	石灰岩	1000~2000	100~200	限制
50	500~1000	湖淖	20—50	砾质土	重度	30~50	石灰岩	1000~2000	>200	限制
40	500~1000	湖淖	<20	砾质土	重度	30~50	其他岩类	2000~3000	>200	限制
30	1000~1500	湖淖	<20	砾质土	重度	50~75	其他岩类	2000~3000	>200	限制
20	1000~1500	旱滩	<20	流动沙	重度	50~75	其他岩类	2000~3000	>200	限制
10	>1500	旱滩	<20	流动沙	重度	>75	其他岩类	>3000	>200	限制
权重	0.1	0.12	0.12	0.1	0.12	0.08	0.1	0.08	0.1	0.08

未利用地宜建评价指标:由于未利用地的自然状况、地貌形态及地质条件对建设用地的开发有一定的限定条件,选取了 7 项指标对未利用地宜建进行评价,即坡度、坡向、地质灾害、地基承载力、水源保证率、交通便利度和洪涝程度。《国土资源“十三五”规划纲要》明确指出要控制建设用地的不断增加,就此本文对宜建各项指标进行严格筛选,且任一指标低于 30 分不宜作为建设用地开发(表 3)。采用指标分级赋分法来确定区域指标作用分值,权重的确定采用特尔斐法。

(2) 综合指数法。各评价单元的适宜性都采用综合指数法进行计算,得到综合分值,再进行分级划分^[18]。

$$Z=\sum_{i=1}^n w_i f_i$$

(1)

式中:Z 为综合分值;W_i 为第 i 个评价因素权重;f_i 为第 i 个评价因素质量分值;n 为评价因素总个数。

每个相对完整的指标体系中,各指标的权重之和等于 1,得到的综合分值分布于[0,100],运用 ArcGIS 10.2 软件中的自然间断法对所得宜耕、宜建的综合分值进行重新划分,即划分未利用地宜耕、宜建的等级分值区间,最后得到对于各种利用方式的适宜性的评价结果。

2.2.2 未利用地开发生态风险评价 未利用地开发生态风险评价是利用多门学科知识,采用定性与定量相结合的技术手段来评价其开发的生态风险以及该风险可能对其产生的破坏。所以,指标的选取不仅要认识到未利用的特征,还要考虑到周边的环境。根据未利用地开发生态风险评价的特点,从水源涵养能力、水蚀防护能力、风蚀防护能力和生境质量四方面出发,评价沽源县未利用地生态风险。指标分值及权重的确定同上(表 4)。

表 3 未利用地宜建构建评价指标体系

分值	地面 坡度	坡向	地质 灾害	地基 承载力	水源 保证率	交通 条件	洪涝 程度
100	<6°	阳坡	低易发区	坚硬	充分满足:地下水埋深浅 0—100 m;地表水丰富; 距地表水源地近;地下水或地表水无开采限制	0~500 m	标高高于设防洪水位 >1.0 m
90	<6°	阳坡	低易发区	坚硬	充分满足:地下水埋深浅 0—100 m;地表水丰富; 距地表水源地近;地下水或地表水无开采限制	0~500 m	标高高于设防洪水位 >1.0 m
80	<6°	阳坡	低易发区	坚硬	基本满足:地下水埋深 100—200 m;有一定的地表 水;距地表水源有一定距离;地下水或地表水开采 无限制	500~1000 m	标高高于设防洪水位 >1.0 m
70	6°~11°	半阳坡	低易发区	坚硬	基本满足:地下水埋深 100—200 m;有一定的地表 水;距地表水源有一定距离;地下水或地表水开采 无限制	500~1000 m	标高高于设防洪水位 0.0 m~1.0 m
60	6°~11°	半阳坡	中易发区	较硬	一般满足:地下水埋深 200 m 以上;地表水相对较 少且距地表水源较远;地下水或地表水有开采限制	1000~1500 m	标高高于设防洪水位 0.0 m~1.0 m
50	6°~11°	半阳坡	中易发区	较硬	一般满足:地下水埋深 200 m 以上;地表水相对较 少且距地表水源较远;地下水或地表水有开采限制	1000~1500 m	标高高于设防洪水位 0.0 m~1.0 m
40	11°~17°	半阳坡	中易发区	较软	一般满足:地下水埋深 200 m 以上;地表水相对较 少且距地表水源较远;地下水或地表水有开采限制	1500~2000 m	标高低于设防洪水位 0.0 m~1.5 m
30	11°~17°	阴坡	中易发区	较软	一般满足:地下水埋深 200 m 以上;地表水相对较 少且距地表水源较远;地下水或地表水有开采限制	1500~2000 m	标高低于设防洪水位 0.0 m~1.5 m
权重	0.14	0.12	0.13	0.12	0.2	0.14	0.15

注:地基承受力主要是借鉴了《河北省建筑地基承受力技术规程》DB(J)/T48—2005 中对于不同物质成分来确定对应承受力;地质灾害指标分级标准是从《沽源县地质灾害防治“十二五”规划分区图》中获取;交通便利度是通过利用道路做线性缓冲区,规定为距离道路越近越有利于构筑建筑,反之亦然。

表 4 未利用地生态风险构建评价指标体系

指标	分值	分级标准	面积/hm ²	百分比/%
水源涵养能力	20	极强	5405.13	13.65
	40	强	4783.86	12.08
	60	一般强	12546.75	31.67
	80	较弱	16875.18	42.60
水蚀防护能力	20	极强	11229.83	28.35
	40	强	5801.9	14.65
	60	一般强	10792.45	27.25
	80	较弱	11786.74	29.76
风蚀防护能力	20	极强	5256.79	13.27
	40	强	9927.56	25.06
	60	一般强	13261.23	33.48
	80	较弱	11165.34	28.19
生境质量	20	极好	20143.56	50.85
	40	较好	6235.34	15.74
	60	一般好	4636.01	11.70
	80	较差	8596.01	21.70
指标	水源涵养 能力	风蚀防护 能力	水蚀防护 能力	生境 质量
权重	0.26	0.27	0.31	0.16

注:植被覆盖度、年平均降雨量、土壤质地以及表层孔隙度 4 个主要影响指标进行未利用地水源涵养能力的综合评价;未利用地水蚀防护量,通过运用 GIS 与遥感技术,分析研究有关数据指标,来实现水蚀防护的量化。根据水蚀防护量的大小确定未利用地的水蚀防护能力的强弱;未利用地风蚀防护能力时选取了风力大小、地形部位、土壤干燥度以及植被覆盖度 4 个指标进行综合评价;通过 Invest 模型分析未利用地的生境质量并进行评价。

2.2.3 综合评价方法 选择合理的开发整治模式,是未利用研究的重点之一。开发模式的选取,可能涉及到多种因素的影响^[19]。不同的类型适宜性评价之间可能具有交叉性,为了消除这种交叉性带来的矛盾,就需要找到各种适宜性的平衡点,达到效益的最大化。本文在宜耕、宜建及生态风险评价的基础上,通过应用遗传算法及权衡模型对 3 种评价结果进行综合分析,进一步划定未利用开发的功能分区。

在随机优化算法中,遗传算法是应用最为广泛的,它是模拟达尔文适者生存进化理论,通过对染色体及其所包含的基因进行连续不断的评价,能有效地利用已获取的信息来指示搜索,从而达到优化质量的效果。在这里通过遗传算法,对未利用地进行综合评价,把未利用地包含的各种地类(对于没有作为宜耕或宜建的未利用地,以其的自然状况可开发为牧草地、林地或维持原有的生态状况,在这里就归为生态用地)作为染色体,约束条件是未利用地资源的总面积和社会经济的发展状况,然后通过对模型进行反复循环计算,最终求得模型优解组合,划分未利用地开发功能分区。

(1) 设置耦合要素。耦合要素就是模型变量,综合考虑资料的可获取性、翔实性,以及设置变量的可操作性,在这里设置未利用地拟开发的土地利用方式为变量。在这里,宜耕用途地设为 y_1 ,宜建用途地设

为 y_2 , 宜生态用途地设为 y_3 。

(2) 确定耦合目标。一般有两个或多个分目标来构成耦合目标, 目的是达到综合目标, 例如, 在未利用地资源的适宜性目标中, 就包含了社会、经济、生态效益目标。综合目标就是多目标有效组合, 以求达到最优化。其原始模型为:

$$\max(Y)=\{F_1(y), F_2(y), \cdots, F_m(y)\} \quad (2)$$

式中: Y 为综合效益(元); $F_1(y), F_2(y), \cdots, F_m(y)$ 为各项目标的效益(元); m 为耦合目标的个数。

适宜性目标: 通过利用各评价单元多种适宜性评价的等级结果, 运用下面的公式求解, 获得对于整个县域而言的总的开发适宜性分析结果。具体公式计算如下:

$$F_1(y)=\sum_{i=1}^p\sum_{j=1}^qs_{ij}y_{ij} \quad (3)$$

式中: $F_1(y)$ 为各项目标的效益(元); p 作为未利用地资源的开发利用类型个数(p 取值为 1, 2, 3); q 为参与评价的单元个数; s_{ij} 为未利用地评价单元 j 中 i 类土地用途的面积(m^2); y_{ij} 为评价单元 j 中 i 类土地用途的适宜性。

分项效益目标: 依据下面的计算公式来得到社会、经济与生态各效益目标, 公式如下:

$$F_2(y)=\sum_i^p\sum_j^qa_{ij}y_{ij} \quad (4)$$

$$F_3(y)=\sum_i^p\sum_j^qb_{ij}y_{ij} \quad (5)$$

$$F_4(y)=\sum_i^p\sum_j^qc_{ij}y_{ij} \quad (6)$$

式中: $F_2(y)$ 代表社会效益; $F_3(y)$ 代表经济效益; $F_4(y)$ 代表生态效益(元); a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} 分别代表评价单元 j 作为 i 种土地用途中的社会、经济和生态相对效益系数^[20](表 5), 其他代表符号含义同上。

表 5 3 类用地相对效益系数值

未利用地 适宜性类型	社会效益 系数	经济效益 系数	生态效益 系数
宜耕	1	0.39	0.28
宜建	0.51	1	0.03
宜生态	0.29	0.18	1

(3) 设置约束条件。本文主要考虑两个方面的约束条件, 即未利用地资源的土地利用条件约束、模型运算约束, 也就是模型变量中的地类面积取非负值, 且保证每个评价单元只对应一种土地利用方式, 没有空白或者重复。

未利用地的总面积条件约束: 沽源县的未利用地资源的面积等于 3 类用地方式面积之和, 即:

$$A=\sum_i^p\sum_j^qy_{ij} \quad (7)$$

式中: A 为研究区未利用地资源的总面积(m^2); 其余符号含义同上。

模型运算约束: 在模型中的地类面积, 其数值须为正数, 即: $y_1>0, y_2>0, y_3>0$ 。

通过 matlab 软件的辅助, 利用遗传算法对权衡模型进行逐步运算求解。首先, 确定父代个体, 得到初始解集。借助 Random 函数, 其能在县域范围内适宜性相对较高的地方随机的选择初次遗传个体, 并将此作为父代, 通过进行遗传变化, 得到模型所要的初始解集。其次, 适宜性高的个体再进行后代的遗传。依据所得到的数据库中的单元编号, 按照从上到下、由右到左的次序进行有效的邻域分析, 然后从其中选择出适宜度高的个体进行遗传。再者, 择优进化。在正常的操作中, 有部分个体产生新的个体是随机选择的结果, 这时就要再次的计算它们的适宜度大小, 选择优化个体进行进化。最后, 确定进化结果。在运行及数据要求的条件下, 逐步得到符合要求的遗传进化结果, 然后把最终结果录入到 ArcGIS 系统中, 通过重分类得到结果的空间分布及位置^[21-22]。在模型运行过程中, 设置遗传的总代数为 100, 设置得到优化的后代占父代总个数的 1/3, 通过以上的求解步骤, 使解集逐步得到优化。

3 结果与分析

3.1 未利用地宜耕评价结果

依据测算结果, 沽源县的未利用地宜耕性评价可以划分为 4 个等级, 见表 6, Z_1 值 ≥ 85 为一级, 70~85 为二级, 58~70 为三级, <58 为四级。并且其他草地、裸地主要为二、三级宜耕未利用地(表 6)。

表 6 沽源县各未利用地类型宜耕评价结果

等级	其他草地		裸地	
	面积/ hm^2	比例/%	面积/ hm^2	比例/%
一级	5063.85	13.58	72.74	3.12
二级	12637.80	33.90	860.39	36.95
三级	11949.62	32.05	873.02	37.50
四级	7631.39	20.47	522.11	22.42
总计	37282.66	100	2328.26	100

从空间布局上看, 沽源县多为二、三级宜耕的未利用地。其中, 二级宜耕未利用地资源面积为 13 498.19 hm^2 , 占有全县未利用地资源总面积的 34.08%, 分布较为分散, 主要分布在县域的北部及西南部, 涉及到的乡镇有九连城镇、平定堡镇、塞北管理区等(图 1); 三级宜耕未利用地资源面积为 12 822.64 hm^2 , 占全县未利用地资源总面积的 32.37%, 主要分布在小河子乡、辛营乡、小厂镇等乡镇; 一级宜耕未利用地资源面积为

5 136.59 hm², 占全县未利用地资源总面积的 12.97%, 主要分布在沽源县西部区域, 涉及乡镇主要包括九连城镇、高山堡乡、苏鲁滩牧场等; 四级宜耕未利用地资源面积为 8 153.50 hm², 占全县未利用地资源总面积的 20.58%, 主要分布在县域的中南部。

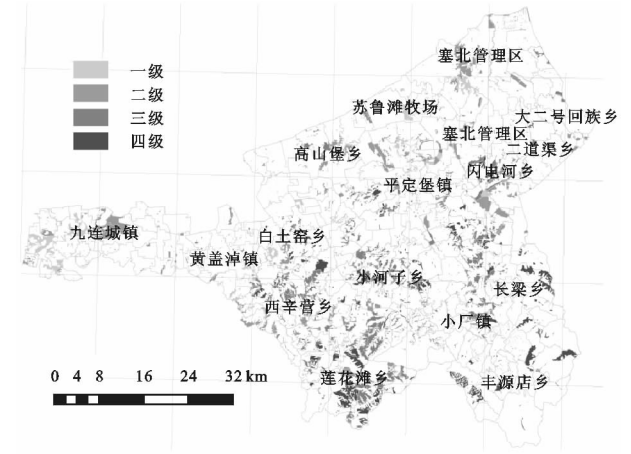


图 1 沽源县未利用地宜耕性评价级别

3.2 未利用地宜建评价结果

根据测算结果, 沽源县的未利用地宜建性可以划分为 4 个等级, 见表 7, Z_2 值 ≥ 80 为一级, 62~80 为二级, 55~62 为三级, < 55 为四级。其中, 一级的宜建未利用地资源的面积最大, 四级的宜建未利用地资源的面积最小(表 7)。

表 7 沽源县各未利用地资源类型宜建评价结果

等级	其他草地		裸地	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
一级	16622.71	44.59	752.34	32.31
二级	11429.28	30.66	640.69	27.52
三级	7989.96	21.43	872.8	37.49
四级	1240.71	3.33	62.43	2.68
总计	37282.66	100	2328.26	100

具体来看, 一级宜建未利用地面积最大, 为 17 375.05 hm², 占全县未利用地的 43.86%, 土地类型主要是其他草地, 占一级宜建未利用地面积的 95.67%(图 2), 涉及到的乡镇主要有小河子乡、西平营乡、塞北管理区等乡镇。二级宜建未利用地在空间上分布紧邻一级宜建未利用地, 占全县未利用地的 30.47%, 土地类型也主要是其他草地, 占二级宜建用地的 94.69%, 分布较为分散, 主要涉及乡镇有高山堡乡、闪电河乡等。三、四级的宜建未利用地多数分布在沽源县的南部, 其面积分别为 8 862.76 hm², 1 303.14 hm², 分别占有全县未利用地总面积的 22.37%, 3.29%, 土地类型主要是其他草地, 包含少量裸地, 涉及到白土窑乡、莲花滩乡、丰源店乡、小厂镇等乡镇。

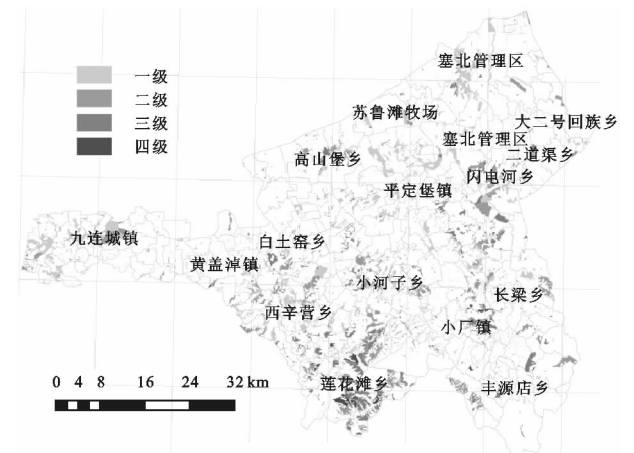


图 2 沽源县未利用地宜建性评价级别

3.3 未利用地生态风险评价结果

根据生态风险的估算结果, 将沽源县未利用地资源可以划分为 5 个生态风险区, 即高、中高、中、中低和低。由于 3 种适宜性评价指标的不同, 可知, 耕地与建设用地的开发不应该在高生态风险区进行, 对于其他的风险等级区可以通过耦合计算来寻求对应的开发利用的大方向。

表 8 沽源县各未利用地类型生态风险评价结果

风险类型区	其他草地		裸地	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
低生态风险区	9714.47	26.06	255.96	10.99
中低生态风险区	9372.74	25.14	601.47	25.83
中生态风险区	9232.82	24.76	789.56	33.91
中高生态风险区	5158.59	13.84	437.66	18.80
高生态风险区	3804.04	10.20	243.61	10.46
总计	37282.66	100	2328.26	100

测算结果显示(表 8), 低、中低、中生态风险区 3 个区域的未利用地资源面积相当, 分别为 9 970.43 hm², 9 974.21 hm², 10 022.38 hm², 分别占全县未利用地资源的 25.17%, 25.18%, 25.30%, 大多为其他草地, 少数其他类型的未利用地。高、中高生态风险区面积分别占有未利用资源的 10.22%, 14.13%。

从空间格局看(图 3), 沽源县未利用地生态风险呈现南高北低的空间格局。高和中高生态风险区大多散布于南部、中部; 从未利用地的类型看, 其他草地分布最多, 其余为裸地; 从未利用的多宜性评价结果来看, 三、四级的宜耕与宜建未利用地主要分布在该生态风险区域, 所以该地不宜选作首要宜耕、宜建的开发区, 最好开发为生态效益相对较高的用地类型, 如林地等。中生态风险区遍布于全县各地; 分布较为分散, 主要涉及其他草地; 从宜耕、宜建的评价结果来看, 该风险区主要涉及到一、二级宜耕与二、三级宜建未利用地, 可见该区域的开发条件一般, 开发可能会影响该区域的生态健康及安全, 因此该区域不应作为

第一开发时序的用地。低和中低生态风险区主要分散在沽源县西部地区和中北部地区;地类多为其他草地,有较少部分的其他类型的未利用地;从宜耕、宜建的角度出发,主要涉及到一、二级宜耕和宜建未利用地资源。就沽源县而言,该类型区域内未利用地的开发条件最好,可以选作为首要的开发用地。

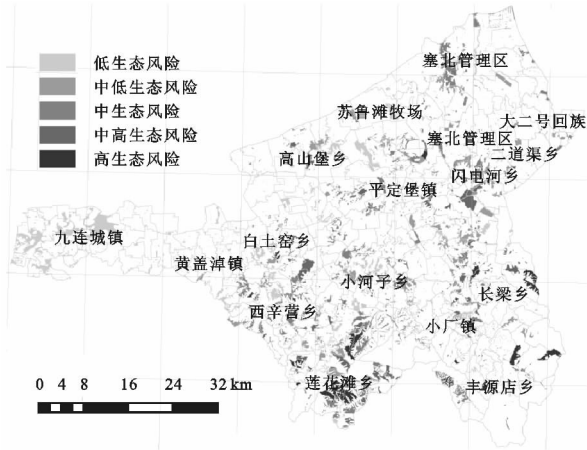


图3 沽源县未利用地生态风险评价等级图

3.4 综合评价结果

在上述分析的基础上,依据权衡模型分区方法的测算结果,将沽源县的未利用地资源划分为3种功能区,即耕作用地区、建设用地区和生态用地区(表9)。从未利用地资源的空间位置的分布来看,耕作用地区主要分布在沽源县中西部;建设用地区主要集中在沽源县中部区域;生态用地功能区主要分布于沽源县南北两端(图4)。

表9 沽源县未利用地资源用地功能分区结果

功能分区	其他草地		裸地	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
耕作用地区	12853.33	34.48	616.01	26.46
建设用地区	4153.36	11.14	147.76	6.35
生态用地功能区	20275.97	54.38	1564.49	67.20
总计	37282.66	100	2328.26	100

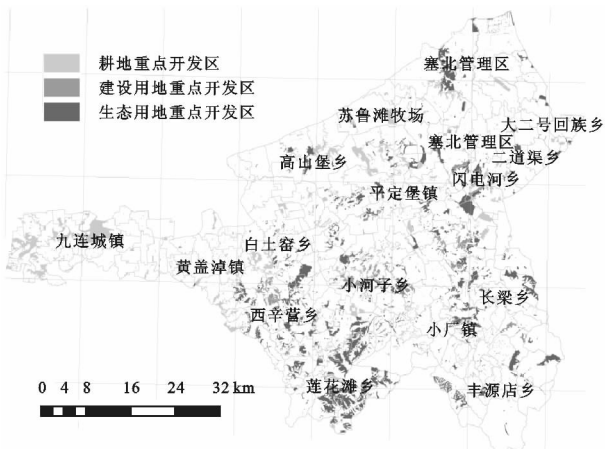


图4 沽源县未利用地资源用地功能分区图

耕作用地功能区面积为13 469.34 hm²,占全县未利用地的34.00%,主要分布在西部及西北部地区,包括九连城镇、白石窑乡和苏鲁滩牧场等。该区域多为一、二级宜耕且生态风险相对较低,地势也相对平坦,类似平原,有充裕的水源及土源,可以实施相应工程措施,能有效的增加耕地的数量。

建设用地功能区面积为4 301.12 hm²,占全县未利用地的10.86%;主要分布在中部,涉及乡镇有西辛营乡、小河子乡和平定堡镇。该用地功能区主要涉及到一、二级宜建且生态风险相对较低的区域,基于该区域的立地条件较好,交通相对便利,有可利用水源,在土地利用总体规划规定的有建设条件和允许建设的区域内,宜鼓励和引导项目实施搬山、客土、造地等方式,可用于民生工程、生活生产基础实施用地。

生态用地功能区面积最大为21 840.46 hm²,占全县未利用地的55.14%,空间分布较为分散,南北两端、中部均有分布,涉及到丰源店乡、小长梁乡、莲花滩乡和厂镇等乡镇。该功能区多涉及到三、四级宜耕和三、四级宜建且较高生态风险区域。基于该功能区的自然条件状况,不应该在该区域进行人类开发干扰活动,而应以生态利用为主,建立严格的生态保护制度,并对生态相对脆弱的区域进行有效的生态修复,全面开启生态环境保护改善工作。

4 结论与讨论

(1) 沽源县未利用地资源的宜耕开发可以确定为4个等级,其中,北部分布的主要是二级宜耕未利用地,并且在所有级别中面积最大;县域的中南部主要分布为三级宜耕未利用地,相比于二级宜耕未利用地面积略少;西北部主要分布为一级宜耕未利用地,南部主要分布为四级宜耕未利用地,且两者所占未利用的面积较少。

(2) 沽源县未利用地资源的宜建性也可以确定为4个等级,其中,面积最大的是一级宜建未利用地,集中在县域的中北部;二、三、四级的宜建未利用地在空间上交叉分布,并且四级宜建未利用的面积最小。

(3) 沽源县未利用地资源可以确定为5个级别的生态风险区,生态风险总体上看南高北低;从生态风险的空间分布来看,县域中南部主要涉及到高、中高生态风险区;在分布较为零散的是中生态风险区;县域的西北、东北两端主要涉及到低、中低生态风险区。

(4) 沽源县的未利用地资源通过分析可以确定为3种土地利用功能区,即耕作用地功能区、建设用

地功能区、生态用地功能区。从全县角度看3种功能区的分布,北部及西部主要是耕地用地功能区,在这里可以通过有效的土地整治工程,增加耕地后备资源;中部主要是建设用地的功能区,可以用作民生工程、基础设施用地;南部主要是生态用地的功能区,不宜进行人类开发干扰活动,以维持生态利用为主。

本文研究涪源县未利用地资源宜耕、宜建及生态风险综合评价主要是针对已选定的评价单元进行,尚未考虑地类集中成片情况,这是本文的不足之处;所以,在今后研究中,应进一步注重权衡模型的应用范围,增加对于地类集中成片的有效约束条件,使研究模型及结果更加贴近我国土地资源的现实利用状况。

参考文献:

- [1] 韦仕川,刘勇,栾乔林,等. 基于生态安全的黄河三角洲未利用地开垦潜力评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 244-251.
- [2] Wei Y D, Ye X. Urbanization, urban land expansion and environmental change in China[J]. Stochastic Environmental Research & Risk Assessment, 2014, 28(4): 757-765.
- [3] 唐常春,孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报, 2012, 67(12): 1587-1598.
- [4] 关小克,张凤荣,郭力娜,等. 北京市耕地多目标适宜性评价及空间布局研究[J]. 资源科学, 2010, 32(3): 580-587.
- [5] 李春越,谢永生. 黄土高原土地资源生态经济适宜性评价指标体系初步研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(2): 53-56.
- [6] 张凤荣,郭力娜,关小克,等. 生态安全观下耕地后备资源评价指标体系探讨[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9): 4-8, 14.
- [7] 舒帮荣,黄琪,刘友兆,等. 基于变权的城镇用地扩展生态适宜性空间模糊评价:以江苏省太仓市为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 402-412.
- [8] 金贵,王占岐,胡学东,等. 基于模糊证据权模型的青藏高原区土地适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(18): 241-250.
- [9] 唐常春,孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报, 2012, 67(12): 1587-1598.
- [10] Afshari M, Mafi E. Land capability assessment for regional planning using AHP and GIS at Shandiz urban region, northeast Iran[J]. Environment & Urbanization Asia, 2014, 5(1): 105-118.
- [11] Pereira J, Lucien D L. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1993, 7(5): 407-424.
- [12] Fitzsimons J, Pearson C J, Lawson C, et al. Evaluation of land-use planning in greenbelts based on intrinsic characteristics and stakeholder values[J]. Landscape & Urban Planning, 2012, 106(1): 23-34.
- [13] 欧阳志云,王如松,符贵南. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用[J]. 生态学报, 1996, 16(2): 113-120.
- [14] 廖和平. 未利用地适宜性评价方法研究:以攀枝花市仁和区为例[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 1997, 22(2): 199-205.
- [15] 刘耀林,焦利民. 基于计算智能的土地适宜性评价模型[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2005, 30(4): 283-287.
- [16] 苏亚艺,朱道林,曲衍波,等. 基于堆龙德庆县的生态脆弱区宜耕未利用土地开发适宜性综合评价[J]. 中国土地科学, 2014, 28(7): 76-81, 97.
- [17] 类淑霞,郝晋珉,王丽敏. 生态脆弱区宜耕未利用土地开发适宜性评价:以山西省大同市为例[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6): 1417-1423.
- [18] 袁磊,赵俊三,李红波,等. 云南山区宜耕未利用地开发适宜性评价与潜力分区[J]. 农业工程学报, 2013, 29(16): 229-237.
- [19] 王华,刘耀林,姬盈利. 基于多目标微粒群优化算法的土地利用分区模型[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 237-244.
- [20] 杨永芳,刘玉振,朱连奇. 土地利用冲突权衡的理论与方法[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(5): 172-176.
- [21] 刘艳芳,李兴林,龚红波. 基于遗传算法的土地利用结构优化研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2005, 30(4): 288-292.
- [22] Cao K, Batty M, Huang B, et al. Spatial multi-objective land use optimization; extensions to the non-dominated sorting genetic algorithm-II [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2011, 25(12): 1949-1969.