

# 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

类淑霞<sup>1,2</sup> 郝晋珉<sup>2</sup> 王丽敏<sup>2</sup>

(1. 北京城市系统工程研究中心 北京 100089; 2. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100193)

**摘要** 大同市地处我国西北部,土地生态环境较为脆弱,同时又是我国主要的煤炭生产基地,人类活动对生态环境影响较大。为了合理确定大同市未利用土地开发为耕地的适宜性,进而确定开发的空间和时序,本文首先采用模糊综合评价法对大同市进行生态脆弱性分区,分区结果为大同市南郊区、阳高县、左云县、天镇县属于生态环境重度脆弱区,浑源县属于中度脆弱区,广灵县属于轻度脆弱区,新荣区、大同县和灵丘县属于微度脆弱区。在生态脆弱性分区基础上,结合大同市生态环境现状以及农用地分等规程,对宜耕未利用土地进行开发适宜性评价。结果表明:大同市宜耕未利用土地总面积 468 692.59 hm<sup>2</sup>,占未利用土地总面积的 84.09%;其中有 205 165.81 hm<sup>2</sup>位于生态微度脆弱区内,占宜耕后备土地资源的 43.77%;52 392.84 hm<sup>2</sup>位于轻度脆弱区内,占宜耕后备土地资源的 11.18%;中度和重度脆弱区内宜耕后备土地资源面积为 69 427.45 hm<sup>2</sup>和 141 706.49 hm<sup>2</sup>,分别占宜耕后备土地资源总量的 14.81%和 30.23%。微度脆弱区内的非常适宜级别的用地可以作为未利用土地开发为耕地的首选区域;微度脆弱区内的较适宜级别的土地可以作为开发的备用地;对于中度和重度脆弱区内的非常适宜耕作的未利用土地,在可能情况下尽量不作为第一开发时序用地。

**关键词** 生态脆弱性 分区 未利用土地 宜耕地 适宜性评价 大同市

中图分类号: F301.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2011)06-1417-07

## Evaluation of exploitation suitability of unutilized arable lands in ecologically fragile areas

— A case study of Datong City, Shanxi Province

LEI Shu-Xia<sup>1,2</sup>, HAO Jin-Min<sup>2</sup>, WANG Li-Min<sup>2</sup>

(1. Beijing Research Center of Urban Systems Engineering, Beijing 100089, China; 2. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** Datong City is in Northwest China. As a main coal production base, the city is in a relatively fragile ecological environment region. Human activity has greatly affected land ecological environment in this region. This paper used Fuzzy analysis to regionalize ecological fragility of Datong City based on administrative districts. This was important for the evaluation of exploitation suitability of unutilized arable lands in different areas of the city. The indicators for regionalization of ecological fragility were natural factors, such as those involved in terrain, physiognomy, meteorology and hydrology, and artificial factors, such as those involved in land use, society, and economy. The weights of indicators were decided by using AHP method and the ecological fragility was classed into four level, which were micro, slight, moderate and severe levels. The evaluation results showed that Nanjiao District, Yanggao County, Zuoyun County and Tianzhen County were severe ecologically-fragile regions. Hunyuan County was a moderate ecologically-fragile region. Then Guangling County was a mild ecologically-fragile region. Xinrong District, Datong County and Lingqiu County were weak ecologically-fragile regions. On the base of regionalization of ecological fragility of the city, the exploitation suitability of unutilized arable lands was evaluated by using the regulated classification of agricultural lands combined with environmental conditions. The evaluation index system was consisted of factors of site, soil, hydrothermal and ecology with a total of eleven indexes. The weights of indexes were decided according to their importance, and the suitability coefficient was calculated.

\* 国家科技支撑计划项目(2008BAJ08B03)资助

类淑霞(1972~),女,博士,副教授,主要研究方向为土地利用规划和区域规划。E-mail: leishuxia2000@163.com

收稿日期: 2011-04-28 接受日期: 2011-07-22

The results showed that 84.09% (468 692.59 hm<sup>2</sup>) of unutilized arable lands in the region was suitable for cultivation. About 43.77% (205 165.81 hm<sup>2</sup>) of the unutilized arable lands was in the weak ecologically-fragile region. Also the areas of unutilized arable lands in the mild, moderate and severe ecologically-fragile regions were 52 392.84 hm<sup>2</sup> (11.18%), 69 427.45 hm<sup>2</sup> (14.81%) and 141 706.49 hm<sup>2</sup> (30.23%), respectively. Unutilized arable lands with high suitability for cultivation in the weak ecologically-fragile region were given exploitation priority. Unutilized arable lands with relative suitability for cultivation in the weak, micro-level fragility were a viable alternative. Unutilized arable lands with high suitability for cultivation in mild and severe ecologically-fragile regions were not considered for exploitation.

**Key words** Ecological fragility, Regionalization, Unutilized land, Suitable land for agriculture, Suitability evaluation, Datong City

(Received Apr. 28, 2011; accepted Jul. 22, 2011)

土地是人类赖以生存和发展的物质基础。我国人口众多、耕地资源相对较少,同时随着工业化、城镇化的迅速发展,非农建设用地不可避免地仍将占用大量土地,使得我国耕地数量大大减少。2001~2006年短短5年的时间,我国人均耕地就从0.099 hm<sup>2</sup>(1.49亩)减少到0.093 hm<sup>2</sup>(1.39亩),下降速度十分惊人,严重威胁到我国粮食安全和可持续发展<sup>[1-2]</sup>。

为了贯彻“十分珍惜和合理利用土地,切实保护耕地”的基本国策,我国2001年9月首批土地开发整理项目正式启动,并制定了征收新增建设用地土地有偿使用费的专项资金保障政策,确保土地开发整理有计划、大规模进行,土地开发整理相关研究成为资源学科研究的热点<sup>[3-4]</sup>。

未利用土地是指农用地和建设用地以外的土地,它是土地开发整理的主要对象,近些年许多学者从土地开发的适宜性<sup>[5]</sup>、潜力<sup>[6]</sup>、分区<sup>[7]</sup>等角度进行了研究,但更多将研究的视角放在土地开发与生态环境之间的关系上<sup>[8-10]</sup>。土地不合理利用会引起土地退化和生态环境问题<sup>[11-12]</sup>,对于生态环境较为脆弱的地区,未利用土地开发更要慎重。目前许多学者开展了生态系统脆弱性评价研究<sup>[13-15]</sup>,建立了生态系统脆弱性评价模型,但对于未利用土地的生态系统脆弱性评价相对较少。为此,本文在大同市生态系统脆弱性评价分区的基础上进行宜耕未利用土地的适宜性评价,旨在研究未利用开发的空间和时序问题,为大同市未利用土地开发提供依据。

## 1 研究区概况与方法

### 1.1 研究区概况

大同市下辖2区7县,位于山西省最北部,地处黄土高原东北边缘和太行山山脉交接地带,地势高亢,平均海拔在1 000~1 500 m之间。全市土地面积14 102.01 km<sup>2</sup>。地貌可划分为三大单元:西北部为黄土高原丘陵区,中部为河川盆地区,东南部为土石山地区,面积分别占市域总面积的35.9%、23.5%和

40.6%。山地和丘陵区由于植被稀疏,加上受季风气候的影响,冬春多风沙,水土流失严重。大同市属温带大陆性季风气候区,年平均气温为5.1~7.5℃,年平均降雨量为370~460 mm。全市有12个土类、26个亚类、75个土属、214个土种类型。大同市是我国最大的煤炭生产基地,素有“煤都”之称,由于煤炭开采和加工等活动导致土地的挖损、塌陷、压占,并由此而引起的污染、土地变形、土壤性状及灌溉条件的改变,对生态环境造成负面影响,使得原本就十分脆弱的生态环境中人地关系更为紧张;同时,大同市处于“京津风沙源治理区”范围,又是雁门关生态畜牧经济区的重要组成部分,生态环境一直备受关注。未利用土地是历史上由于各种限制因素而造成的至今尚未开发的土地,一般其生态功能较为重要,因此未利用土地的开发一定要在充分论证的情况下进行,防止“边开发边破坏”的情况发生。

大同市未利用土地主要包括荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、内陆滩涂、河流和湖泊水面,由于河流和湖泊水面具有重要的生态功能,一般不能作为耕地开发后备资源,所以本研究中只考虑前面6类宜耕未利用土地资源。大同市2005年末利用土地面积557 400.77 hm<sup>2</sup>,占全市土地面积的39.65%,其中所占比重较大、作为未利用土地开发重点的是荒草地和内陆滩涂。全市荒草地面积为510 947.89 hm<sup>2</sup>,占未利用土地资源面积的91.66%,主要分布在灵丘、浑源、天镇、广灵等县的丘陵山区,表层为土质,生长杂草或零星树木,树木郁闭度<10%,土壤以山地草甸土、褐土以及黄土为主,土层较厚,易于垦殖和开发,但普遍干旱缺水,地上为耐干旱草本植物;全市现有滩涂面积为24 438.68 hm<sup>2</sup>,占未利用土地的4.38%,主要分布在灵丘、天镇、浑源、大同等县(区)的沁河及其支流两岸。

### 1.2 数据来源与处理

研究中未利用土地数据主要来源于大同市2005年土地利用现状图,坡度等地形、地貌指标来源于

大同市 DEM(数据高程模型)数据,有机质、土壤质地等来源于大同市农业资源数据库,有效积温和降雨量等气象数据根据 2008 年大同市气象条件整理,土地沙化、水土流失和盐渍化等数据综合考虑植被类型、土壤母质、作物蒸散量等数据,并结合以乡镇为单位的实际调研获得。适宜性评价时利用 ARCGIS9.2 获取评价指标数据,并形成单因素评价图。其他社会经济数据来源于《大同市统计年鉴》(2008 年)。

### 1.3 研究方法

大同市降雨较少,受季风气候影响多风沙天气,植被稀少,水土流失严重。同时大同市人口密度较高,长期的垦殖积累和煤炭资源的开发,对生态系统造成很大的影响。因此大同市的未利用土地开发为耕地的时序问题,不仅取决于土地适宜性,还要考虑到区域内部的生态环境现状。本文首先对大同市各区县进行生态脆弱性分区,选取的分区指标因子以人类活动对生态系统的胁迫性为主要因素,采用模糊综合评价法将大同市分为微度脆弱区、轻度脆弱区、中度脆弱区和重度脆弱区。在生态脆弱性分区的基础上,按照耕地对土地的要求,选取指标体系,计算评价单元的宜耕未利用土地的开发适宜度系数,并分为适宜、较适宜、一般适宜和不适宜 4 个等级,以此确定未利用土地开发的时空和时序问题。

## 2 大同市生态脆弱性分区

### 2.1 生态脆弱性分区方法

生态脆弱性分区采用模糊综合评判法(Fuzzy),以大同市各区县为评价单元,构造两个有限论域  $U=\{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ ,  $V=\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ , 其中  $U$  是引起生态脆弱的  $m$  个因素组成的论域(因素集),  $V$  是由  $n$  个评价级别所组成的论域(评价集)。分别对每个评价因子的  $m$  个影响因子  $U_i=\{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ik}\}(i=1, 2, \dots, m)$  进行一级综合评判, 则从  $U$  到  $V$  的模糊矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \cdots & r_{kn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

建立从  $U$  到  $V$  的模糊映射后,根据公式  $B=A \cdot R$  对指标系统的权重集  $A$  和评判矩阵  $R$  进行模糊合成运算。采用加权平均模型,根据  $b_i=a_i \cdot r_{ij}$  计算综合判断向量  $B$  中各元素的值,再根据最大隶属度原则判断评价等级。

### 2.2 大同市生态脆弱性分区结果

首先建立评价因素集。生态环境脆弱性影响因素分为地形、地貌、气候、水文等生态环境潜在(内在)脆弱性自然因子和土地利用、社会经济等生态环境胁迫(外在)脆弱性人文因子。在本文中未利用土地的宜耕适宜性评价中指标以自然因子为主,在生态脆弱性分区中主要以社会经济因子为主,基于科学性、相对完备度、前瞻性原则选取适宜指标,建立因素集  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_{11}\}=\{\text{破碎度指数, 人口密度, 化肥施用量, 林木覆盖率, 土地垦殖系数, 人均 GDP, 非农业产值比重, 城市化率, 原煤产量, 土地利用效率, 人均耕地}\}$ , 其中破碎度指数采用区域内斑块密度表述,林木覆盖率包括林地及居民点和交通线的绿化林木面积。采用 AHP 法确定各指标权重。

根据大同市生态环境现状和分区需要,划分为 4 个分区等级,即确定评价集  $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}=\{\text{微度脆弱, 轻度脆弱, 中度脆弱, 重度脆弱}\}$ 。各因子采用直线标准化法进行指标标准化:

$$P_i = \begin{cases} (C_i - C_{\min}) / (C_{\max} - C_{\min}) & \text{(为正作用指标标准化)} \\ (C_{\max} - C_i) / (C_{\max} - C_{\min}) & \text{(为负作用指标标准化)} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $C_i$  为被评价指标数据值,  $C_{\max}$  为某项指标评价样本最大值,  $C_{\min}$  为某项指标评价样本最小值,  $P_i$  为被评价指标得分值。各评价指标分值与权重见表 1。

评价集最高级别取 1,大同市生态脆弱性分为 4 个等级,依据等分原则,以 0.25 为基数依次递减,故  $V=\{1, 0.75, 0.5, 0.25\}$ 。根据评价集  $V$  计算每个区县的一级模糊评判矩阵,计算结果与权重集  $W$  进行合成,得到综合向量  $B$  中各元素值,确定各区县评价等级,结果见表 2。

根据最大隶属度原则,大同市南郊区、阳高县、左云县、天镇县属于生态环境重度脆弱区;浑源县属于中度脆弱区;广灵县属于轻度脆弱区;新荣区、大同县和灵丘县属于微度脆弱区。

## 3 基于生态脆弱性分区的宜耕未利用土地开发适宜性评价

### 3.1 评价指标选取及权重确定

根据大同市的生态环境现状以及农用地分等规程,大同市宜耕未利用土地适宜性评价指标体系从立地因素、土壤因素、水热因素和生态因素 4 个角度选取坡度、坡向、土壤质地、有机质含量、土层厚度、 $\geq 10^\circ\text{C}$  积温、降雨量分布、水分条件、水土流失强度、土地沙化易发生性和盐渍化威胁 11 个评

价因素,采用层次分析法和特尔非法确定指标权重(表 3)。

### 3.2 评价单元与评价模型

#### 3.2.1 评价单元

采用栅格作为评价单元,所有的图件数据由 ARCGIS 转化为 26 m×26 m 的栅格数据,每个评价单元面积 676 m<sup>2</sup>。

#### 3.2.2 评价单元质量等别指数计算

评价单元内质量等别指数的计算是由评价单元内各因素的作用分值根据指标体系中它们的权重值,通过基于栅格单元的空间叠置分析技术,采用加权求和方法分别求取各单元内的总作用分值。计算见下式:

$$s_j = \sum_{i=1}^n e_{ij} \times w_i \quad (3)$$

式中,  $S_j$  为  $j$  单元内的评价总分值,  $w_i$  为第  $i$  个因素的权重值,  $n$  为评价因素个数,  $e_{ij}$  为  $j$  单元的第  $i$  个因素的分值( $i=1, 2, \dots, n$ )。

按照上述模型得到全部评价单元的总分值,便可进行评价区土地利用适宜开发度评价级别的划分。

#### 3.2.3 宜耕未利用土地开发适宜度计算模型

未利用土地中开发为耕地的适宜性程度采用适宜度系数来计算,计算公式为:

$$K_j = \frac{S_j}{S_{j\max}} \quad (4)$$

式中,  $K_j$  为第  $j$  个耕地后备资源单元的开发适宜度系数,  $S_j$  为评价区域内第  $j$  个评价单元的综合作用分值,  $S_{j\max}$  为研究区域内耕地最大等别作用分值。适宜度的大小表示未利用土地的开发适宜程度,适

表 1 大同市各县区生态脆弱性分区评价指标分值与权重

Table 1 Scores and weights of indicators for regionalization of ecological fragility of different districts and counties in Datong City

指标 Indicator	权重 Weight	南郊区 Nanjiao District	新荣区 Xinrong District	大同县 Datong County	灵丘县 Lingqiu County	广灵县 Guangling County	阳高县 Yanggao County	左云县 Zuoyun County	浑源县 Hunyuan County	天镇县 Tianzhen County
破碎度指数 Fragmentation index	0.049	0.71	0.52	0.58	1.00	0.76	0.24	0.84	0.00	0.29
人口密度 Population density	0.047	0.00	0.98	0.94	0.97	0.96	1.00	0.93	0.96	0.97
化肥施用量 Chemical fertilizer application rate	0.119	1.00	0.98	0.61	0.69	0.90	0.00	0.66	0.36	0.41
林木覆盖率 Forest coverage rate	0.129	0.16	0.86	1.00	0.26	0.18	0.38	0.74	0.21	0.00
土地垦殖指数 Land reclamation index	0.182	0.42	0.33	0.39	1.00	0.46	0.00	0.28	0.51	0.33
人均 GDP GDP per capita	0.026	0.34	0.99	0.38	0.37	0.13	0.00	1.00	0.13	0.01
非农业产值比重 Proportion of non-agricultural output	0.024	1.00	0.00	0.22	0.78	0.18	0.00	0.93	0.21	0.16
城市化率 Urbanization rate	0.017	0.00	0.52	0.45	0.90	1.00	0.98	0.13	0.93	0.79
原煤产量 Coal production	0.135	0.02	0.70	0.99	1.00	0.99	1.00	0.00	0.99	1.00
土地利用效率 Land utilization rate	0.145	0.38	0.25	0.00	1.00	0.74	0.41	0.28	0.70	0.71
人均耕地 Cultivated land per capita	0.127	0.00	1.00	0.92	0.64	0.68	0.84	0.88	0.52	0.92

表 2 大同市各县区生态脆弱性分区模糊综合评判结果

Table 2 Fuzzy evaluation results for regionalization of ecological fragility of different districts and counties in Datong City

行政区 Administrative district	微度生态脆弱 Micro ecological fragility	轻度脆弱 Slight ecological fragility	中度脆弱 Moderate ecological fragility	重度脆弱 Severe ecological fragility
南郊区 Nanjiao District	0.143 0	0.041 2	0.216 4	0.599 5
新荣区 Xinrong District	0.361 4	0.199 8	0.146 0	0.292 8
大同县 Datong County	0.380 7	0.125 4	0.229 0	0.265 0
灵丘县 Lingqiu County	0.565 4	0.118 0	0.180 2	0.136 3
广灵县 Guangling County	0.259 4	0.338 2	0.194 2	0.208 1
阳高县 Yanggao County	0.278 9	0.047 1	0.159 9	0.514 1
左云县 Zuoyun County	0.169 4	0.303 6	0.087 2	0.439 8
浑源县 Hunyuan County	0.181 3	0.151 1	0.387 2	0.280 4
天镇县 Tianzhen County	0.282 8	0.188 2	0.207 8	0.321 2

表 3 大同市未利用土地适宜性评价因子分级指标、分值及权重  
Table 3 Classification indexes, classification ratings and weights of selected factors for evaluation of suitability for cultivation of unutilized land in Datong City

评价指标 Evaluation index		等级 1 Grade 1	等级 2 Grade 2	等级 3 Grade 3	等级 4 Grade 4	权重 Weight
立地因素 Site factor	坡度 Slope gradient	<6°	6°~15°	15°~25°	> 25°	0.089
	分值 Score	100	75~100	50~75	0	0.067
	坡向 Slope aspect	平地、南 Flat, south	东南、西南 Southeast, southwest	东、西、东北 East, west, northeast	北、西北 North, Northwest	
土壤因素 Soil factor	土壤质地 Soil texture	壤土 Loamy soil	黏土 Clay soil	沙土 Sandy soil	砾石 Gravel	0.128
	分值 Score	100	80	60	0	0.116
	有机质含量 Organic matter content (g·kg <sup>-1</sup> )	> 20	15~20	10~15	<10	
水热因素 Hydro-thermal factor	土层厚度 Layer thickness (cm)	> 60	40~60	20~40	<20	0.065
	分值 Score	100	80~100	60~80	0	0.050
	有效积温 Effective temperature (°C)	> 3 500	3 000~3 500	2 500~3 000	<2 500	
生态因素 Ecological factor	降雨量 Rainfall (mm)	> 500	450~500	385~450	<385	0.132
	分值 Score	100	80	50	0	0.108
	灌溉条件 Irrigation	好 Good	较好 Relative good	一般 Moderate	无 No	
生态因素 Ecological factor	水土流失发生性 Soil erosion	不易 Week	一般 Moderate	较易 Slight severe	易 Severe	0.125
	分值 Score	100	80	50	0	0.049
	土地沙化易发生性 Desertification	不易 Week	一般 Moderate	较易 Slight severe	易 Severe	
	分值 Score	100	80	50	0	0.071
	盐渍化威胁 Salinization threat	无 No	轻 Light	中 Moderate	重 Severe	
分值 Score	100	80	60	0		

宜度越大，表示开发难度越小，开发后的耕地效益越高，对环境所造成的影响越小，可规划为近期优先开发。

### 3.3 评价结果与分析

开发适宜度系数的计算直接在 ARCGIS 软件上进行，并利用软件生成频率图，根据频率图上的拐点，将大同市未利用土地宜耕开发适宜性分为 4 个级别。其开发适宜度分级情况、各级别面积及占未利用土地面积的比例见表 4。

表 4 大同市未利用土地宜耕开发适宜度分级情况  
Table 4 Rating of arable land exploitation suitability of unutilized land in Datong City

适宜级别 Suitable level	适宜度系数 Suitability coefficient	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	比例 Proportion (%)
非常适宜 Very suitable	0.66 ≤ K < 0.85	89 359.60	16.03
较适宜 More appropriate	0.57 ≤ K < 0.66	197 016.33	35.35
一般适宜 Generally suitable	0.48 ≤ K < 0.57	182 316.66	32.71
不适宜 Inappropriate	0.17 ≤ K < 0.48	88 708.18	15.91

从空间分布上看，宜耕后备土地资源主要分布在东部和南部的浑源、广灵、灵丘、天镇等县，其中非常适宜开发的土地主要分布在灵丘县和浑源县，这些地方的未利用土地中滩涂和荒草地所占比例较大，土层较厚，农业基础条件较好；较适宜开发为耕地的未利用土地主要分布在南部的山地丘陵区，这些地区未利用土地以荒草地为主，多为自然植被，开发利用时要注意水土流失和土地沙化的威胁；一般适宜区全市范围内都有分布，主要是坡度较高的荒草地和易发生水土流失的内陆滩涂；不适宜开发耕地的未利用土地分布在丘陵区的坡度较大或者现在已经发生盐渍化或者沙化的地区(图 1)。

从表 5 可以看出，大同市宜耕可开发后备土地面积 468 692.59 hm<sup>2</sup>，占未利用土地总面积的 84.09%；其中 205 165.81 hm<sup>2</sup> 位于生态微度脆弱区内，占宜耕后备土地资源的 43.77%；52 392.84 hm<sup>2</sup> 位于轻度脆弱区内，占宜耕后备土地资源的 11.18%；中度和重度脆弱区内宜耕后备土地资源面积为 69 427.45 hm<sup>2</sup> 和 141 706.49 hm<sup>2</sup>，分别占宜耕后备土地资源总量的 14.81% 和 30.23%。

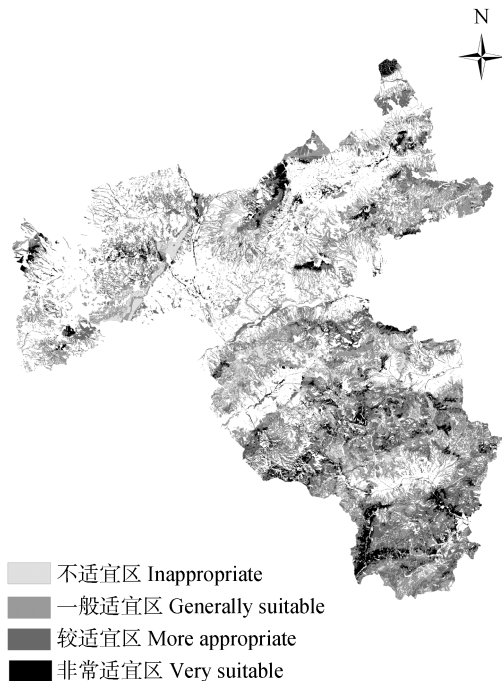


图 1 大同市未利用地开发耕地适宜评价结果  
Fig. 1 Result of evaluation on exploitation suitability for cultivation of unutilized land in Datong City

从适宜性分级评价结果看, 非常适宜开发为耕地的 89 359.60 hm<sup>2</sup> 土地中, 有近 50% 位于微度和轻度脆弱区内, 这部分土地本身开发条件较好, 所处区域生态环境受人为影响较小, 可作为开发首选用地; 位于中度和重度脆弱区内的非常适宜耕作的 45 100.34 hm<sup>2</sup> 未利用土地, 要注意开发活动可能对生态环境的干扰和破坏, 尽量不作为第 1 开发时序用地; 较适宜级别的土地中, 有 46.90% 位于微度脆弱区内, 面积为 92 399.73 hm<sup>2</sup>, 这部分可以作为开发的备选用地。对于一般适宜用地及中度和重度脆弱区内的较适宜开发用地, 由于人类开发活动会加剧对生态环境的影响, 所以不建议进行耕地开发, 但是可以开发为林地等生态服务价值较高的用地类型。

#### 4 结论与讨论

对大同市宜耕未利用土地适宜性评价结果表明, 可开发为耕地的未利用土地后备资源面积 468 692.59 hm<sup>2</sup>, 占未利用土地总面积的 84.09%, 占市域面积的 33.24%。可以说大同市后备土地资源非常丰富, 但是综合各种因素, 非常适宜开发的土地面积仅为 89 359.60 hm<sup>2</sup>, 占未利用土地面积的 16.03%, 其中还有 1/3 分布在生态环境重度脆弱区域内, 所以未利用开发状况不容乐观。

大同市后备土地资源丰富, 但是未利用土地的开发受到经济和技术条件的限制, 难度较大, 并且未利用土地以滩涂、荒草地和盐碱地等为主, 开发极易造成生态环境的破坏, 所以未利用土地的开发一定要在确保生态环境的基础上进行。根据大同市生态环境脆弱性分区结果, 新荣区、大同县和灵丘县属于微度脆弱区, 这些区域内人口密度不大, 煤炭资源分布较少, 采煤对生态系统的破坏压力较小, 人均耕地面积处于大同市上游, 并且多位于大同盆地内, 地势平坦, 土质较好, 可以作为未利用土地开发为耕地的首选区域; 微度脆弱区内的较适宜级别的土地可以作为开发的备选用地; 对于中度和重度脆弱区内的非常适宜耕作的未利用土地, 要注意开发活动对生态环境的干扰和破坏, 在可能情况下, 尽量不作为第 1 开发时序用地。

未利用土地是历史上由于各种限制因素至今尚未加以改造的土地, 在消除或减缓限制因素的过程中, 采取的改造措施首先要考虑对生态环境的影响, 采用生态友好型的土地开发利用活动。同时未利用土地的宜耕开发要有时序性, 首先开发最适宜的地区, 随着社会经济的发展, 土地开发整理技术的提高, 开发为耕地的生态风险将逐渐减少, 因此, 对于现阶段不能确保不破坏生态环境的开发活动留待以后进行。

表 5 大同市不同生态脆弱分区基础上的未利用土地耕地开发适宜性评价结果  
Table 5 Results of evaluation of suitability for cultivation of unutilized land based on regionalization of ecological fragility in Datong City

	行政区 Administrative district	非常适宜 Very suitable	较适宜 More appropriate	一般适宜 Generally suitable	不适宜 Inappropriate
微度脆弱区 Micro ecological fragility	新荣区、大同县、灵丘县 Xinrong District, Datong County, Lingqiu County	35 809.95	92 399.73	76 956.13	30 583.21
轻度脆弱区 Slight ecological fragility	广灵县 Guangling County	8 449.31	21 873.31	22 070.22	9 500.16
中度脆弱区 Moderate ecological fragility	浑源县 Hunyuan County	16 090.52	24 881.71	28 455.22	21 682.72
重度脆弱区 Severe ecological fragility	南郊区、阳高县、左云县、天镇县 Nanjiao District, Yanggao County, Zuoyun County, Tianzhen County	29 009.82	57 861.57	54 835.10	26 942.08
合计 Total		89 359.60	197 016.33	182 316.66	88 708.18

## 参考文献

- [1] 张群生. 贵州省耕地人口及粮食安全研究[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(15): 11-14
- [2] 刘笑彤, 蔡运龙. 基于耕地压力指数的山东省粮食安全状况研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(S1): 334-337
- [3] 陈端吕, 董明辉, 彭保发, 等. 基于GIS的常德市土地开发整理潜力分析与评价[J]. 湖南文理学院学报: 社会科学版, 2004, 29(1): 8-11
- [4] 金晓斌, 李海涛, 周寅康, 等. 基于DEM的丘陵山区土地整理项目辅助决策[J]. 中国土地科学, 2004, 18(1): 39-44
- [5] 刘长胜, 卢伟, 金晓斌, 等. GIS支持下土地整理中未利用地适宜性评价——以广西柳城县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(4): 333-337
- [6] 王筱明, 闫弘文, 卞正富. 基于适宜性的济南市宜耕未利用地开发潜力评估[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 307-312
- [7] 曲晨晓. 河南省土地开发整理潜力分区研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(4): 368-373
- [8] 巫锡良. 土地开发整理中的生态问题——以福州市为例[J]. 闽江学院学报, 2005, 25(2): 74-77
- [9] 董霁红, 卞正富, 喻成林. 江苏省黄河故道区土地开发整理生态安全评价[J]. 中国土地科学, 2005, 19(3): 29-32
- [10] 张正峰, 赵伟. 土地整理的生态环境效应分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 281-285
- [11] Weng Q H. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling[J]. Journal of Environmental Management, 2002, 64(3): 273-284
- [12] 王晓东, 袁仁茂, 王焯. 西部开发中水土流失问题的生态角度透视[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 103-106
- [13] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1258-1264
- [14] 赵艺学. 基于水土流失态势的山西省生态脆弱性分区研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 71-74
- [15] 束龙仓, 柯婷婷, 刘丽红, 等. 基于综合法的岩溶山区生态系统脆弱性评价——以贵州省普定县为例[J]. 中国岩溶, 2010, 29(2): 141-144