

DOI: 10.5846/stxb201802090354

刘枝军,王宏卫,杨胜天,王媛媛,王盼,李根生.极端干旱区绿洲生态用地规划.生态学报,2018,38(22): - .

Liu Z J, Wang H W, Yang S T, Wang Y Y, Wang P, Li G S. Ecological land use planning of an oasis in an extremely arid area. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

极端干旱区绿洲生态用地规划

刘枝军^{1,2}, 王宏卫^{1,2}, 杨胜天^{1,2,3}, 王媛媛^{1,2}, 王 盼^{1,2}, 李根生^{1,2}

1 新疆大学资源与环境科学学院 乌鲁木齐 830046

2 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

3 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875

摘要:从保障极端干旱区生态安全、生物多样性以及土地资源的合理配置的目的出发,采用最小累积阻力模型,分析于田县生态源地空间扩张的最小阻力分布,在此基础上对生态用地保护的重要性进行分级,进而设置生态用地规划情景,同时对影响于田县生态用地空间分布的驱动因素进行了探讨。结果表明:(1)于田县生态用地分为生态核心区、生态控制区、生态过渡区、生态保护区 4 种类型,其面积分别为 9622.20、1078.45、10846.70、8322.65 km²,其中生态核心区和生态控制区主要分布在研究区南部昆仑山谷地和克里雅河及相关支流流域等沿岸;生态过渡区和生态保护区主要分布在东部和北部广大的荒漠戈壁区域。(2)于田县生态用地规划受到自然和社会经济因素多方面的制约,具体表现在受绿洲经济的发展、环境绿化建设、城镇化以及人口和收入等主要因子的影响。于田县生态用地规划以期极端干旱区绿洲生态用地合理开发和保护提供了重要科学依据。

关键词:生态用地;最小累积阻力模型;影响因素;极端干旱区;于田县

Ecological land use planning of an oasis in an extremely arid area

LIU Zhijun^{1,2}, WANG Hongwei^{1,2,*}, YANG Shengtian^{1,2,3}, WANG Yuanyuan^{1,2}, WANG Pan^{1,2}, LI Gensheng^{1,2}

1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Key laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

3 College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: With the objective of safeguarding ecological security, and biodiversity, as well as the rational allocation of land resources in extremely arid areas, a minimum cumulative resistance model was used to analyze the minimum resistance distribution during the spatial expansion of ecological sources, by classifying the importance of the protection of ecological land and establishing an ecological land planning scenario. Additionally, the driving factors affecting the spatial distribution of ecological land in Yutian county were discussed. The results show the following: (1) the ecological land in Yutian county is divided into four types, i.e., the ecological core area, ecological control area, ecological transition area, and ecological protection area. with areas of 9622.20 km², 1078.45 km², 10846.70 km² and 8322.65 km², respectively. Among these areas, the ecological core and ecological control areas were mainly distributed in the South Kunlun Valley and the Keriya river and related tributaries forming part of the study area. The ecological transition and ecological protection areas were mainly distributed in the vast desert and Gobi regions in the east and north; (2) Yutian county ecological land planning is restricted by natural and socioeconomic factors, and is affected by the development of an oasis economy, verdurization, urbanization, population expansion, people's income and so on. Ecological land planning in Yutian county is expected to provide an important scientific basis for the rational development and protection of ecological lands in extremely arid areas.

基金项目:国家自然科学基金(U1603241);新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2016D01C053)

收稿日期:2018-02-09; **网络出版日期:**2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wanghw_777@163.com

Key Words: ecological land; minimum cumulative resistance model; influencing factors; extremely arid area; Yutian county

近年来,随着社会经济的快速发展以及城镇化的加速,由于土地资源的不合理开发,导致了一系列环境问题,严重威胁着人类社会的健康发展,为此保障区域生态用地的合理规划和利用已成为社会重大需求^[1-2]。生态用地指的是区域或城镇土地中以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型,即能够直接或间接改良区域生态环境、改善区域人地关系(如维护生物多样性、保护和改善环境质量、减缓干旱和洪涝灾害和调节气候等多种生态功能)的用地类型^[3]。生态用地具有涵养水源、调节小气候、净化空气、保护野生生物、提供游憩场所等生态功能,是一个区域生态环境质量好坏的晴雨表^[4]。2000年,国家发布的《全国生态环境保护纲要(国发[2000]38号)》中提到了“生态用地”这一词语,凸显出国家对生态环境保护的重大关切^[5]。与此同时,随着人们生活水平的逐步提高,人们对生活质量的要求也越来越高,在这种背景下,合理规划生态用地,保护必需的生态用地,使其发挥良好的生态环境调节功能,是保障区域生态安全、提高居民生活质量的重要保障。

目前,国内外在对生态用地规划方面进行了多种的研究,王海鹰等通过对蚁群算法进行改进,构建了广州市生态用地规划模型,对城市生态用地的空间布局进行配置,提高了城市生态用地生态效益和空间集约性^[6],张骞等采用 RS、GIS 技术以及生态系统服务价值评估等方法,对重庆市主城九区 1988、1996、2004、2013 年 4 个时段遥感影像进行解译及比较分析,结果表明在重庆市主城九区生态用地空间格局与生态系统服务变化之间存在密切相关性^[7];朱敏等利用 GIS 技术选取高度、坡度、水资源安全作为生态安全影响因子,并分级赋值,构建海口市综合生态用地分布格局^[8]。俞孔坚等运用景观安全格局理论和 GIS 技术,构建最低安全标准下的生态景观格局,以此作为城市扩张的生态底线,模拟北京的未来城镇空间扩张格局^[9]。利用最小累积阻力模型研究生态用地的方法可以在关注土地斑块本身生态功能大小的基础上,更加关注斑块之间的生态联系,强调通过提高景观连通性等格局优化策略促进生态功能的高效发挥。

极端干旱区绿洲是生态环境极其脆弱、水资源极度稀缺的人类生产生活的集中区,也是研究绿洲形成发展以及深入理解干旱区人地关系的指示区^[10-11]。近年来,多数学者对该区内的生态安全、盐渍化、人地关系、土地利用变化等进行了大量卓有成效的研究^[12-15]。但鲜有研究者单独对该区生态用地的空间分布进行一个系统科学的分析,且并未考虑综合驱动因素的影响。本文以于田县为研究靶区,通过最小累积阻力模型模拟生态用地空间分布状况,进而对于田县生态用地进行合理的分区规划,在此基础上对影响于田生态用地空间分布的驱动因素进行剖析,以期为极端干旱区生态安全建设提供参考,同时可应用于绿洲的城市规划,从而使极端干旱区绿洲的生态效益最大化。

1 数据和研究方法

1.1 研究区概况及数据来源

于田县位于新疆南部,介于 $81^{\circ}09' - 82^{\circ}51'E$, $35^{\circ}14' - 39^{\circ}29'N$ 之间,属于昆仑山的北麓,塔里木盆地的南缘绿洲区,面积 39500 km^2 ,下辖 15 个乡(镇),全县年平均气温 11.6°C 、年降水量 47 mm 、年蒸发量 2432 mm ,降水稀少,蒸发量大,属极端干旱区(图 1),虽然近年来由于农业产业结构的调整,退耕还林还草等措施的实施,对缓解生态环境压力起到比较好的效果,但盲目开垦,不合理的土地开发依然存在,生态环境较为脆弱,问题比较突出^[13-15]。

本研究中土地利用类型分布数据的获取以卫星影

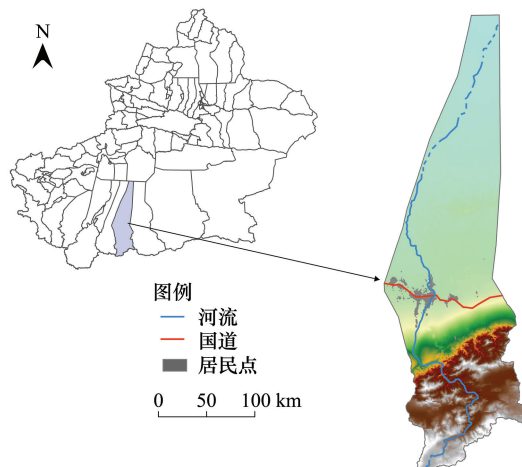


图 1 研究区位置

Fig.1 Location of the study area

像为信息源,2007 版《土地利用现状分类》(国家标准),结合于田县土地利用景观类型结构特点,将土地利用类型划分为:水浇地、旱地、园地、林地、草地、建设用地、交通运输用地、水域和未利用地等 9 种类型,最终建立研究区土地利用属性数据库。DEM 数据来自国家科学数据服务平台 (<http://www.cnisc.cn/zcfw/sjfw/gjksjxx/>),分辨率为 30 m×30 m。夜间灯光数据为美国国家地球物理数据中心 DMSPF18 卫星获取的 2013 年 DMSP_OLS 灯光数据,空间分辨率为 1 km×1 km。

1.2 研究方法

1.2.1 最小累积阻力模型

最小累积阻力模型指物种在从源到目的地运动过程中所需耗费代价的模型,它最早由 knaapen 于 1992 年提出,之后该模型被应用到多种自然生态或人文过程的研究^[16]。最小累积阻力模型(MCR)在众多研究应用中,充分展示了其在分析各种物质能量过程在水平空间扩张方面的良好适应性和可扩张性,其计算公式如下:

$$MCR = f_{min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

式中,MCR 是指最小累积阻力值, f 是反映景观单元中某一栅格的最小累积阻力与生态过程的正相关关系, D_{ij} 指景观生态用地单元从源 i 到 j 的空间距离; R_i 表示某一栅格单元 i 对生态用地空间扩张的阻力系数, Σ 表示从栅格 i 与源 j 之间穿越所有单元的距离和阻力的累积。最小累积阻力模型可通过 ArcGIS 的 Cost-distance 模块实现。

1.3 于田县生态用地规划情景模拟

1.3.1 源地的确定

“源”是事物或事物向外扩散的初始点和源头,具有内部同一性和向外围扩张和吸引的能力,是指在地理环境变化的格局与过程中,能促进生态过程变迁的景观类型。本研究以保护极端干旱区绿洲生态用地为目的,在参考相关研究成果的基础上,结合研究区实际情况,筛选出面积较大的空间上具有连续性的核心林地和水域作为于田县生态用地的保护源地。

1.3.2 阻力面的建立

土地覆被类型、坡度和人为干扰是生态保护源地向外扩张过程中的主要阻力因子^[17-18],由于研究区位于极端干旱区,降水稀少,且面积较小,降水在空间上分异不明显,故剔除该因子。本研究以于田县重要生态用地为“源”,分析生态用地从“源”向外扩张过程中所遇到的累积阻力,根据生态用地性质,对于田县土地覆被类型的扩张阻力等级进行排序,并设定阻力系数;根据人为干扰指数加权设定生态阻力系数;根据坡度大小,设定不同的级别,分别设置阻力系数。根据 3 个阻力因子的阻力系数,分别生成阻力因子的栅格数据,并对生成的面状阻力栅格数据进行加权求和运算,得到于田县生态用地扩张的环境空间阻力面数据。

1.3.3 生态用地分区与规划

生态用地是以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型,是用以维护和改良区域生态环境,改善人地关系的用地类型^[3]。在极端干旱区绿洲生态用地包括耕地、林地、园地、草地、荒漠、水域、冰川与永久性积雪以及未利用地等土地覆被类型。本文通过确定生成阻力面中阻力等值线的拐点设定于田县生态用地类型分区需要确定费用距离阈值,从而自动进行类型划分。由于最小累积费用距离模型反映的是生物对周围环境一种选择性的移动过程,在空间上最小费用距离在不同区间的差异能够反映生境状态的稳定性或突变性。因此本文通过统计学概念,对最小累积费用距离进行标准方差分类,从而确定于田县生态用地类型中的生态用地核心区、生态用地控制区、生态用地过渡区、生态用地保护区,为极端干旱区绿洲土地合理开发和建设提供参考。

2 结果与分析

2.1 于田县生态源地空间分布

于田县深居西北内陆,生态环境极其脆弱,为明确于田县重要生态用地的空间分布,在本项研究中依据土

地利用现状分类(GB2007)国家标准对于田县区域土地覆被进行分类,综合考虑生态用地在绿洲生态系统中对水资源,生物多样性保护,以及对减轻自然灾害等的重要作用,在空间上去除面积较小的斑块,筛选出面积较大的在空间上具有连续性的核心林地和水域作为生态保护源地。于田县生态源地面积达 908.50 km²,占县域土地总面积的 2.3%,主要分布在于田县南部山区,克里雅河沿岸,以及流域平原中零星分布。

2.2 阻力面的建立

在生态用地扩张过程中,不同的土地覆被类型会产生不同的阻力,根据生态用地性质,将于田县土地覆被类型生态阻力等级进行如下排序:林地<水域和未利用地<牧草地<耕地和园地<交通运输及建设用地。同时,坡度也会对于田县生态用地的扩张产生阻力,随着坡度的增加,生态用地的扩张阻力越大。而物种水平空间运动的生态过程以及生态功能的流动与传递同时受到人为干扰程度的影响,本文选取夜间灯光指数作为生态用地受人为干扰的影响因子^[17]。于田县生态用地中各阻力因子相对阻力系数分别拟定在 0—100 之间(表 1)。另外需要指出的是,构建于田县生态用地的阻力系数设定主要是通过专家意见和有关资料得出,反映的是相对的阻力概念,不是绝对的,且由于阻力面计算结果所反映的是相对趋势,所以,相对意义上的阻力系数仍然具有意义。

表 1 于田县生态用地扩张阻力系数及其权重

Table 1 Resistance coefficient and weights of ecological land expansion in yutian County

阻力因子 Resistance factor	权重 Weight	阻力等级 Resistance level	相对阻力系数 Resistance value
坡度 Slope	0.2	0—5	1
		5—15	10
		15—25	30
		25—35	80
		>35	100
夜间灯光指数 Night light index	0.3	0—15	10
		15—25	20
		25—35	50
		35—45	80
		45—55	100
土地覆盖类型 Land cover types	0.5	林地	1
		水域、未利用地	10
		牧草地	30
		耕地、园地	50
		交通运输及建设用地	100

基于各阻力因子的阻力系数,通过 ArcGIS 10.2 软件空间分析模块中栅格计算工具,进行不同因子阻力值的叠加分析,得到于田县生态用地源地扩张的环境阻力值(图 2)。依据阻力面,利用 ArcGIS 10.2 软件空间分析中 Cost-distance 模型,得到源地扩展的最小累积阻力分布图。从图 3 中可以看出,距离源地越近,累积阻力值越低;反之则越高。

3 于田县生态用地类型分区及规划

为确定于田县生态用地最佳的规划场景,同时参考相关学者^[17-19]的研究,按照生态用地保护的最小累积阻力值大小,选择关于不同累积阻力数对应栅格数的突变情况作为阻力阈值的确定依据,对生态用地保护的重要性进行分级,以便于对于田县生态用地的空间分区管制,进而对不同重要性的分区结果实施不同的保护策略。按照最小累积阻力的标准方差,初步将生态用地保护的阻力值划分为 9 类,分别命名为 C1—C9,每类间隔二分之一方差。统计每种类别栅格数量与像元值(最小累积阻力值)的对应关系,结果如表 2 所示。

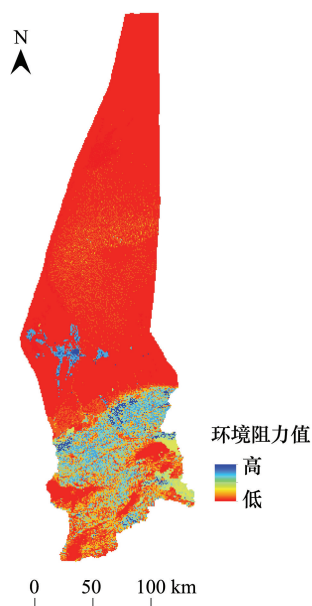


图2 于田县源地扩张的生态环境阻力分布

Fig.2 Distribution of the ecological environment resistance of source area expand in yutian county

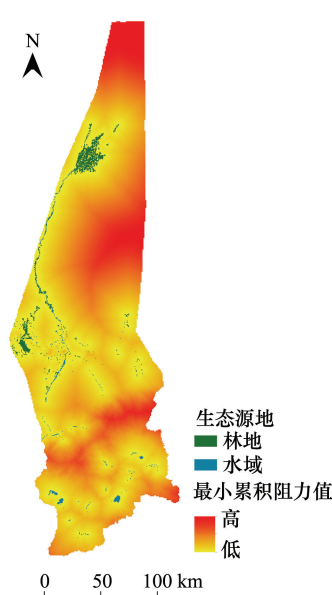


图3 于田县源地扩展最小阻力分布

Fig.3 Distribution of minimal cumulative resistance of Source area expand in yutian county

总体而言,于田地区南部靠近以次生林、灌木林以及高山湖泊、坑塘等源地的地区,空间扩张累积阻力值相对较小;于田地区中部和南部,包括以耕地、牧草地为主的区域范围内累积阻力相对较高;而在东北部和北部地区荒漠戈壁广布,生态环境脆弱,累积阻力值较大,不适宜生态用地的扩张。于田县累积阻力的空间分布与流域分布有较为密切的关系。

表2 于田县生态用地保护最小累积阻力标准差(1/2 方差间隔)表

Table 2 The standard deviation of minimum accumulation resistance (1/2 variance interval) of ecological land protection in yutian county			
类别 Class	像元数量 Pixel number	像元值区间 Value-taking Range of pixel	比重/% proportion
C1	12643	0—56317	24.36
C2	14070	56318—133539	27.11
C3	8287	133540—210761	15.97
C4	5962	210762—287983	11.49
C5	4150	287984—365205	8.00
C6	2909	365206—442427	5.61
C7	1941	442428—19649	3.74
C8	1009	519650—596871	1.94
C9	926	596872—815264	1.78

由表2中可以看出,其中C1类和C2类栅格数量都出现了较大幅度的变化,栅格数值差分别占到整个于田地区栅格总数的2.75%;从C3类到C5类再次经历一次相对较大的突变,其栅格数值差占到整个区域7.97,此外C6到C9类栅格数量趋于稳定,基本上均维持在10%以下水平。因此按照上述阈值确定方法,选择最小累积阻力值为56317、133539、287983作为于田县生态用地分区的临界阈值,将于田地区生态用地划分为4类,分别为生态核心区、生态控制区、生态过渡区、生态保护区,具体如表3所示。

从面积总量上来看,于田地区生态核心区占全县总面积的24.36%,约9622.20 km²,该区域需要树立生态底线的思维,严禁任何形式的开发建设及开垦放牧活动。生态控制区占全区总面积的27.11%,约

1078.45 km²,不建议在此区域进行农业开垦活动,需要严格控制该区域内的城镇化建设和工矿开发活动。生态过渡区占全区土地总面积的 27.46%,约 10846.70 km²,该区是生态用地和农牧业生产后备用地、建设用地的过渡区域,宜在合理限度内开发利用该区域。生态保护区占全区土地总面积的 21.07%,约为 8322.65 km²,是需要重点考虑防治沙漠化以及植被恢复改造的区域。总体而言,生态过渡区、生态保护区约占区域总面积的 48.53%,是推进社会主义生态文明建设的重要后备国土开发区域。

表 3 生态用地分区区间
Table 3 Threshold Range for Ecological Zoning

生态用地分区 Ecological land zoning	像素区间 Value-taking Range of pixel	比重/% proportion
生态核心区 The ecological core area	0—56317	24.36
生态控制区 The ecological control area	56318—133539	27.11
生态过渡区 The ecological transition area	133540—287983	27.46
生态保护区 The ecological protection area	287984—815264	21.07

从空间分布上看(图 4),于田县生态核心区主要分布在研究区南部昆仑山谷地和克里雅河及相关支流水域等沿岸,包括河湖、坑塘、乔木林和荒漠灌木林等区域。对比于田土地利用总体规划(2010–2020),生态核心区与规划划定的防护林带,退耕还林还草区域以及湿地保护区域等基本吻合。生态控制区,主要环绕生态核心区分布,与生态核心区的空间邻接关系较为密切。生态保护区主要分布在昆仑山山麓,东北部以及北部区域,具体分布在阿羌乡,奥依托格拉克乡,达里雅博依乡的北部、南部和东部,包括未利用地,部分草地,旱地,荒漠等土地类型。生态过渡区,处于生态控制区与生态保护区之间,属于于田县农牧业发展以及生产建设性开发的过渡区域。总体而言,对比于田县土地利用总体规划(2010–2020)的用途分区,生态控制区与规划的乡镇村建设用地区、工矿开发区以及基本农田保护区契合度较高,表明分区结果较为可靠。

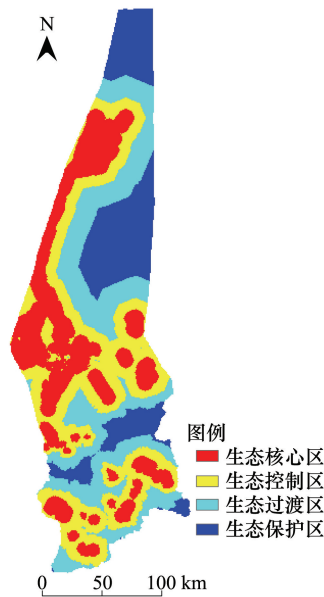


图 4 于田县生态用地规划
Fig.4 Planning scenarios of ecological land of yutian county

4 于田县生态用地空间分布的驱动因素

于田县生态用地的空间分布受到多方面的制约,包括自然、经济、人口、社会等各方面的因素,为较为客观的寻求极端干旱区生态用地空间分布的影响因子,本研究就县域尺度对于田县生态用地空间分布的驱动力进行分析。基于科学性、可靠性、数据的可搜集性等原则,参考前人的研究成果,对 19 个行政单元进行因子分析,从中归纳提取影响生态用地空间分布的主因子,进而探讨于田县生态用地空间分布的驱动因素。

4.1 样本指标的选取

由于影响极端干旱区生态用地空间分布的因素具有多样性和复杂性的特征,为较为客观的寻求生态用地空间分布的影响因子,参考前人的研究成果^[20–22]和对当地实际情况的掌握的基础上,遵循科学性、客观性、关联性和导向性等原则,选取 16 项指标进行测算(表 4):X₁农牧民人均纯收入(元)、X₂耕地面积(km²)、X₃农业总产值(万元)、X₄粮食总产量(t)、X₅粮食单产(kg)、X₆总户数(户)、X₇总人口(人)、X₈城镇化率(%)、X₉人口密度(人/km²)、X₁₀植被覆盖率(%)、X₁₁居民点用地(hm²)、X₁₂交通建设用地(hm²)、X₁₃水利用地(hm²),

X_{14} 降水(mm), X_{15} 坡度($^{\circ}$), X_{16} 牲畜数(头)。通过 PASW 软件对于田县 19 个行政单元进行因子分析,剔除共线性指标,从中归纳提取影响于田县生态用地空间分布的主因子,进而探讨于田县生态用地空间分布的驱动因素。数据来源于 2015 年《于田县统计年鉴》

表 4 于田县生态用地影响因素指标数据
Table 4 The index data of land-use ecology of yutian county

指标 Index	农牧民人均 纯收入/元 Peasant per capita net income	耕地面积/ km^2 Cultivated area	农业总产 值/万元 Total output value of agriculture	粮食总产量/t Total grain output	粮食单产/kg Per unit area grain yield	总户数/户 Total number of doors
于田县	5282	333.87	182490.26	157387.55	443.16	80252
木尕拉镇	4658	20.33	10534.50	15116.20	455.31	8340
先拜巴扎镇	5325	24.00	10869.00	13944.10	453.47	6709
加依乡	5194	15.19	9771.20	11286.80	464.48	5280
科克亚乡	5474	23.44	10984.60	14103.80	465.47	5823
阿热勒乡	5444	22.18	11198.30	10187.20	450.76	5120
阿日希乡	5406	14.67	8888.20	4870.80	446.86	2197
兰干乡	5769	15.31	10758.90	12092.60	422.82	5647
斯也克乡	4619	30.40	16676.60	14496.20	450.19	6544
托格日尕孜乡	5407	19.42	8196.10	11025.80	455.61	4406
喀尔克乡	5692	26.05	16016.10	13649.20	459.57	5000
奥依托格拉克乡	5915	30.73	19640.90	11761.90	452.38	6183
阿羌乡	5689	20.06	17127.00	4197.20	381.56	2963
英巴格乡	4704	26.09	7978.70	9166.00	396.80	2708
希吾勒乡	5029	8.50	3952.80	3093.00	448.26	1481
拉依苏良种场	5269	4.77	4391.70	2353.90	444.13	907
达里亚博依乡	4290	0.00	2306.10			375
羊场	5264	3.56	2635.50	638.00	425.33	803
兰干农场	5666	6.22	5050.66	1849.50	430.12	793

指标 Index	总人口/人 Total population	城镇化率/% Rate of urbanization	人口密度/ (人/ km^2) Population density	居民点用 地/ hm^2 Residential land	植被覆 盖率/% Percentage of vegetation	交通用地/ hm^2 Traffic land	水利用地/ hm^2 Water conservancy land
于田县	277406	0.16	7.11	74.41	0.05	488.61	108.85
木尕拉镇	29664	0.14	662.04	7.58	0.02	35.28	0.00
先拜巴扎镇	22027	0.11	308.38	6.21	0.04	32.90	0.00
加依乡	19624	0.10	918.06	4.21	0.04	19.53	0.00
科克亚乡	21920	0.09	425.67	5.63	0.06	30.75	0.00
阿热勒乡	19459	0.09	40.12	5.39	0.01	15.86	0.20
阿日希乡	8335	0.08	52.40	2.71	0.03	26.09	0.00
兰干乡	21561	0.07	17.73	7.67	0.01	3.46	0.12
斯也克乡	24428	0.07	44.49	5.96	0.02	16.86	0.00
托格日尕孜乡	15006	0.09	124.49	6.19	0.02	52.68	1.08
喀尔克乡	16326	0.11	20.98	5.17	0.16	43.53	40.79
奥依托格拉克乡	21135	0.09	2.54	6.88	0.00	129.24	0.00
阿羌乡	9521	0.11	0.72	0.88	0.10	0.00	0.00
英巴格乡	10189	0.07	3.04	3.60	0.01	12.50	0.06
希吾勒乡	4801	0.10	9.71	2.35	0.06	7.42	1.97
拉依苏良种场	2861	0.14	85.01	1.18	0.19	9.63	51.68
达里亚博依乡	1451	0.08	0.15	0.00	0.04	0.00	0.00
羊场	2512	0.43	86.22	0.63	0.15	22.29	0.00
兰干农场	2821	0.05	21.50	0.81	0.08	4.99	0.00

4.2 计算过程及结果

1) 计算过程。对所选样本数据进行 KMO 检验和 Bartlett 球形检验, 检验表明 KMO 的系数为 0.699, 适合因子分析。Bartlett's Test 显著性程度 $Sig. = 0.000 < 0.05$, 说明该项因子检验具有较高的可信度, 适于作因子分析。在此基础上利用 PASW 软件进行因子分析, 通过采用方差最大法对因子载荷矩阵进行旋转, 从而得到旋转后的各公因子的特征值、贡献率及累积贡献率(表 5)

根据特征根大于 1 的原则, 样本选入 4 个公因子, 其累积方差贡献率达 91.626%, 提取 4 个公因子代替原始样本指标(表 6)。

表 5 因子分析的总方差解释

Table 5 Total variance explaining the factor analysis

公因子 Common factor	初始特征值 Initial eigenvalues			旋转平方和加载 Rotating square sum load		
	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	7.696	59.201	59.201	7.696	59.201	59.201
2	1.781	13.698	72.899	1.781	13.698	72.899
3	1.401	10.744	83.673	1.401	10.774	83.673
4	1.034	7.953	91.626	1.034	7.953	91.626

表 6 因子正交旋转后的负载矩阵

Table 6 Rotated component matrix

指标 Index	公因子 1 The first common factor	公因子 2 The second common factor	公因子 3 The third common factor	公因子 4 The fourth common factor
农牧民人均纯收入 Peasant per capita net income/元	-0.013	0.401	-0.381	0.733
耕地面积 Cultivated area/km ²	0.996	-0.02	-0.042	-0.048
农业总产值 Total output value of agriculture/万元	0.996	0.008	-0.046	-0.024
粮食总产量 Total grain output/t	0.996	-0.065	-0.007	-0.027
粮食单产 Per unit area grain yield/kg	0.077	-0.55	0.444	0.590
总户数 Total number of doors/户	0.996	-0.057	-0.002	-0.033
总人口 Total population/人	0.995	-0.065	-0.003	-0.036
城镇化率 Rate of urbanization/%	0.098	0.526	0.634	-0.254
人口密度 Population density/(人/km ²)	-0.135	-0.628	0.594	0.067
居民点用地 Residential land/hm ²	0.995	-0.065	-0.022	-0.022
植被覆盖率 Percentage of vegetation/%	-0.050	0.749	0.521	0.209
交用地 Traffic land/hm ²	0.980	-0.016	-0.017	0.058
水利用地 Water conservancy land/hm ²	0.867	0.261	0.166	0.163

2) 研究结果。第 1 个公因子主要由 $X_2, X_3, X_4, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}$ 来决定, 这类指标主要反映了经济和社会类总指标。随着绿洲第一产业的发展及农村人口数量的增加, 带来的是对住房、交通和水利等建设的巨大需求, 同时经济发展的过程中也对生态环境造成极大的压力。绿洲尤其以庭院经济为代表的农村经济的发展和人口数量的变化对绿洲的生态环境产生极大的影响。该类指标可归结为绿洲农村经济尤其是农业的发展对农村居民生活的带动, 影响了绿洲生态用地空间的分布。该公因子贡献度达 59.201%, 表明农村自身经济的发展更新对于绿洲生态用地空间分布影响较大。第 2 个公因子主要由指标 X_9, X_{10} 来决定, 这类指标主要反映了区域人口以及植被覆盖等对土地利用的影响, 该公因子的贡献度达 13.698%, 表明于田县的环境绿化对土地利用以及生态用地的空间分布影响较大。第 3 个公因子主要由指标 X_8 来决定, 这类指标主要反映了区域城镇化进程对绿洲土地利用所带来的影响, 总体可归纳为第二、三产业的发展和城镇化的带动。该公因

子贡献度达 10.744%,表明于田县城镇化的发展对于田县土地利用和生态用地影响较大。第 4 个公因子主要由指标 X_1 来决定,主要反应农牧民收入情况对绿洲生态用地空间分布的影响,该公因子的贡献度达 7.953%,几乎与第 3 公因子贡献度持平。表明极端干旱区绿洲农牧民的经济收入水平对生态用地空间分布变化有很大的推力。

5 结论与讨论

5.1 结论

(1)本研究根据极端干旱区于田县的实际情况,选取了林地和水域作为于田县生态源地,从开发成本和经济效率等角度出发,主要考虑景观、坡度和人为干扰 3 个因素,选取土地覆盖类型、地形坡度和灯光指数为阻力因子,运用最小累计阻力模型构建于田景观生态用地空间分布图,并在此基础上探讨了于田县生态用地空间分布的影响因素,为极端干旱区生态用地规划策略提供重要参考。

(2)按照于田县生态用地保护的最小累计阻力值大小,选择关于不同累计阻力数对应栅格数的突变情况作为阻力阈值的确定依据,对生态用地保护的重要性进行分级,分为生态核心区、生态控制区、生态过渡区、生态保护区 4 种类型,其面积分别为 9622.20、1078.45、10846.70、8322.65 km²;生态核心区主要分布在研究区南部昆仑山谷地和克里雅河及其支流沿岸地带,生态控制区主要环绕生态核心区分布,生态过渡区处于生态控制区和生态保护区之间,牧区和荒漠分布较多,生态保护区主要分布在昆仑山山麓,东北部以及北部区域,包括未利用地、旱地、荒漠等土地类型。

(3)在分析生态用地空间分布的基础上,运用因子分析法对于田县生态用地空间分布进行驱动力分析,结果表明于田县生态用地规划受到多方面的制约,包括自然、经济、人口、社会等各方面因素,具体表现在绿洲经济的发展、环境绿化建设、城镇化以及人口和收入等主要因子的影响。

5.2 讨论

(1)本研究对极端干旱区绿洲生态用地规划的研究中,主要考虑了土地的自然属性,对极端干旱区社会经济属性如产业结构、经济效益、人口承载力等有待进一步挖掘;在对影响用地空间分布影响因素的探讨中,对指标因子选取需要进一步系统化完善,以使对影响因子的分析更加准确。

(2)此外,目前有关模型阻力系数的确定没有一个广泛可接受的方法,在已有的相关成果中^[16-17],模型阻力系数的确定很多都采用专家经验打分法,本研究中生态用地空间扩张阻力系数及其权重的确定也是参考已有的研究成果基础上采用专家打分的方式得到。但这种赋值方式较为主观,直接影响了评价结果的客观性,因此,在今后的研究过程中还需考虑引入一些数学方法改进阻力赋值方式。

参考文献(References):

- [1] 彭建,赵会娟,刘焱序,吴健生.区域生态安全格局构建研究进展与展望.地理研究,2017,36(3):407-419.
- [2] 谭永忠,赵越,曹宇,何巨.中国区域生态用地分类的研究进展.中国土地科学,2016,30(9):28-36.
- [3] 邓红兵,陈春娣,刘昕,吴钢.区域生态用地的概念及分类.生态学报,2009,29(3):1519-1524.
- [4] 欧阳志云,李小马,徐卫华,李煜珊,郑华,王效科.北京市生态用地规划与管理对策.生态学报,2015,35(11):3778-3787.
- [5] 俞孔坚,乔青,李迪华,袁弘,王思思.基于景观安全格局分析的生态用地研究——以北京市东三乡为例.应用生态学报,2009,20(8):1932-1939.
- [6] 王海鹰,秦奋,张新长,张传才,李培君.基于蚁群优化算法的城市生态用地空间规划模型.地理科学,2017,37(3):426-436.
- [7] 张骞,高明,杨乐,陈成龙,孙宇,王金柱.1988—2013年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化.生态学报,2017,37(2):566-575.
- [8] 朱敏,谢跟踪,邱彭华.海口市生态用地变化与安全格局构建.生态学报,2018,38(9):1-10.
- [9] 俞孔坚,王思思,李迪华,乔青.北京城市扩张的生态底线——基本生态系统服务及其安全格局.城市规划,2010,34(2):19-24.
- [10] 贾宝全,慈龙骏,韩德林,杨洁泉.干旱区绿洲研究回顾与问题分析.地球科学进展,2000,15(4):381-388.
- [11] 罗格平,周成虎,陈曦.干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程.地理学报,2003,58(1):63-72.

- [12] 王宏卫, 段魏魏, 塔西甫拉提·特依拜. 新疆干旱区于田绿洲生态安全评价及影响因子研究. 水土保持研究, 2015, 22(3): 247-252, 258-258.
- [13] 姜红涛, 塔西甫拉提·特依拜, 买买提·沙吾提, 张飞. 于田绿洲土壤盐渍化动态变化研究. 土壤通报, 2014, 45(1): 123-129.
- [14] 满苏尔·沙比提, 玉苏甫·买买提, 娜斯曼·那斯尔丁. 1991—2011 年新疆于田绿洲土地利用/覆被时空变化特征分析. 冰川冻土, 2014, 36(3): 582-589.
- [15] 胡佳楠, 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 周梅, 孙倩, 买买提·沙吾提. 新疆于田绿洲地表温度对土地利用/覆被的响应监测. 冰川冻土, 2015, 37(3): 658-667.
- [16] 李晶, 蒙吉军, 毛熙彦. 基于最小累积阻力模型的农牧交错带土地利用生态安全格局构建——以鄂尔多斯市准格尔旗为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2013, 49(4): 707-715.
- [17] 蒙吉军, 王雅, 王晓东, 周朕, 孙宁. 基于最小累积阻力模型的贵阳市景观生态安全格局构建. 长江流域资源与环境, 2016, 25(7): 1052-1061.
- [18] 王旭熙, 彭立, 苏春江, 徐定德, 陈田田. 基于景观生态安全格局的低丘缓坡土地资源开发利用——以四川省泸县为例. 生态学报, 2016, 36(12): 3646-3654.
- [19] 吕剑成, 周磊, 洪武扬, 李满春, 黄秋昊. 城市土地生态适宜性分区划分研究——以常州市武进区为例. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9): 1560-1567.
- [20] 鲍艳, 胡振琪, 柏玉, 郭瑞珊. 主成分聚类分析在土地利用生态安全评价中的应用. 农业工程学报, 2006, 22(8): 87-90.
- [21] 谢花林. 基于 Logistic 回归模型的区域生态用地演变影响因素分析——以京津冀地区为例. 资源科学, 2011, 33(11): 2063-2070.
- [22] 石忆邵, 王安迪. 多伦多市生态用地变化及影响因素分析. 上海国土资源, 2017, 38(1): 65-69.