

# 基于 GIS 技术的黔中地区人居环境自然适宜性评价<sup>\*1</sup>

李威<sup>1</sup> 赵卫权<sup>1\*</sup> 苏维词<sup>1, 2</sup>

(1. 贵州省山地资源研究所, 贵州贵阳 550001;

2. 重庆师范大学地理与旅游学院, GIS 应用研究重庆市高校重点实验室, 重庆 400047)

**【摘要】**:以黔中地区作为研究区,采用 GIS 与 RS 技术,选取地形、土地、植被、气候、水文与石漠化等自然因子,以 250m×250m 栅格为基本单元,在评价单因子人居适宜性的基础上,构建人居环境指数(HEI)模型,探讨黔中地区人居环境自然适宜性特征及其空间差异。研究表明:(1)黔中地区人居环境指数介于 14.16~88.97 之间,平均值为 50.02,空间分布上从西北向北、东、南,从中山地貌区域向低中山、河谷、槽坝区域递增,地形起伏度是区域人居环境自然适宜性空间分布差异的主要限制因子;(2)整个黔中地区以一般适宜区为主,占黔中地区总面积的 31.76%,其次是临界适宜区,占 25.16%,然后是比较适宜区 23.13%,不适宜区为 10.19%,高度适宜区最少,仅占 9.76%;(3)最适宜居住区域主要分布在地形起伏度较小,植被覆盖度高,海拔高度适中,且降雨丰富、地表水资源丰富的中东部区域,不适宜区域分布在毕节市境内七星关区、大方县以及织金县等,平均海拔高度在 1700m 以上的区域,其余零星分布在研究区。

**【关键词】**:GIS; 人居环境; 自然适宜性; 黔中地区

**【中图分类号】**:TU985.2 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2018)05-1082-10

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201805015

20 世纪以来,城市化和工业化进程的加快为人类带来了优越的物质文明以及广阔的生活生产空间,同时也导致资源过度开垦、气候变暖、生态环境恶化以及人类生活空间不断压缩等一系列问题。人口数量的不断膨胀导致对资源环境的需求加大,使得人居环境问题日益突出。自希腊学者道萨迪阿斯(C. A. Doxiadis)首次提出人类聚居科学概念以来,人居环境研究取得快速发展,已成为当前世界关注热点领域之一<sup>[1, 2]</sup>。我国吴良镛院士认为人居环境是以人类聚居现象为研究对象,是人类利用自然和改造自然的主要场所,在 5 大系统(自然系统、社会系统、人类系统、居住系统、支撑网络系统)基础之上演变而来,强调人类聚居作为一个整体,并从自然,人文、社会、经济等各个方面进行研究<sup>[3]</sup>。人居环境研究具有在空间上分布的差异性、时间上的连续性以及研究内容广泛性等特征,涉及到经济学、建筑学、生态学、地理学、城市规划和社会科学等多学科交叉,是一个

<sup>1</sup> 收稿日期:2017-06-28; 修回日期:2017-10-23

**基金项目**:贵州科学院青年基金(黔科院 J 合字 [2016] 8 号);国家自然科学基金项目(41261038);贵州省喀斯特山区水资源环境系统服务功能科技创新人才团队(黔科合人才团队 [2014] 4014 号)

**作者简介**:李威(1986~),男,助理研究员,主要从事资源环境遥感与 GIS 应用. E-mail:liweil\_N70@126.com

**\*通讯作者** E-mail:892525771@qq.com

开放性的学科体系<sup>[4~6]</sup>。不同领域的学者从不同的角度开展人居环境研究，我国是世界上地貌类型最复杂的国家之一，自然生态环境如地形地貌、气候水文是造成人类早期聚居分布和发展的驱动力因素<sup>[7~9]</sup>。20世纪80年代以来，在自然人居环境适宜性研究方面国内学者按照不同的区域地理空间尺度进行分析，取得了一系列的成果，如李雪铭等<sup>[10]</sup>、唐焰等<sup>[11]</sup>、封志明等<sup>[12, 13]</sup>以全国范围为研究区域，构建基于全国宏观尺度人居环境指数模型，并分析地表起伏度、气候等因素与人类聚居分布的空间关系。岳健等<sup>[14]</sup>、郝慧梅等<sup>[15]</sup>、杨艳昭等<sup>[16]</sup>以省级行政区域为研究对象，探讨省域尺度上的人居环境空间差异；李月臣等<sup>[17]</sup>、魏伟等<sup>[18]</sup>、刘立涛等<sup>[19]</sup>以流域为例，在流域尺度上分析流域生态环境与人居环境的空间分异格局<sup>[20]</sup>；李帅等<sup>[21]</sup>、李雪铭等<sup>[22]</sup>、熊鹰等<sup>[23]</sup>从城市出发探讨人居环境的空间优化问题；研究过程中人居环境评价内容不断丰富和拓展，尺度不断缩小，但大多数针对宏观尺度、北方平原、河流域以及城市等区域，对自然环境较为复杂的西南山区研究相对较少<sup>[24, 25]</sup>，且主要以地形、植被、气候水文因素作为人居环境的评价因子，生态系统相对较为单一的区域为主，未考虑到区域生态环境问题。西南地区地形地貌复杂，山多地少，部分区域人口仍面临生存环境恶化，资源短缺等方面严峻挑战，这些区域的人居环境问题更应得到关注。因此，本文以黔中地区为研究区，黔中地区属典型的喀斯特岩溶地貌，区域内水热资源丰富，太阳辐射能量高，降雨充沛，有利于植物生长，但由于地形地貌、海拔、土壤成土母质的特殊性，加上近年来人类活动强度加大、气候变化频率加快，导致植被遭到破坏、石漠化现象加重、水土流失加剧、地下水污染等一系列的环境问题。使得区域内生活生产空间遭到进一步压缩，除人为因素外主要是由于岩溶地区生态系统敏感性强，抗干扰能力弱，一旦遭到破坏，自身恢复能力较差，已成为和沙漠边缘一样脆弱的生态环境，如何合理规划人口居住问题达到自然资源的合理持续利用以及协调发展已经成为当前黔中地区研究的重要问题之一。本文在借鉴相关研究成果的基础上，选取地形、植被、气候水文以及黔中地区具有代表性的生态问题石漠化严重程度等5个评价因子，构建黔中地区人居环境指数，定量揭示黔中地区人居环境的自然适宜性以及空间格局和特征，以期为区域内人口与资源环境的协调发展提供科学依据。

## 1 研究区概况

黔中地区位于贵州省中部，介于22°25′~28°20′N，105°47′~108°41′E之间，包括贵阳市全境、黔东南州、黔南州、安顺市、毕节市、遵义市部分地区，幅员面积53783.30km<sup>2</sup>，占全省总面积的30.53%。辖33个区县，2015年末常住人口1643.47万人，占全省人口的比重为46.56%。地貌以内陆喀斯特山地丘陵为主，地表崎岖破碎，自西北部向北、东、南三面倾斜，并伴有少量山间平原，海拔高度在330~2300m之间，地势高差大。气候属亚热带湿润季风气候类型，年均温度14~17℃之间，多年平均降水量在760~1100mm之间，雨量的年、季分配不均。生态系统较为脆弱，是我国西部4大生态脆弱带之一，大部分区域属于石漠化敏感地区，区域内土壤由于受区内地质岩性、地理气候和耕作条件等因素影响，形成复杂多样的土壤类型，地带性土壤主要以黄棕壤、黄壤为主；岩成性土壤有石灰土，紫色土；并伴有各种水稻土、潮土和旱作土。近年来国家将贵州省定位为西南地区重要的陆路交通枢纽，黔中地区作为贵州省域的中心腹地交通条件更是以空前的速度向前发展，2015年末高速公路里程超过5100km，贵广高铁、沪昆高铁以及渝贵快速铁路的开通加快区域快速发展，将有利于区域积极参加“一带一路”和长江经济带等国家战略的实施。

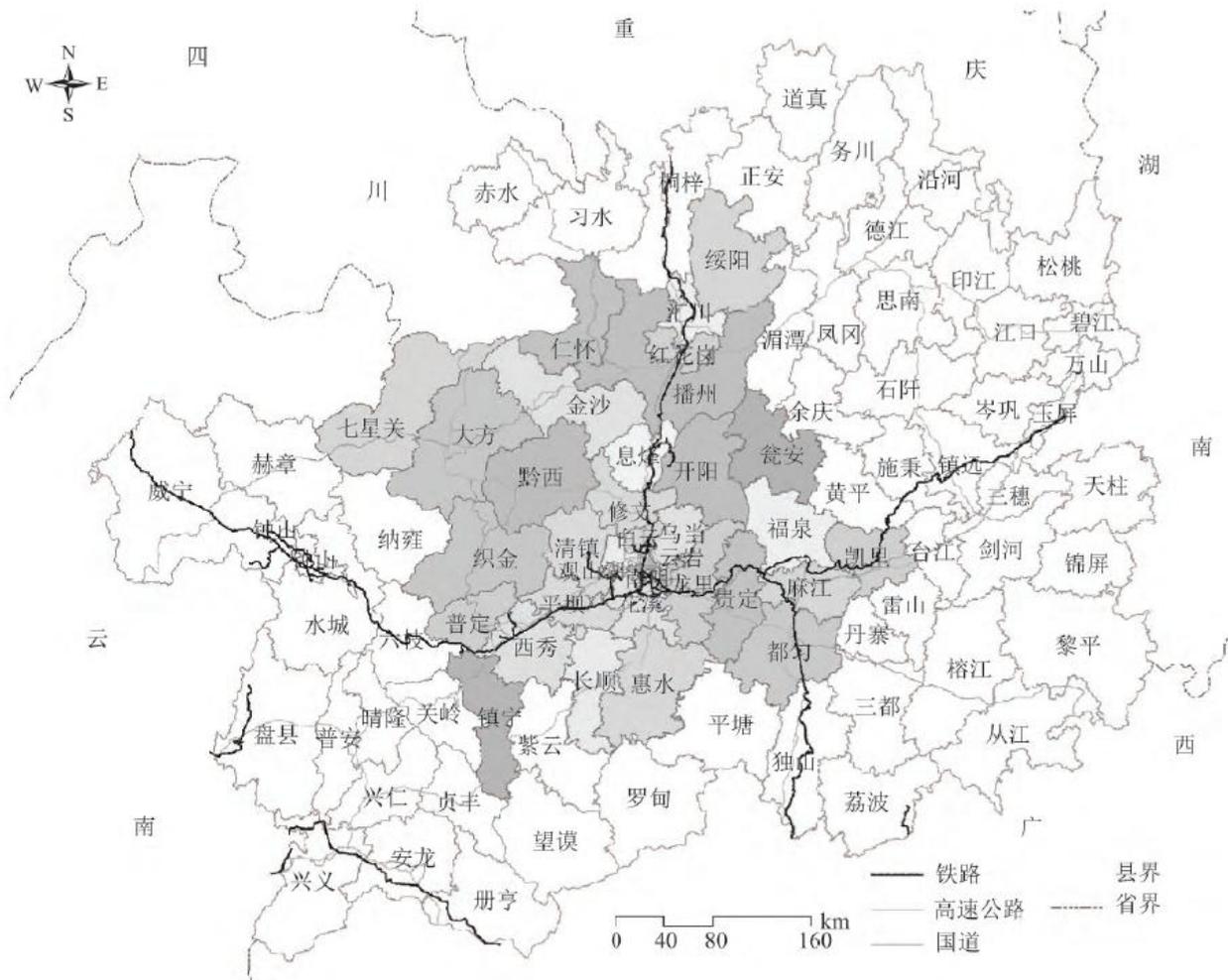


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Location of the study area

## 2 数据来源与评价模型

### 2.1 数据来源

本研究数据主要包括:1)DEM数据,空间分辨率为30m,数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>);2)2000~2015年250m空间分辨率的MODISNDVI数据;3)气象数据来源于中国气象科学数据共享网(<http://cdc.nmic.cn/>),包含研究区及其周边45个气象站点的月总降雨量、月平均温度,相对湿度等,时间跨度为1980~2014年,利用GIS空间内插方法对气象数据进行插值处理;4)1:10万TM影像解译的2015年土地利用数据,数据来源于地理国情监测云平台(<http://www.dsac.cn/>),该数据将土地利用类型划分为林地、耕地、建设用地、草地、水域、城乡工矿居民用地与未利用地6大类以及25个二级分类。所有数据利用研究区矢量边界对其进行裁剪,均统一转换为WGS84/Albers Equal Area Conic投影并重采样至250m栅格大小参与空间计算,在评价地形起伏度、地被指数、气候适宜度与水文指数等单因素的基础上,构建基于GIS的黔中地区人居环境指数(HEI)模型,定量评价黔中地区人居环境自然适宜性。技术流程如图2所示。

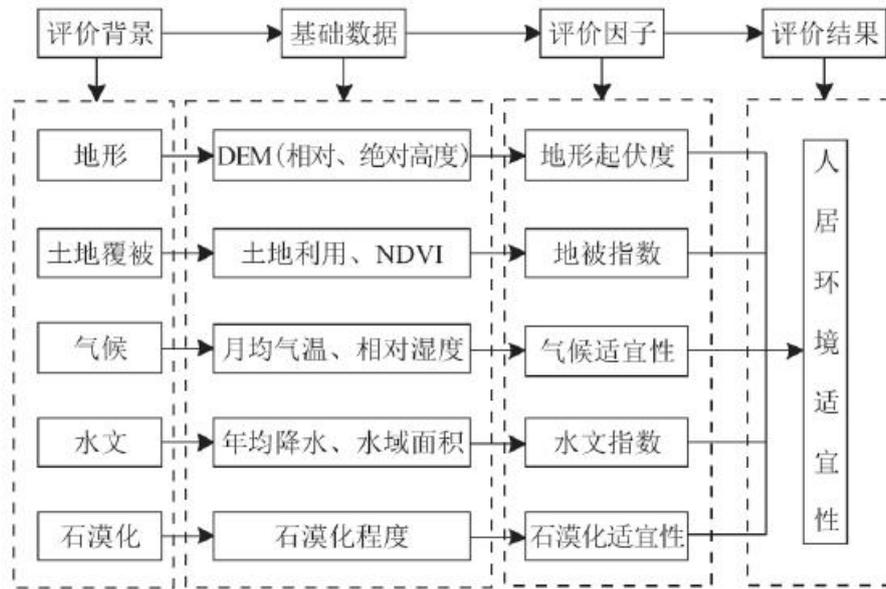


图 2 人居环境自然适宜性研究技术路线图

Fig. 2 Procedure of studies on natural suitability for human settlement

## 2.2 评价模型

### 2.2.1 地形起伏度模型

地形是自然生态环境中最基本的要素之一，很大程度上影响人居环境的适宜性。参考相关地形起伏度的计算模型<sup>[26]</sup>，地形起伏度指数计算公式如下：

$$RLDS = ALT/1000 + \{ [\text{Max}(H) - \text{Min}(H)] \cdot [1 - P(A)/A] \} / 500 \quad (1)$$

式中:RLDS 代表地形起伏度指数; ALT 为一定区域内的平均海拔(m); Max(H)与 Min(H)为一定区域内的最高和最低海拔(m); 3 个参数均由 DEM 数据借助 Arc Map 邻域分析工具(neighborhood statistics)计算得到, A 为区域总面积; P(A)为区域内的平地面积, 考虑到研究区多山地的特殊性, 整个研究区坡度小于 5° 的区域相对较少, 仅占到研究区总面积的 7.1%, 因此本研究将区域坡度小于 8° 的区域定义为平地, 参照汤国安等研究确定计算窗口大小<sup>[27]</sup>, 本文以 7×7 的矩形窗口为邻域窗口大小, 根据坡度数据利用邻域分析工具统计窗口内平地像元数除以计算窗口的像元总数即可得到 P(A)/A。

### 2.2.2 地被指数模型

$$LCI = NDVI \cdot LT_i \quad (2)$$

式中:LCI 为地被指数; NDVI 为归一化植被指数, 利用 2000~2015 年 NDVI 数据逐年求取最大值, 以 16a 的 NDVI 最大值作为参数值;  $LT_i$  为研究区各土地利用的权重,  $i$  为各类土地利用类型, 按照植被覆盖指数以及研究区土地利用类型特征, 结合专家意见确定各类土地利用类型的权重值见表 1 所示。

表 1 土地利用类型权重

土地利用类型	权重	土地利用类型	权重
林地	0.18	有林地	0.33
		灌木林地	0.27
		疏林地	0.21
		其他林地	0.19
耕地	0.17	水田	0.73
		旱地	0.27
水域	0.14	河渠	0.35
		湖泊	0.31
		水库、坑塘	0.25
		滩涂	0.09
		建设用地	0.10
草地	0.34	农村居民点	0.29
		其他建设用地	0.22
		高覆盖度草地	0.39
		中覆盖度草地	0.39
未利用地	0.07	低覆盖度草地	0.22
		裸地	0.29
		裸岩石质地	0.24
		其他未利用地	0.47

### 2.2.3 温湿指数模型

区域气候适宜性在一定程度上反映当地人居环境的舒适度, 是评价一个地区适宜居住的重要指标之一, 本研究采用温湿指数作为研究区人居环境气候适宜性评价的指标<sup>[11, 13]</sup>。

$$THI = 1.8t - 0.55(1-f) (1.8t-26) \quad (3)$$

式中:THI 为温湿指数;  $t$  为月均温度(°C);  $f$  为相对湿度(%); 考虑到研究区地形与气候关系的复杂性, 利用研究区及其周边 45 个气象站点的月均值数据, 进行 GIS(协同克里金插值方法)空间插值, 得到相应的参数值。

### 2.2.4 水文数模型

考虑到数据的可获得性和研究区的尺度，利用区域水域面积和降水量来表征水资源量，采用封志明等的研究成果计算水文指数分布<sup>[12]</sup>。

$$WRI = \alpha P + \beta Wa \quad (4)$$

式中:WRI 为水文指数; P 为研究区归一化降水量; Wa 归一化水域面积, 降水从气象站点的月均值数据进行 GIS(协同克里金插值)空间插值, 水域面积从区域土地利用中获取。α、β 分别代表归一化降水量和归一化水域面积的权重, α 取值 0.8, β 取值 0.2。

### 2.2.5 石漠化适宜程度

喀斯特地质条件是造成黔中自然环境复杂性和脆弱性的重要因素之一, 其最主要的生态问题以及特点是石漠化的形成及以危害。大量的人类生产、森林开垦等活动造成地表岩石裸露、水土流失等不可逆转的生态破坏, 很大程度上影响了人类的居住环境, 是导致区域人口分布不均的主要因素之一, 本文在收集黔中地区 33 个区县石漠化现状数据的基础上, 按照石漠化的剧烈程度, 依据非喀斯特地区、无石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化和强度石漠化对人类居住适宜的程度, 依次赋值 9, 9, 7, 5, 3, 1; 分值越高表示越适宜居住, 构建黔中地区人居环境石漠化适宜程度空间分布。

### 3. 2.6 人居环境指数指数模型

$$HEI = \alpha \times NRDLs + \beta \times NLCI + \chi \times NTHI + \delta \times NWRI + \varepsilon \times DESERT \quad (5)$$

式中:HEI 为人居住环境指数, 介于 0~100 之间, NRDLs、NLCI、NTHI、NWRI、DESERT 分别为标准化后的地形起伏度、地被指数、温湿指数、水文指数以及石漠化适宜程度, α、β、χ、δ、ε 分别为 5 类指数所对应的权重, 参照封志明等研究成果中西南地区各个自然单因子指数与人口密度的相关系数确定权重值分别为:0.28、0.22、0.27、0.13 和 0.10<sup>[12]</sup>。

为方便参与计算和量化, 4 类指数均进行标准化处理, 在标准化过程中, 正向指标如地被指数、温湿指数与水文指数需进行正向标准化处理, 逆向指标地形起伏度进行逆向标准化处理, 具体标准化公式如下:

$$X = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (6)$$

正向标准化:

$$X = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (7)$$

逆向标准化:

式中:X 为图层标准后的参数值; X<sub>i</sub> 为图层初始参数值; X<sub>max</sub>、X<sub>min</sub> 为图层的最大值与最小值, 标准化后的各类指数如图 3~6 所示。

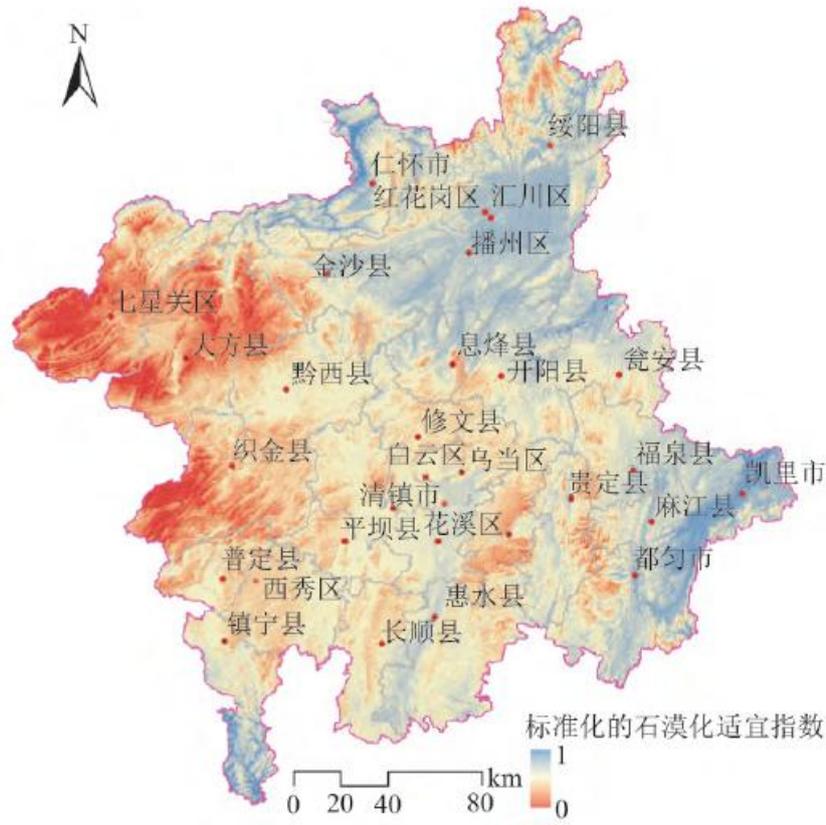


图3 标准化的地形起伏度指数  
Fig. 3 Standardized map of RDLS

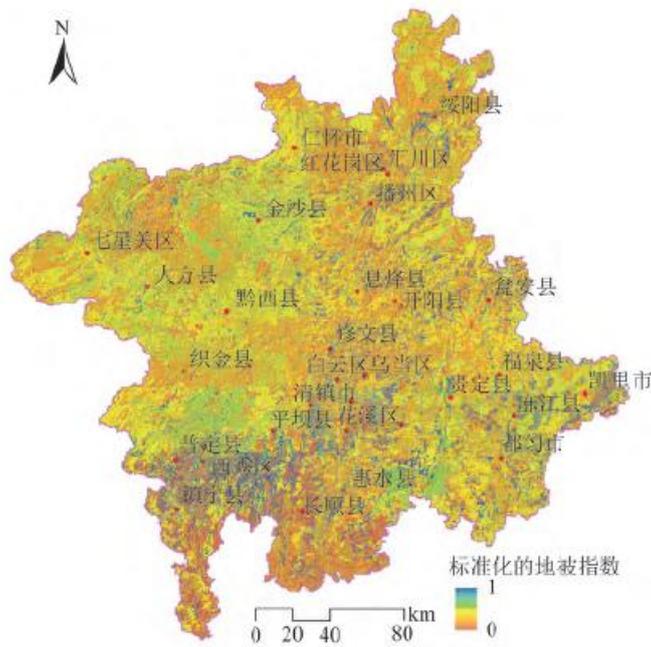


图4 标准化的地被指数  
Fig. 4 Standardized map of LCI

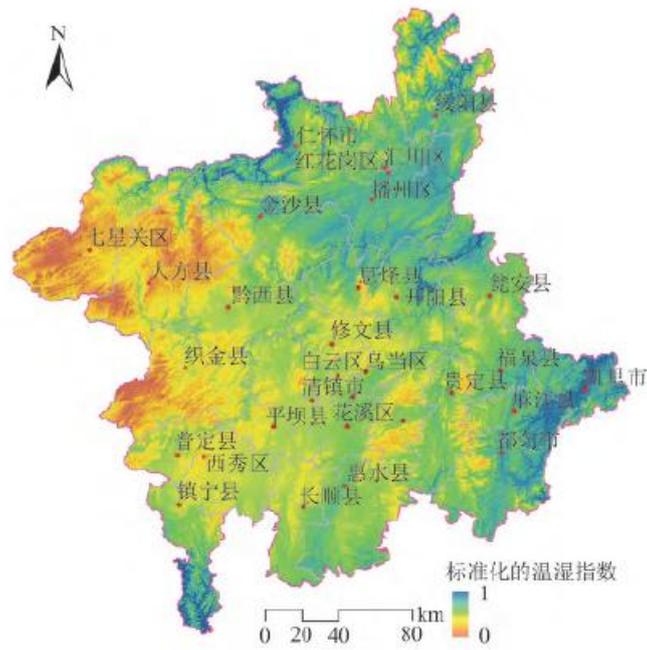


图5 标准化的温湿指数

Fig. 5 Standardized map of THI

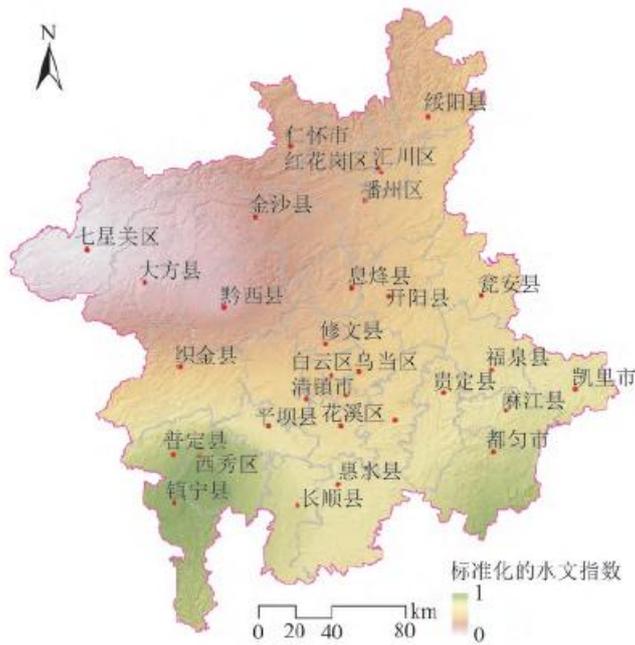


图6 标准化的水文指数

Fig. 6 Standardized map of WRI

## 3 结果分析

### 3.1 黔中地区人居环境自然适宜性单要素分析

#### 3.1.1 地形适宜性分析

黔中地区地形起伏度指数整体上由西部地区向东部地区递减，地形起伏最大的区域分布在西北部七星关区、大方县与织金县等靠近乌蒙山区一带，区域平均海拔高度均在 1700m 以上，各种各样的喀斯特地貌发育明显，使地表变得高低不平，破碎崎岖，且空间分布差异明显，造成交通不便，居住适宜性低，而中部高原地区的贵阳、安顺所辖县域地表起伏度相对较小，平均海拔高度在 1100m 左右，居住适宜性一般。最小的区域分布在东北部播州区、绥阳县以及东南部凯里市、麻江县等区域，平均海拔高度低于 800m，与当前黔中地区人居分布相符合，居住适宜性相对较高。

#### 3.1.2 土地覆被适宜性分析

黔中地区地被指数受植被指数和土地利用类型的综合影响，地被覆盖条件区域空间差异较大，整体上南部区域要好于北部区域，地被指数较高的区域主要分布在黔中地区中部平坝县、西秀区以及花溪区一带以及东南部龙里县、贵定县、麻江县等区域，居住适宜性高，主要原因是这些区域处在高原，海拔高度在 1100m 左右，植被生态状况好，其他区域呈现破碎斑块状分布，地被指数较低的区域集中分布在南部镇宁县、长顺县、惠水县以及北部，这些区域石漠化比较突出，植被覆盖少，生态环境脆弱，居住适宜性较差。

#### 3.1.3 气候适宜性分析

从黔中地区的温湿指数空间分布上看，总体上呈现由西北部中高山区域向北、东、南三面高原，坝区递增的趋势，温湿指数较低的区域主要分布在西北部七星关区、织金县、大方县等一带，由于海拔较高，气温相对较低，尤其是冬季较寒冷，常有凝冻天气出现，降水相对较少，属于典型的高原温凉气候区，居住适宜性相对较低，温湿指数较好的区域集中分布在东部遵义市境内。

#### 3.1.4 水文适宜性分析

水文指数从空间分布上看，呈现随纬度的降低逐渐增加的趋势，低值区域主要分布在西北部，主要原因是一方面该区域地处中高山峡谷地貌，地表切割深，属于贵州降水低值区，另一方面地表水资源相对较少，且经过喀斯特地貌渗漏作用后，大部分地表水资源渗入地下，形成地下水，地下水埋深大，居户可方便利用的地表水资源较少，水文指数值低。水文指数高值区域主要位于研究区西南部普定县、西秀区、镇宁县以及东南部都匀市，一方面由于降水较多、另一方面地表水资源相对丰富、利用率较高，居住适宜性高。

#### 3.1.5 石漠化适宜性分析

黔中地区石漠化适宜性在空间上呈现破碎斑块状分布，西部地区明显比东部地区适宜性低，低值的区域主要分布在南部惠水县、长顺县；西南部镇宁县、西秀区、普定县，西北部黔西县、大方县、七星关区等区县，该区域主要的特点为山多地少，地势高差较为悬殊，土层薄，且多为石灰土，受降水与坡度共同影响，水土流失严重，大面积的岩石外露，造成环境容量低、承灾能力弱、居住适宜性低，高值区域主要分布在中部贵阳市境内花溪区、修文县、开阳县以及北部遵义市境内播州区、绥阳县、金沙县等地区，该区域地势相对较为平坦，水资源丰富，且土层较厚，分布着省内大多数千亩耕地大坝，居住适宜性高(图 7)。

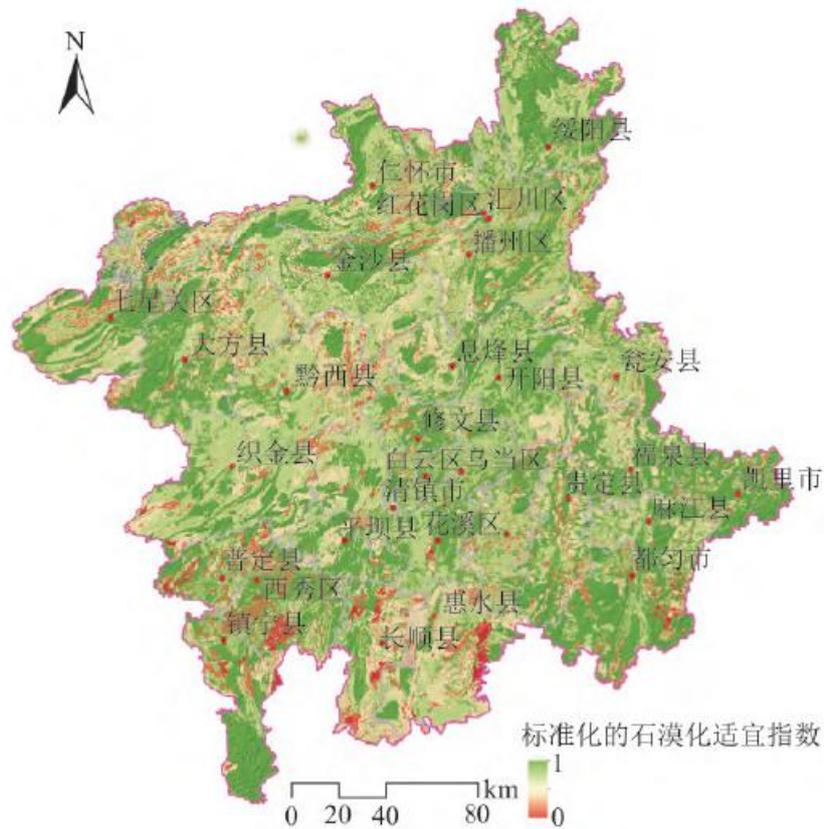


图 7 标准化的石漠化适宜指数

Fig. 7 Standardized map of Desertification

### 3.2 黔中地区人居环境自然适宜性综合评价

将标准化后的地形起伏度、地被指数、温湿指数、水文指数以及石漠化适宜程度 5 个评价单要素、采用 GIS 空间叠加方式，得到人居环境指数 (HEI)，黔中地区人居环境指数值介于 14.16~88.97 之间，平均值为 50.02，指数越高，居住适宜程度越好，并将计算结果参照《国家人口发展功能分区》中人居环境分区标准，用自然断点法 (ArcGIS 该分类方法是利用统计学上的 Jenk 最优化法得出分界点，能够使划分各级之间的内部方差之和达到最小) 划分为 5 类，依次划为不适宜、临界适宜、一般适宜、比较适宜和高度适宜 5 类，最终得到黔中地区人居环境自然适宜性空间分布图 (图 8) 与各适宜区面积分布 (表 2)。

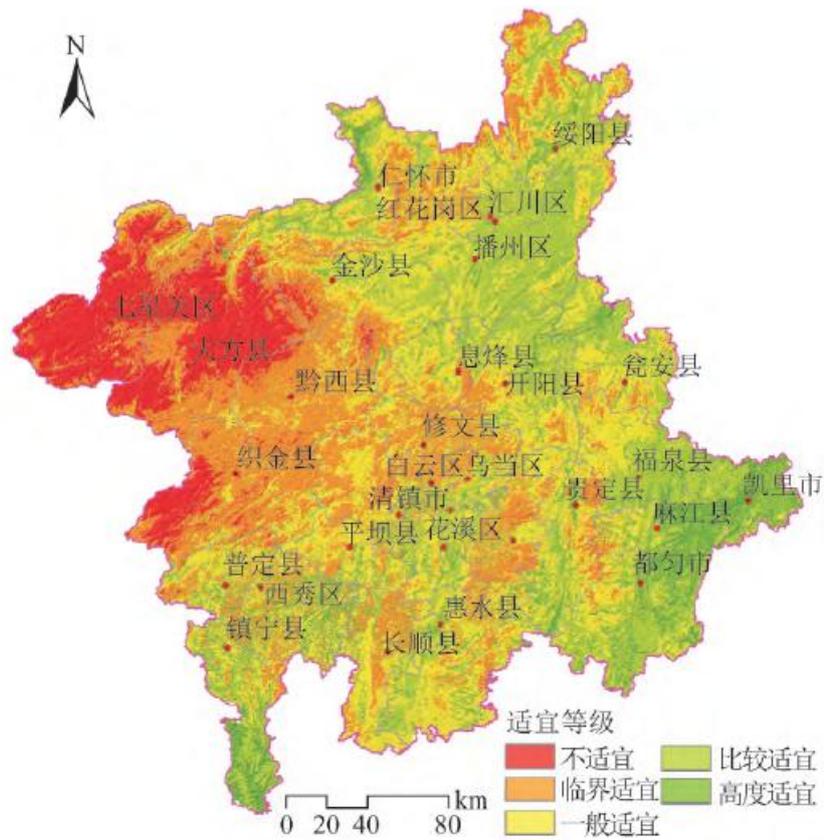


图 8 黔中人居环境自然适宜性综合评价图  
 Fig. 8 Distribution of natural environment suitability  
 for human settlements in QianZhong area

表 2 黔中地区人居环境自然适宜性评价

人居环境类型区	HEI 指数值	人居环境适宜性描述	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)
不适宜区	14.16~37.33	受自然因子限制非常大, 不适合人类居住	5 482.05	10.19
临界适宜区	37.33~46.72	自然因子限制程度较大, 勉强适合人类居住	13 531.58	25.16
一般适宜区	46.72~54.06	存在一定自然限制性, 一般适宜人类和居住	17 080.38	31.76
比较适宜区	54.06~63.44	自然因子限制性小, 比较适宜人类生活和居住	12 442.43	23.13
高度适宜区	63.44~88.97	自然因子限制性最小, 最适宜人类居住	5 246.86	9.76

从表中可以看出,整个黔中地区人居适宜性以一般适宜区为主,占黔中地区总面积的 31.76%,其次是临界适宜区,占 25.16%,然后是比较适宜区 22.13%,不适宜区为 10.19%,最后是高度适宜区,仅占 9.76%,并且区域空间差异较为明显,主要表现为:

(1)高度适宜区:人居环境指数介于 63.44~88.97 之间,高度适宜区面积为 5246.86km<sup>2</sup>。这些区域受到的自然限制因子最小,是整个研究区最适宜人居住的区域,主要分布在①北部仁怀市境内茅台镇周边沿着赤水河流域一带、绥阳县南部、播州区东北部区域;②东部开阳县中部与瓮安县北部靠近乌江流域区域;③东南部凯里市、麻江县、都匀市境内;④南部惠水县好花红乡至县城一带槽坝区;⑤中部云岩区、南明区、花溪区、平坝县、西秀区等一带高原区以及镇宁县南部区域。这些区域的地形起伏度较小,植被覆盖度高,如赤水河流域是国家的重点生态保护区,流域生态环境优越,播州区以及绥阳县区域有大量的农田以及水利设施,西秀区、平坝县属于喀斯特浅中丘地貌,地势平坦,凯里市、麻江县、都匀市区域属于低中山区域,海拔高度适中,且降雨丰富、地表水资源丰富,适合人常年生活居住。

(2)比较适宜区:人居环境指数介于 54.06~63.44 之间,面积为 12443.43km<sup>2</sup>。自然限制因子较小,比较适宜人生活和居住,主要分布在遵义市境内大部分区域、息烽县、开阳县、福泉市、龙里县、麻江县、都匀市、花溪区等区域,这些区域都是人口最为密集的区域。

(3)一般适宜区:一般适宜区面积为 17080.38km<sup>2</sup>,人居环境指数介于 46.72~54.06 之间,自然因子限制性偏大,呈现条带状分布,主要分布在黔西县、金沙县、普定县、镇宁县、长顺县、惠水县、福泉市、息烽县、绥阳县北部等区域,区域主要以河谷以及低中山、中山地貌为主,虽然气候、水文适宜,但地势较高造成人居环境适宜性一般。

(4)临界适宜区:人居环境指数介于 37.33~46.72 之间,面积为 13531.58km<sup>2</sup>,同时受多个自然因子限制,集中分布在研究区西部与西北部中山地貌地区,平均海拔高度在 1400m 左右。区域地形起伏度大,且气候适宜度时期比较短,植被覆盖较少造成居住适宜性较差。

(5)不适宜区:人居环境指数介于 14.16~37.33 之间,面积为 5482.05km<sup>2</sup>,主要分布在七星关区、大方县以及织金县等平均海拔高度在 1700m 以上的区域。其余零星分布在研究区内,这些区域的地形起伏大,气候适宜度低,地被指数低,地表水资源少,石漠化现象严重,大多数属与典型的生态脆弱区,夏季容易干旱,水资源短缺,部分村庄甚至饮水都成问题,冬天气温低,常出现凝冻天气,不适宜居住。

### 3.3 黔中地区人居环境与人口分布关系

当前区域人口分布不仅仅与地形地貌、水文、气候、土壤以及植被覆盖等自然环境因素息息相关,且社会经济因素如交通条件、城市、工农业基础、政治等因素重要性变得越加重要,根据研究结果与 2015 年末黔中地区 33 个区县人口统计数据做对比分析,在全区人居环境适宜性评价结果中,毕节市七星关区、大方县和织金县不适宜区面积分别达到 2269.04、2204.60、665.22km<sup>2</sup>,分别占七星关区、大方县、织金县国土面积的 66.04%、61.86%、22.85%,并且占到整个黔中地区不适宜区面积的 92.36%,是研究区最不适宜居住的 3 个区县,2015 年末 3 个区县的人口密度仅为 369.38、271.39 和 314.06 人/km<sup>2</sup>,为黔中地区人口密度最少的 3 个区县;在研究区人口密度排名靠前的几个区县中,遵义市红花岗区、黔东南州凯里市和贵阳市南明区适宜居住面积(比较适宜区、高度适宜区)分别占区县总面积的 62.65%、95.83%和 43.79%,而人口密度分别达到 996.97、619.52 和 3580.89 人/km<sup>2</sup>,从一定程度上与区域实际人口分布相符合,研究结果可以在一定程度上为区域人口规划提供科学借鉴。

## 4 结论与讨论

人居环境自然适宜性评价是我国现阶段人口发展功能分区的重要基础和组成部分,本文基于 GIS 技术,选取地形起伏度指数、地被指数、温湿指数、水文指数以及石漠化适宜性等 5 个评价因子,以黔中地区为研究对象,从自然生态环境角度构建人

居环境评价模型(HEI)指数,定量评价黔中地区人居自然环境的适宜性与限制性,评价结果较好地反映了黔中地区人居环境适宜性的特征与空间分异差异性,为区域人居环境建设的协调发展与科学规划提供依据和决策支持。分析结果表明:

(1)黔中地区地形起伏度较大,整体上呈现由西部地区向东部地区递减的趋势,西北部乌蒙山区与北部大娄山是整个研究区地形起伏度最大的区域;地被覆盖空间差异明显,地被覆盖指数较高的区域大多介于海拔高度在1100~1600m中间的区域;气候适宜程度受到海拔高度和地理位置共同作用的影响,从西北部向北、东、南三面逐渐增加;水文指数高低受降水的影响大于地表水的影响,呈现随着纬度的降低逐渐增加的趋势。

(2)黔中地区人居环境自然适宜指数介于14.16~88.97之间,空间分布上从西北向北、东、南,从中山向、低中山、河谷、槽坝区域递增。整个黔中地区以一般适宜区为主,面积达到17080.38km<sup>2</sup>,占黔中地区总面积的31.76%,其次是临界适宜区,占25.16%,然后是比较适宜区23.13%,不适宜区为10.19%,最后高度适宜区,仅占9.76%。

(3)人居环境的自然适宜性从根本上决定着人口分布的空间格局。黔中地区人居环境指数高的区域交通便利、地势平坦,区域内的城市建设、人口以及经济向着这些区域发展,评价结果很直观地反应了当前黔中地区的人居适宜区分布状况,研究过程中由于DEM、NDVI原始数据精度不统一,气象数据(气温、降水)的空间差值等存在一定的人为误差,评价方法与指标选取存在一定的主观性,如何获取高精度的数据以及评价方法的优化与结果验证是下一步研究的重要内容。

#### 参考文献:

[1] DOXIADIS C A. Ekistics; an introduction to the science of human settlements [J]. American Journal of Public Health & the Nations Health, 1969, 59(3) : 744.

[2] 李雪铭,夏春光,张英佳. 近10年来我国地理学视角的人居环境研究[J]. 城市发展研究,2014,21(2):6-13.

LI X M, XIA C G, ZHANG Y J. Chinese human settlement research with geography perspective in recent 10 years [J]. Urban Development Studies, 2014, 21(2) : 6-13.

[3] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.

WU L Y. Introduction to sciences human settlements [M]. Beijing:China Architecture & Building Press, 2001.

[4] 张文忠,谌丽,杨翌朝. 人居环境演变研究进展[J]. 地理科学进展,2013,32(5):710-721.

ZHANG W Z, ZHAN L, YANG Y C. Research progress on human settlement evolution [J]. Progress in Geography, 2013, 32(5) : 710-721.

[5] 马仁锋,张文忠,余建辉,等. 中国地理学界人居环境研究回顾与展望[J]. 地理科学,2014,34(12):1470-1479.

MA R F, ZHANG W Z, YU J H, et al. Overview and prospect of research on human settlement of Chinese geographers [J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34 (12) : 1470 -1479.

- 
- [6] 李雪铭, 田深圳. 中国人居环境的地理尺度研究 [J]. 地理科学, 2015, 35(12) : 1495—1501.
- LI X M, TIAN S Z. The geographic scale of human settlements in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35 (12) :1495—1501.
- [7] 杨兴柱, 王群. 皖南旅游区乡村人居环境质量评价及影响分析 [J]. 地理学报, 2013, 68(6) : 851—867.
- YANG X Z, WANG Q. Evaluation of rural human settlement quality difference and its driving factors in tourism area of southern Anhui Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(6) : 851—867.
- [8] 娄胜霞. 基于 GIS 技术的人居环境自然适宜性评价研究——以遵义市为例 [J]. 经济地理, 2011, 31(8) : 1358—1363.
- LOU S X. Evaluation of natural suitability for human settlement of Zunyi region based on GIS [J]. Economic Geography, 2011, 31(8) : 1358—1363.
- [9] 任志远, 李冬玉, 刘焱序. 陕西省人口资源分布格局变化趋势及驱动力研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(4) : 86—91.
- REN Z Y, LI D Y, LIU Y X. Tendency of population distribution pattern change and driving forces in Shaanxi province [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(4) : 86—91.
- [10] 李雪铭, 晋培育. 中国城市人居环境质量特征与时空差异分析 [J]. 地理科学, 2012, 32(5) : 521—529.
- LI X M, JIN P Y. Characteristics and spatial-temporal differences of urban human settlement environment in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(5) : 521—529.
- [11] 唐焰, 封志明, 杨艳昭. 基于栅格尺度的中国人居环境气候适宜性评价 [J]. 资源科学, 2008, 30(5) : 648—653.
- TANG Y, FENG Z M, YANG Y Z. Evaluation of climate suitability for human settlement in China [J]. Resources Science, 2008, 30(5) : 648—653.
- [12] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 基于 GIS 的中国人居环境指数模型的建立与应用 [J]. 地理学报, 2008, 63(12) : 1327—1336.
- FENG Z M, TANG Y, YANG Y Z, et al. Establishment and application of human settlements environment index model ( HEI) based on GIS [J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(12) : 1327—1336.
- [13] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性 [J]. 地理学报, 2007, 62(10) : 1073—1082.
- FENG Z M, TANG Y, YANG Y Z, et al. The relief degree of land surface in China and Its correlation with population

---

distribution [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(10) : 1073—1082.

[14] 岳健, 雷军, 马天宇, 等. 关于新疆人居环境自然适宜性评价的讨论 [J]. *干旱区资源与环境*, 2009, 23(11) : 1—7.

YUE J, LEI J, MA T Y, et al. A discussion on the evaluation of natural suitability for human settlement in Xinjiang [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2009, 23(11) : 1—7.

[15] 郝慧梅, 任志远. 基于栅格数据的陕西省人居环境自然适宜性测评 [J]. *地理学报*, 2009, 64(4) : 498—506.

HAO H M, REN Z Y, Evaluation of nature suitability for human settlement in Shaanxi Province based on Grid Data [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4) : 498—506.

[16] 杨艳昭, 郭广猛. 基于 GIS 的内蒙古人居环境适宜性评价 [J]. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(3) : 9—16.

YANG Y Z, GUO G M. Natural environment suitability for human settlements in Inner Mongolia based on GIS [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2012, 26(3) : 9—16.

[17] LI Y C, LIU C X, ZHANG H, et al. Evaluation on the human settlements environment suitability in the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing based on RS and GIS [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2011, 21(2) : 156—168.

[18] 魏伟, 石培基, 冯海春, 等. 干旱内陆河流域人居环境适宜性评价——以石羊河流域为例 [J]. *自然资源学报*, 2012(11) : 1940—1950.

WEI W, SHI P J, FENG H C, et al. Study on the suitability evaluation of the human settlements environment in arid inland river basin—a case study on the Shiyang River Basin [J]. *Journal of Natural Resources*, 2012(11) : 1940—1950.

[19] 刘立涛, 沈镭, 高天明, 等. 基于人地关系的澜沧江流域人居环境评价 [J]. *资源科学*, 2012, 34(7) : 1192—1199.

LIU L T, SHENG L, GAO T M, et al. Assessment of human settlement environment in Lancang river basin based on man-land relationship [J]. *Resources Science*, 2012, 34(7) : 1192—1199.

[20] 柏中强, 王卷乐, 杨雅萍, 等. 基于乡镇尺度的中国 25 省区人口分布特征及影响因素 [J]. *地理学报*, 2015, 70(8) : 1229—1242.

BAI Z Q, WANG J L, YANG Y P, et al. Characterizing spatial patterns of population distribution at township level across the 25 provinces in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(8) : 1229—1242.

[21] 李帅, 魏虹, 倪细炉, 等. 基于层次分析法和熵权法的宁夏城市人居环境质量评价 [J]. *应用生态学报*, 2014, 25(9) : 2700—2708.

---

LI S, WEI H, NI X L, et al. Evaluation of urban human settlement quality in Ningxia based on AHP and the entropy method [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25 (9) :2700—2708.

[22] 李雪铭, 张英佳, 高家骥. 城市人居环境类型及空间格局研究——以大连市沙河口区为例 [J]. 地理科学, 2014, 34( 9) : 1033—1040.

LI X M, ZHANG Y J, GAO J Y. Spatial pattern and classification of human settlement: a case study of Shahekou in Dalian [J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34 (9) : 1033 —1040.

[23] 熊鹰, 曾光明, 董力三, 等. 城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价——以长沙市为例 [J]. 地理学报, 2007, 62(4) : 397—406.

XIONG Y, ZENG G M, DONG L S, et al. Quantitative evaluation of the uncertainties in the coordinated development of urban human settlement environment and economy: taking changsha city as an example [J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62( 4) : 397—406.

[24] 闵婕, 刘春霞, 李月臣. 基于 GIS 技术的万州区人居环境自然适宜性[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21( 8) :1006—1012.

MIN J, LIU C X, LI Y C. Nature suitability for human settlement based on GIS technology [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21( 8) : 1006—1012.

[25] 谢晓议, 曾咄, 李军. 基于移动窗口法和栅格数据的重庆市人居环境自然适宜性评价 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23( 10) : 1351—1359.

XIE X Y, ZENG X, LI J. Evaluation of nature for human settlement in Chongqing [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23( 10) : 1351—1359.

[26] 刘新华, 杨勤科, 汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用. 水土保持通报, 2001, 21( 1) :57—62.

LIU X H, YANG Q K, TANG G A. Extraction and application of relief of China based on DEM and GIS method. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2001, 21( 1) : 57—62.

[27] 汤国安, 李发源, 刘学军. 数字高程模型教程 [M]. 科学出版社, 2016.

TANG G A, LI F Y, LIU X J. Digital Elevation Model [M]. Science Press, 2016.