

基于 GIS 与栅格数据的安徽省人居环境自然适宜性测评^{*1}

沈非¹ 黄艳萍¹ 王芳¹ 麻金继^{1*} 陈明星²

(1. 安徽师范大学地理与旅游学院, 安徽芜湖 241003;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

【摘要】:科学度量人居环境自然背景的适宜性, 有助于合理引导人口分布与流动, 促进区域人口、资源环境协调发展。运用 GIS 技术, 以 250m×250m 栅格为基本单元, 选取气候、地形、水文、地被、自然灾害等因子, 构建人居环境自然适宜性评价模型, 定量测评安徽省人居环境自然适宜程度, 剖析各类型区的适宜性和限制性。研究表明: 安徽省人居环境指数介于 33.64~74.58 之间, 人居环境自然适宜性总体较好, 绝大部分地区适宜人类居住, 适宜性在空间上大体呈现南高北低的态势, 与现有人口分布格局相反。一般适宜区面积最广, 占安徽省总面积的 46.08%; 比较适宜区次之, 占 31.29%; 高度适宜区占 22.54%; 临界适宜区面积最小, 仅占 0.08%。安徽省近 61.16% 的人口分布在一般适宜区, 高度适宜区与比较适宜区人口所占比例不足 40%, 临界适宜区人口极为稀少。地形起伏度和水文指数是造成全省人居环境自然适宜性分异的主要因子, 测评结果较为客观地反映了安徽省人居环境的自然本底。全省人口生存与发展的空间较大, 人口流动与集聚的适宜范围较广。

【关键词】:人居环境; 自然适宜性; 栅格; GIS; 安徽省

【中图分类号】:X24 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2018)03-0535-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201803009

人居环境是与人类生存活动密切相关的地表空间^[1], 是人类联系自然、作用自然的主要场所^[2]。自 20 世纪 50 年代希腊学者道萨迪亚斯(C. A. Doxiadis)创立人类聚居学, 提出“人居环境科学”概念以来, 人居环境研究日益成为热点课题^[3~6]。自然条件作为人居环境最为重要的基础背景, 直接关系到人类宜居的质量, 故而早有地理学者从自然系统出发, 研究地形^[7, 8]、气候^[9~11]、水文^[12]等自然单要素对人居环境的影响。考虑到自然地理现象的复杂性与空间性, 国内学者封志明等建立了基于 GIS 的人居环境指数模型, 通过叠加自然地理要素对中国人居环境自然适宜性开展综合评价^[13, 14]。之后, 多数学者专注在区域、城市(区县)范围内开展探讨, 如魏伟、郭晓娜等利用空间分析方法揭示了干旱内陆河石羊河流域和黔南喀斯特地区人居环境自然适宜性与限制性^[15, 16], 谢晓议等^[17]基于移动窗口法和栅格数据评价了山城重庆市人居环境自然适宜性, 闵婕等^[18]基于 GIS 技术分析了重庆万州区人居环境自然适宜程度空间格局。由于地理尺度差异性的存在, 地理学视角下不同地理尺度的人居环境自然适宜性研究仍然是目前学术界关注的重点^[19]。

¹ 收稿日期:2017-06-01; 修回日期:2017-08-14

基金项目:安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKY2015D72); 安徽师范大学 2017 年度研究生科研创新与实践项目(2017CXSJ053)

作者简介:沈非(1975~), 男, 博士研究生, 副教授, 主要从事资源环境与 GIS 应用研究. E-mail:523022@qq.com

***通讯作者** E-mail:jinjima@mail.ednu.edu.cn

已有研究中,国家宏观尺度所涉空间较广,地域内部实情较难真实反映;城市、区县范围的微观分析,因研究单元的独立性,无法解答地理单元间的分异与联系;区域性的中观研究虽可兼顾以上不足,却又多囿于特殊生态环境地带。鉴于省域在地理空间尺度上的承上启下地位,以及省级行政区在中国行政区划中的重要功能,定量测评省级地理尺度自然环境宜居性,不仅可为省域范围内的差别化发展及优化人居活动提供科学定位,而且对全国地理尺度人居环境研究的客观性和普适性也是很好地验证。

安徽省地域宽广,人口众多,人居自然环境分异明显,适宜开展空间分析。当前,在为数不多的安徽省域人居环境研究中,胡和兵等^[20]、温倩等^[21]、孙井东等^[22]悉数采用了传统的统计学分析方法,且均未涉及自然适宜性内容。因此,本文在借鉴国内外前人研究成果的基础上,以安徽省为研究区,利用遥感影像、DEM、气象、自然灾害等数据,基于GIS技术平台,以250m×250m栅格为基本评价单元,多因子定量测度省域空间内的人居环境自然适宜性,辨析地域宜居的自然条件差异,旨在从中观尺度上充实研究体系,校验空间尺度对地理数据表达的实际影响,同时为区域人口、资源环境可持续发展管理与决策提供科学依据。

1 研究区概况

安徽省位于中国东南部,介于29°41′~34°38′N、114°54′~119°37′E之间,地跨长江、淮河、新安江三大流域,国土总面积约13.96万km²。全省地势大体上西南高、东北低,地形地貌南北迥异,平原、丘陵、山地相间排列。长江、淮河自西向东横贯全境,将全省分为淮北、江淮、江南三大自然区。淮河以北地势坦荡辽阔;中部江淮之间,山岗丘陵起伏;长江两岸和巢湖周围地势低平;南部多山地、丘陵。由于地处南暖温带和北亚热带的过渡地带,全省季风气候显著,四季分明,年均气温14~17℃,年均降水量800~1700mm,大体上由北向南增加,无霜期200~250d。

目前,安徽省下辖16个地级市,61个县级行政区。截至2015年末,全省常住人口约6143.6万人,人口密度440人/km²,国内生产总值22005.6亿,人均GDP35818.74元,低于全国平均水平,人口承载力较重。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所需基础数据主要包括:安徽省DEM(空间分辨率30m,来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>);2010年1:10万土地利用类型矢量图(来源于国家地球系统科学数据共享平台(<http://www.geodata.cn/>);78个市(县)气象台站建站(最早1951年)至2015年逐月气温、降水、相对湿度数据(来源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)与安徽省气候中心);2000~2016年MODIS植被指数数据产品(MOD13Q1,16d合成250m分辨率,轨道号h27v05,h28v05,h28v06,来源于美国NASA地球观测系统数据平台(<http://urs.earthdata.nasa.gov/>),1970年以来地震数据及历史有记录的强震数据(来源于安徽省地震局);地质灾害隐患点及地面沉降等缓变性地质灾害点分布资料(来源于安徽省国土资源厅),2015年全省各市县人口数据(来源于安徽省统计年鉴)。

2.2 指标选取与模型构建

自然系统中地形地貌条件、水文状况、水热气候条件和土地覆被状况对人居环境的影响最为根本且决定着其他自然因素。鉴于安徽省是我国自然灾害多发、重发的省份之一,类型多样的自然灾害在给全省造成重大经济损失的同时,也势必影响着安徽省人居环境的自然适宜性。因此,除选取地形、气候、水文、地被等因子外,根据安徽省自然环境实情,增加了自然灾害因子,5个因子共同构建安徽省人居环境指数(图1),综合表达安徽省人口集聚发展的自然环境基础。

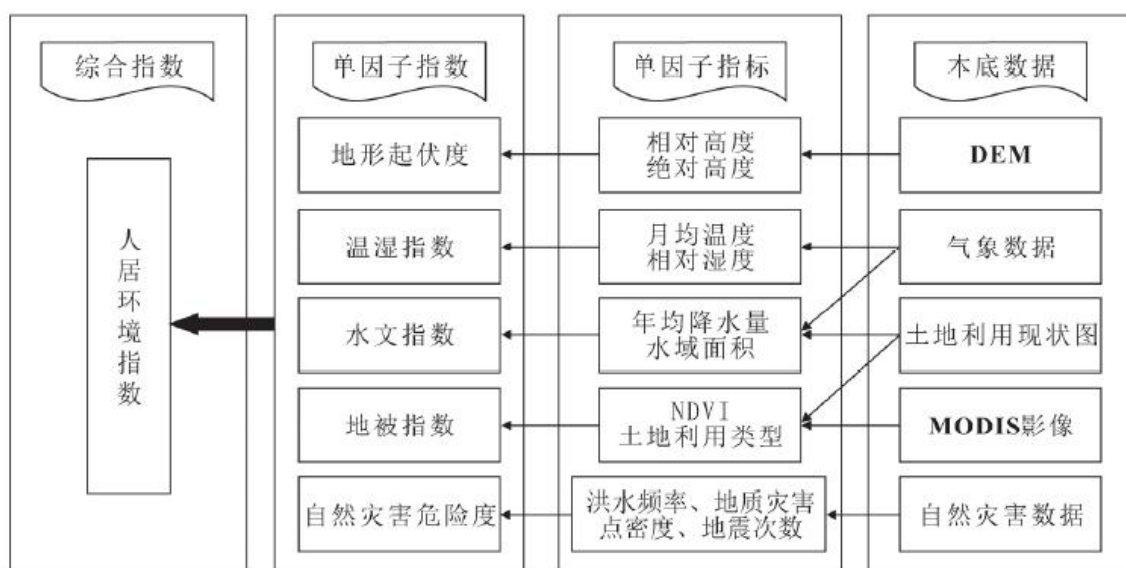


图 1 安徽省人居环境指数构建

Fig. 1 Establishment of human settlements environment index in Anhui Province

研究中，选用地形起伏度^[7]来表征地形因子对人居环境的影响；选用温湿指数^[23]来测度人居环境的气候适宜性；选用水文指数^[13]来衡量区域水文丰缺适宜程度；选用土地利用类型与归一化植被指数来综合计算地被指数^[24]；依据区域自然灾害发生的可能性和损失的严重性^[25]，选用洪水、地质、地震因子构建自然灾害危险度，以最大因子法综合确定自然灾害对人类居住环境的影响程度；最后在各单因子指数量化计算的基础上，建立人居环境自然适宜性综合评价模型(表 1)。

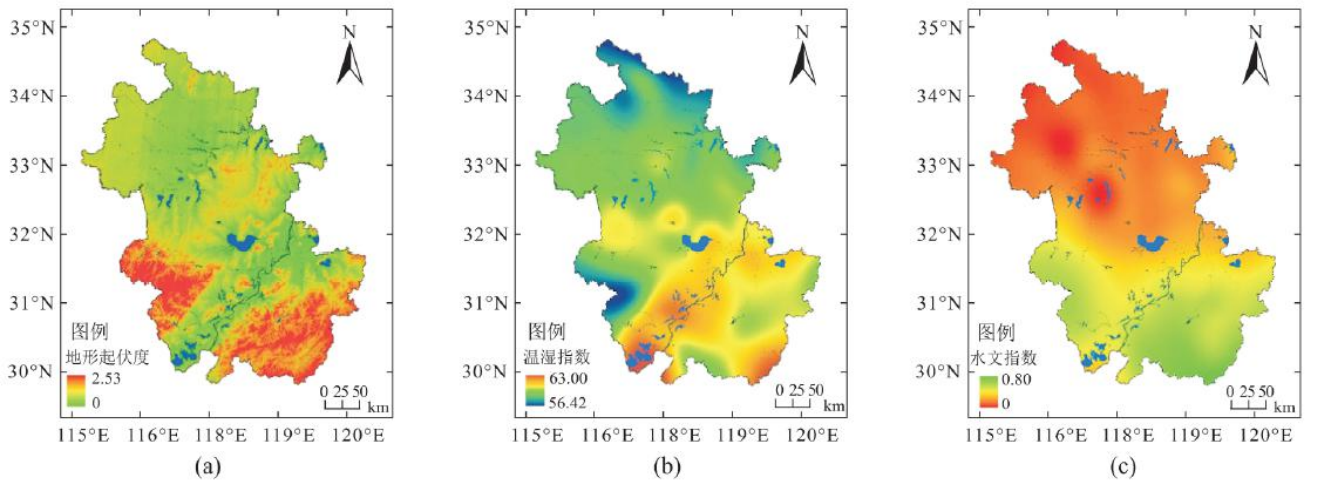
表 1 人居环境自然适宜性测度指标

测度指标	计算公式	参数说明
地形起伏度	$RDLS = ALT/1000 + \{ [\max(H) - \min(H)] \times [1 - P(A)/A] \} / 500$	为地形起伏度； $4L7^1$ 为以某栅格单元为中心一定区域内的平均海拔(m)； $\max(H)$ 、 $\min(H)$ 分别为该栅格区域内最高、最低海拔(m)； $P(A)$ 为该栅格区域内平地(坡度 $<5^\circ$ 的区域)面积(km^2)； A 为该栅格区域总面积(km^2)
温湿指数	$THI = 1.8t + 32 - 0.55(1-f)(1.8t - 26)$	THI 为温湿指数； f 为月均气温($^\circ\text{C}$)； $/$ 为月均空气相对湿度($\%$)
水文指数	$WRI = \alpha P + \beta W_a$	WRI 为水文指数； P 、 W_a 分别为标准化的年均降水量与水域面积， α 、 β 为各自权重。
地被指数	$LCI = NDVI \times LT_i \quad (i = 1, 2, \dots, 25)$	LCI 为地被指数；NDVI 为归一化植被指数； LT_i 为各土地利用类型的系数。
自然灾害危险度	$NHR = \max(FHR, GHR, SHR)$	NHR 为自然灾害危险度；FHR、GHR、SHR 分别为洪水、地质和地震单灾种危险度
人居环境指数	$HEI = \sum_{i=1}^n W_i \times P_i$	HEI 为人居环境指数， W_i 为第 Z 项指标权重， P_i 为第 i 项指标指数， n 为指标项数。

地形起伏度指标参数获取采用移动窗口法，设置矩形邻域窗口大小为 5×5 。气温、相对湿度、降水量数据均采用样条法插值。水文指数中 α 、 β 值参考郝慧梅等^[26] 研究，分别取 0.8、0.2。地被指数中 NDVI 数据利用 MRT 软件处理，并以 MVC 最大值合成法生成年最大值，地类系数参考《国家人口发展功能区工作技术导则》(表 2)。为提高参数间的正交性，自然灾害危险度指标仅选取洪水频率、地质灾害点密度、地震次数(震级 $M \geq 3$)，不考虑地形、降雨量、植被覆盖度等的影响，参数内部分级权重赋值依据几何学黄金分割原理(主、次比为 0.618)。按各测度指标计算公式，栅格计算生成各参评因子指数分布图(图 2(a)~(e))。

表 2 土地利用类型的系数

	耕地		林地				草地			建设用地			水域用地				未利用地		
用地类型	水田	旱地	有林地	灌木林	疏林地	其它林地	高盖度草地	中盖度草地	低盖度草地	城镇用地	农村居民点	其它建设用地	河渠	湖泊	水库坑塘	滩地	沼泽地	裸土地	裸岩石质地
系数	1.0	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.2	0.1



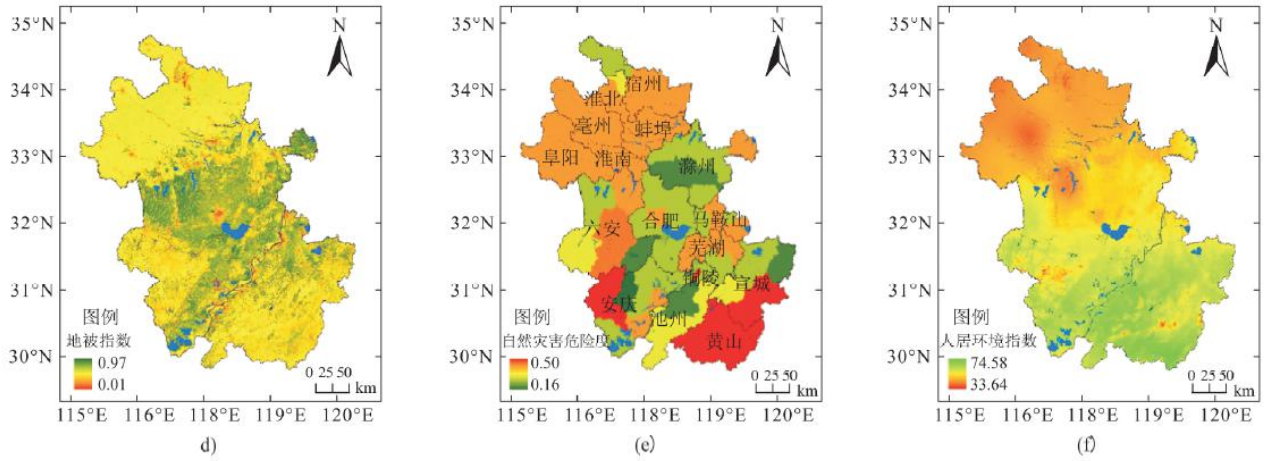


图 2 各参评因子指数及人居环境指数空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of each evaluation factor index and human settlements environment index

过往研究中, 人居环境指数的构成因子权重多参照各因子与人口数量的相关系数确定^[16, 26]。此外, 排列比较法^[15]、熵值法^[27]、因子分析法^[28]等也有使用。本文在专家打分的基础上, 运用 YAAHP 层次分析软件确定权重, 主、客观的结合, 克服了单一方法的不足, 最终确定地形起伏度、温湿指数、水文指数、地被指数、自然灾害危险度权重分别为 0.29、0.12、0.43、0.07、0.09。各单因子指数经过极差标准化(温湿指数、水文指数、地被指数)和逆向标准化(地形起伏度、自然灾害危险度)处理, 消除量纲、量级影响并放大到 0~100 之间, 综合计算制得人居环境指数分布图(图 2(f))。相应标准化公式如下:

极差标准化:

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

逆向标准化:

$$Score_i = (X_{\max} - X_i) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

式中: $Score_i$ 为第 i 个栅格的标准化值; X_i 第 i 个栅格的原始值; $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 为所有栅格中的最大值、最小值。

3 结果与分析

3.1 人居环境自然适宜性空间格局

安徽省人居环境指数介于 33.64~74.58 之间, 整体呈现由南向北递减的态势, 最高值分布在皖南地区, 最低值分布在皖南山地、皖西丘陵山地以及淮北平原东北部的高海拔丘陵地区(图 2(f))。依据人居环境指数特征, 将安徽省人居环境自然适宜程度由高到低划分为高度适宜、比较适宜、一般适宜、临界适宜等不同类型区(图 3、表 3)。

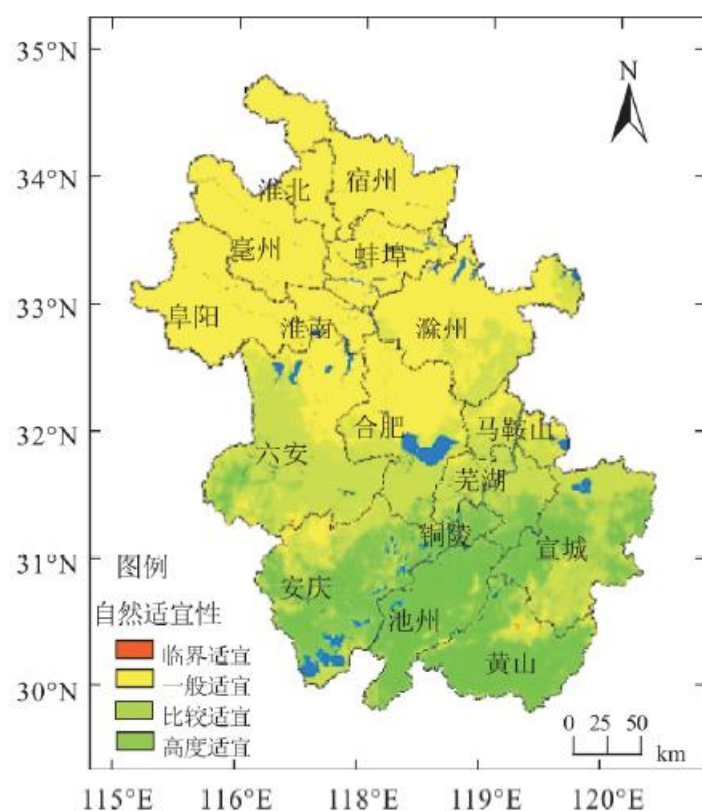


图 3 安徽省人居环境自然适宜性空间格局
Fig. 3 Distribution of natural suitability for human settlements environment in Anhui Province

表 3 安徽省人居环境自然适宜性评价

类型区	人居环境指数		土地		人口		人口密度 (人/km ²)
	范围	均值	面积 (万 km ²)	比例 (%)	总数 (万人)	比例 (%)	
高度适宜区	60.00~74.58	63.12	3.15	22.54	894.34	14.34	284
比较适宜区	52.50~60.00	56.48	4.37	31.29	1 527.13	24.49	349
一般适宜区	40.00~52.50	47.96	6.43	46.08	3 812.97	61.16	593
临界适宜区	33.64~40.00	38.38	0.01	0.08	0.45	0.01	45

高度适宜区人居环境指数介于 60.00~74.58 之间, 均值 63.12, 是安徽省人居环境自然适宜程度最高的区域, 主要分布在皖南山区的池州、黄山、宣城等地以及铜陵以西沿江西部丘陵湖沼平原, 面积 3.15 万 km², 占全省总面积的 22.54%; 相应人口 894.34 万人, 占全省总人口的 14.34%, 人口密度 284 人/km², 略高于我国第 6 次人口普查中部地区的平均水平。

比较适宜区人居环境指数介于 52.50~70.00 之间, 均值 56.48, 集中分布在江淮丘陵、沿江东部水网圩区平原、皖西大别山区以及皖南山区东北部丘陵带, 面积 4.37 万 km², 占全省总面积的 31.29%; 相应人口 1527.13 万人, 占全省总人口的 24.49%, 人口密度 349 人/km²。安徽省长江经济带核翼城市均位于此区, 区域内城镇众多, 人口分布相对密集, 人口密度 349 人/km², 是全省经济、社会、科技和文化最为发达的地区。

一般适宜区人居环境指数介于 40.00~52.50 之间, 均值 47.96, 绝大部分位于淮北平原, 皖南山地和皖西丘陵山地亦有极少分布, 面积 6.43 万 km², 占全省总面积的 46.08%; 相应人口 3812.97 万人, 占全省总人口的 61.16%。一般适宜区在安徽省分布范围最广, 涉及县市最多, 区域人口密度高达 593 人/km², 远高于我国东部地区平均水平, 是全省人口最为密集的类型区。

临界适宜区人居环境指数介于 33.64~40.00 之间, 均值 38.38, 相对集中分布在皖南和皖西大别山区的低、中山地域, 淮北平原东北部的淮北丘陵亦有极小范围存在, 面积 0.01 万 km², 约占全省总面积的 0.08%; 相应人口 0.45 万人, 约占全省总人口的 0.01%。由于自然条件勉强适合人类常年居住和生活, 区域人口密度仅 45 人/km², 低于我国西部地区平均水平, 是安徽人口最为稀少的地域。

可以看出, 安徽省绝大部分地区适宜人类居住, 临界适宜区范围极其有限, 由于人口相对集中在一般适宜区, 全省人居环境自然适宜性“南高北低”的空间分异格局与“北高南低”的实际人口分布态势截然相反。

3.2 人居环境的自然适宜性与限制性

参照中国人居环境自然适宜性分级标准^[14]、人体生理气候舒适度标准^[29]等, 将安徽省地形起伏度、温湿指数、水文指数、地被指数、自然灾害危险度等特征值重分类, 各类型区相关要素均值及分级评价见表 4。

表 4 人居环境自然适宜性空间信息分类

因子 类型区		年均温度 (℃)	年均降水 (mm)	平均海拔 (m)	NDVI	地形起伏 度	温湿指数	水文指数	地被指数	自然灾害 危险度
高度适宜区	均值	16.1	1 523	154.02	0.79	0.16	0.61	0.5	0.62	0.35
	评价	适宜	充足	较低	高	高度适宜	高度适宜	较适宜	较适宜	中度
比较适宜区	均值	15.8	1 268	162.9	0.77	0.17	0.6	0.34	0.63	0.34
	评价	适宜	较充足	较低	较高	高度适宜	高度适宜	一般适宜	较适宜	中度
比较适宜区	均值	15.1	921	53.78	0.78	0.06	0.59	0.13	0.61	0.37
	评价	适宜	一般	低	较高	高度适宜	较适宜	临界适宜	较适宜	中度
临界适宜区	均值	14.9	1 406	1 043.52	0.82	1.87	0.59	0.44	0.51	0.43
	评价	适宜	充足	高	高	临界适宜	较适宜	较适宜	一般适宜	重度

3.2.1 高度适宜区

从人居环境的自然适宜性来看，高度适宜区地处亚热带湿润季风气候区，其年均气温、年均降水量在各类型区中最高，温湿状况高度适宜。皖南山区新安江水系发育，沿江平原湖泊星罗棋布，区域地表水源非常丰富，水文指数均值高达 0.50。大面积平原与山间盆地、谷地的存在，使得区域总体地势低平，地形起伏度均值仅 0.16。由于水热、地形条件匹配甚好，区域内农业生产条件十分优越。高度适宜区平均 NDVI 值 0.79，地被指数均值 0.62，植被特别是森林覆盖率高，山清水秀，环境优美。水热、地形、地被自然要素的最佳组合，使得高度适宜区自然环境尤为适合人居。

安徽省自然灾害普发，高度适宜区也不例外，其自然灾害危险度均值 0.35，略高于比较适宜区，同属中度限制。在汛期强降水期间，皖南山区部分地域易出现滑坡和泥石流等地质灾害，且规模较大；沿江地区洪水危险性等级较高，易泛滥成灾。

3.2.2 比较适宜区

比较适宜区也位于亚热带湿润季风气候区内，温湿状况、水热条件亦好，但相比高度适宜区指标均有明显下降。区域内地貌类型相对复杂，平均海拔与地形起伏度均略高于高度适宜区。由于农业耕作面积较大，尽管区域 NDVI 均值 (0.77) 低于高度适宜区，但其地被指数均值却高达 0.63，为全省之最。较为优越的人居自然环境为区域人口的集聚与发展提供了有利基础。

就灾害限制性而言，皖西丘陵山地区，山高坡陡，岳西、太湖、霍山、金寨等地，易发生崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害；由于位于著名的郯城—庐江深断裂带上，域内霍山、六安是安徽地震活动强度最大、频度最高的区域；沿江地区洪水危险性等级较高，汛期洪水集中，易泛滥成灾；近年来长江岸崩也较为频繁。比较适宜区内灾害种类多样，由于单灾种危险性总体较低，自然灾害危险度均值在各类型区中最小 (0.34)。

3.2.3 一般适宜区

地形条件是一般适宜区的最大优势，由于地处广袤平原，平均海拔仅 53.78m，地形起伏度仅 0.06，在各类型区中最低。低平的地势既便于生活基础设施的建设，也便于农业生产耕作，有利于人口的聚集。

一般适宜区绝大部分位于暖温带半湿润季风气候区，虽年均气温、降水量相比高度、比较适宜区均有大幅下降，但水热条件仍适合作物与植被生长，区域内 NDVI、地被指数均值与高度、比较适宜区差别不大，植被覆盖亦相对较好。然而，一般适宜区地表水资源主要集中分布在沿淮及主干河道范围内，绝大部分地区地表水资源较为缺乏，其水文指数均值 (0.13) 远低于其他各类型区，处于临界适宜状态，水文条件的不足大大降低了区域环境的适宜程度。

此外，一般适宜区内自然灾害对人类生产生活的影 响相对较大，自然灾害危险度均值 0.37，仅次于临界适宜区。淮河北岸支流多而长，流势平缓，河床淤浅，洪水灾害极易发生，沿淮地区受其影响较大；淮河中下游地区是安徽省地震活动较多的地区，固镇等地的地震频数密度较大；缓变性地质灾害在该类型区也较为严重，阜阳、亳州及天长等地存在地面沉降，两淮煤田开采区是全省地面塌陷最严重的地区，六安、合肥、滁州等地还存在膨胀土灾害。

3.2.4 临界适宜区

临界适宜区平均海拔高，年均气温低，年均降水量大，温湿较适宜。因多地处山地，区域内自然森林植被覆盖条件好，其平均 NDVI 值在各类型区中最高 (0.82)，但地被指数与其他类型区差别较大，在各类型区中最低。

由于地形起伏度大 (1.87)，地形地貌成为该区人居的主要限制因素，除出行受到很大约束外，也不利于社会基础设施的建

设,在地形的控制下,山地气候也局限着人类的生产生活方式。由于山地地质灾害易发,临界适宜区自然灾害危险度均值高达0.43,属于重度限制。山地自然条件勉强适合人类常年居住和生活。

综上所述,安徽省气候适宜性较好,各类型区温湿差异不大,舒适度较高,气候条件未对全省人居环境造成限制性影响。与之相比,地形的南北变化较大,高地起伏度区间平地比例极少,不利于生产生活,很大程度上限制了人口的分布,地势低平的平原地区人口较多。全省水文条件同样南北分异显著,南部地区水文指数均高于全国均值(最高达0.80,居全国中上水平),中部和北部地区水文条件明显相对较差(水文指数均低于全国均值)。通常,水文条件优越的地方,人居取水相对方便,居住环境更为适宜,但从不同适宜区水文条件、实际人口占全省比例来看,二者并不匹配。由于地被指数计算中突出了耕地的地类系数,因此在人类耕作活动显著的类型区中地被指数均较高。然而就NDVI值而言,全省地被覆盖整体较高,区间差别甚微。地被条件与地区人口集聚的关联性弱。此外,自然灾害在各类型区中普遍存在,其实际危险度格局与现有人口分布态势也不相符。

4 结论与讨论

(1)安徽省人居环境自然适宜性总体较好,在空间上,适宜性总体呈现由南向北逐渐降低的态势,区域分异较为明显。全省人口生存与发展的空间较大,人口流动与集聚的适宜范围较广。

(2)地形、气候、水文、地被和自然灾害等自然因素之间相互联系,共同作用于人类居住的生活环境。地形起伏度和水文指数是造成安徽省人居环境自然适宜性分异的主要因子。除地形因素外,气候、水文、地被和自然灾害对实际人口分布的适宜或限制性不甚明显。受地形主导限制因子的影响,全省人口呈现北多南少,平原多、丘陵山地少的空间分布格局。

(3)自然环境是人类赖以生存、发展的基础,决定了人口分布的基本态势,然而人类聚居的选择,除早期易受自然地理条件的根本控制外,后期更受到社会经济因素等人类系统的持续影响。安徽是全国农业大省,人口分布仍延续着农业生产时代的特征。农业耕作对劳动力资源的需求,使得耕地面积大、生产力相对落后的北方地区人口大规模集聚,其他地区人口分布相对分散。安徽省人居环境自然背景与人口分布格局的不一致,凸显了社会人文环境对人口分布的巨大驱动,结合经济、基础设施与公共服务等复杂人文因素全面深入分析人居环境适宜性,揭示人地协调的过程与机理,是今后进一步研究的方向。省域尺度下的分析结果与已有全国尺度研究中自然环境条件、人口分布高度匹配结论的截然差异,反映了地理数据表达对空间尺度的深刻依赖,也校验了全国大尺度评价的适用性。

(4)发展、公平、绿色是可持续理念下人居环境的三大目标。由于人居自然环境质量相对稳定,人为改善较难,因此需要在人居人文环境上下功夫。鉴于社会经济发展水平对人口迁入的“拉力”作用,未来可参照人居环境自然适宜性分区特点,因地制宜地设计区域发展方向与格局,不断提升人居人文环境质量,在积极推进区域均衡发展的同时,充分利用合肥、芜湖、马鞍山、铜陵等经济发展水平较高城市的已有条件和物质基础,以合肥城市群、马芜铜沿江经济带的产业集聚吸引人口集中,并辅以其他措施引导人口向人居环境更为优越的区域有序流动,促进人口依据自然环境条件科学分布,实现和谐人居。

(5)研究单元从传统行政区域向规则栅格单元的转变,有助于提高评价分析的精度。现有研究中,模型指标的选取、参数权重的确定以及社会经济要素的栅格面状转化,尚需作进一步的改进和完善。由于可塑性栅格单元问题直接导致了所刻画规律的不尽相同,具体尺度下采用何种分辨率开展研究更具说服力,也有待继续深入探索。

参考文献:

[1] 李雪铭,姜斌,杨波. 人居环境:地理学研究面临的一个新课题[J]. 地理学与国土研究,2000,16(2):75-78.

LI X M, JIANG B, YANG B. Human settlement: A new study field faced by geography [J]. Geography and Territorial Research, 2000, 16(2) : 75—78.

[2] 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 of human settlements [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2001.

[3] 黄宁, 崔胜辉, 刘启明, 等. 城市化过程中半城市化地区社区人居环境特征研究——以厦门市集美区为例 [J]. 地理科学进展, 2012, 31(6) : 750—760.

HUANG N, CUI S H, LIU Q M, et al. Study on the characteristics of community human settlements in peri-urban area during urbanization: a case of Jimei district, Xiamen City [J]. Progress in Geography, 2012, 31(6) : 750—760.

[4] SEBTI M, ALKAMA D, BOUCHAIR A. Assessment of the effect of modern transformation on the traditional settlement ‘Ksar’ of Ouargla in southern Algeria [J]. Frontiers of Architectural Research, 2013(2) : 322—337.

[5] 杨雪, 张文忠. 基于栅格的区域人居自然和人文环境质量综合评价——以京津冀地区为例 [J]. 地理学报, 2016, 71(12) : 2141—2154.

YANG X, ZHANG W Z. Combining natural and human elements to evaluate regional human settlements quality based on raster data: A case study in Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(12) : 2141—2154.

[6] 金星星, 叶士琳, 吴小影, 等. 海岛型城市人居环境质量评价——基于厦门市和平潭综合实验区的对比 [J]. 生态学报, 2016, 36(12) : 3678—3686.

JIN X X, YE S L, WU X Y, et al. A quality evaluation of human settlements in island cities: a comparison between Xiamen and Pingtan [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12) : 3678—3686.

[7] FENG Z M, TANG Y, YANG Y Z, et al. Relief degree of land surface and its influence on population distribution in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2008, 18(2) : 237—246.

[8] 查瑞生, 陈梦琳, 赵晓雪. 基于地形起伏度的南川区人居环境地形适宜性评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(10) : 150—156.

ZHA R S, CHEN M L, ZHAO X X. An RDLS-based evaluation of natural environment suitability for human settlement in Nanchuan [J]. Journal of Southwest University(Natural Science Edition), 2014, 36(10) : 150—156.

[9] WILLIAM F A, BETSY W, LIANG W J, et al. Climate and origin of humankind [J]. World Science, 1993(5) : 29—32.

[10] 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.

[11] 任学慧, 李颖, 王健. 近 60 a 北方沿海城市人居环境气候舒适性评价——以辽宁省为例 [J]. 自然资源学报, 2013, 28(5) : 811—821.

REN X H, LI Y, WANG J. Evaluation of climate comfortability for human settlement environment in northern coastal cities in recent 60 years: taking Liaoning as a case [J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(5) : 811—821.

[12] 李鑫, 郑贱成. 基于人居环境湘北地区水文条件的评价 [J]. 经济研究导刊, 2008, 33(14) : 181—183.

LI X, ZHENG J C. Evaluation of hydrologic condition in northern Hunan based on human settlement [J]. Economic Research Guide, 2008, 33(14) : 181—183.

[13] 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.

[14] FENG Z M, YANG Y Z, ZHANG D, et al. Natural environment suitability for human settlements in China based on GIS [J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(4) : 437—446.

[15] 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, 27(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, 27(11) : 1940—1950.

[16] 郭晓娜, 苏维词, 李强, 等. 基于 GIS 和 RS 的黔南喀斯特地区人居环境自然适应性评价 [J]. 中国岩溶, 2016, 35(2) : 218—225.

GUO X N, SU W C, LI Q, et al. Application of GIS and RS technologies to the evaluation of natural suitability of human habitation in Qiannan karst area [J]. Carsologica Sinica, 2016, 35(2) : 218—225.

[17] 谢晓议, 曾珏, 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 suitability for human settlement in Chongqing [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(10) : 1351—1359.

[18] 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. Natural suitability for human settlement based on GIS technology [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(8) : 1006—1012.

[19] 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.

[20] 胡和兵, 林逢春. 安徽省城市人居环境评价与分析 [J]. 现代城市研究. 2005(10) : 52—56.

HU H B, LIN F C. The analysis and appraisal of urban human settlement in Anhui Province [J]. Modern Urban Research. 2005(10) : 52—56.

[21] 温倩, 方凤满. 安徽省人居环境空间差异分析 [J]. 云南地理环境研究, 2007, 19(2) : 84—87.

WEN Q, FANG F M. Analysis of human settlement regional difference in Anhui Province [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2007, 19(2) : 84—87.

[22] 孙井东, 杨兴柱. 安徽城市人居环境质量时空演变特征[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2016, 39(2) : 168—174.

SUN J D, YANG X Z. Characteristics of urban human settlement environment quality of Anhui Province [J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science), 2016, 39(2) : 168—174.

[23] THOM E C. The discomfort index [J]. Weatherwise, 1959, 12(2) : 57—61.

[24] 国家环境保护部. 生态环境状况评价技术规范(发布稿) [S]. 中华人民共和国国家环境保护标准 (HJ 192-2015) , 2015-03-13.

State Environmental Protection Administration of China. Technical criterion for ecosystem status evaluation (release) [S]. Environment Protection Industry Criterion of China (HJ 192-2015) , 2015-03-13.

[25] 樊杰. 中国主体功能区划方案 [J]. 地理学报, 2015, 70(2) : 186—201.

FAN J. Draft of major function oriented zoning of China [J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(2) : 186—201.

[26] 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.

[27] 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.

[28] 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, SHEN L, GAO T M, et al. Assessment of human settlement environment in Lancang river basin based on manland relationship [J] . Resources Science, 2012, 34 (7) :1192—1199.

[29] 刘青春, 王铮, 许世远. 中国城市旅游气候舒适性分析 [J] . 资源科学, 2007, 29(1) : 133—141.

LIU Q C, WANG Z, XU S Y. Climate suitability index for city tourism in China [J] . Resources Science, 2007, 29(1) :133—141.