

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析

冉 晨

(洛阳市气象局,河南 洛阳 471000)

摘要:选取 1971—2020 年洛阳市的 9 个气象站点的月数据,分别对 50 年间的舒适度指数进行统计分析和空间可视化,从时空演变的角度对洛阳市旅游气候的舒适度实现精细化评估。结果表明,各舒适度指数的舒适月集中分布于 4—5 月和 9—10 月,在 50 年间,温湿指数逐年上升,着衣指数逐年下降,风效指数和综合舒适度指数在春、秋和冬季逐年上升,夏季呈平稳波动下降趋势。在空间分布上,温湿指数为东北高、西南低的空间格局,风效指数呈西南部和东北部低,东南部至西北部高的带状分布趋势,着衣指数为东北低、西南高的空间格局。综合舒适度最佳时间为 4 月和 10 月,主要分布于洛阳市东北部区域;5 月和 9 月舒适度较好,以西南部的栾川和东北区域为主。洛阳市的气候趋于暖湿化,舒适度在 50 年间呈波动上升趋势。

关键词:气候舒适度;空间分布;温湿指数;风效指数;着衣指数;综合舒适度;洛阳市

中图分类号:Q142.2;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0036-10

引文格式:冉晨. 基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析[J]. 林业调查规划,2023,48(3):36-45.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

RAN Chen. Climate Comfort Analysis of Luoyang Tourist Resort Based on GIS[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(3):36-45. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.007

Climate Comfort Analysis of Luoyang Tourist Resort Based on GIS

RAN Chen

(Luoyang Meteorological Bureau, Luoyang, Henan 471000, China)

Abstract: The monthly data of 9 meteorological stations in Luoyang from 1971 to 2020 were selected to carry out statistical analysis and spatial visualization of the comfort index in the past 50 years. From the perspective of temporal and spatial evolution, the comfort degree of Luoyang's tourist climate was carefully evaluated. The results showed that the comfort months of each comfort index were concentrated in April to May and September to October. In the past 50 years, the temperature and humidity index increased year by year, the clothing index decreased year by year, the wind efficiency index and the comprehensive comfort index increased year by year in spring, autumn and winter, and showed a steady fluctuation and decreasing trend in summer. In terms of spatial distribution, the temperature and humidity index was high in the northeast and low in the southwest, the wind efficiency index was low in the southwest and northeast, and high in the southeast and northwest, and the clothing index was low in the northeast and high in the southwest. The best time of comprehensive comfort was in April and October, which mainly distribu-

收稿日期:2021-12-27.

基金项目:洛阳市气象局气象科学技术研究项目(LQ202006).

第一作者:冉晨(1973-),女,河南洛阳人,工程师.主要研究方向为应用气象.

ted in the northeast area of Luoyang; the comfort level was good in May and September, and Luanchuan in the west and south and Northeast China are the main areas. The climate of Luoyang tended to be warm and humid, and the comfort level showed a fluctuating rising trend in the past 50 years.

Key words: climate comfort; spatial distribution; temperature and humidity index; wind efficiency index; clothing index; comprehensive comfort level; Luoyang

气候条件是影响人类生活舒适和身体健康的主要因素之一,因此,气候是娱乐和旅游环境的重要基础条件。旅游气候舒适度评价起源于气候舒适性研究,随着旅游产业的发展以及对舒适性气候的追求,气候舒适度评价逐渐成为旅游气候学研究的热点问题。早在1966年, Terjung W H等^[1]提出了气候舒适度指数(comfort index, CI)的概念,并对美国大陆的人居气候舒适情况进行了评估;1973年 Oliver J E在裸露实验的基础上建立了风寒指数测评标准^[2],加拿大气象局建立了舒适性指数测评的标准模型^[3]。我国旅游气候研究主要针对中小尺度区域进行气候舒适度分析,以长时间序列的气象数据为主,韩蓓蓓等^[4]通过华山气象站数据对旅游气候舒适度进行时空特征评价,李东等^[5]基于近50年的气象数据分析了乌鲁木齐市综合旅游气候舒适度。在我国大小城市之间,孔钦钦等^[6]通过通用热气候指数分析了我国12个重点旅游城市的气候舒适度及其近50年间的变化趋势,孙根年等^[7]基于30°N和35°N线各19个城市分析了气候舒适度与地形三级阶梯的关系,徐静等^[8]、马丽君等^[9]分别以秦皇岛和我国东部沿海区域的26个热点城市为主要研究区域,基于气候舒适度评价模型,划分舒适度的时空差异与适宜旅游活动等级和时段。除针对气象数据进行分析外,部分学者运用地理信息系统空间分析方法针对甘肃省庆阳市^[10]、河南省南阳市^[11]、浙江省丽水市^[12]等在空间分布上对气候舒适度进行直观呈现,并对气候舒适度年内分布、空间分布、季节分布和旅游资源稀缺性进行分析。刘艳霞等^[13]对温湿指数模型进行改进,利用MODIS地表温度和大气降水量数据,在较大尺度范围内分析气候舒适度的时空演变。随着遥感和地理信息技术的发展和气候舒适度评价的逐步成熟,韦夷等^[14]利用VBA可视化编程语言和GIS工具开发了针对旅游区舒适度的评价系统,在空间上将目标区域的舒适度进行可视化处理,在生态旅游方面具有指导意义。邱粲等^[15]依据海拔高程,对气候舒适度进行空间上的精细化评估,是对区域气候舒适度评价的精准化表达的进步,是气候舒适度的发展趋势。

本文选取洛阳市9个县级行政区设立的气象站点1971—2020年间气象数据,以温湿指数、风效指数和着衣指数为评价指标,对多年四季的指数进行线性拟合,运用样条插值法对各指标进行数据空间可视化,以此对洛阳市整体旅游气候舒适度进行时空变化分析,并在现有基础上做出精细化评价,以期对洛阳市旅游业的发展规划以及决策者管理区域旅游业提供借鉴。

1 研究区概况

洛阳市地处中原,位于黄河中游,地势西南高,东北低,跨越中国第二阶梯与第三阶梯的交界带,行政区划内的海拔高差相对较大,山川丘陵广布,占洛阳市面积的86.24%,地形复杂多样,河渠密布,分属长江、黄河与淮河三大水系。洛阳市属暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同期。

2019年末,洛阳市总人口717.02万人,其中常住人口692.22万人,洛阳市地区生产总值5034.9亿元,三次产业结构为4.9:46.3:48.8,其中第三产业比重很大,景区、度假区等相关服务类行业的发展尤为重要,而气候舒适度正是影响居民出行、休闲娱乐的重要因素,故气候舒适度的精细化评价对洛阳市旅游业的发展具有一定的参考价值。

洛阳市下辖1个县级市、8个县、6个区,本文以洛阳市9个县级行政区设立的气象站点为主(6个区以孟津为准),9个气象站分别为栾川、洛宁、孟津、汝阳、嵩县、新安、偃师、伊川、宜阳。

2 资料来源与研究方法

2.1 资料来源

选取的9个气象站点的气象数据源于洛阳市气象局,其中有2个基本站和7个一般站,气象数据包括气象站号、时间、经纬度、月平均气温(°C)、月平均风速(m/s)、月降水量(mm)、月平均相对湿度(%)和月日照时间(h)。为保证数据的时效性和连续性,选用1971—2020年共50年的长序列时间跨度数据,并对部分气象要素缺失的数据与县气象局

进行核验补充,以保证计算和评价结果的准确度。

2.2 研究方法

国内学者对气候舒适度研究的计算模型和方法大同小异,气候舒适度评价技术和方法也不断完善,丁玲玲等^[16]认为着衣指数对旅游气候舒适度影响不大,邱黎等^[15]认为风效指数即可反映当地气候特点对人体的综合影响,故本文采用温湿指数、风效指数和着衣指数为评价指标,综合舒适度指数参照张可心等^[10]采用专家打分法与层次分析法确定的权重值,增大风效指数的权重,减小着衣指数的权重,以此计算洛阳市的综合舒适度指数。

2.2.1 温湿指数

温湿指数(简称 THI)是通过温度和湿度的组合来反映人体与周边环境的热量交换,是人类气候舒适感受的首要指标,计算公式为:

$$THI = (1.8t + 32) - 0.55(1-f)(1.8t - 26) \quad (1)$$

式中: t 为气温($^{\circ}\text{C}$); f 为相对湿度(%)。

气温的改变直接影响到人体内热量的散发快慢;湿度的高低则决定了人体的热代谢和水盐代谢速度。

2.2.2 风效指数

风效指数(简称 WEI)是依据风寒指数(WCI)演变而来的,计算公式为:

$$WEI = - (10\sqrt{v} + 10.45 - v) \times (33 - t) + 8.55s \quad (2)$$

式中: v 为风速(m/s); t 为气温($^{\circ}\text{C}$); s 为日照时数(h/d)。

2.2.3 着衣指数

着衣指数(简称 ICL)是综合了气温、风速、太阳辐射等多种因素对人体的影响,提出人们可以通过穿衣来改变气候带来的不舒适情况。计算公式为:

$$ICL = \frac{33 - t}{0.155H} - \frac{H + aR\cos\alpha}{(0.62 + 19.0\sqrt{v})H} \quad (3)$$

式中: t 为某一评价时段的平均温度,本文选取月平均气温($^{\circ}\text{C}$); H 为人体代谢率的75%,文中取轻活动量下的代谢率,此时 $H = 87 \text{ W/m}^2$; a 为人体对太阳辐射的吸收情况, $a = 0.06$; R 为垂直阳光在单位面积土地上所接收的太阳辐射, $R = 1367 \text{ W/m}^2$; α 是太阳高度角, $\alpha = 90^{\circ} - (\text{当地纬度} - \text{正午太阳直射点纬度})$,正午太阳直射点纬度分别选取春秋分、夏至、冬至日的太阳直射点; v 为风速(m/s)。

2.2.4 综合舒适指数

旅游气候综合舒适指数是根据公众调查评分和

层次分析法确定温湿指数、风效指数和着衣指数权重,温湿指数赋值月迹线变化较大,穿衣指数赋值次之、风效指数赋值变化较小,由此建立旅游气候舒适度的综合评价计算模型。计算公式为:

$$CCI = aTHI + bWEI + cICL \quad (4)$$

式中:CCI代表综合舒适指数;THI、WEI、ICL分别代表温湿指数、风效指数、着衣指数; a 、 b 、 c 分别代表温湿指数、风效指数和着衣指数的赋值, $a = 0.6$, $b = 0.3$, $c = 0.1$ 。

2.2.5 空间插值分析

样条函数有两种类型,分别为规则样条函数方法和张力样条函数方法。规则样条函数方法(REGULARIZED)是产生平滑的表面和平滑的一阶导数,使用可能位于样本数据范围之外的值来创建渐变的平滑表面;张力样条函数方法(TENSION)是根据建模现象的特征调整表面的硬度,其使用受样本数据范围约束更为严格的值来创建不太平滑的表面。本文的样条函数法最适合生成平缓变化的表面,例如:高程、地下水位高度或污染程度。

样条函数插值法优于内插法表现在:表面必须恰好经过数据点;表面必须具有最小曲率,即通过表面上每个点获得的表面的二阶导数项平方的累积总和必须最小。由于指数值区间划分舒适度较为严格,故本文选用张力样条函数方法,将指数数据控制在一定范围内,运用 ArcGIS 10.5 进行计算,以精准呈现舒适度指数的空间分布状况。

2.2.6 指数等级标准

基于人体感觉的温湿指数、风效指数和着衣指数的分级标准见表1。

为实现精准化评价,将指数值的划分精确至两位小数,其中,温湿指数在55.10~70范围为人体感觉最佳状态,风效指数介于-800~-200.10范围为相对舒适范围,薄厚适中的衣物对应的着衣指数为0.5~1.49。

3 结果与分析

3.1 舒适度指数变化

基于洛阳市的9个气象站在1971—2020年间的气温、风速、相对湿度等数据,分别计算温湿指数、风效指数和着衣指数,将其月平均指数分组为4个季节,季节划分为春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12—2月),对近50年的各指数进行统计与线性拟合分析。

表 1 温湿指数、风效指数和着衣指数的等级标准及赋值

Tab. 1 Rating standards and assigned values for temperature and humidity index, wind efficiency index and clothing index

温湿指数	人体感觉	风效指数	人体感觉	着衣指数	穿着衣服	设定符号
≤40	很冷,极不舒适	≤-1200	极冷	≥2.5	羽绒或毛皮衣	e
40~45	寒冷,不舒适	-1200~-1000.1	冷风	1.8~2.49	便服加厚实外套	d
45.1~55	偏冷,较舒适	-1000~-800.1	稍冷风	1.5~1.79	冬季常用服装	c
55.1~60	清凉,舒适	-800~-600.1	凉风	1.3~1.49	春秋常用服装	b
60.1~65	凉,非常舒适	-600~-300.1	舒适风	0.7~1.29	衬衫和常用便服	A
65.1~70	暖,舒适	-300~-200.1	暖风	0.5~0.69	轻便的夏服	B
70.1~75	偏热,较舒适	-200~-50.1	暖热风	0.3~0.49	短袖开领衫	C
75.1~80	闷热,不舒服	-50~80	热风	0.1~0.29	热带单衣	D
≥80	极其闷热,极不舒服	≥80	炎热风	≤0.1	超短裙	E

3.1.1 温湿指数

经统计分析,洛阳市 1971—2020 年的逐月温湿指数介于 31.18~81.67 范围,温湿指数在一年中,由春季到冬季呈现先上升后下降的趋势,夏季最高,冬季最低,春秋适中。由表 1 可知,温湿指数介于 55~70 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9

地累计共有 1 781 个月的温湿指数在舒适范围内,占月总量的 33%,集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,而在部分地区的舒适月份有所延迟或缩短,以栾川最为明显。

对 1971—2020 年各季节的区域平均温湿指数进行统计,结果如图 1 所示。

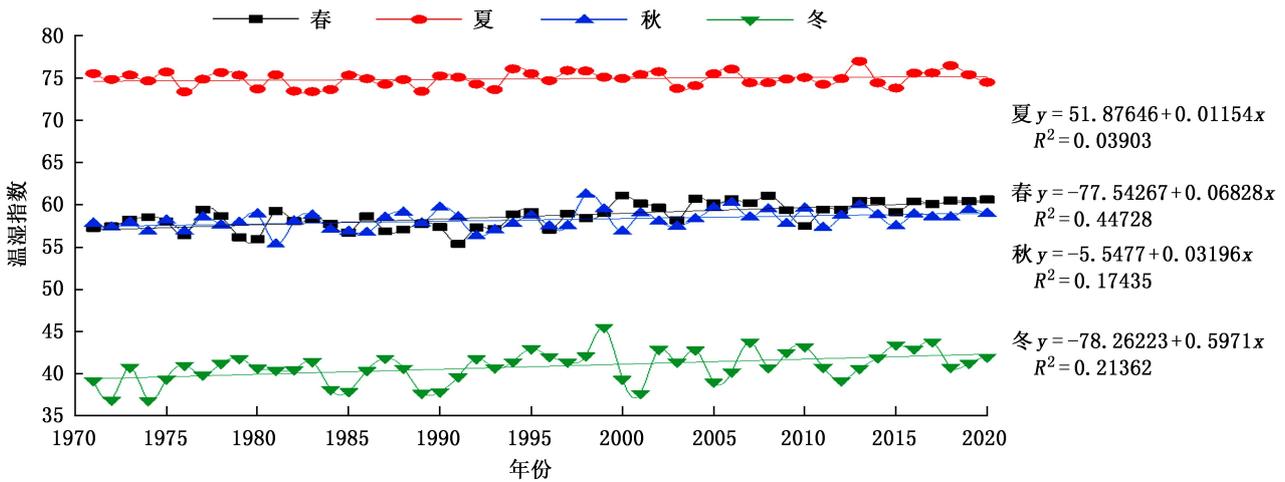


图 1 洛阳市温湿指数及变化趋势

Fig. 1 Change trend of temperature and humidity index in Luoyang

由图 1 看出,洛阳市的温湿指数在 50 年间呈波动上升趋势,整体趋势显示洛阳市趋于暖湿化,春季与冬季的上升幅度较为显著,夏季和秋季的上升幅度较小,冬季温湿指数波动最大,春秋两季次之,夏季最为平稳。

3.1.2 风效指数

对于风效指数,洛阳市近 50 年的逐月风效指数介于-906.66~5.39 范围,在一年中,由春季到冬季

呈先上升后下降趋势,与温湿指数相同。由表 1 可知,风效指数介于-800~-200 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9 地累计共有 3 680 个月的风效指数在舒适范围内,占月总量的 68%,集中分布于春、秋和冬季,夏季由于气温高,主要为暖热风和热风,舒适度相对较低。

对 1971—2020 年各季节的区域平均风效指数进行统计,结果如图 2 所示。

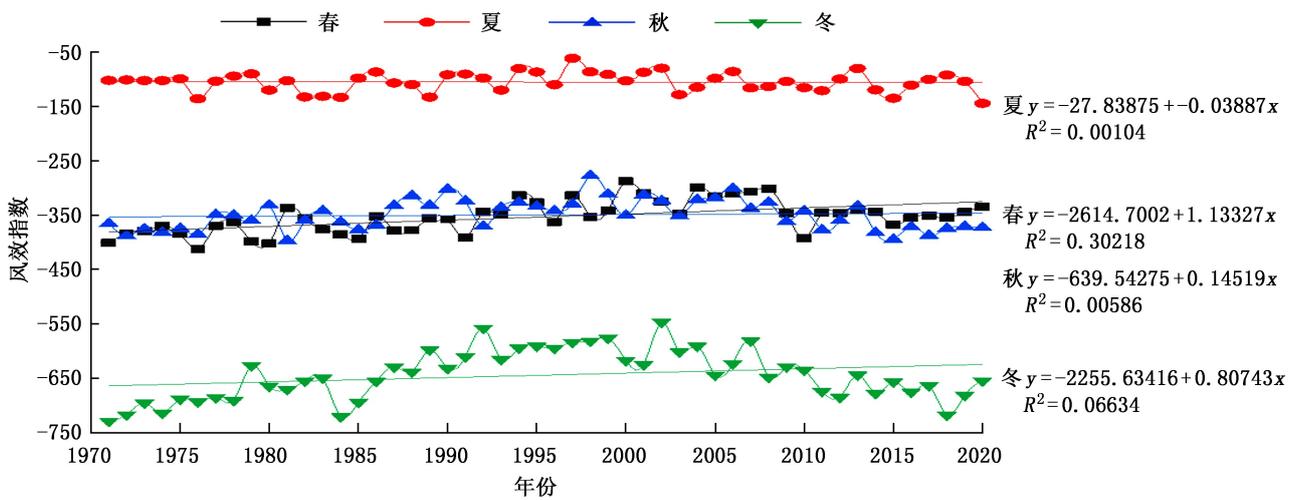


图 2 洛阳市风效指数及变化趋势

Fig. 2 Change trend of wind efficiency index in Luoyang

从图 2 看出,洛阳市的风效指数在 50 年间变化幅度较小,整体无明显趋势,在春、秋和冬季呈波动上升趋势,其中春季上升幅度最大,秋季升幅最小,而夏季的风效指数呈平稳波动下降趋势,春季的上升幅度较为显著。波动幅度中,冬季风效指数波动最大,呈先上升后下降趋势,2002 年时达到最高值,1971 年为最低值。

3.1.3 穿衣指数

洛阳市近 50 年的逐月穿衣指数介于 0.20 ~ 2.67 范围,在一年中,由春季到冬季呈先下降后上

升趋势,夏季最低,冬季最高,春秋适中。由表 1 可知,穿衣指数介于 0.5~1.4 范围属于人体感觉舒适阶段,在近 50 年间,9 地累计共有 2 355 个月的穿衣指数在舒适范围内,占月总量的 44%,集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,7 月和 8 月由于气温高,以短袖开领衫或热带单衣为主,冬季由于气温低,穿着主要为便服加厚实外套或羽绒服或毛皮衣,舒适度相对较低。

对 1971—2020 年各季节的区域平均穿衣指数进行统计,结果如图 3 所示。

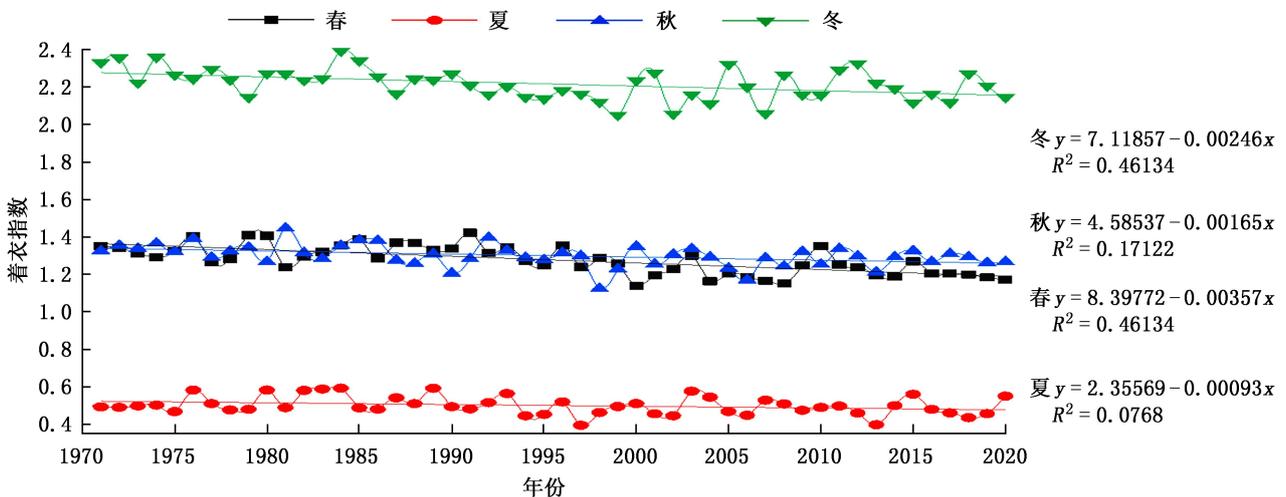


图 3 洛阳市穿衣指数及变化趋势

Fig. 3 Changing trend of clothing index in Luoyang

从图 3 看出,洛阳市的穿衣指数在 50 年间呈波动下降趋势,整体趋势显示洛阳市趋于温暖,穿衣数量和厚度均在下降,冬季与春季的下降幅度较秋季

和夏季明显,冬季穿衣指数于 1998 年之前波动幅度较小,1998 年之后波动幅度增大,夏季穿衣指数最为平稳。

3.2 舒适度指数空间分布

对洛阳市 9 个气象站点的 50 年平均气候舒适度指数进行季节划分,挑选其中最具代表性的月份,对 1 月、4 月、7 月和 10 月的温湿指数、风效指数、着衣指数和综合舒适度指数进行空间插值,结合等值线对洛阳市的旅游气候舒适度进行空间分布分析。

3.2.1 温湿指数

利用 1971—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的温湿指数绘制洛阳市温湿指数空间分布图(图 4)。

由图 4 可知,洛阳市近 50 年间的平均温湿指数形成东北高、西南低的空间格局。与地形相关,西南地区多山脉丘陵分布,东北部以平原为主,城市建筑面积相对集中,海拔因素与城市热岛效应相结合,致使温湿差异明显。在 4 个典型月份中,7 月的温湿指数等值线相较于其他 3 个月份更为密集,温湿指数在东北和西南部分区域的差异较大,全年中的高温月份,仅有栾川区域为偏热,感受较舒适,洛宁、嵩县等其他区域均为闷热,而伊川和偃师附近区域为高值区,人体感受更加不舒服;在全年气温较低的 1 月,由于汝阳的温湿指数稍高,且偃师的温湿指数较低,温湿指数的等值线由宜阳和新安向东南延伸,形成中部偏西北的带状区域,但由于 1 月最高温湿指数低于 40,所以洛阳区域感受均为极不舒适;相较于 1 月和 7 月,4 月和 7 月的温湿指数相对适中,其中 4 月的偃师、伊川和宜阳感受凉爽,属于非常舒适区域,7 月除洛阳的西南边缘地区感受偏冷外,其余区域均为令人感受清凉的舒适区。

3.2.2 风效指数

利用 2017—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的风效指数绘制洛阳市风效指数空间分布图(图 5)。

由图 5 可知,洛阳市风效指数在空间分布上呈西南部最低、东北部较低、东部较高、东南部至西北部高的带状分布趋势。其中,1 月的等值线相较于其他 3 个月更为密集,风效指数在南北空间上的差异相对较大,作为全年低气温的月份,嵩县区域为舒适风,洛宁、栾川和汝阳等其他区域为凉风,1 月整体区域均为舒适风;4 月的风效指数值比 1 月整体偏高,但同样在嵩县形成高值区,为暖风,其他区域为舒适风;全年气温较高的 7 月,由于伊川和偃师的风效指数升高,等值线向东北延伸,形成由西北向中部进而转向东北的带状高值区,为热风,其他区域为暖热风,处于舒适范围内;10 月时,嵩县与洛宁的风效指数分别形成了高值区,为暖风,依此为中心,数值向南北两侧逐渐降低,为舒适风,人体感受最佳。

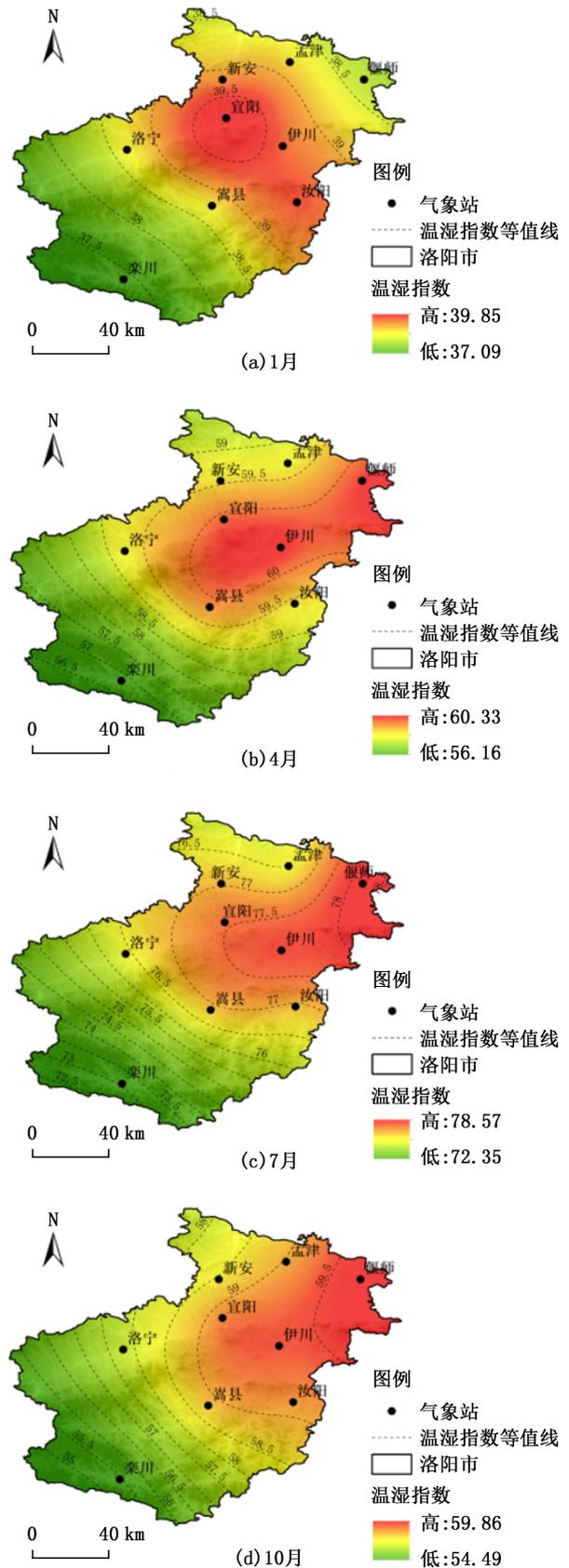


图 4 洛阳市温湿指数空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of temperature and humidity index in Luoyang

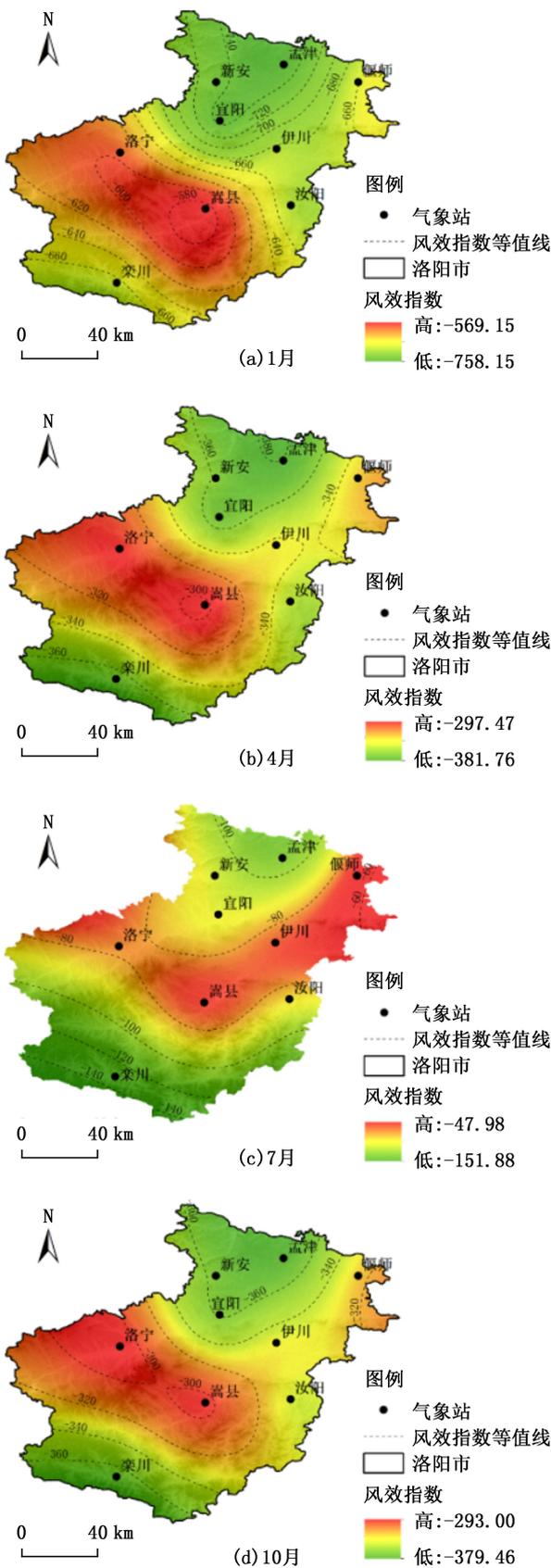


图 5 洛阳市风效指数空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of wind efficiency index in Luoyang

3.2.3 穿衣指数

利用 2017—2020 年 1 月、4 月、7 月和 10 月的穿衣指数绘制洛阳市穿衣指数空间分布图(图 6)。

由图 6 可知,洛阳市近 50 年间的平均穿衣指数在空间上形成东北低、西南高的空间格局,与气温形成相关关系,气温越高,穿衣指数越低,穿着衣物越薄,而西南地区气温相对较低,穿着衣物相对较厚。在 4 个典型月份中,同温湿指数相似,7 月的穿衣指数等值线相对更为密集,穿衣指数等值线在东北区域稀疏,西南部分区域则沿着西北东南方向密集排布,故西南区域穿衣指数的相对差异较大,7 月为全年中的高温月份,户外活动的人穿着衣物相对较薄,其中栾川区域适宜穿轻便的夏服,属于舒适范围内,而洛宁、嵩县等其他区域感受偏热,适宜穿短袖开领衫;1 月由于孟津、新安和偃师的穿衣指数稍高,穿衣指数以嵩县为中心,在洛宁、宜阳、伊川和汝阳区域形成了等值线闭合的低值区域,整体来看,由于气温低,洛阳市整体适宜穿便服加厚外套;4 月和 7 月的穿衣指数介于 1.2~1.5 范围,其中 4 月的栾川、7 月的栾川和新安适宜穿春秋常用服装,其他区域较暖,适宜穿衬衫和常用便服,均为舒适的感受区域。

3.3 综合舒适度指数

为实现旅游气候舒适度精细化评价,基于洛阳市 1971—2020 年间的月温湿指数、风效指数和穿衣指数数值,运用公式(4)对综合舒适度指数进行计算,并将月平均指数按四季划分,得到近 50 年的四季指数变化及其线性拟合结果(图 7)。

经统计分析,洛阳市 1971—2020 年逐月综合舒适度指数介于 27.00~-194.85 范围,与温湿指数和风效指数相同,由春季到冬季呈先上升后下降趋势。

对各季节的区域平均综合舒适度指数进行线性拟合,春季与冬季综合舒适度指数的上升幅度较为显著,秋季的上升幅度较小,夏季为微小幅度下降,斜率近似于水平,冬季的指数波动幅度最大,春秋两季次之,夏季最为平稳。洛阳市的综合舒适度指数在 50 年整体呈波动上升趋势,由此说明洛阳市的旅游气候舒适度波动上升,趋势向好。

根据 1971—2020 年洛阳市 9 个气象站的观测资料,依据公式(1)、(2)、(3)及各指数值设定的区间符号,分别计算出各区县月平均温湿指数、风效指数和穿衣指数,其对应设定的代码组合见表 2。

从各区县的温湿指数、风效指数和穿衣指数组合情况来看,洛阳市在 4—5 月和 9—10 月适宜出行和旅游,感受较为舒适。4 月,在偃师、伊川和宜阳人

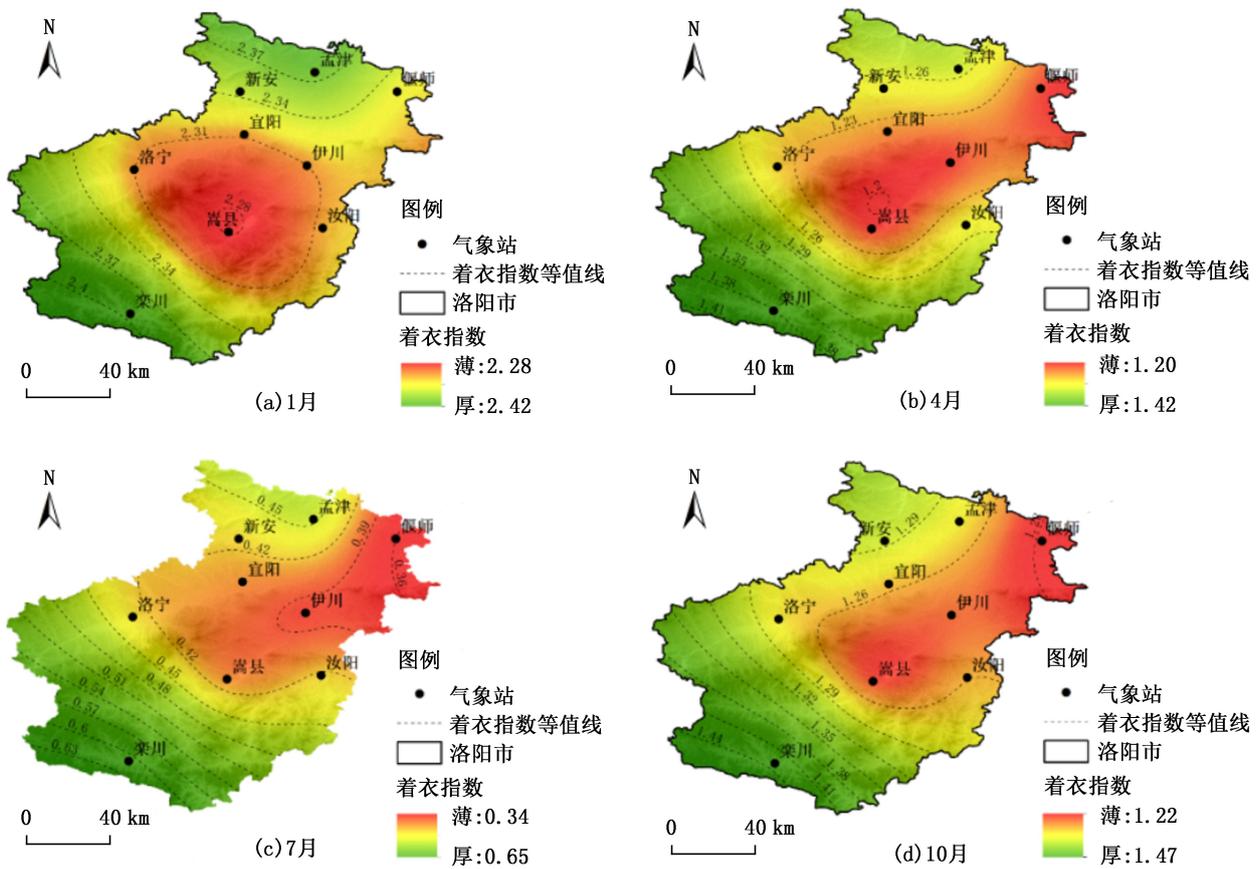


图 6 洛阳市穿衣指数空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of clothing index in Luoyang

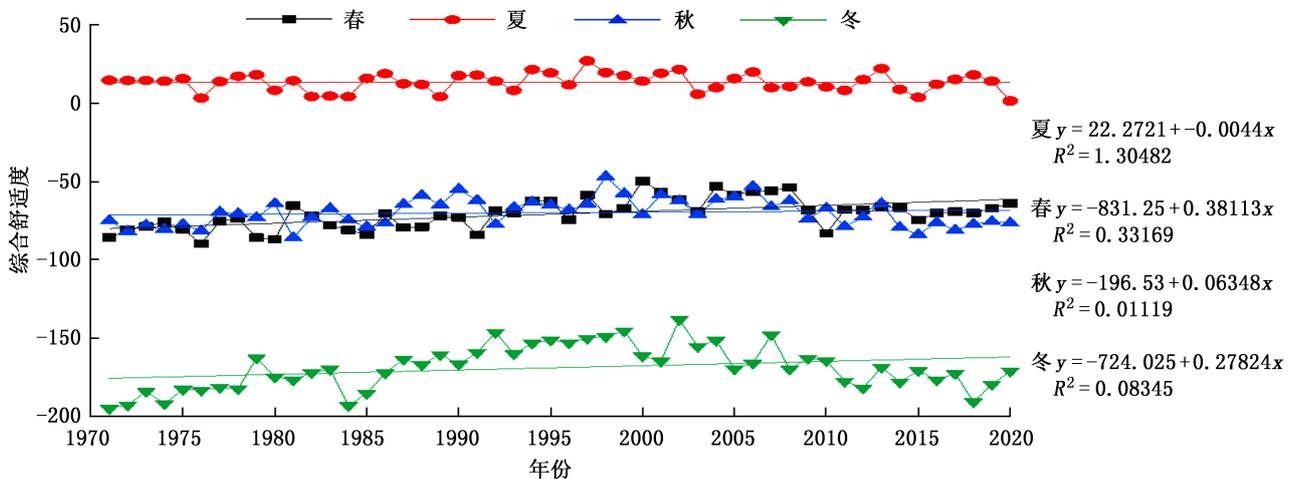


图 7 洛阳市综合舒适度指数及变化趋势

Fig. 7 Change trend of comprehensive comfort index in Luoyang

体感受的舒适度最佳,气温凉爽,舒适风,穿着轻便;而 1 月气温低,感受为极不舒适的寒冷,除嵩县为舒适风外,其余区域均为凉风,穿着厚实,舒适度较差。

3 月作为不舒适至舒适的过渡月份,各指数值均向舒适区间靠近,2—4 月由寒冷转为偏冷,进而

转向舒适清凉;凉风转为舒适风;穿着由厚实的外套转为冬季常用服,进而转向衬衫和常用便服;而 11 月与之相反,由舒适的月份向不舒适过渡。

在夏季的 3 个月中,洛阳市均受到不同程度的温度和风速等因素的影响,舒适度在 6—8 月有所降

表 2 各区县的月平均温湿指数、风效指数和穿衣指数

Tab. 2 Monthly average temperature and humidity index, wind efficiency index, and clothing index of each district and county

气象站	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
栾川	ebd	dbd	cAd	bAb	ABA	BCA	CCB	CCA	ABA	bAb	cAd	dbd
洛宁	ebd	dAd	cAc	bAA	BCA	CCB	DCC	CCB	BCA	bBA	cAc	dAd
孟津	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	CCB	BBA	bAA	cAd	dbd
汝阳	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	DCB	BBA	bAA	cAc	dbd
嵩县	eAd	dAd	cAc	bBA	BCA	CCB	DCC	DCB	BCA	bBA	cAc	dAd
新安	ebd	dbd	cAc	bAA	BBA	CCB	DCC	DCB	BBA	bAA	cAc	dbd
偃师	ebd	dbd	cAc	AAA	BCA	CCC	DCC	DCC	BCA	bAA	cAc	dbd
伊川	ebd	dbd	cAc	AAA	BBA	CCC	DCC	DCC	BBA	bAA	cAc	dbd
宜阳	ebd	dbd	cAc	AAA	BBA	CCB	DCC	DCC	BBA	bAA	cAc	dbd

低,在春季至秋季之间,舒适度出现小范围“山谷”状波动,人体感受多为偏热、闷热、较不舒适,暖热风,适宜穿着轻便的夏服和短袖开领衫。

在5月和9月中,洛宁、嵩县和偃师的人体感受指向为暖热风,其他地区为较舒适的暖风;栾川的温湿感受为非常舒适,凉爽宜人,而其他区域感受舒适、温暖;穿衣无区域差异,均适宜较薄的衬衫或便服。

在4月和10月中,除4月的偃师、伊川和宜阳温湿指数指向为凉、非常舒适外,其余区域的人体感受均为清凉、感受舒适;除去温湿指数,4月和10月的孟津、汝阳和新安的人体感受指向为舒适风,适宜穿轻便的衬衫、便服,而4月的洛宁、10月的偃师、伊川和宜阳与前三区域相同;嵩县在4月和10月均为暖风,宜穿着衬衫、便服,而洛宁10月的舒适度与之相同;栾川于4月和10月的人体感受为舒适风,受海拔等因素影响,气温较低,宜穿春秋常用服。

4 结 论

以洛阳市 1971—2020 年 9 个气象站点的月数据,对气候舒适度各指数进行舒适月份统计,分别对 50 年间四季的舒适度指数趋势进行拟合,并结合 GIS 空间插值对典型月份的多年平均指数进行空间可视化,得到以下结论:

1) 温湿指数和穿衣指数的舒适月集中分布于 4 月、5 月、9 月和 10 月,主要受夏季和冬季气温的影响,舒适月主要在春秋两季;风效指数则集中分布于 1—4 月和 10—12 月,5 月和 9 月也有大量分布,夏季受闷热风的影响,舒适月相对较少。

2) 在 50 年间,温湿指数整体呈波动上升趋势,春季与冬季的上升幅度较为显著;穿衣指数呈波动下降趋势,冬季与春季的下降幅度较明显;风效指数和综合舒适度指数在春、秋和冬季呈波动上升趋势,春季的上升幅度较为显著,夏季呈平稳波动下降趋势,其中风效指数下降趋势较大。

3) 受地形和海拔因素影响,温湿指数形成东北高、西南低的空间格局;风效指数在空间分布上呈西南部 and 东北部低,东南部至西北部高的带状分布趋势;穿衣指数与温湿指数相反,在空间上形成东北低、西南高的空间格局,气温越高,穿衣指数越低,穿着衣物越薄。

4) 洛阳市舒适度最佳时间为 4 月,主要集中于偃师、伊川和宜阳为主的东北部较小范围区域内,其余东北部次之;10 月舒适度很好,主要分布于洛阳市东北部区域;5 月和 9 月舒适度较好,其中栾川的舒适度优于其他区域,其次为东北区域,再次是洛宁、嵩县和伊川。

5) 在全球变暖的趋势下,洛阳市的气候也逐渐趋于暖湿化,综合舒适度指数在 50 年间整体呈波动上升趋势,由此说明洛阳市的旅游气候舒适度波动上升、趋势向好,为游客外出旅行、休闲娱乐提供了良好的气候条件,有利于洛阳市旅游业的长足发展。

5 讨 论

由于获取洛阳市气象站的数据是以月为单位,不足之处是在统计分析和评价旅游气候舒适度时无法计算至各旬的指数值,但本文将舒适度指数划分标准精确至小数点后 2 位小数,提高了指数分段精

度,在此9个气象站共5400个月数据的基础上,对气候舒适度各指数进行舒适月份统计,对四季指数变化的趋势进行拟合,并结合GIS技术,对典型月份的多年平均指数进行空间可视化,利用等值线的走向和排列情况进行空间舒适度分析,由此从时空角度对洛阳市旅游气候的舒适度实现精细化评估。

对于洛阳市的旅游气候舒适度研究成果相对较少,本文对其近50年间的气候舒适度进行评价发现,洛阳市的气候趋于暖湿化,利于旅游业的发展,对于夏季舒适度较差区域,可在较高海拔区域依山而建旅游度假区,冬季可开发冰雪娱乐项目等。

参考文献:

- [1] TERJUNG W H. Physiologic climates of the contentions United States: A bioclimatic classification based on man[J]. *Annals A A G*, 1966, 5(1): 141-179.
- [2] OLIVER J E. Climate and man's environment: an introduction to applied climatology[M]. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1973: 195-206.
- [3] HOUGHTON D D. Handbook of applied meteorology[M]. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1985: 778-811.
- [4] 韩蓓蓓,陈兴全,李东,等. 华山旅游气候舒适度时空变化分析[J]. *气象与环境科学*, 2014, 37(2): 80-84.
- [5] 李东,杨兆萍,时卉,等. 乌鲁木齐市旅游气候与旅游气候舒适度分析[J]. *干旱区研究*, 2014, 31(3): 404-409.
- [6] 孔钦钦,葛全胜,席建超,等. 中国重点旅游城市气候舒适度及其变化趋势[J]. *地理研究*, 2015, 34(12): 2238-2246.
- [7] 孙根年,余志康. 中国30°N、35°N线城市气候舒适度与地形三级阶梯的关系[J]. *干旱区地理*, 2014, 37(3): 447-457.
- [8] 徐静,卢宛梅,刘志刚,等. 1966—2018年秦皇岛气候舒适度时空变化特征[J]. *气象与环境学报*, 2020, 36(3): 80-86.
- [9] 马丽君,孙根年,王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(5): 713-722.
- [10] 张可心. 1981—2018年庆阳市气候舒适度特征分析及评价[J]. *干旱区地理*, 2020, 43(5): 1270-1277.
- [11] 陈建新,易伟霞,祝晓红. 基于GIS的南阳旅游舒适度分析[J]. *气象与环境科学*, 2020, 43(3): 109-115.
- [12] 张建国,唐笛扬,潘心禾. 丽水市旅游气候舒适度时空特征分析[J]. *林业与生态科学*, 2020, 35(4): 464-470.
- [13] 刘艳霞,冯莉,田慧慧,等. 中国气候舒适度时空分布特征分析[J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(12): 2338-2347.
- [14] 韦夷,胡慧敏. 基于GIS的生态旅游舒适度评价系统研究[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 52(1): 149-152.
- [15] 邱黎,曹洁,林隆超,等. 基于GIS的山东省旅游气候舒适度精细化评估[J]. *资源科学*, 2013, 35(12): 2501-2506.
- [16] 丁玲玲,傅辉,张弢. 汉江流域旅游气候舒适度的变化特征分析[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 33(5): 165-170.

责任编辑:许易琦