

霍锦. 巩乃斯避暑旅游气象指数分析与评价[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(2): 119-124.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.02.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



巩乃斯避暑旅游气象指数分析与评价

霍 锦

(和静县气象局, 新疆 和静 841300)

摘 要: 根据巩乃斯、和静站 2009—2018 年 6—8 月的逐日平均气温、最高气温、相对湿度、风速等气象观测资料, 采用对比分析、通径分析及模糊综合评价等方法对巩乃斯地区夏季避暑旅游气象资源优势进行分析和评价。结果表明: 巩乃斯夏季气候凉爽、湿度适宜、风速不大, 人体感觉凉爽、舒适, 适合避暑旅行。人体舒适度与空气温度呈显著正相关, 与相对湿度、风速呈负相关, 且气温对人体舒适度指数的影响最为明显。夏季总体气候舒适度较好, 7 月舒适指数最高, 8 月次之, 6 月最低。对巩乃斯地区避暑旅游气象指数的研究, 可为旅游气候资源的综合开发、避暑旅游活动的合理开展以及避暑旅游品牌的打造提供科学依据。

关键词: 避暑旅游; 人体舒适度指数; 通径分析; 模糊综合评价

中图分类号: P49

文献标识码: A

文章编号: 1002-0799(2021)02-0119-06

巩乃斯地区位于新疆和静县西北部, 距和静县城 255 km, 总面积为 2 277 km², 其中草原面积为 8.29×10⁴ hm², 森林面积为 7.9×10⁴ hm², 东南与额勒再特乌鲁乡相连, 西与伊犁那拉提 5A 级旅游景区接壤, 北与尼勒克县、乌苏县、沙湾县毗邻。受伊犁河谷暖湿气流影响, 巩乃斯形成了一个独特的生态环境, 尤其是夏季, 气候凉爽宜人, 是天然的避暑和旅游胜地。巩乃斯地处新疆旅游黄金线上, 是天山山区旅游资源富集区, 旅游资源类型极为丰富, 其等级、密度位居新疆前列, 每年 6—9 月是旅游的黄金季节, 辖区内主要景区有巩乃斯国家森林公园、阿尔先温泉、班禅沟、“云梯”、洪加里克瀑布、伊开结楞沟、野猪林等, 旅游开发前景十分广阔。同时, 以“东归文化”为主旋律的草原文化是巩乃斯旅游的一个亮点, 也是新疆特色旅游的一个重要组成部分。2019 年 3 月巩乃斯景区被评为自治区级生态旅游示范区。

近年来, 国内外许多专家、学者从不同角度对旅游气象及夏季避暑旅游等方面做了诸多研究, 利用不同的评价指标对旅游地的气候资源进行了分析和

评价。吴普等^[1]从旅游产业发展的角度, 构建了夏季避暑旅游指标体系。侯亚红等^[2-4]从气象角度对气候资源及舒适度进行了分析, 为当地旅游业发展, 游客科学选择旅游目的地提供了依据。向红琼等^[5]分析和探讨了山地高分辨旅游气象舒适度时空分布特征。侯亚红等^[6]开展了避暑旅游气候条件和避暑旅游气象指数研究。杨舒琳等^[7]对盛夏避暑旅游气候资源区划进行了研究。吾米提·居马太^[8]对新疆 16 个主要旅游城市舒适度进行了分析。张新庆等^[9-10]根据温湿度、风效等指数对旅游舒适度进行了评价。这些研究取得了较好的效果, 为当地气候资源的开发、利用以及旅游业的发展提供了科学参考。但因研究方法和指标不同, 各地评价结果也存在诸多差异, 尤其是高山、草原等旅游气候舒适度方面的研究相对较少。新疆自然风光独特, 旅游资源丰富, 近年来旅游产业发展迅速, 但旅游气象方面的研究起步较晚, 尤其是避暑旅游方面的研究甚少。探索适合新疆天山山区的避暑旅游评价方法和指标, 对促进新疆旅游业的发展具有深远的意义。本文以巩乃斯创建 5A 级旅游景区为依托, 意在从气象的角度, 对巩乃斯旅游气候舒适度指数进行分析和综合评价, 找出巩乃斯避暑旅游气候资源优势, 为避暑旅游活动的合理开展, 避暑旅游项目的开发以及巩乃斯打造“避暑旅

收稿日期: 2019-08-26; 修回日期: 2020-04-23

基金项目: 新疆维吾尔自治区气象局面上基金(MS201914)

作者简介: 霍锦(1982—), 女, 高级工程师, 主要从事综合气象观测和气象服务工作。E-mail: huojianqian@163.com

游气候品牌”提供科技支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选取巩乃斯自动站及和静国家站 2009—2018 年 6—8 月的逐日平均气温、最高气温、极端最高气温、相对湿度、风速等气象观测资料。

1.2 研究方法

1.2.1 人体舒适度指数简介

结合巩乃斯地区的气候特点, 人体舒适度指数采用雷桂莲等^[10]人体舒适度指数计算模型。人体舒适度的等级划分参照中国气象局规定的标准, 采用 9 级分类法(表 1)。

$I_{CHB}=1.8T-0.55(1.8T-26)\times(1-R_H)-3.2\sqrt{V}+32$ 。(1)
式中, I_{CHB} 为人体舒适度指数, T 为气温($^{\circ}\text{C}$), R_H 为相对湿度(%), V 为风速(m/s)。

表 1 人体舒适度指数等级

舒适度指数	>85	81~85	76~80	71~75	61~70	51~60	41~50	20~40	<20
等级	4级	3级	2级	1级	0级	-1级	-2级	-3级	-4级
人体感觉	炎热	热	暖	温暖、舒适	舒适	凉爽、舒适	凉	冷	寒冷

1.2.2 通径分析法

通径分析法是回归分析的延伸, 最早由 SewallWright^[12]于 1921 年提出来的, 用于分析多个自变量与因变量之间的相对重要性的一种多元统计分析方法, 可以处理较为复杂的变量关系, 目前已在诸多领域中广泛应用。通径分析是通过计算直接通径、间接通径系数及总通径系数确定影响因素的权重因子, 来表示某一变量对因变量的直接作用效果、间接作用效果和综合作用效果^[13]。在多元回归的基础上建立通径系数方程组, 求解下列方程组, 即可得到各自变量的直接通径系数^[14]。

$$\begin{cases} r_{11}P_1 + r_{12}P_2 + \cdots + r_{1n}P_n = r_{1Y} \\ r_{21}P_1 + r_{22}P_2 + \cdots + r_{2n}P_n = r_{2Y} \\ \cdots \\ r_{n1}P_1 + r_{n2}P_2 + \cdots + r_{nn}P_n = r_{nY} \end{cases} \quad (2)$$

式中, n 为自变量个数, $r_{ii} = 1$, $r_{ij} = r_{ji}$ ($i, j \leq n$), r_{ij} 是各自变量间的相关系数, r_{iY} 是各自变量与因变量之间的相关系数。最后计算 X_i 通过 X_j 形成的间接通径系数 $r_{ij}P_i$ 。

1.2.3 模糊综合评价法

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的隶属度

理论把定性评价转化为定量评价的一种综合评价方法。1965 年, 美国学者 Zaden 首先提出了模糊集合的概念^[15], 用于对事物的不确定性进行综合评价。模糊综合评价法能较好地解决模糊的、难以量化的问题, 具有结果清晰、系统性强的特点, 现已广泛应用于诸多领域。首先, 确定模糊评价要素的论域为: $U=(\text{气温 } t, \text{空气湿度 } f, \text{风速 } v)$; 其次, 选定评价的论域为: $A=(\text{很舒适 } B_1, \text{舒适 } B_2, \text{较舒适 } B_3, \text{不舒适 } B_4)$ 。参考其他学者^[16-18]提出的标准, 结合巩乃斯地区人体感觉最舒适的气候条件, 以气温 21°C 、相对湿度 70%、风速 2 m/s 为标准, 分别建立气温、相对湿度及风速的隶属方程。

$$\mu_t = \begin{cases} 1 & \text{当 } t=21^{\circ}\text{C} \\ \frac{1}{1+a(t-21)^2} & \text{当 } t \neq 21^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_f = \begin{cases} 1 & \text{当 } f=70\% \\ \frac{1}{b(f-70)^2} & \text{当 } f \neq 70\% \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_v = \begin{cases} 1 & \text{当 } c=2\text{ m/s} \\ \frac{1}{1+c(v-2)^2} & \text{当 } c \neq 2\text{ m/s} \end{cases} \quad (5)$$

式中, t 、 f 、 v 分别代表气温($^{\circ}\text{C}$)、相对湿度(%), 风速(m/s), $a=0.047\ 6$, $b=0.003\ 8$, $c=0.563\ 4$ 。将巩乃斯夏季各月的气候要素值分别代入各隶属函数方程, 即可得出各月平均气温、平均相对湿度和平均风速的隶属函数值。规定各气象要素隶属函数值: $\mu \geq 0.85$, 很舒适; $0.75 \leq \mu < 0.85$, 舒适; $0.60 \leq \mu < 0.75$, 较舒适; $\mu < 0.60$, 不舒适。建立 U 到 A 的评判矩阵 R , R 中的每个元素是 U 中各因素诸记录隶属函数对应 A 中各等级的个数在该因素中所占的百分率。如: 巩乃斯 2009—2018 年 6 月, 气温很舒适、舒适、较舒适和不舒适的次数分别为 21、5、2、2, 在近 10 a 气温记录中占比分别为 0.700 0、0.166 7、0.066 7、0.066 7, 即为 R 中第 1 行元素。再对相对湿度和风速进行同样的计算, 便可得到 R 中的第 2 行和第 3 行元素。以此类推, 即可得到巩乃斯 7、8 月舒适度的单因素评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.700\ 0 & 0.166\ 7 & 0.066\ 7 & 0.066\ 7 \\ 0.433\ 3 & 0.333\ 3 & 0.200\ 0 & 0.033\ 3 \\ 0.100\ 0 & 0.300\ 0 & 0.400\ 0 & 0.200\ 0 \end{bmatrix}$$

由于人体舒适度受多种因素的影响制约, 故采用模糊综合评价法进行综合评判。用数学方式可表达为 U 的一个模糊子集 V , 并设 3 个要素的权重分配为^[19]: $V=(0.60, 0.20, 0.20)$, $B=V \cdot R$ (其中 B 为综合评判结果), $B=(0.526\ 7, 0.226\ 7, 0.160\ 0, 0.086\ 6)$ 。

经归一化处理后得: $B=(0.53, 0.23, 0.16, 0.09)$ 。

2 结果与分析

2.1 避暑气象要素对比分析

旅游气候舒适度与空气温度、相对湿度、风速等气象因子之间存在很大的相关性^[20],因此,分析巩乃斯、和静夏季气象要素状况对研究巩乃斯避暑旅游气候资源优势具有重要意义。由表2可知,巩乃斯地区日平均气温为12~15℃,比和静低10℃;日最高气温为20~23℃,其中7月最高,8月次之,6月最低。巩乃斯夏季极端最高气温为33.9℃,35℃以上高温天气少有,且极端最高气温多数在30℃以下,仅极少数超过30℃;最热月(7月)日平均气温为14.5℃,也比和静低10℃左右。适宜的气温有利于避暑旅游,是夏季躲避高温酷暑考虑的首要因素。巩乃斯地区受伊犁河谷暖湿气流影响,夏季暖湿气流携带水汽进入,相对湿度增大。夏季日平均相对湿度在60%~70%,比和静高出了20%左右,湿度条件对人体非常适宜。巩乃斯地区的大风天气多出现在春季,夏季风速不大,6—8月日平均风速值接近3.0 m/s,比和静略高。干燥或者闷湿的气候条件都会影响游客的舒适度,适当的风速对缓解夏季的闷热、增加旅游舒适度十分有利。从气候舒适度指数来看,巩乃斯6—8月气候舒适度指数均为-1级、-2级,即凉爽、舒适和凉。和静的夏季人体舒适度指数为65.1,属0级,即舒适。通过对比分析可以看出,巩乃斯地区属山地气候,夏季气候凉爽、湿度适宜、风速不大,且人体体感凉爽、舒适,是夏季避暑旅游的首选地。

2.2 夏季人体舒适度指数分析

夏季是避暑旅游的旺季,也是人体对气候舒适度的反应最为敏感的季节。对夏季人体舒适度的变化规律进行分析,利于公众选择合适的旅游线路和避暑地。统计资料显示,近10 a来巩乃斯夏季人体舒适度指数呈波动上升趋势。6、7、8月、夏季平均的人体舒适度指数气候倾向率分别为1.6/10 a、2.8/10 a、0.2/10 a、1.5/10 a,其中7月人体舒适度指数最高,增长幅度也最大,且通过了显著性检验。夏季增幅最小,为0.2/10 a,未通过显著性检验。统计巩乃

斯地区夏季避暑旅游气候舒适度等级日数(表3)可知,巩乃斯夏季舒适天数占67.2%,很舒适天数占32.8%,即6—8月92 d中,约63 d人体感觉舒适,约37 d人体感觉很舒适,不舒适天数比例仅占33%。从各月舒适度情况来看,7月是夏季最舒适的月份,舒适天数为24 d,占75%,其次为8月、6月。

表3 巩乃斯6—8月避暑旅游气候舒适度
各等级平均天数

	舒适度指数气候倾向率/(d/10 a)	很舒适 天数/d	舒适 天数/d	较舒适 天数/d	不舒适 天数/d	合计/d
6月	1.6	10	4	4	12	30
7月	2.8*	14	5	5	7	31
8月	0.2	13	3	5	10	31
夏季	1.5	37	12	14	29	92

注:*表示通过0.05的显著性检验。

2.3 人体舒适度指数影响因子权重分析

人体舒适度指数(I_{CHB})与空气温度、相对湿度及风速之间有很好的相关关系^[13,21]。由于各气象因子之间也存在相互影响、相互制约的关系,故采用通径分析法分析人体舒适度指数各变量因子之间的关系,以估算每个影响因子对人体舒适度指数(I_{CHB})的直接影响以及一个影响因子通过另一个影响因子对人体舒适度指数(I_{CHB})的间接影响,从而确定人体舒适度指数权重影响因子。

由表4可知,人体舒适度与空气温度呈正相关,而与相对湿度和风速呈负相关。空气温度的直接通径系数最大,为0.867 3,且通过了显著性检验。这说明气温对人体舒适度的影响最大,是最主要的影响因子。相对湿度的直接通径系数较小,通过温度、风速对人体舒适度指数的间接通径系数也较小,这说明湿度通过温度、风速对人体舒适度影响也较小。风速的直接通径系数虽较大,且通过了显著性检验,但通过温度、湿度对人体舒适度指数的间接通径系数却较小,这说明风速对人体舒适度虽有直接的影响,但通过温度、湿度对人体舒适度影响较小。气温是影响巩乃斯夏季人体舒适度的最主要因子,其次为风速、湿度。湿度、风速对人体舒适度都有负的影响,且

表2 2009—2018年巩乃斯与和静夏季避暑气象要素对比分析

海拔/m	日平均气温/℃			日最高气温/℃			极端最高气温/℃	最热月日平均气温/℃	日平均相对湿度/%			日平均风速/(m·s ⁻¹)			气候舒适度		
	6月	7月	8月	6月	7月	8月			6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月
巩乃斯 1 967	12.5	14.4	13.6	20.0	22.9	22.6	33.9	14.5	69	65	64	2.9	2.8	2.7	49.7	52.6	51.5
和静 1 113	23.2	24.5	23.3	29.5	31.5	30.4	38.9	24.5	44	46	50	2.3	2.1	1.9	64.0	66.1	65.3

影响程度风速大于湿度。

表 4 人体舒适度指数 I_{CHB} 与各影响因子的通径系数

I_{CHB}	与 I_{CHB} 的相关系数	直接通径系数 (直接影响)	间接通径系数			合计
			温度	湿度	风速	
温度	0.867 3**	0.747 9	—	-0.001 2	0.120 6	0.119 4
湿度	-0.140 6	-0.019 6	0.045 3	—	-0.166 3	-0.120 9
风速	-0.689 9*	-0.504 8	-0.178 7	-0.006 5	—	-0.185 2

注:* 表示通过 0.05 的显著性检验,** 表示通过 0.01 的显著性检验。

3 避暑旅游舒适度综合评价

由图 1 可知,通过模糊综合评判方法得出综合评判结果与人体舒适度指数计算结果基本一致,且模糊综合评判结果与舒适度指数影响因子权重分析比较发现,当气温取最舒适气候标准 21℃时,模糊综合评判法结果与气温的相关性高达 0.867 3,直接通径系数达 0.747 9。这说明在利用模糊综合评判方法评价巩乃斯地区的避暑气候资源时,当气温为 21℃、相对湿度为 70%、风速为 2 m/s 时,是该地最舒适的气候标准。从模糊综合评判结果来看,近 10 a 巩乃斯地区 6—8 月舒适气候(宜人天气)指数($B_1+B_2+B_3$,其中: B_1 为很舒适, B_2 为舒适, B_3 较舒适)概率值在 0.5~0.8,不舒适指数 B_4 值在 0.4 以下,总体

来说巩乃斯气候舒适状况良好。6 月舒适旅游气候指数呈波动上升趋势,7 月虽略有下降,但整体指数较高,8 月和夏季(6—8 月)相似,但 8 月指数在 2014 年左右出现了低谷值。夏季气候舒适状况表现出分布不均的现象,其中 7 月最高,8 月次之,6 月最小,这说明巩乃斯地区为山地地形,海拔高度接近 2 000 m,夏季气温对避暑旅游气候舒适度有显著影响。总体上巩乃斯山区夏季气候舒适度指数较高,气候宜人,无高温、高湿天气,且风速不大,舒适气候贯穿于整个夏季,是适宜的旅游季节,尤其是舒适度状况最好的是 7—8 月,这一时期是到巩乃斯山区旅游的最佳时间。

4 结论与讨论

(1)近 10 a 来,巩乃斯夏季极端最高气温大都在 30℃以下,极少超过 35℃,夏季日平均最高气温在 20~23℃,比和静低 10℃左右,湿度适宜,风速较小,且 6—8 月气候综合舒适度指数较高,是避暑旅游的“黄金”时期,尤其是 7 月综合舒适度指数最高,且 7 月当地山花烂漫,是避暑旅游的最美、最舒适的月份。夏季游客大部分时间是在户外活动,巩乃斯夏季的气候能充分满足游客避暑旅游的清凉需求。建议有关部门充分挖掘巩乃斯山区的旅游资源,抓住夏季气候舒适宜人的优势,促进巩乃斯地区旅游业的进一步发展。

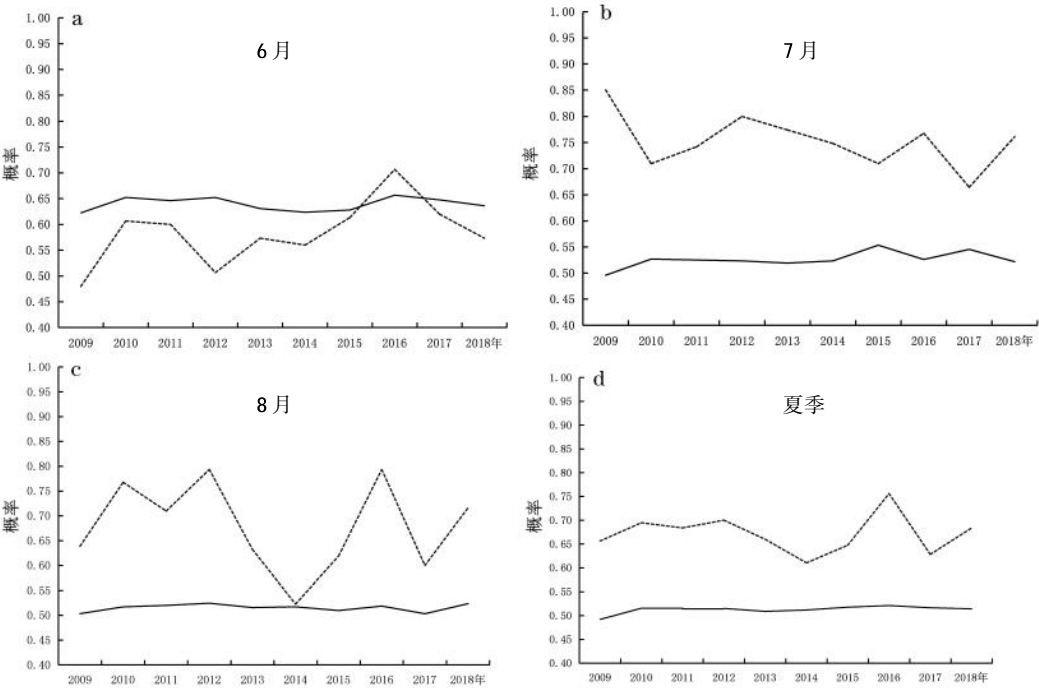


图 1 模糊综合评判结果(虚线)和人体舒适度指数计算结果(实线)比较
(a 为 6 月,b 为 7 月,c 为 8 月,d 为夏季)

(2) 巩乃斯人体舒适度指数与气温呈显著正相关, 与相对湿度、风速呈负相关, 气温对巩乃斯综合舒适度指数的影响最为明显。但由于区域自动站建站年限有限, 利用仅 10 a 的资料进行分析和评价还存在一定的局限性。

(3) 巩乃斯夏季气候舒适度指数与模糊综合评价法计算气候综合舒适度指数基本一致, 这说明以气温 21℃、相对湿度 70%、风速 2 m/s 为标准建立的综合气候舒适度评价模型适合巩乃斯地区。由于人体舒适度指数还与日照、AQI、紫外线强度等因素有关, 本文仅分析气温、相对湿度、风速等直接相关的气象要素, 对综合评价一地的综合气候舒适度还有一定的局限性。因此, 今后有必要加入日照、AQI、紫外线强度等环境因子进行气候舒适度综合评价, 使评价结果更加客观。

参考文献:

- [1] 吴普, 周志斌, 慕建利. 避暑旅游指数概念模型及评价指标体系构建[J]. 人文地理, 2014, 29(03): 128-134.
- [2] 侯亚红, 息涛, 徐方姝, 等. 辽宁避暑旅游气候条件分析和气象指数研究[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(4): 34-40.
- [3] 陶生才, 潘婕, 张磊, 等. 1971—2013 年敦煌旅游气候舒适度分析与评价[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(1): 27-33.
- [4] 孔邦杰, 李军, 黄敬峰. 山地旅游区气候舒适度的时空特征分析[J]. 气象科学, 2007(3): 342-348.
- [5] 向红琼, 于飞. 贵州山地高分辨旅游气象舒适度时空分布特征[J]. 贵州气象, 2010, 34(3): 3-6.
- [6] 侯亚红, 息涛, 徐方姝, 等. 辽宁避暑旅游气候条件分析和气象指数研究[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(4): 34-40.
- [7] 杨舒琳, 林中鹏, 韩赓. 泉州市盛夏避暑旅游气候资源及区划分析[J]. 农业灾害研究, 2015, 5(12): 27-29, 56.
- [8] 吾米提·居马太, 郝建奇, 瓦力江·瓦黑提, 等. 新疆主要旅游城市舒适度分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 70-74.
- [9] 张新庆, 李青松, 周鸿奎, 等. 吐鲁番地区旅游气候指数及评价[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008(1): 29-31.
- [10] 孟丽霞. 兰州市旅游气候舒适度与客流量关系分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(5): 89-94.
- [11] 雷桂莲, 喻迎春, 刘志萍, 等. 南昌市人体舒适度指数预报[J]. 江西气象科技, 1999(3): 40-41.
- [12] Wolfe L M. Sewall wright on the method of path coefficients: An annotated bibliography [J]. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 1999, 6(3): 280-291.
- [13] 敬艳辉, 邢留伟. 通径分析及其应用[J]. 统计教育, 2006(2): 24-26.
- [14] 朱卫浩, 张书余, 罗斌. 近 30 a 全国人体舒适度指数变化特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 220-226.
- [15] 曹鸿兴, 陈国范. 模糊集方法及其在气象中的应用[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 156-266.
- [16] 张波, 谭文, 古书鸿, 等. 1961—2015 年贵州省夏季旅游气候舒适度评价[J]. 干旱气象, 2017, 35(3): 420-426+438.
- [17] 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.
- [18] 杨雪艳, 傅帅, 徐士琦, 等. 吉林省消夏旅游期气候条件及舒适度分析[J]. 干旱气象, 2018, 36(3): 492-500+506.
- [19] 李秀存, 苏志. 广西夏季旅游气候舒适度的模糊综合评判[J]. 热带地理, 1999(2): 89-92.
- [20] 魏学, 石岚, 谷新波. 1960—2017 年额济纳胡杨林观赏期旅游气候舒适度分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(5): 94-99.
- [21] 于庚康, 徐敏, 于堃, 等. 近 30 年江苏人体舒适度指数变化特征分析[J]. 气象, 2011, 37(9): 1145-1150.

Analysis and Evaluation of Summer Tourism Meteorological Index in Gongnaisi

HUO Jin

(Hejing Meteorological Bureau, Hejing 841300, China)

Abstract According to the meteorological observation data of Gongnaisi and Hejing station from June to August in 2009—2018, such as daily average temperature, maximum temperature, relative humidity, wind speed, and so on, using comparative analysis, path analysis and fuzzy comprehensive evaluation, summer tourism meteorological resource advantage were analyzed and evaluated in Gongnaisi. The results show that: the weather is cool, the humidity is suitable, the wind speed is not large, and the human body feels cool and comfortable, which is suitable for travelling in summer. There is a significant positive correlation between human comfort and air temperature, and a significant negative correlation between human comfort and relative humidity, wind speed, and the temperature has the most obvious effect on human comfort index. Overall the climate comfort is good, with the comfort index highest in July, followed by August, and the smallest in June in summer; The research on the meteorological index of summer tourism in Gongnaisi can provide scientific basis for the comprehensive development of tourism climate resources and the reasonable development of sum.

Key words summer tourism; comfort index of human body (ICHB); path analysis; fuzzy comprehensive evaluation