

泰山景区舒适度指数预报方法研究

邹大伟^{1,2}, 刘洁^{1,2*}

¹山东省气象防灾减灾重点实验室, 山东 济南

²泰安市气象局, 山东 泰安

收稿日期: 2023年6月18日; 录用日期: 2023年7月18日; 发布日期: 2023年7月25日

摘要

泰山景区天气复杂多变, 常规天气预报已经不能满足广大游客对于泰山景区旅游气象服务的需求, 本文针对旅游气象服务需求, 开展人体舒适度指数预报研究, 收集整理了2019年泰山及其周边地区的各类资料, 利用舒适度指数国家标准, 结合泰山景区实际, 进行本地化优化。泰山景区常年平均风速大于3 m/s, 因此在优化泰山气候舒适度时主要以风效指数为依据, 根据舒适度半数原则对指数区间进行本地化优化, 将优化后的指数与2019年泰山景区全年客流量日变化进行对比发现, 相关系数为0.84, 具有显著相关关系, 证明该舒适度指数计算方法在泰山本地有较好的适用性。

关键词

旅游气象, 平均场, 对流不稳定

Study on the Forecast Method of Comfort Index of Mount Tai Scenic Spot

Dawei Zou^{1,2}, Jie Liu^{1,2*}

¹Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Shandong, Jinan Shandong

²Tai'an Meteorological Bureau, Tai'an Shandong

Received: Jun. 18th, 2023; accepted: Jul. 18th, 2023; published: Jul. 25th, 2023

Abstract

The weather in Taishan scenic area is complex and changeable, and the conventional weather forecast can no longer meet the tourists' demand for tourism meteorological services in Taishan Scenic area. In this paper, according to the tourism meteorological demand, the human comfort

*通讯作者。

index forecast research is carried out, and various data of Taishan and its surrounding areas in 2019 are collected and sorted out. By using the national comfort index standard and combining with the actual situation of Taishan scenic area, localization optimization was performed. The annual average wind speed of Taishan Scenic spot is greater than 3 m/s. Therefore, when optimizing the climate comfort level of Taishan Scenic spot, the wind efficiency index is mainly taken as the basis, and the index interval is optimized locally according to the half principle of comfort level. The optimized index is compared with the daily change of annual tourist flow of Taishan Scenic Spot in 2019, and the correlation coefficient is 0.84. It is proved that the comfort index calculation method has good applicability in Mount Tai.

Keywords

Meteorology of Tourism, The Average Field, Convective Instability

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

泰山风景区是集世界自然遗产、文化遗产和地质公园“三冠”于一体的海内外知名旅游风景区。然而,受山岳型气候条件的影响,泰山景区天气复杂多变,常规天气预报已经不能满足广大游客对于泰山景区旅游气象服务的需求,因此在泰山景区常规天气预报的基础上针对相关部门、社会以及游客的需求开展更为专业的预报是十分必要的[1][2]。人体舒适度指数是为了从气象角度来评价在不同气候条件下人的舒适感,根据人类机体与大气环境之间的热交换而制定的生物气象指标[3]-[8],针对旅游气象需求,开展人体舒适度指数预报研究,是发展泰山旅游气象的客观要求[9]。

2. 指数计算方法

2.1. 温湿指数

温湿指数(I) [10]是通过温度和湿度的综合作用来反映人体与周围环境的热量交换的,是人类气候感受的第一指标。 I 的计算式是由俄国学者的有效温度计算式: $E_t = T_d - 0.55 * (1 - RH)(T_d - 58)$ 演变而来的,其中 E_t 为有效温度, T_d 为华氏温度, RH 是相对湿度,通过换算从而得出国标中的计算式:

$I = T - 0.55 * (1 - RH) * (T - 14.4)$,其中 I 为温湿指数,保留1位小数; T 为某一评价时段平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$); RH 为某一评价时段平均空气相对湿度。其物理意义是湿度订正以后的温度。

2.2. 风效指数

风效指数(K)的计算式是由风冷力或风寒指数 WCI (Wind-Chill Index)计算(又称 Bedford 计算式) $WCI = (33 - T)(9 + 10.9V - V)$,演变而来。WCI 表征寒冷环境条件下,风速与气温对裸露人体的影响。其物理意义是指皮肤温度为 33°C 时,体表单位面积的散热量($\text{kmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}$)。风效指数(K)既考虑了体表的散热也考虑了太阳辐射后人体的增热,它反映了体表与周围环境之间的热交换,即体表单位面积的热交换量率(正值为吸热,负值为散热)。其计算公式为: $K = -(10\sqrt{V} + 10.45 - V) * (33 - T) + 8.55S$,其中, K 为风效指数,取整; T 为某一评价时段平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$); V 为某一评价时段平均风速,单位为米每秒(m/s); S 为某一评价时段平均日照时数,单位为时每天(h/d)。

2.3. 相关性分析

任意两个变量 x 和 y , 样本(时间长度)为 n , 其标准差分别为 σ_x 和 σ_y , 则它们之间的 Pearson 相关系数的计算公式是: $r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \right)$, r 可以客观的度量两个因子之间的关联程度。 $|r| \leq 1$, 正相关表示两者之间变化性质相同, 负相关表示两个变量之间变化性质相反。

3. 泰山景区舒适度指数计算公式适应性验证

气候舒适度是指人们无需借助任何避暑、驱寒措施就能保证生理过程正常进行且感觉舒适的气候条件。影响人体舒适度的气候要素很多, 如气压、气温、湿度、风力、日照、降水等, 不同的气候要素对人体产生不同的生理影响, 各要素的组合对人体产生一个综合的整体影响。气候是否宜人是根据一定条件下皮肤的温度、出汗量、热感和人体调节系统所承受的负荷来确定的。一般而言, 在炎热的地区或季节着重考虑热应力(温湿指数)的舒适程度, 而在较寒冷的地区或季节则注重冷应力(风效指数)影响。

3.1. 泰山舒适度评价

泰山景区位于山东省中部, 海拔 1545 米, 具有明显的高山气候特征, “长冬无夏, 春秋相连”, 春季回暖较晚, 秋冬季节风大空气干燥, 所以根据国标中评价方法说明 “当两种指数不一致时, 冬半年使用风效指数; 夏半年使用温湿指数。当评价时段平均风速大于 3 m/s 的地区使用风效指数” 及泰山景区自身的气候环境综合分析, 在讨论泰山气候舒适度时主要以风效指数为依据。

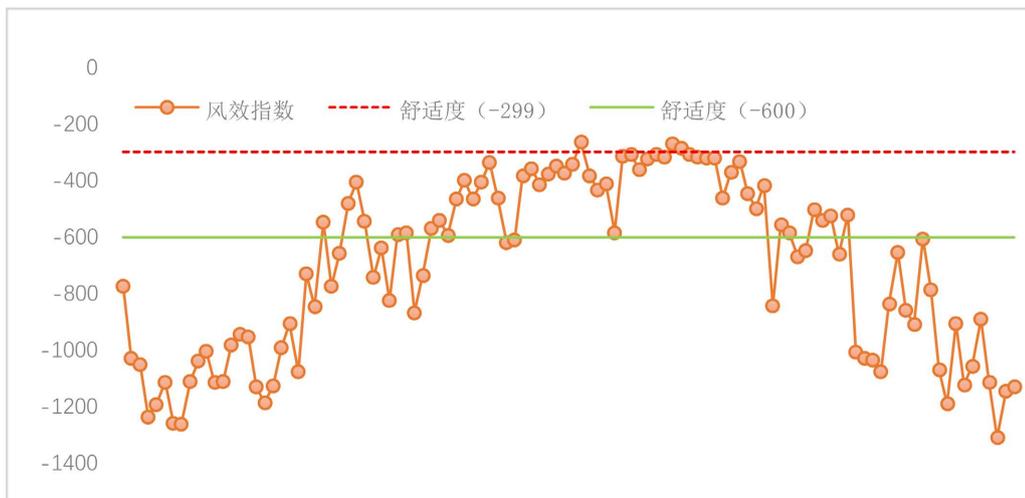


Figure 1. Daily comfort index distribution of Taishan in 2019

图 1. 泰山 2019 年舒适度指数逐日分布图

通过 2019 年的逐日气象数据及逐日登山客流量数据分析计算, 得出结果见上图 1。在一年的数据中, 逐日风效指数的变化趋势表现为冬季指数最低, 并随着天气的回暖, 指数在升高, 在夏季达到最高。但是根据国标中的舒适等级划分表来看, 风效指数在 “感觉舒适” 区间的天数仅 3 天, 这显然跟泰山景区的实际情况不相符。通过对比分析现有舒适度研究成果, 发现其他成果使用的计算方法与国标相同, 但在舒适度划分等级方面有些差异, 如表 1 所示等级划分。在使用现有成果的等级划分可发现 4~10 月份均属于旅游的舒适区, 其中最舒适的 6~9 月份最适宜, 这也和泰山的 “长冬无夏, 春秋相连” 的气候特征相符合。因此, 泰山景区的旅游舒适度应用该划分更加适合。

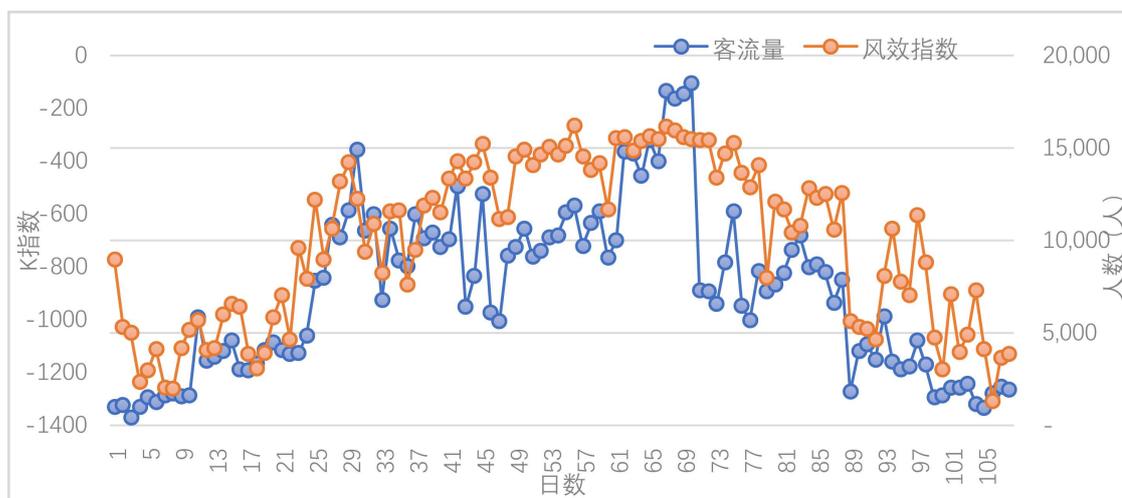
Table 1. Classification of comfort index**表 1.** 舒适度指数等级划分

感觉程度	风效指数 1	风效指数 2	感觉程度
		<-1200	很冷
感觉很冷, 不舒服	<-400	-1200~-1000	冷
		-1000~-800	冷凉
偏冷, 较不舒服	-400~-300	-800~-600	凉
感觉舒适	-299~-100	-600~-300	舒适
有热感, 较不舒服	-99~-10	-300~-200	暖
		-200~-50	暖热
闷热难受, 不舒服	>-10	-50~80	热($t < 32.8^{\circ}\text{C}$)
		>80	炎热($t > 32.8^{\circ}\text{C}$)

3.2. 泰山旅游舒适度变化与客流量的相关性分析

为了考察气候舒适度对旅游活动的影响, 本文中对 2019 年的登山客流量进行了分析, 在数据分析处理过程中发现, 在周末、节假日及民间习俗活动日等特定时期, 游客量增长幅度异常大, 气象因子对其几乎没影响, 所以本文将这些非气象因子主导的客流量异常增多的日期剔除。

从 2019 年日客流量的统计数据表明, 如图 2, 客流量年内日变化走势与泰山气候舒适度大致相符, 在舒适度指数高的条件下, 客流量通常也是较多的, 在指数较低的时候, 客流量也较小。6~10 月, 泰山温度升高, 风速减小, 气候舒适度增加, 游客数量迅速增加; 11 月以后, 温度变冷, 风速增大, 舒适性减小, 游客数量降低。由此可见, 泰山舒适度与游客客流量的日变化呈现明显的正相关性。经计算, 其相关系数为 $r=0.84$, 且显著, 这说明舒适度对客流量的变化影响显著, 因此该舒适度指数计算方法在泰山本地有较好的适用性。

**Figure 2.** Comfort index and passenger flow change**图 2.** 舒适度指数与客流量变化

4. 结论与讨论

本文收集整理了 2019 年泰山及其周边地区的各类资料, 包括各种实况气象要素、数值预报资料、人员登山信息, 利用舒适度指数国家标准, 结合泰山景区实际, 进行本地化优化。形成以下初步结论:

1) 泰山景区常年平均风速大于 3 m/s, 使用舒适度指数中的风效指数作为评价标准更适合泰山景区本地的气候环境, 因此在优化泰山气候舒适度时主要以风效指数为依据。

2) 根据国标中的舒适等级划分, 泰山景区在“感觉舒适”区间的天数仅 3 天, 根据半数原则对指数区间进行本地化优化, 更符合实际旅游气象服务需求。

3) 2019 年泰山景区全年客流量日变化走势与优化后的气候舒适度指数大致相符, 相关系数为 0.84, 显著相关, 证明该舒适度指数计算方法在泰山本地有较好的适用性。

基金项目

2022 年度山东省科研项目——引导类项目(2022SDYD19)。

参考文献

- [1] 刘方奕, 郭建兴, 尤焕苓. 泰山旅游气象条件分析[J]. 气象科技进展, 2020, 10(4): 47-50.
- [2] 单振宇. 发展旅游气象服务的必要性研究[J]. 吉林农业, 2019(24): 103.
- [3] 任健美, 牛俊杰, 胡彩虹, 刘永存. 五台山旅游气候及其舒适度评价[J]. 地理研究, 2004, 23(6): 856-862.
- [4] 刘梅, 于波, 姚克敏. 人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J]. 气象科技, 2002, 30(1): 11-14+18.
- [5] 石春娥, 王兴荣, 陈晓平, 等. 人体舒适度预报方法研究[J]. 气象科学, 2001, 21(3): 363-368.
- [6] 雷杨娜, 毛明策, 李明, 张侠. 1971-2018 年陕西省人体舒适度日数时空变化特征[J]. 气象与环境学报, 2022, 38(2): 89-96.
- [7] 杨文海, 陈炜, 景博. 固原市人居环境气候舒适度分析[J]. 陕西气象, 2023(1): 62-66.
- [8] 孙明宇. 城市公共空间游人微气候与舒适度调查研究[D]: [硕士学位论文]. 张家口: 河北建筑工程学院, 2022.
- [9] 杨成芳. 山东省旅游气候舒适度研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [10] 邸瑞琦. 从人体舒适度看内蒙古地区夏季高温天气[J]. 内蒙古气象, 2000(1): 42-44.