

彭洁,宗志平,黄小玉,等. 湖南猛洞河漂流气候舒适度评价及预报方程的建立[J]. 气象,2011,37(6):771-776.

湖南猛洞河漂流气候舒适度评价 及预报方程的建立^{*1}

彭洁^{1,2} 宗志平¹ 黄小玉¹ 张官雄³ 杨爱琼² 张宇²

1 国家气象中心,北京 100081
2 湖南省湘西自治州气象局,吉首 416000
3 湖南省永顺县气象局,永顺 416300

提 要: 文章选取湖南省永顺县气象站 1971—2000 年各月的平均气温、相对湿度和风速资料,作为评价气候环境对漂流旅游舒适度的影响因子,对湖南省内著名的漂流景点、全国仅有的两条四星级漂流线路之一的猛洞河进行气候舒适度的模糊综合评判,并根据该评判模式建立了猛洞河漂流气象条件舒适度的预报方程。结果表明:(1)每年 3—11 月均可进行漂流旅游,其中气候条件较为舒适的时间为每年的 5—9 月,最为适宜的时间是 6—8 月,其中 7—8 月为漂流的旺季。(2)猛洞河气候舒适度判定结果与漂流景区的客流量相关程度达到 0.859,表明气象因子是影响猛洞河漂流客流量的最主要因素。(3)在模糊综合评判的基础上,文章建立了猛洞河漂流每日气象条件舒适度预报方程,在实际应用中能为漂流游客提供指导。

关键词: 猛洞河漂流, 舒适度, 模糊综合评判, 预报

Evaluation of the Climatic Comfortableness and Establishment of Its Forecast Equations for Mengdong River Driftage in Hunan Province

PENG Jie^{1,2} ZONG Zhiping¹ HUANG Xiaoyu¹ ZHANG Guanxiong³
YANG Aiqiong² ZHANG Yu²

1 National Meteorological Centre, Beijing 100081
2 Xiangxi Meteorological Office of Hunan Province, Jishou 416000
3 Yongshun Meteorological Station of Hunan Province, Yongshun 416300

Abstract: The paper uses the data of average air temperature, relative humidity and wind velocity from Yongshun Meteorological Station in every month from 1971 to 2000 as the factors of driftage comfortable-ness to evaluate the climate environment for Mengdong River tourism spots in Hunan which is a four-star route as one of the only two driftage routes all over the country by means of fuzzy mathematics, and based on the model the forecast equations are set up. The results showed: (1) It is suitable for driftage from March to November in every year. The climate conditions are relatively comfortable from May to September, the most comfortable time is from June to August. July and August are the peak season for driftage. (2) The correlation degree is 0.859 between the judgment result of climate comfortableness and tourist traffic, showing that meteorological factors are the most important factors that affected tourist traffic. (3) Based on fuzzy evaluation the forecast equations were established for the comfortable level of meteorological conditions in the paper. In practice, it can provide guidance for the tourists drifting.

Key words: Mengdong River driftage, comfortableness, fuzzy evaluation, forecast

^{*} 湖南省 2009 年科技发展基金项目“湘西自治州旅游气象服务系统研究”资助
2010 年 9 月 14 日收稿; 2010 年 11 月 19 日收修定稿
第一作者: 彭洁,主要从事天气预报技术研究. Email:1792828@163.com

引言

猛洞河漂流景区位于湖南省湘西自治州永顺县境内,该景区紧邻张家界国家森林公园,两地相距仅 80 km(见图 1),“游山张家界,玩水猛洞河”已成为旅游界人士的共识。景区从牛路河到哈尼宫全长 17 km,两岸均为国家一级自然保护区,因风景优美、滩险流急成为全国漂流旅游的胜地,有“天下第一漂”之美誉。有惊无险,紧张刺激的漂流近年来吸引了国内外四面八方的游客,每年景区接待的漂流游客达数十万人,并拥有巨大的潜在消费群,市场前景十分广阔。作为一种户外水上运动,漂流中游客完全置身于大自然中,人体对外部气象条件的变化十分敏感,当人体对其所处环境感到刚好适应、无需调节时的状态最适宜漂流旅游,因此气象条件舒适与否是影响漂流客流量的最主要因素。



图 1 猛洞河景区位置示意图

Fig. 1 The schematic diagram of Mengdong River scenery

国内对旅游气候舒适度评价及预报的研究起步于 20 世纪 80 年代,并逐步从定性描述发展到定量研究,多采用温湿指数、风寒指数或经验公式对某地的气候舒适度进行判定,并建立了相应的数学模型和综合指标^[1-10]。由于气象条件是否适宜旅游受诸多气象因子的影响,其结果本身是模糊的,且无法知道确切的结果。因此本文在前人研究的基础上,采用模糊综合评判的方法^[11],对湖南省内著名的漂流景点——永顺县猛洞河漂流的气候舒适度进行了分析和判定,得出了猛洞河景区各月的气候舒适程度,并建立了每日气象条件舒适度预报方程。提前

向游客发布未来一周逐日景区漂流气象条件的适宜等级,这对增加景区客流量、提高猛洞河漂流的旅游品位及进一步做好猛洞河漂流的气象服务工作具有重要的意义。

1 资料来源及分析方法

1.1 资料来源

气温、降水、相对湿度、灾害性天气等资料来源于距离猛洞河漂流景区 400 m 处的永顺县气象站 1971—2000 年常规观测数据。旅游客流量资料取自永顺县旅游局 2007 年以来每日客流量人数统计报表。

1.2 分析方法

模糊综合评判是模糊数学的一种具体应用,模糊集合概念是由美国学者 Zaden 在 1965 年首先提出来的^[11]。当待解决的问题本身是模糊的,无法知道确切结果,而且其受到的影响因素多,因素之间相互联系,不同因素对问题的影响程度不同,当各因素通过某种组合关系共同作用且能大致反映问题的特征时,此方法非常有效。在模糊集合中,元素 X 对集合 A 的隶属程度从 0 或 1 扩充为 $[0, 1]$ 这样一个实数闭区间。模糊综合评判可归纳为以下几个步骤。

(1) 建立评判对象的因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。因素就是对象的各种属性或性能,在不同场合也称为参数指标或质量指标,它们综合地反映出对象的质量,人们就是根据这些因素给对象评价。

(2) 建立评判集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。例如对气象条件适宜度评价,评判集就是适宜度等级的集合。

(3) 建立单因素评判,对第 i 个单因素模糊评判 V 上的模糊子集为 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$,于是单因素评判矩阵 R 为:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

此即因素集 U 到评判集 V 的一个模糊关系, r_{ij} 表示因素 u_i 对 v_j 的隶属度。即若对因素集 U 中的任一元素 u_i ,都有一个数 $r_{ij} \in [0, 1]$ 与之对应,则称 r 为 U 上的模糊集, r_{ij} 表示因素 u_i 对 v_j 的隶属度。

隶属度 r_{ij} 越接近于 1, 表示 u_i 属于 v_j 的程度越高, r_{ij} 越接近于 0, 表示 u_i 属于 v_j 的程度越低。

(4) 综合评判。由于对 U 中各因素有不同的侧重, 需要对每个因素赋予不同的权重, 记为 A 。 A 可以从统计资料中获得也可由专家评定得出, 设 a_i 为第 i 个因素的权重, 则权重集为:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$

并且规定: $\sum_1^i a_i = 1$, 且 $a_i \geq 0$

在 R 与 A 求出之后, 则综合评判为 $B = A \cdot R = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。

模糊综合评判的 4 个步骤中, 建立单因素评判矩阵 R 和确定分配权重 A 是最关键的部分, 没有统一的标准可以遵循, 本文采用统计试验的方法求出。

2 猛洞河漂流旅游气候舒适度的模糊综合评判

2.1 评判因子最佳值的选取

人们外出旅游, 总是希望能有一个舒适的天气, 由环境卫生学获知, 气温 24 ℃、相对湿度 70% 和风速 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 是对人体最舒适的气候条件^[12]。但考虑到漂流作为一种户外水上运动, 当人体被水打湿后由于蒸发作用会导致热量的加速散失, 因此对气温的要求比一般的旅游活动要高, 而根据气象因素与中暑发生关系的研究, 连续 3 天日平均气温超过 30 ℃ 及相对湿度超过 73% 时最易发生重度中暑病例^[13], 因此温度过高同样也不适宜。文章结合对游客的实际调查问卷及当天气温情况分析, 将漂流最佳日均温度定为 26 ℃。相对湿度是影响人体舒适度的一个重要气象要素, 这里按照环境卫生学标准将人体最佳体感湿度取为 70%, 由于在漂流过程中游客会经常被河水及两岸飞流直下的瀑布淋湿, 故适当的风速会带走暑热和潮湿造成的不适, 这里将最佳风速取为 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.2 气候舒适度模糊综合评判

通过以上分析及前人研究结果^[14-16], 这里确定把每日平均气温(t)、相对湿度(f)、风速(v)三个因子作为猛洞河漂流气候舒适度论域为 $U = (t, f, v)$; 评价的论域为 $V = (\text{很适宜}, \text{适宜}, \text{较适宜}, \text{不适宜})$, 且确定了日平均气温为 26 ℃, 相对湿度为 70%, 风

速为 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 是漂流最佳气象条件。通过模糊数学的隶属函数确定方法^[11], 本文对三要素分别建立柯西(Cauchy)分布隶属函数方程如下:

$$\mu_t = \begin{cases} 1 & \text{当 } t = 26 \text{ }^\circ\text{C} \text{ 时} \\ \frac{1}{1 + a(t - 26)^2} & \text{当 } t \neq 26 \text{ }^\circ\text{C} \text{ 时} \end{cases} \quad (1)$$

其中 $a = 0.0476$;

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

其中 $b = 0.0117$;

$$\mu_v = \begin{cases} 1 & \text{当 } v = 2 \text{ 时} \\ \frac{1}{1 + c(v - 2)^2} & \text{当 } v \neq 2 \text{ 时} \end{cases} \quad (3)$$

其中 $c = 0.1678$ 。

a 、 b 、 c 三个参数的取值是通过用特尔斐法对一组实测值评估出相应的一组隶属度, 并根据这两组数据拟合隶属度函数而求得。

并且对各因素隶属函数值规定如下^[17]:

$\mu \geq 0.85$ 十分适宜;
 $0.85 > \mu \geq 0.75$ 适宜;
 $0.75 > \mu \geq 0.60$ 较适宜;
 $\mu < 0.60$ 不适宜。

从永顺县旅游局提供的客流量数据表明, 由于每年 12 月至次年 2 月为湖南省冬季, 气温太低无法进行漂流活动, 每年的漂流一般从 3 月下旬起漂, 11 月中旬结束。这里将永顺县 1971—2009 年 3—11 月的气候要素值分别代入以上方程, 得出猛洞河景区每年每月气温、相对湿度、风速的隶属函数值, 并根据隶属函数值的大小计算出该要素的舒适等级及在 39 年中所占比例。比如 1971—2009 年 3 月气温的隶属函数值为十分适宜、适宜、较适宜、不适宜的次数分别为: 0、0、2、37, 在 39 年中所占比例分别是: 0.00、0.00、0.05、0.95, 这也就是矩阵的第一行, 依此类推, 对 1971—2009 年 3 月的平均相对湿度、平均风速进行相同的计算, 列于矩阵的第二、第三行, 得矩阵如下:

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.05 & 0.95 \\ 0.08 & 0.15 & 0.31 & 0.46 \\ 0.23 & 0.31 & 0.33 & 0.13 \end{bmatrix}$$

同理, 得 4—11 月的单因子评判矩阵分别为:

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.03 & 0.15 & 0.82 \\ 0.10 & 0.21 & 0.31 & 0.38 \\ 0.31 & 0.33 & 0.26 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.51 & 0.17 & 0.15 & 0.17 \\ 0.08 & 0.15 & 0.51 & 0.26 \\ 0.26 & 0.31 & 0.26 & 0.17 \end{bmatrix}$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.64 & 0.15 & 0.13 & 0.08 \\ 0.03 & 0.08 & 0.38 & 0.51 \\ 0.17 & 0.26 & 0.38 & 0.19 \end{bmatrix}$$

$$R_7 = \begin{bmatrix} 0.82 & 0.10 & 0.08 & 0.00 \\ 0.08 & 0.10 & 0.28 & 0.54 \\ 0.23 & 0.25 & 0.36 & 0.16 \end{bmatrix}$$

$$R_8 = \begin{bmatrix} 0.87 & 0.10 & 0.03 & 0.00 \\ 0.31 & 0.26 & 0.26 & 0.17 \\ 0.28 & 0.31 & 0.33 & 0.08 \end{bmatrix}$$

$$R_9 = \begin{bmatrix} 0.38 & 0.26 & 0.13 & 0.23 \\ 0.38 & 0.23 & 0.26 & 0.13 \\ 0.26 & 0.36 & 0.26 & 0.12 \end{bmatrix}$$

$$R_{10} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.03 & 0.10 & 0.87 \\ 0.41 & 0.23 & 0.18 & 0.18 \\ 0.08 & 0.21 & 0.23 & 0.48 \end{bmatrix}$$

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.03 & 0.97 \\ 0.46 & 0.26 & 0.18 & 0.10 \\ 0.08 & 0.26 & 0.18 & 0.48 \end{bmatrix}$$

对永顺县 2007—2009 年 3—11 月每日平均气温、相对湿度、风速与永顺县猛洞河漂流的实际客流量资料做标准化处理,并分别建立一元回归方程如下:

日平均气温与客流量的标准一元回归方程为:
 $Y=0.71t$,

日平均相对湿度与客流量的标准一元回归方程为: $Y=-0.25u$,

日平均风速与客流量的标准一元回归方程为:
 $Y=0.29f$.

上述方程 R 分别为 0.71、-0.25、0.29, F 分别为 183.89、11.90、16.30,均通过显著性水平检验为 0.01 的 F 检验[$F>F(1,825)=6.67$].

根据以上标准一元回归方程回归系数的大小,这里将这气温、湿度、风速的权重依次分配为 $V=(0.57,0.20,0.23)$,故综合评判为 $B=V \cdot R_i$,通过矩阵计算,下面得出猛洞河漂流各月的气候舒适度(表 1)。

可见,每年 5—9 月猛洞河景区的气候条件在较舒适及以上等级的概率均在 60%以上,其中最适宜漂流的月份是 8 月,此期间猛洞河景区气温较高,但由于地处河谷,日均气温超过 30℃、最高气温超过

表 1 猛洞河漂流景区每月舒适度评价结果
Table 1 Results of monthly climatic comfortableness in Mengdong River

月份	舒适等级				
	很舒适 B_1	舒适 B_2	较舒适 B_3	前三项之和 $B_1+B_2+B_3$	不舒适 B_4
3	0.02	0.12	0.13	0.27	0.73
4	0.04	0.15	0.25	0.44	0.56
5	0.25	0.23	0.18	0.66	0.34
6	0.38	0.24	0.19	0.81	0.19
7	0.58	0.20	0.12	0.90	0.10
8	0.67	0.15	0.12	0.94	0.06
9	0.21	0.19	0.23	0.63	0.37
10	0.08	0.15	0.19	0.42	0.58
11	0.06	0.12	0.12	0.30	0.70

35℃的酷热天气较少,因此 94%的时间均具有适宜的漂流气象条件,其次是 6—7 月的气候舒适度均在 80%以上,而 3 和 11 月由于气温偏低,导致人体感觉湿冷,热量容易散失,因此大多数时间不适宜进行漂流。

2.3 气候舒适度评价结果与景区客流量的相关性分析

根据永顺县旅游局提供的 2007—2009 年客流量资料,统计 3 年中各月的平均客流量,从图 2 可以

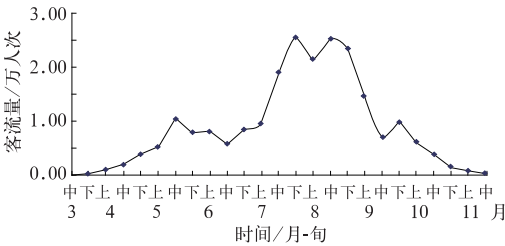


图 2 猛洞河景区 2007—2009 年 3—11 月平均客流量曲线图

Fig. 2 The curve of the average tourist traffic in Mengdong River scenery in March to November from 2007 to 2009

看出:每年猛洞河漂流有 2 个主峰值、2 个次峰值,2 个主峰值分别出现在 7 月中旬和 8 月上旬,2 个次峰值则分别出现在 5 月上旬和 9 月中旬。

为客观比较猛洞河景区每月客流量的变化情况,并简化计算,这里引入客流量偏差率(Y)的概念,公式为:

$$Y = \frac{X_i - \bar{X}}{\bar{X}} \tag{4}$$

其中 Y 为猛洞河景区客流量偏差率, X_i 表示某月的

客流量, \bar{X} 表示猛洞河景区每月的平均客流量。

通过以上计算,得出表 2 如下。

表 2 数据表明,7—8 月为猛洞河漂流的旺季,其余月份为淡季。出现这样的客流量分布除与黄金周、暑假学生客流量高峰有一定关系外,各月的气象条件对客流量分布起重要的决定作用。将表 1 中第 5 列 $B_1+B_2+B_3$ 之和与表 2 中第 2 行每月客流量偏差率进行相关分析,两者的相关程度达到 0.859,可见该评价模式及结果是实际可行的。

表 2 湖南猛洞河景区各月客流量偏差率

Table 2 The monthly deviation ratio of tourist traffic in Mengdong River scenery

3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
-0.84	-0.62	-0.17	-0.17	1.24	1.06	-0.55	-0.79	-0.81

3 气象条件舒适度预报方程的建立

通过以上分析,文章得出了猛洞河景区各月的气候舒适度评价指标,但作为游客来说,了解哪些季节和月份适宜到猛洞河漂流固然重要,而具体到当天的舒适度指标到底为哪一级,是否适合进行漂流,这也是游客关注的重点。针对旅游市场的客观需求,湘西自治州气象台利用上述模糊综合评判的方法建立了猛洞河漂流气象条件舒适度预报方程,以期为玩家合理安排具体的漂流计划提供参考。

众所周知,漂流作为一种户外水上运动,安全是游客首先要考虑的问题^[18],其次才是气候条件是否舒适,因此在建立预报方程之前,我们统计了 2007—2009 年景区停漂的日期及其相应的天气情况,可以发现,在前 24 小时出现了日降水量 ≥ 50 mm 的暴雨,同时当天仍有大雨以上降水过程;或者当天出现了日降水量 ≥ 50 mm 暴雨的情况下,景区实行了停漂。这是因为猛洞河位于山区峡谷中,暴雨过程往往会造成山洪暴发,对漂流的安全有很大的威胁。此外,另一个对漂流安全有影响的天气条件是午后的雷阵雨^[19],因为水体本身就是导电体,当雷击发生时,进行水上运动的人们遭受雷击的风险大为增加。因此,我们将是否有暴雨和雷电发生作为舒适度预报的首要判据,即如果同时满足以上两个条件或其中之一,则预报第二天的漂流舒适度等级为不舒适,不适宜开展漂流活动,若这两个条件都没有达到,则进行下一步舒适度等级的预报。

根据前面的分析,日平均气温、相对湿度和风速

三要素在气象舒适度中的权重分别为 0.57、0.20、0.23,建立猛洞河漂流每日气象条件舒适度预报方程为:

$$\mu = 0.57\mu_t + 0.20\mu_f + 0.23\mu_v \tag{5}$$

其中 μ 表示气象条件隶属函数值,代表综合气象条件对旅游活动开展的适合程度, μ_t 、 μ_f 、 μ_v 分别表示气温、相对湿度、风速的隶属函数值,代表了这三种气象要素分别对旅游活动适宜程度的贡献,通过公式(1)~(3)求得,在实际业务应用中,将预报的未来一周逐日永顺县最高、最低气温的平均值作为日平均气温预报值代入式(1),采用 T639 数值预报模式中每日 08 和 20 时起报的 29°N、101°E 格点未来一周 02、08、14、20 四个时次的 2 m 相对湿度平均值作为日平均相对湿度代入式(2),平均风速则采用州气象台未来一周逐日的风速预报值代入式(3)。然后将计算出的 μ_t 、 μ_f 和 μ_v 值代入式(5)。规定当 $\mu \geq 0.85$,预报当天气象条件非常适合进行漂流;当 $0.85 > \mu \geq 0.75$ 时预报当天的天气条件适合进行漂流;当 $0.75 > \mu \geq 0.60$ 则预报当天较为适合进行漂流;而 $\mu < 0.60$ 则预报当天气象条件不适宜进行漂流旅游,同时指出不适宜的具体原因,并加上温馨的提示语供游客参考。

4 预报方程效果的检验

从 2010 年 4 月开始,湘西自治州气象台于每日 08 和 20 时两次将未来一周逐日的平均气温、相对湿度、风速预报值代入方程进行计算并对外发布预报,为检验预报方程的效果,同时将逐日的气温、相

对湿度、风速实况资料代入方程进行计算,将计算出的很舒适(B_1)、舒适(B_2)、较舒适(B_3)作为一类预报结果,将不舒适(B_4)作为另一类预报结果,统计 4—7 月预报与实况检验结果显示(表略),各月逐日 0~168 小时的预报结果与实况的拟合率平均在 70%以上,其中 4 月的拟合率最高达 84.3%,而 6 月份的拟合程度相对较低为 73.6%;从预报时效来看,随着预报时效的延长,预报与实况的拟合率呈现逐步下降的趋势,其中 24 小时拟合程度最高为 82.5%,168 小时的拟合程度最低为 68.1%,这个结果与州气象台的预报准确率变化规律呈现明显的相关关系,在预报准确率较高的情况下,猛洞河漂流舒适度等级预报的准确率则相应较高。

从 2010 年 4 月州气象台开始发布猛洞河漂流气候舒适度指数以来,统计 4—7 月景区客流量的变化情况及其与 2007—2009 年客流量的对比(见图 3),可见 2010 年猛洞河景区漂流的游客数量有了一定的增长,尤其是 5—6 月的游客数量上升幅度较为明显,其中 5 月份游客数量较 2007—2009 年平均月客流量增加了近 4000 名游客,增幅近 2 成,但是 7 月份的客流量增幅相对较小,客流量基本上与历年持平。出现这样的客流量分布情况,一方面与湘西自治州 2010 年 4—7 月的天气状况、旅游发展宣传有关,也一定程度上说明该预报方程在指导游客漂流中发挥了积极作用,同时从 5—6 月客流量的明显增加来看,该预报方程在漂流淡季发挥的作用更为明显。

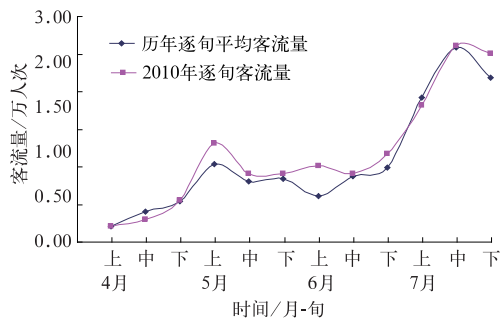


图 3 2010 年逐旬客流量与历年平均值的对比
Fig. 3 The comparison of dekad tourist traffic between 2010 and the past multi-year average

5 结 论

(1) 文章采用模糊综合评判方法对猛洞河景区的漂流气候舒适度进行判定,结果表明:每年 3—11

月均可进行漂流旅游,其中气候条件较为舒适的时间为每年的 5—9 月,最为适宜的时间是 6—8 月,其中 7—8 月为漂流的旺季。

(2) 猛洞河气候舒适度判定结果与漂流景区的客流量相关程度达到 0.859,可见气象因子是影响猛洞河漂流客流量的最主要因素。

(3) 在模糊综合评判的基础上,文章建立了猛洞河漂流每日气象条件舒适度预报方程,在实际应用中能有效地为漂流游客提供指导,这种指导作用在漂流淡季表现更为明显。

参考文献

- [1] 郭俊刚,王淑娟. 旅游气候舒适度研究进展[J]. 现代农业科技, 2008, 10: 220-222.
- [2] 马丽君,孙根年,李馥丽. 陕西省旅游气候舒适度评价[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 40-44.
- [3] 易雪,王建林,王迎波. 气候适宜指数在早稻产量动态预报上的应用[J]. 气象, 2010, 36(6): 85-89.
- [4] 陈正洪,史瑞琴,李松汉,等. 改进的武汉中暑气象模型及中暑指数等级标准研究[J]. 气象, 2008, 34(8): 82-86.
- [5] 赵小艳,申双和,孙虎声. 南京旅游气候舒适度的探讨[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(2): 250-256.
- [6] 钱妙芬,叶梅. 旅游气候宜人度评价方法研究[J]. 成都气象学院学报, 1996, 11(3): 128-134.
- [7] 刘梅,于波,姚克敏. 体感温度模型在中国旅游气象区划中的应用[J]. 资源科学, 2009, 31(3): 456-461.
- [8] 高卫东,姜伟,胡莎莎. 济南市旅游气候舒适度的研究[J]. 济南大学学报, 2009, 23(1): 94-98.
- [9] 李存秀,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, 19(2): 184-187.
- [10] 唐文君,闵敏,景元书. 长江三角洲夏季气候舒适度模糊评判[J]. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 773-778.
- [11] 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.
- [12] 杨尚英. 旅游气象气候学[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2007: 142-146.
- [13] 王长来,茅志成,程极壮. 气象因素与中暑发生关系的探讨[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 40-43.
- [14] 孔邦杰,黄敬峰,朱寿燕. 浙江仙居县漂流旅游的气候影响因素探讨[J]. 气象科学, 2005, 25(4): 369-375.
- [15] 严明良,沈树勤. 环境气象指数的设计方法探讨[J]. 气象科技, 2005, 33(6): 583-588.
- [16] 宋静. 连云港旅游气象指数研究及其预报[J]. 气象科学, 2001, 24(4): 480-484.
- [17] 陆鼎煌. 北京市绿化与居民夏季舒适度[J]. 北京林业, 1984, 34(1): 28-36.
- [18] 罗慧,李良序,张彦宇,等. 气象风险源的社会关注度风险等级分析方法[J]. 气象, 2008, 34(5): 9-13.
- [19] 林建,曲晓波. 中国雷电事件的时空分布特征[J]. 气象, 2008, 34(11): 22-30.