

# 滇西北旅游景区气象指数预报方法研究

郭菊馨<sup>1</sup> 白波<sup>2</sup> 王自英<sup>1</sup> 刘家训<sup>1</sup>

(1 云南省迪庆州气象局, 迪庆 674400; 2 云南省曲靖市气象局, 曲靖 655000)

**摘要** 依据云南省迪庆州 3 站 40 年的观测资料, 利用统计检验结果, 同时结合天气预报的时间和空间尺度理论, 论证了迪庆州各旅游景点的气象指数预报。用最靠近景区的气象观测站所提供的天气预报资料和逐时观测资料作为预报景区指数的基础, 同时根据景区的经纬度、海拔高度、植被状况进行订正, 最终获取旅游景区的特种气象预报指数。旅游景区的特种气象预报软件开发应用天气学、数值方法等理论和业务技术方法, 用 Fortran 语言和 VB 语言编程, 研制了迪庆州各景区的紫外线指数、舒适指数、着装指数、火险等级、旅游气象指数系统。该系统软件已投入业务运行。

**关键词** 旅游气象 气象指数 插值订正

## 引言

近些年来, 全国大部分省、市、地州对各地的旅游气象指数预报有了研究, 并应用于旅游气象预报服务中<sup>[1]</sup>。研究云南省西北部迪庆州的旅游景区的旅游气象指数预报对开发滇西北旅游和发展旅游占有重要地位。迪庆属青藏高原东南延伸部分, 地势北高南低, 境内三山夹两江, 即怒山山脉、云岭山脉、贡嘎山脉夹澜沧江、金沙江。全州平均海拔为 3380 m, 海拔在 3000 m 以上的地域占全州总面积的 53%, 是云南省海拔最高的地区。主要风景区香格里拉县境内有噶丹松藏林寺、纳帕海、碧塔海、虎

跳峡、白水台; 德钦县境内有梅里雪山、明永冰川; 维西县有达摩祖师洞。

## 1 旅游景区特种气象预报资料概况

旅游景点分散在各地, 地形地貌各不相同, 而天气状况与地形地貌密切相关。在制作旅游气象预报指数时, 下垫面条件是首先要考虑的局地因素。其次, 旅游景点一般没有气象观测站, 更没有历史记录, 这正是旅游景点特种气象预报的难点。而迪庆州仅有 3 个气象观测站, 因此只能用这 3 个站点的天气预报和观测资料作为景区气象预报的基础。表 1 为旅游景点的代表站。

表 1 旅游景点的代表站

旅游景点	经度/°E	纬度/°N	高度/m	站点	经度/°E	纬度/°N	高度/m	资料年代
噶丹松藏林寺	99.70	27.83	3279.4					
纳帕海	99.70	27.83	3266					
碧塔海	99.98	27.79	3568	香格里拉	99.70	27.83	3277.1	1961~2001
虎跳峡	100	27.47	1800					
白水台	99.99	27.40	2380					
梅里雪山	98.70	28.47	6740	德钦	98.88	28.45	3488.0	1961~2001
明永冰川	98.70	28.47	2800					
达摩祖师洞	99.60	27.40	2860	维西	99.28	27.17	2321.5	1961~2001

### 2 气象指数预报敏感气象要素选择

为了表征敏感度和依从性,在调查了解和现场观测试验的基础上,收集整理和分析了大量的信息资料,利用统计学理论求算统计量(例如相关、复相关),得出了以下几个不同气象要素组成的线性或非线性函数:

$$S_p(\text{紫外线指数}) = f(x_1(\text{纬度}), x_2(\text{海拔高度}), x_3(\text{季节}), x_4(\text{平流层臭氧}), x_5(\text{云}), x_6(\text{大气污染状况}), x_7(\text{地面反照率}))$$

$$S_p(\text{人体舒适度指数}) = f(x_1(\text{气温}), x_2(\text{气压}), x_3(\text{相对湿度}), x_4(\text{风速}))$$

$$S_p(\text{火险指数}) = f(x_1(\text{空气湿度}), x_2(\text{气温}), x_3(\text{连续无降水日数}), x_4(\text{风速}), x_5(\text{地面覆盖率}))$$

$$S_p(\text{着装厚度及增减衣指数}) = f(x_1(\text{环境温度}), x_2(\text{风速}), x_3(\text{气温日较差}), x_4(24 \text{ h 变温}))$$

$$S_p(\text{旅游气象条件指数预报}) = f(x_1(\text{平均气温}), x_2(\text{最低气温}), x_3(\text{风速}), x_4(\text{总云量}), x_4(\text{过去24 h 降水}), x_4(\text{未来24 h 天气}))$$

#### 2.1 紫外线指数预报

紫外线指数,也称为“UVI”指数,是一个衡量某地正午前后到达地面的太阳光线中的紫外线辐射对人体皮肤、眼睛等组织和器官可能的损伤程度的指标,主要依赖于纬度、海拔高度、季节、平流层臭氧、云、地面反照率和大气污染状况等条件。按照国际上通用的方法,紫外线指数一般用 0~15 的数字来表示。迪庆州属于高原地区,晴天无云时紫外线指数为 15。紫外线指数值越大,表示紫外线辐射对人体皮肤的红斑损伤越加剧,同样紫外线指数越大,也

表示在越短的时间里对皮肤的伤害程度越强。

本文采用的是一种由陈万隆教授等提出的的经验公式<sup>[2]</sup>,再乘上晴空紫外辐射与太阳总辐射的比率( $\eta$ )以及海拔高度( $H$ )订正的方法,该方法没有考虑云量订正问题,我们借用了美国 NWS 对晴空紫外辐射的云量订正方案,并进行了内插<sup>[3]</sup>。经过湖北省气象科研所两年多的应用表明,该方法既简便,又能在全国普遍适用,效果较理想。预报方程:

$$y = R Q_{uv} / 2.5$$

$$Q_{uv} = 0.043 Q$$

$$Q = S_0 (C_1 - C_2 Z) (1 + 0.00016 H_{hei}) \cdot \sin(h) \sin(h) = \sin(d_{lat}) \sin(S_{lat}) + \cos(d_{lat}) \cos(S_{lat}) \cos(w)$$

其中: $Q_{uv}$ 晴天紫外总辐射, $Q$ 太阳总辐射, $S_0$ 为太阳常数( $S_0 = 1382 \text{ W/m}^2$ ); $C_1 = 0.944$ , $C_2 = 0.098$ ; $d_{lat}$ 纬度, $d_{lon}$ 经度, $H_{hei}$ 海拔高度, $N_t$ 总云量, $T_{day}$ 日期(距同年1月1日的天数), $Z$ 混浊度系数(空气污染较重的大城市  $Z$  为 3.5~4.5,中小城市  $Z$  为 2.5~3.5,乡村  $Z$  为 1.5~2.5); $S_{lat}$ 为太阳赤纬(由纬度和日期决定,通过一个精确的三角拟合公式(略)算出); $W$ 为时角; $R$ 为由于云量而引起的紫外线总辐射衰减量:

$$0 \leq N_t < 1 (\text{晴空}): R = 0.992;$$

$$1 \leq N_t < 3 (\text{少云}): R = 0.896;$$

$$3 \leq N_t < 8 (\text{多云}): R = 0.726;$$

$$N_t \geq 8 (\text{阴天}): R = 0.316。$$

表 2 给出紫外线指数与强度及应采取的措施。

表 2 紫外线指数与强度、影响、措施对照表

紫外线指数	紫外线照射强度	对人体可能影响	建议采取的防护措施
0~2	最弱	安全	可以不采取措施
3~4	弱	正常	外出戴防护帽或太阳镜
5~6	中等	注意	除戴防护帽和太阳镜外,涂擦防晒霜(防晒霜 SPF 指数应不低于 15)
7~9	强	较强	10:00~16:00 避免外出活动,外出时应尽可能在遮荫处
>10	很强	有害	尽量不外出,必须外出时,要采取一定的防护措施

#### 2.2 城市火险等级及预报

该指数是按照国家森林防火指挥部的有关文件精神制作的,火险指数与空气湿度、温度、连续无降水日、风速、地面绿草覆盖率有关。用 A、B、C、D、E 分别表示上述各要素的火险指数。当湿度大于

70%时,A 为 0,湿度每减小 10%,指数 A 相应加 4,当湿度小于 30%时,A 为 20;当日最高气温低于 5℃时,温度 B 为 0,温度每升高 5℃,B 相应加 4,当温度高于 25℃时,B 为 20;根据降水量的多少,将降水指数划分为 4 级,无降水日每持续 1 天,C 相

应加5;按风速大小,将风指数划分为9级,风大一级,指数D加5;根据地面绿草或降雪量的多少,将覆盖物指数E划分为4级,对应4个指数,对火险指数进行修正。根据不同要素所起的不同作用,分别

计算每个要素的火险指数A、B、C、D、E,最终火险指数预报方程为: $H_{TZ} = A + B + C + D - E$ 。 $H_{TZ}$ 指数越高,险情越大。通过计算,得出迪庆州火险等级可分为5级,如表3所示。

表3 迪庆州火险等级与服务用语

	级别	服务用语
$H_{TZ} \leq 25$	1	低火险级。防止化学物品遇水起火。
$25 < H_{TZ} \leq 35$	2	较低火险级。重点防火单位要注意火源的管理。
$35 < H_{TZ} \leq 55$	3	中等火险级。应派专人管理火源和易燃易爆物品,谨防生产性火灾和电器火灾。
$55 < H_{TZ} \leq 80$	4	高火险级。各单位都应提高警惕,加强防火安全工作,排除火灾隐患,谨防各类火灾发生。
$80 < H_{TZ}$	5	极高火险级。所有单位都必须高度警惕,加强防火安全工作,排除一切可能的火灾隐患,作好消防物资准备,谨防重大火灾发生。

### 2.3 着装厚度气象指数预报

对人体影响最大的气象要素是气温,气温在一定范围内,人体会根据冷热产生适应与调节。人体与周围大气环境之间保持着热平衡,以维持恒定的体温。通过人体与环境之间的热交换分析,在不考虑空气热阻、辐射、蒸发及气流等作用时,1个clo( $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ )热阻的衣着能保持衣服两侧的温度差是 $9 \text{ }^\circ\text{C}$ ,此时环境温度为 $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 就能保持人体体表温度为舒适的 $32 \text{ }^\circ\text{C}$ 。具有4个clo热阻的衣服大约25mm厚,相当于不太厚的棉衣,1个clo热阻的衣服相当于一件西服。但在现实生活中,人体衣着指数得考虑到空气的热阻、辐射、蒸发及气流的

作用,因而从这个角度来看,着装是人类为了获取舒适的小气候环境,对外界环境偏离舒适水平的一种修正。这样,对经典的人体舒适指数进行一定的调整和订正,就可能得到一地的着装厚度气象指数方案。这里引用刘燕<sup>[4]</sup>导出的北京地区的自然环境的着装活动气象指数:

$$Y = \frac{0.61(25.8 - x)}{1 - 0.01165v^2}$$

式中Y为室外环境所需服装厚度的预报值(单位:mm),x是环境温度预报值(单位: $^\circ\text{C}$ ),v是环境风速预报值(单位:m/s)。这样就得出了服装厚度与服装款式对照表(表4)。

表4 服装厚度与服装款式对照表

天气	气温/ $^\circ\text{C}$	服装厚度/mm	服装款式品种
深寒严寒	-25 ~ -10	40 ~ 70	羽绒服、风雪大衣、裘皮大衣、手套、呢帽、太空棉衣等等
寒冷	-9.9 ~ 0	20 ~ 40	棉衣、冬大衣、皮夹克、皮褸、羊毛内衣、厚呢外衣、呢帽、手套
较冷	0 ~ 4.9	15 ~ 20	棉衣、冬大衣、皮夹克、内着衬衫或羊毛内衣、毛衣、外罩大衣
较凉	5 ~ 9.9	10 ~ 15	风衣、大衣、夹大衣、外套、毛衣、毛套装、西服套装薄棉外套
稍凉	10 ~ 15.9	6 ~ 10	套装、夹衣、风衣、夹克衫、西服套装、马甲衬衫+夹克衫配长裤
凉爽舒适	16 ~ 21.9	4 ~ 6	单层薄衫裤、薄型棉衫、长裤、针织长袖衫、长袖T恤衫、薄型套装、牛仔衫裤
较热	22 ~ 24.9	1.5 ~ 4	短裙、短裤、衬衫、短套装、T恤衫
炎热闷热	25 ~ 40	0 ~ 1.5	短衫、短裙、短裤、薄型T恤衫、敞领短袖棉衫

### 2.4 人体舒适度预报

人体舒适度预报也叫作体感温度预报,就是以“舒适指数”的形式对“舒适”进行数字化定义,用来反映不同的温度、湿度等气象环境下人体的舒适感觉。舒适指数一般分为“风寒指数”和“炎热指数”。环境温度是影响人体热量平衡的主要因素。当气温小于 $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,天气冷凉,人体与外界的热量交换以

人体失热为主,失热的多少受风速和气温的综合影响,因此就以风寒指数来表示人体失热与风速、气温的关系。气温越低,风速越大,表示风寒指数越高,舒适度越差。当气温高于 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 且有太阳直接照射时,人体与外界的热量交换以吸热为主,人体获得的热量的多少除受气温影响外,还与太阳辐射、空气湿度等因素关系密切。炎热指数反映的就是人体吸热

与气温、湿度、太阳辐射之间的关系。迪庆州属于高海拔地区,早晚温差大,这里考虑的是预报的最高气温的情况下人体舒适度。预报方程<sup>[3]</sup>为:

风降温系数  $A_{cv}=1.5$ ,假如气温高于  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,要对其进行修正:  $A_{cv}=1.5-0.3(T_{max}-35)$ 。

湿度修正:  $I_f=0.5(f_{max}+f_{min})$ 。

$$Y=1.8T_{av}-0.99(1-0.01I_f)(T_{av}-14.4)+32-0.5(1.5+A_{cv})\sqrt{V_{av}}$$

根据  $Y$  值的不同,就可以确定舒适度在哪个等

级。当  $Y$  值小于 62,就要用到寒冷指数公式:

$$Y=(33-T_{av})(3.3\sqrt{V_{av}}-V_{av}/3+20)\cdot \exp[0.003|I_f-40|]$$

上式中  $T_{av}$  为平均气温,  $V_{av}$  为风速,  $f_{max}$ 、 $f_{min}$  为一天中最大、最小相对湿度。对所开发的软件输入迪庆州历史上观测资料到的这些因子的极端值,就可以得出迪庆州炎热指数可分为 5 个等级,寒冷指数可分为 6 个等级(表 5)。

表 5 迪庆州舒适度级别

炎热指数	级别	感受	建议预防措施
$86 < Y \leq 87$	4 级	很闷热	采取降温措施,否则难以忍受闷热
$82 < Y \leq 86$	3 级	闷热	多数人感到闷热,采取降温措施
$78 < Y \leq 82$	2 级	偏热	绝大多数人感到天气偏热,很不舒适
$74 < Y \leq 78$	1 级	热	几乎所有人都感觉有点热,有点不舒服,但完全可以接受
$62 \leq Y \leq 74$	0 级	凉爽和舒适	工作心情愉快
寒冷指数	级别	感受	建议预防措施
$24.1 < Y$	1 级	稍热	工作心情舒畅
$14.7 < Y \leq 24.1$	0 级	舒适	放心工作积极活动
$8.3 < Y \leq 14.7$	- 1 级	稍冷	需要穿毛衣
$1.9 < Y \leq 8.3$	- 2 级	较冷	需要穿棉衣
$-4.5 < Y \leq 1.9$	- 3 级	寒冷	尽量采取保暖措施
$Y \leq -4.5$	- 4 级	严寒	注意预防冻疮

### 2.5 旅游气象条件指数预报

迪庆州旅游气象条件主要特点有:氧气稀薄,平均气温比较低,太阳紫外线辐射强烈,空气中负离子较多,臭氧含量也比较高,大气污染物比较少,风大、气温日较差大,对人体有锻炼作用,能促进新陈代谢。综合考虑了迪庆州极端环境天气条件,考虑了主要因子:平均气温( $T_{av}$ )、最低气温( $T_{min}$ )、风速( $V_{av}$ )、总云量( $Y_N$ )、24 h 降水( $R_{24}$ )、天气( $W$ )。

得出了预报方程:

$$Y=10-(Y_N+3D+3T_d+3E_{dv}+E_{kr}+E_{khot}+E_{kw})/5$$

其中  $D$  是换算出来的日照时数指数;  $T_d$  换算的气温;  $E_{dv}$  换算的风速;  $E_{kr}$  降雨指数,分为有降雨和无降雨两种;  $E_{khot}$  气温指数;  $E_{kw}$  预报天气的指数,分为雨天和无雨天。通过分析,迪庆州的旅游气象条件指数预报可分为 5 级(表 6)。

表 6 旅游气象条件指数等级划分

等级	指数	名称	对策建议
1	$>9.0$	极适宜(优)	您可以尽情地享受大自然的无限风光
2	$7.0 \sim 9.0$	适宜(良好)	您可以尽情地享受大自然的无限风光
3	$5.0 \sim 7.0$	基本适宜(一般)	针对不利气象条件,采取一定的防护措施,或有选择性地到一些旅游景点游玩
4	$3.0 \sim 5.0$	不太适宜(较差)	尽量减少外出,一定要外出旅游者,应针对某些不利条件做好充分的准备,采取相应对策
5	$\leq 3.0$	不适宜(减少外出)	减少外出

### 3 对旅游景点插值计算并订正

迪庆州旅游景点分布较广,附近没有什么观测站,因此只能用靠近旅游景点的观测站资料得出的

旅游气象预报值作为景点预报的基础。如果旅游景点在 2 站之间,就对 2 站资料得出的旅游气象预报值进行平均的值作为预报基础,然后再插值。同时也考虑到迪庆州旅游景点的特点(海拔比较高,植被

覆盖率高,几乎无污染),对插值出来的景点旅游气象预报进行订正。实际工作中,用了牛顿途径、Lagrange 插值、Hermite 插值等进行比较,最终选取 Lagrange 插值方式。把 3 个站算出来的旅游气象指数作为已知数,用景点的经度、纬度和观测站的经度、纬度作已知数来插值、订正,得出旅游景点相应的旅游气象指数。Lagrange 公式为:

$$Y = y_1(x - x_2)(x - x_3)/[(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)] + y_2(x - x_1)(x - x_3)/[(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)] + y_3(x - x_1)(x - x_2)/[(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)]$$

其中  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  为插值基点,  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  为插值基点对应的函数值,也就是计算出来的 3 站的旅游气象指数值。

#### 4 结语

(1) 迪庆州由于地形起伏大,植被覆盖差异明显,景区的气象指数预报除了考虑经纬度,还考虑了海拔高度、植被状况,因此迪庆州旅游气象指数预报有一定的准确性。

(2) 根据迪庆州气候特点和预报的可操作性,

对旅游景点的 5 种特种气象预报指数作了调整,并根据不同的特点进行了订正,但由于旅游景点没有观测资料,所以还是存在一定的误差。

(3) 用大量的预报资料得出旅游景点的 5 种特种气象预报,此 5 种特种气象指数预报水平的高低依赖于相关气象要素的预报准确率,所以关键还在于提高相关气象要素的预报准确率。

(4) 迪庆州各景区的紫外线指数、舒适指数、着装指数、火险等级、旅游气象指数系统投入业务运行以来,预报准确率跟迪庆州的短期天气预报准确率相当,达到 78% 左右。

#### 参考文献

- 1 杨贤为,邹旭恺,马天健,等. 黄山旅游气候指南. 气象, 1999, 25(11): 50 - 54
- 2 孙卫国,陈万隆,陈志鹏. 近 30 年中国地面太阳辐射变化特征. 北京: 气象出版社, 1997. 132 - 139
- 3 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报. 北京: 气象出版社, 2001
- 4 刘燕,张德山,奚以文. 着装厚度气象指数预报. 气象, 1999, 25(3): 13 - 15.

## Forecasting Methods of Meteorological Indexes for Tourism in Northwestern Yunnan Province

Guo Juxin<sup>1</sup> Bai Bo<sup>2</sup> Wang Ziyang<sup>1</sup> Liu Jiaxun<sup>1</sup>

(1 Diqing Meteorological Bureau, Yunnan Province, Diqing 674400;

2 Qujing Meteorological Bureau, Yunnan Province, Qujing 655000)

**Abstract:** Based on the data obtained from three meteorological stations for 40 years in Diqing, Yunnan Province, a study was conducted on the forecasting methods of meteorological indexes for tourism. In combination with the temporal and spatial-scale theories of weather systems and the related statistical results, various meteorological indexes are discussed. The specific meteorological indexes were obtained through adjusting longitude, latitude, and vegetation distribution based on the weather forecasts and relative observation data provided by the nearest weather stations. The techniques of synoptic, numerical method and conventional forecasts were applied in software development. The forecasting system of UV index, suitability index, dressing index, fire danger class, and meteorological indexes for tourism was developed by using the FORTRAN and VB computer language. The software has been put into operation.

**Key words:** tour meteorology, meteorological index, interpolation