

文章编号:1006-7639(2005)-02-0030-05

近地面太阳紫外线辐射强度分析与预报

王繁强¹,宋百春²,周阿舒³,李业明²,万克利²

(1.陕西省气象科学研究所,陕西 西安 710015; 2.日照市气象局,山东 日照 276800; 3. 陕西省气象科技开发中心,陕西 西安 710015)

提 要: 利用2003年3月至2004年2月日照市气象台观测的太阳紫外线辐射强度资料及对应的云量、能见度、湿度气象资料,通过对气象因子与紫外线辐射强度关系的定量分析,建立了单因子识别紫外线辐射强度的数学模型。选用单因子贡献度的数学累积值计算多因子综合贡献度,通过多级判别分析,确定综合贡献度与紫外线辐射强度等级的对应关系。根据数值模式输出产品的解释应用结果,对紫外线辐射强度等级做预报。2004年3~4月试运行结果较好。

关键词: 紫外线强度;分析与预报

中图分类号: P422.6

文献标识码: A

引 言

紫外线的定义是电磁波谱中波长从0.01~0.40 μm 辐射的总称。紫外线辐射强度是某地正午前后到达地面太阳光线中的紫外线辐射对人体的皮肤、眼睛等组织和器官可能的损伤程度。过多遭受紫外线照射,易引起皮肤过敏和皮肤灼伤;皮肤失去弹性,产生皱纹;造成皮肤细胞膜损伤,甚至造成DNA伤害,严重的可以引发皮肤癌、白内障及免疫系统功能降低^[1]。如何防止紫外线过度照射已引起人们的广泛关注。

面对过度紫外线辐射造成的严重后果,有关国际组织和许多国家政府要求采取有效措施以减少过度紫外线辐射的危害。我国气象部门先后开展了紫外线辐射强度的观测和预报^[2~4]。并通过新闻媒介发布紫外线辐射强度等级(紫外线辐射指数)预报及防护措施。

日照地处黄海海滨,气候宜人,蓝天碧海,金沙滩已成为人们休闲放松的好去处,但强烈的阳光下,紫外线正悄然蚕食着人们的肌肤。因此,通过对比分析紫外线辐射强度与气象资料,建立近地面太阳紫外线辐射强度等级的预报方法,为市民、游客提供紫外线指数预报,并根据不同的紫外线辐射强度提

示市民采取不同的防护措施,防止皮肤过敏和皮肤灼伤等疾病的发生,确保人们身体健康有着重要的意义。

1 资 料

日照市气象台于2003年3月正式对紫外线辐射强度进行观测,观测仪设置在观测场(35.4°N,119.5°E)内。该仪器直接记录紫外线辐射强度值,每隔10 min观测一次,并自动记录在计算机中。

本文所用资料为2003年3月至2004年2月紫外线辐射强度及对应的总云量、能见度、湿度气象资料。

2 紫外线辐射强度分级

紫外线辐射强度预报等级划分标准,是根据世界气象组织专家会议确定的紫外线辐射对人体皮肤的可能影响,即晒红时间来划分的。按照这一原则,中国气象局在省会城市紫外线指数预报业务服务工作的通知中,对紫外线指数预报量级划分的规定为:紫外线指数按照到达地面上的紫外线辐射量(波段280~400 nm)确定,指数等级预报一般分为5级。因此,将日照市紫外线辐射强度预报分为5级,各级所对应的紫外线指数、紫外线辐射强度、对人体的可能

收稿日期:2004-12-30;改回日期:2005-05-19

基金项目:连云港市科技计划项目(QN200301)细化嵌套数值模式研制与连云港数值天气预报试验研究资助

作者简介:王繁强,男(1963-),山东菏泽人,高级工程师,主要从事天气预报服务业务工作.E-mail:wfq0208.163.com.

表1 紫外线辐射强度分级及防护措施

Tab.1 Classification of ultraviolet radiation and measures against dangerous radiation

级别	到达地面的紫外线辐射量 (280~400 nm) W/m ²	紫外线指数	紫 外 线 辐 射 强 度	对人体可能影响 (皮肤晒红时间) min	需采取的防护措施
1	<18	0、1、2	最弱	>100	不需要采取防护措施;
2	18- 30	3、4	弱	60~100	可以适当采取一些防护措施如:涂擦防护霜等;
3	30- 44	5、6	中等	30~60	外出时戴好遮阳帽、太阳镜和太阳伞等,涂擦 SPF 指数 >15 的防晒霜;
4	44- 62	7、8、9	强	20~40	除上述防护措施外,上午 10 时至下午 16 时时段避免外出,或尽可能在遮荫处;
5	>62	≥10	很强	<20	尽可能不在室外活动,必须外出时,要采取各种有效的防护措施。

影响和需采取的防护措施等的定性描述见表1。

3 紫外线辐射强度的季节变化和日变化

在艳阳四射的情况下,对于某地来说,紫外线辐射强度的日变化一般是在中午及其前后最强、季节变化是夏季最强^[3-4],图1a为日照地区逐时紫外线辐

射强度的变化曲线,图1b为各月极大值的变化曲线,图中显示了这一结论。进一步分析图1b可知,在晴天湿度小、大气透明度好的情况下,4月紫外线指数可达到4级,辐射强度较强;6月中旬到8月下旬紫外线辐射强度为1 a当中最高,指数可达到5级。一年四季均可达3级以上,按紫外线辐射强度分级,2级时人体就要采取适当防护措施。因此,在日照地区中午前后外出时不论在什么季节,人们都应注意采取适当的防护措施。

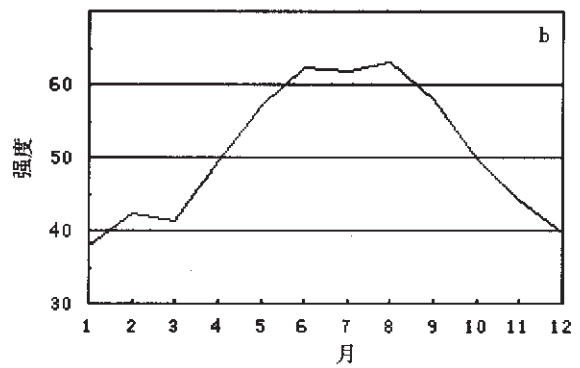
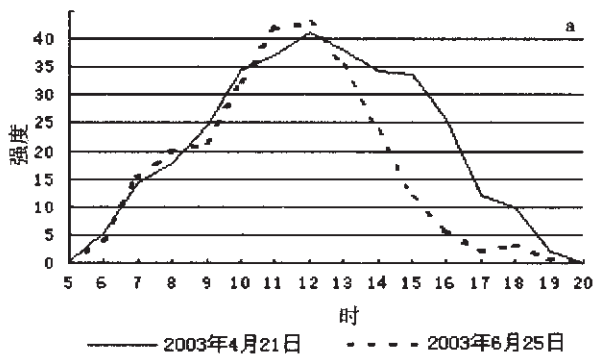


图1 紫外线辐射强度变化曲线 a.日, b.月极大值(实线为2003年4月21日,虚线为2003年6月25日)

Fig.1 Intensity change of ultraviolet radiation, a for day and b for monthly max value

4 气象要素与紫外线辐射强度变化的关系

影响到达地面紫外线辐射的因子有臭氧、二氧化硫、气溶胶、地面反照率、云、能见度和湿度等。由于臭氧和地面反照率相对稳定,紫外线辐射强度的日变化主要有总云量、能见度、湿度确定。图2是2003年4月逐日14时紫外线辐射强度、总云量、能见度和

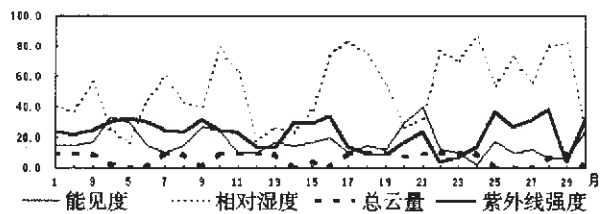


图2 紫外线辐射强度、总云量、能见度和相对湿度的变化曲线

Fig.2 Changing curve of ultraviolet radiation intensity, cloud cover, visibility and humidity

相对湿度的变化曲线(横坐标表示日期,纵坐标表示要素的值)。可以看出,云量、湿度的极小值、能见度的极大值对应紫外线辐射强度极大值,云量、湿度的极大值、能见度的极小值对应紫外线辐射强度极小值,即当云量少、能见度好、湿度小时,紫外线辐射强度较强,反之较弱。

由于太阳高度角的不同,对某地来说,在同样的气象条件下由于太阳高度角的不同紫外线辐射强度是不同的。因此,在分析气象因子对紫外线辐射强度的影响时,按照不同季节分别进行分析,建立不同季节的紫外线辐射强度预报数学模型。依据最接近紫外线日辐射强度极值的逐日14时紫外线辐射强度资料和气象资料,分析了不同季节下气象因子与紫外线辐射强度变化的对应关系,采用文献[5]所介绍的单因子识别模型方法,分别建立了各季节单因子识别紫外线辐射强度的数学模型。

4.1 单因子识别模型简介

宋志杰等^[5]根据火险问题的Fuzzy特性提出了影响因子集 x 对森林火险贡献度的数学模型, $u=F(x)$,反映自变量集合 x 到因变量集合 u 的模糊对应关系。并通过统计分析给出了火险指数随因子数值增大而增大的单因子识别模型:

$$u = \begin{cases} \frac{1}{1+[a(c-x)]^b} & \text{当 } x < c \\ 1 & \text{当 } x \geq c \end{cases} \quad (1)$$

火险指数随因子数值增大而减小的单因子识别模型:

$$u = \begin{cases} \frac{1}{1+[a(x-c)]^b} & \text{当 } x > c \\ 1 & \text{当 } x \leq c \end{cases} \quad (2)$$

式中 u 为单因子对高火险天气的贡献度,值域为 $(0,1)$ 或 $(0,100\%)$, x 为因子的实际观测值或预报值, a, b, c 为待定的经验系数。

a, b, c 的确定依据气象因子相对于火险情况3个基本的临界值,既开始没有林火发生时的临界值 R_0 ;林火机率开始明显增多时的临界值 $R_{0.5}$;林火开始大量发生时的临界值 R_1 。建立单因子识别经验公式的要点在于首先普查出每个因子的3个临界值,再算出公式(1)和(2)中的待定系数 a, b, c 。具体计算见文献[5]。

同样,在用气象因子对紫外线辐射强度的预报中,气象因子与紫外线辐射强度的对应关系也存在着Fuzzy特性,我们将此方法用于对紫外线辐射强度

的预报。通过对气象因子与紫外线辐射强度的定量分析,确定每个因子的3个临界值:即紫外线辐射强度为极小值时的临界值;紫外线辐射强度明显加强时的临界值;紫外线辐射强度达到极大值时的临界值,建立单因子识别紫外线辐射强度的数学模型。以下给出春季的分析结果及单因子识别紫外线辐射强度的数学模型。

4.2 气象因子与紫外线辐射强度关系的定量分析

首先按气象因子的变化规律将单个气象因子分成不同的档次,如将总云量分为1~10个档次。对于有 M 个档次的气象因子在某一时段的观测资料和对对应时段紫外线辐射强度的观测资料来说,气象因子某一档次出现 n 次,对应紫外线辐射强度观测值也为 n 次,对这 n 次紫外线辐射强度值按如下公式求算术平均值,即可对因子各档次与紫外线辐射强度的对应关系做定量分析。

$$\bar{R}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{ij}$$

式中 $\bar{R}_i$ 为因子的不同档次对应的紫外线辐射强度均值; R_{ij} 为因子的某一档次对应的紫外线辐射强度观测值; $i=1, M$ 表示因子的不同档次序号, $j=1 \dots n$; n 为因子的某一档次对应的紫外线辐射强度观测次数。

4.2.1 总云量

图3是2003年春季逐日14时总云量各档次对应的紫外线强度分布情况。由图可见,总云量越多到达地面的紫外线辐射强度越小,当总云量达到10档时,到达地面的紫外线辐射强度最小,总云量 ≤ 3 档时,到达地面的紫外线辐射强度最大。

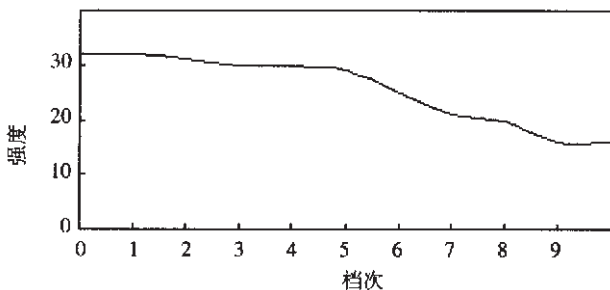


图3 各总云量档次紫外线强度分布

Fig.3 The intensity distribution of ultraviolet radiation with different cloud cover

4.2.2 能见度

图4是2003年春季逐日14时能见度各档次对应的紫外线强度分布情况。由图可见,能见度越好到达地面的紫外线辐射强度越大,当能见度达到25 km时,到达地面的紫外线辐射强度最大,能见度 < 1 km

时,到达地面的紫外线辐射强度最小。

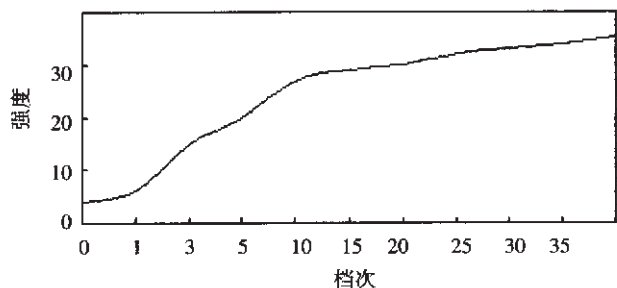


图4 各能见度档次紫外线强度分布

Fig.4 Connection between visibility and ultraviolet radiation

4.2.3 湿度

图5是2003年春季逐日14时湿度各档次对应的紫外线强度分布情况。由图可见,湿度的大小对到达地面的紫外线辐射强度的影响变化较小,不显著,但总的看,随着相对湿度的增大,到达地面的紫外线辐射强度相对要小。

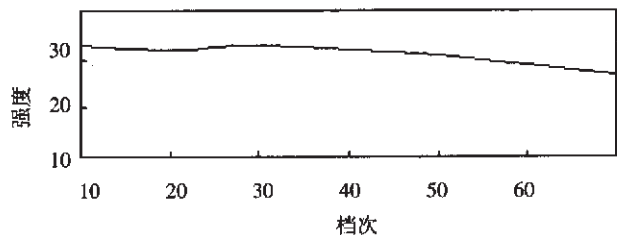


图5 各湿度档次紫外线强度分布

Fig.5 Connection between humidity and ultraviolet radiation

4.3 单因子数学模型

依据上述气象因子与紫外线辐射强度关系的定量分析结果,确定各气象因子的3个基本临界值,建立如下的单因子识别紫外线辐射强度的数学模型。

$$u_1 = \begin{cases} \frac{1}{1+[0.25(x_1-4)]^7} & \text{当 } x > 4 \\ 1 & \text{当 } x \leq 4 \end{cases}$$

式中 x_1 表示总云量, u_1 是由 x_1 决定的单因子对紫外线辐射强度的贡献度,值域为(0,1)。

$$u_2 = \begin{cases} \frac{1}{1+[0.033(40-x_2)]^{11}} & \text{当 } x < 40 \\ 1 & \text{当 } x \geq 40 \end{cases}$$

式中: x_2 表示能见度, u_2 是由 x_2 决定的单因子对紫外线辐射强度的贡献度,值域为(0,1)。

$$u_3 = \begin{cases} \frac{1}{1+(0.04x_3)^2} & \text{当 } x > 0 \\ 1 & \text{当 } x \leq 0 \end{cases}$$

式中 x_3 表示相对湿度, u_3 是由 x_3 决定的单因子对紫外线辐射强度的贡献度,值域为(0,1)。

5 紫外线辐射强度预报

如依据单因子贡献度的数学累积值确定多因子综合贡献度: $u = \sum_{i=1}^n u_i$ (n 为因子个数),显然, u 反映了因子集合 x 与紫外线辐射强度的模糊对应关系。通过多级判别分析^[6],确定各级别综合贡献度的取值范围,建立综合贡献度与紫外线辐射强度等级的对应关系见表2。

表2 综合贡献度与紫外线辐射强度的对应关系

Tab.2 Relation between u and ultraviolet radiation					
级 别	1	2	3	4	5
到达地面的 紫外线辐射量	<18	18~30	30~44	44~62	>62
春季 综合贡献度	$u \leq 1.2$	$1.2 < u \leq 1.5$	$1.5 < u \leq 1.8$	$1.8 < u \leq 2.1$	$u > 2.1$
夏季 综合贡献度	$u \leq 0.9$	$0.9 < u \leq 1.2$	$1.2 < u \leq 1.5$	$1.5 < u \leq 1.8$	$u > 1.8$
秋季 综合贡献度	$u \leq 1.2$	$1.2 < u \leq 1.5$	$1.5 < u \leq 1.8$	$1.8 < u \leq 2.1$	$u > 2.1$
冬季 综合贡献度	$u \leq 1.5$	$1.5 < u \leq 0.6$	$1.8 < u \leq 2.1$	$2.1 < u \leq 2.4$	$u > 2.4$

预报时依据细化嵌套数值模式输出结果的解释应用,对总云量、能见度、相对湿度进行定量预报,再根据定量预报结果计算综合贡献度,查表2即可对紫外线辐射强度等级做出预报。

按预报某一级,实况出现相同级别为正确,从2004年3~4月的预报试用结果看,预报59次,正确为36次,准确率为61%,相差1级的为21次,相差2级的为2次,可见,所建预报模型对紫外线辐射强度有较好的预报能力。

6 结束语

通过对气象因子与紫外线辐射强度关系的定量分析,建立了单因子识别紫外线辐射强度的数学模型;用单因子贡献度的数学累积值计算多因子综合贡献度,通过多级判别分析,建立综合贡献度与紫外线辐射强度等级的对应关系;根据数值模式输出产品的解释应用结果,对紫外线辐射强度做出预报,不失为一种有效的客观定量预报方法。但由于紫外线辐射强度观测资料只有1 a,样本较少,所建模型较

粗略,随着紫外线辐射强度观测资料的增多有待做进一步的改进。

通过对紫外线辐射强度的预报服务,对增强人们防范紫外线辐射过度照射的意识,防止皮肤过敏和皮肤灼伤等疾病的发生,确保人们身体健康有着重要的意义。

参考文献:

[1] 吴兑,邓雪娇.环境气象学与特种气象预报[M].北京:气象出版社,

2001. 191-212.

[2] 李青春,陆晨,阮毓文.北京地区紫外线观测与预报系统[J].气象科技,2001, (4):47-50.

[3] 张庆阳,张沅,胡英. 国外紫外线指数预报概况[J]. 气象, 2000, 26 (11):56-57.

[4] 李春.拉萨紫外线指数预报方法[J].气象, 2003, 29(9):50-53.

[5] 宋志杰.林火原理和林火预报[M].北京:气象出版社,1991. 204-331.

[6] 王宗皓,李麦春.天气预报中的概率统计方法[M].北京:科学出版社,1974. 102-110.

Analysis of Ultraviolet Radiation near Surface and Forecast

WANG Fan-qiang¹, SONG Bai-chun², ZHOU A-shu³, LI Ye-ming², WAN Ke-li²

(1.Shaanxi Institute of Meteorology, Xi'an 710015,China; 2.Rizhao Meteorological office, Rizhao 276800, Shandong, China;
3.Shaanxi Meteorological Center for Development, Xi'an 710015, China)

Abstract: The relationship between near surface ultraviolet radiation and meteorological conditions is analyzed by using observational data of ultraviolet radiation, daily cloud cover, visibility and humidity in Rizhao meteorological station from March 2003 to February 2004. The experimental forecasting formulas for near surface ultraviolet radiation intensity is given and the forecast by it in March and April in 2004 shows the results well.

Key word: ultraviolet radiation; meteorological conditions; forecasting method