

文章编号: 1006-4354 (2006) 06-0001-04

# 基于 GIS 的秦岭山地气温空间分布

程路<sup>1,2</sup>, 邱新法<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学, 南京 210044; 2. 商洛市气象局, 陕西商洛 726000)

**摘要:** 提出一种以气象站点观测资料为基础, 用 GIS 技术建立山地平均气温分布模型的方法。通过数字高程模型 (DEM), 获取地形数据, 建立山地天文辐射模型。考虑海拔高度、地形等影响气温空间分布因子, 建立山地气温分布模型。

**关键词:** 气温; 太阳辐射; 山地气候; 地理信息系统 (GIS)

**中图分类号:** P423.2

**文献标识码:** A

气温是山地气候的重要因子。气温空间分布估算是各种环境模式、生态模式、农业模型中的输入因子。气温空间分布估算在农业气候资源开发、生态保护等生产活动中也有重要指导意义。

影响山地温度空间分布的因素较多。从气候平均意义上讲, 主要包括宏观地理条件 (经度、纬度, 离大水体的远近, 山系走向, 以及气候背景条件)、测点海拔高度, 地形 (坡度、坡向、地形遮蔽等) 和下垫面性质 (土壤、植被状况等) 等因素。其中海拔高度和地形影响最为显著<sup>[1]</sup>。海拔高度对气温的影响可以用温度递减率来表示。地形对温度的影响是通过地形对辐射的影响来体现的。综观近年来的研究成果<sup>[2,3]</sup>, 山地平均气温的估算主要是通过计算山地气温递减率来反映高度对气温分布的影响, 对于地形的影响, 基本处于粗略估算或移植。最近几年, GIS 被应用于估算地形的影响, 取得一定的进展。由于气象观测站选址原因, 即使在山区, 观测站均位于地形开阔的山顶或谷地等开阔水平面上, 所取气象观测资料只能反映水平面上的信息, 不能反映坡度、坡向、相互遮蔽等小地形因子的影响。用坡地辐射和水平面气温建立的模型是不能反映实际的。

本文提出一种充分考虑地形影响因子的山地平均气温的计算方法。用地理信息系统建立数字

高程模型, 得到高程、坡度、坡向、遮蔽等地形因子, 依据山地气候学原理, 建立山地太阳辐射空间分布模型。分步考虑太阳辐射、海拔高度、坡地和水平面辐射差等因子的影响, 建立海平面上、水平面上和实际山地上气温空间分布模式。

## 1 山地天文太阳辐射模型

倾斜面上任意可照时段内获得的天文辐射量  $W_s$  为:

$$W_s = \frac{L}{2\pi} \left( \frac{1}{\rho} \right)^2 I_0 \int_{\omega_{sr}}^{\omega_{ss}} \cos \theta d\omega \quad (1)$$

式中,  $\theta$  为相对于地表任意倾斜表面的太阳光线入射角;  $\omega_{sr}$  和  $\omega_{ss}$  为倾斜面可照时段对应的起始和终止太阳时角;  $I_0$  为太阳常数;  $\left( \frac{1}{\rho} \right)$  为日地距离订正系数;  $L$  表示一天的时间长度。

研究表明, 坡面日出 (日没) 时间不早于水平面上的日出 (日没) 时间<sup>[4]</sup>。对于实际起伏地形中的任一点, 根据从 DEM 数据中读取的纬度值, 可利用 (2) 式计算与该点同纬度水平面上一年中任一天的日出 (日没) 时角和天文可照时间。

$$\omega_0 = \arccos (-\tan \varphi \tan \delta) \quad (2)$$

实际地形, 一天中任意时刻某一点可照与否, 主要由该时刻的太阳高度角和方位角以及太阳方位角方向上的地形对该点造成的遮蔽角 (仰角) 决

收稿日期: 2006-07-13

作者简介: 程路 (1968-), 男, 陕西商南人, 学士, 高级工程师, 从事天气预报及计算机网络工作。

定。当太阳高度角大于地形对该点造成的遮蔽角时,可得到日照,反之,则被遮蔽没有日照。实际地形中任意一天某点接收到的天文辐射量可按文献 [5] 划分可照时段。

$$W_{0\alpha\beta} = \frac{L}{2\pi} \left( \frac{1}{\rho} \right)^2 I_0 \left\{ \begin{array}{l} U \sin \delta \left[ \sum_{l=1}^m (\omega_{ssl} - \omega_{srl}) \right] + V \cos \delta \left[ \sum_{l=1}^m (\sin \omega_{ssl} - \sin \omega_{srl}) \right] \\ W \cos \delta \left[ \sum_{l=1}^m (\cos \omega_{ssl} - \cos \omega_{srl}) \right] \end{array} \right\} \quad (3)$$

用秦岭地区(渭河以南、汉江以北的秦岭山区)分辨率为  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  的 DEM 数据,计算秦岭山地 1—12 月的天文辐射。计算过程中,遮蔽范围半径  $R$  取  $50 \text{ km}$ ,时间步长  $\Delta T$  取  $10 \text{ min}$ ,DEM 重采样方法为双线性插值法。从计算的秦岭地区 1 月和 7 月天文太阳辐射分布可以看出,地形对天文辐射的空间分布影响非常强烈,尤其是在太阳高度角较低的冬季。各月最小值出现在秦岭北坡,最大值出现在南坡。

## 2 山地气温空间分布

地处内陆的秦岭山区,可以忽略经度、纬度,离大水体的远近等宏观地理条件,影响气温空间分布的因子主要为海拔高度和地形。

用分步方法建立模型,海平面上不受海拔高度和地形的作用,平均气温分布影响因子为辐射。温度与辐射有良好的线性关系,建立海平面上的温度分布模型,按气温递减率,将海平面气温抬升到实际水平面上,得到水平面上的气温分布。再考虑同一高度水平面和实际地形的辐射差异,即可得到该点的山地平均气温。

### 2.1 气温递减率的空间分布

在不同地区不同时段,气温递减率是不同的<sup>[6]</sup>。对各个站点按某种选择方式选取相邻的一些站点,即可求出气温递减率的空间分布。选择相邻站点时,应尽可能选择环境相似的站点。秦岭是东西走向的山脉,用东西向的长方形,选择适宜的站点数,可获得最好的相关稳定性和较小的误差。

图 1 (a) 和 (b) 为秦岭地区 1 月和 7 月气温递减率的空间分布图。从图 1 可看出,气温递减率分布走向与秦岭走向是一致的。北坡直减率比南坡小。

根据式 (1), 累计各可照时段的天文辐射量,得到实际起伏地形中某点日天文辐射量  $W_{0\alpha\beta}$  的计算式:

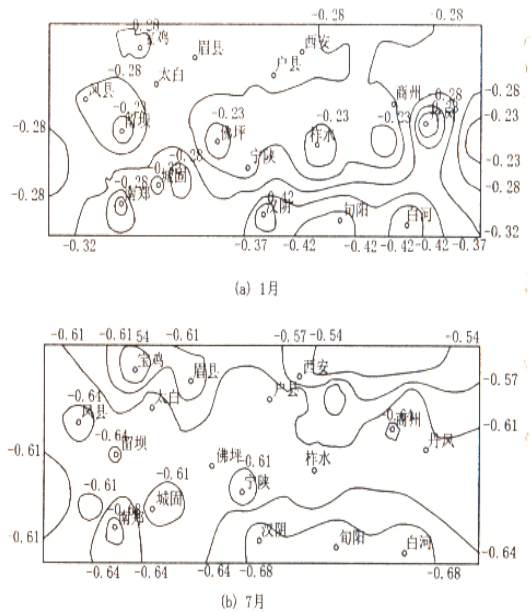


图 1 秦岭山地气温递减率空间分布图

### 2.2 海平面上的气温空间分布

月平均气温与水平面天文辐射、直接辐射和总辐射相关分析表明,在空间尺度上,月平均气温与天文辐射有更好的相关性。海平面气温与天文辐射可建立的回归方程:

$$T_0 = a + bR, \quad (4)$$

其中  $T_0$  为无其他因子影响的海平面气温,  $R$  海平面天文辐射,  $a$ ,  $b$  为回归系数。

用秦岭地区 36 站 30 a 各月平均气温(降到海平面消除海拔高度影响),和水平面天文太阳辐射计算值,用最小二乘法,求得各月  $a$ ,  $b$  系数及统计值。冬季月平均气温与天文辐射相关很好,夏季次之。各月的平均误差绝对值均小于  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 2.3 水平面上的气温空间分布

求出气温递减率的空间分布,把海平面上的气温分布抬升到实际高度,可得到水平面的温度

分布。水平面上的气温估算值可表示为:

$$T_a = T_0 + \gamma H, \quad (5)$$

其中  $T_a$  为某点水平面气温,  $T_0$  为海平面温度,  $H$  为海拔高度,  $\gamma$  为气温递减率。

用式 (4) 和式 (5) 可求得水平面上的温度空间分布。从 1 月和 7 月秦岭山地水平面上气温空间分布图 (图略) 可见, 高度因子在影响气温空间分布上起重要作用, 等温线与高度线走向基本是一致的。

#### 2.4 山地气温空间分布

同一点坡地与水平面的温度差异主要是由于坡地与水平面的辐射差异造成的。推算出水平面上气温空间分布, 加上辐射造成的差异, 即可得山地气温的空间分布。

山地气温估算值可表示为:

$$T = T_a + r\Delta R \quad (6)$$

其中  $T$  为坡地气温估算值,  $T_a$  为某一高度水平面上气温估算值,  $\Delta R$  为坡地上天文辐射与水平面辐射之差,  $r$  为订正系数。

以 105°E 以东全国 422 站 1971—2000 年 30 a 年平均气温, 与各站年平均天文辐射量进行回归分析, 得到回归系数  $r=0.0734$ 。这一结果有较好的代表性, 可作为式 (6) 的系数。用式 (6) 和秦岭水平面和坡面天文辐射差计算各月的气温差异。对整个秦岭地区, 1、4、7 和 10 月分别造成 0.52°C、0.73°C、0.70°C 和 0.57°C 的降温, 但从局地温度变化来说, 1、4 和 10 月北坡降温, 南坡有一定的升温; 7 月各个坡向均造成降温。从秦岭南坡与大的沟壑一致的降温区看, 地形遮蔽对温度影响是明显的。

### 3 计算结果及分析

用秦岭山地天文辐射计算数据和秦岭地区 (36 个气象站) 30 a 月平均气温整编资料, 用式 (6) 计算出秦岭地区各月气温空间分布图。从秦岭地区 1 月和 7 月月平均气温空间分布图 (图略) 可看出: ① 1 月温度的空间分布受地形的影响很大。温度的分布趋势与秦岭主脉走向一致。温度最大值出现在秦岭南坡高度较低的朝南坡向上, 温度最低值出现在主峰附近的北坡上, 这是高度和地形共同影响的结果。② 7 月温度的空间

分布基本与等高线一致。这是由于 7 月太阳高度角很大, 辐射的空间分布差异很小。高度是温度分布的主要影响因子。③ 秦岭南坡出现与山脉走向一致的温度分布带。秦岭山大沟深, 地形遮蔽作用导致辐射分布不均, 南坡出现与山沟走向一致的低温度分布带。

### 4 讨论

考虑到气象站点所获取的气温资料不能反映坡地地形因子, 小范围影响气温分布各因子相互不独立等因素, 利用分步的方法建立山地气温空间分布模型: 首先根据海平面气温和辐射的相关关系建立海平面气温空间分布, 再根据气温递减率将海平面气温抬升到实际水平面上, 然后考虑水平面和实际地形所接收的辐射的差异, 建立山地地形的气温空间分布模型。

用“中国热带、亚热带西部丘陵山区气候考察”月平均气温考察资料 (1988 年 1 月—1989 年 12 月), 选取 3 个考察点 1、4、7 和 10 月的考察值与估算结果进行了比较, 平均误差绝对值为 0.6°C (见表 1)。

表 1 实地考察资料与估算值比较表 °C

站名	月份	考察值	估算值	误差
汉中	1	2.8	1.5	1.3
	4	14.7	15.5	-0.8
	7	25.2	26.0	-0.8
	10	15.8	15.8	-0.6
留坝	1	0.7	1.3	-0.6
	4	11.8	12.8	-1.0
	7	21.7	20.8	0.9
	10	11.9	11.8	0.1
安康	1	3.9	3.5	0.4
	4	16.0	16.2	-0.2
	7	26.8	26.8	0.0
	10	16.0	16.2	-0.2

#### 参考文献:

- [1] 翁笃鸣, 罗哲贤. 山区地形气候 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 144.
- [2] 傅抱璞. 关于山地气候资料延长和推算问题 [J]. 气象学报, 1982, 40 (4): 453-463.
- [3] 沈国权. 考虑宏观地形的小网格温度场分析方法

文章编号: 1006-4354 (2006) 06-0004-04

# 支持向量机回归方法在铜川降水量预报中的应用

孙田文<sup>1</sup>, 房春琴<sup>1</sup>, 燕东渭<sup>2</sup>

(1. 铜川市气象局, 陕西铜川 727031; 2. 陕西省气象信息中心, 西安 710014)

**摘要:**降水量定量预报是精细化预报的要求之一, 由于降水量的离散性和预报因子的非线性, 用常规数理统计的方法做定量预报效果不理想。支持向量机(Support Vector Machine 简称 SVM) 对处理非线性关系的问题有强大能力, 且具有在海量信息中巧妙提取所关注预报对象特征的能力。应用 2002—2004 年夏季 T213 预报产品资料, 用支持向量机回归原理做铜川降水量预报, 从大量历史个例的数值预报产品信息中, 提取有代表性的支持向量, 建立铜川 3 个站未来 2 d 每 12 h 降水量预报方法。结果表明, 该方法的试验数据预报结论与实况相关系数可达 0.6, 绝对差 2.2, 并经过检验数据检验, 能够投入业务使用。

**关键词:** 支持向量机; 回归; T213 产品; 降水量预报

**中图分类号:** P456.9

**文献标识码:** A

基于统计理论的预报方法如相关分析、回归方法、判别方法、卡尔曼滤波等在数值预报释用中都发挥了重要作用, 但他们都是建立在线性相关基础上的, 在实际应用中存在明显的局限, 影响到预报效果。前几年, 具有非线性处理能力的人工神经网络模型得到大量应用, 但在应用中发现, 建立的模型拟合率较高, 预报效果仍然不理想, 主要原因是神经网络的过学习问题和对因子的过敏感问题, 使得所得的模型往往是局部最优。

近年来, 基于支持向量机器学习的方法有了很大发展。由于支持向量机(Support Vector Machine 简称 SVM) 对处理非线性关系的问题有强大能力, 且具有处理海量信息、巧妙提取所关注预报对象的特征能力, 对解决气象预报上非平衡问题(小概率事件)也有优势, 在很多领域被广泛使用。2002 年陈永义将 SVM 方法应用于气象领

域后<sup>[1]</sup>, 全国气象行业迅速出现了 SVM 应用的热潮, 但他们多数用于解决分类(有无)问题<sup>[2]</sup>和连续变化温度预报等问题, 目前还很少有人将该方法用于 T213 数值预报产品释用, 更少进行定量降水预报。本文用 SVM 回归方法, 利用 2002—2004 年夏季 T213 产品制作铜川分县定量降水预报, 取得了一定效果。

## 1 支持向量机回归算法基本理论及实现方法<sup>[3]</sup>

支持向量机回归算法主要解决的问题是: 根据给定的样本数据集  $\{(x_i, y_i) | i=1, 2, \dots, k\}$ , 其中  $x_i$  为预报因子向量,  $y_i$  为预报对象值, 寻求一个反映样本数据的最优函数关系  $y=f(x)$ 。其基本思想是升维和线性, 根据 Mercer 核展开定理, 通过非线性映射  $\phi$ , 把样本空间映射到一个高维的特征空间, 在特征空间中引入不敏感函数  $\epsilon$ , 定义最优线性回归超平面, 把寻找最优线性回归超

收稿日期: 2006-07-26

作者简介: 孙田文(1968-), 男, 云南永善人, 学士, 高级工程师, 主要从事业务管理、预报方法研究。

及应用[J]. 气象, 1984(6): 145-155.

[4] 翁笃鸣, 陈万隆, 沈觉成, 等. 小气候和农田小气候 [M]. 北京: 农业出版社, 1981: 116-123.

[5] 曾燕, 邱新法, 缪启龙, 等. 起伏地形下我国可照时

间的空间分布[J]. 自然科学进展, 2003, 13(5): 545-548.

[6] 翁笃鸣, 孙治安. 我国山地气温直减率的初步研究 [J]. 地理研究, 1984, 3(2): 24-34.