

## 山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温推算方法的讨论\*

黄克新

(中国科学院、国家计划委员会地理研究所)

宁晓松

(北京师范学院地理系)

**提 要** 本文探讨了几种推算山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的方法,认为由我国学者所采用的直方图推算法以及计量地理学中的三元线性回归数学模型推算法,在实际应用中都存在不完善和局限性,将两者结合起来进行复合推算,是一种较理想的研究方法。

**关键词**  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 直方图法 线性回归模型

$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温是反映地方热量资源的较好指标,它同土壤结合起来,可以确定各地方农作物品种的空间格局,并对新品种的引入有很大的指导意义。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温不仅受地理经度和纬度的影响,而且还受海拔的影响。在山区,山体的坡形、坡向、坡度和地被物特征等对 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的空间分布也有作用,但这种作用的强度和性质通常要通过建立定位和半定位气象观测站,利用气候学方法和手段来研究。例如,加拿大从1975年开始在育空地区15个地形断面上建立了50个气象观测站,用以开展这方面长期研究工作<sup>[1]</sup>。在气候学上,一般将坡形和坡向等因素对气候的影响,划归为小气候学的研究领域,而将经度、纬度和海拔三者所确定的高低不同的地形面对气候分异的影响,划为地方气候学的研究领域。

同小气候研究所不同的是,地方气候研究可借助于已有的气象台站资料,通过一定的数学方法来推算不同地点上的气候状况。在我国东北山地中, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温每相差200米,就可成为作物品种的早熟、中熟和晚熟的替代界限。在通常情况下,这种积温界限通过地方气候学的研究就能得到很好反映。在地方气候学中,研究这种积温界限所常用的方法是直方图法。这种方法最初是由苏联学者B. Д. 阿里索夫引入到气候学研究领域,借以研究旬平均温度、候平均温度及日平均温度。后来,在土地科学的研究中,又由我国学者将此方法引入到了地方气候的领域中,用以推算山区不同地点上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温<sup>[2]</sup>。

1987年10月,结合国家“七五”科技攻关项目“TM, SPOT 图象系列成图的规范化研究”,我们曾采用了直方图法对吉林省半山的双阳县境内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的分布规律进行了探讨,结果这种方法虽然有许多优点,但也存在着很大的局限性,而将直方图法同计量地理学中的三元线性回归数学模型法结合起来,可收到较好效果。

### 一、山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的直方图推算法

在地方气候学中,直方图推算法是研究山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温分布规律的一个主要方法。此

\* 蒙景贵和先生指正,谨表谢忱。

本文改回日期:1990-01-19。

方法在具有高山站的前提下,根据已有气象台站的多年观测资料,来推算没有气象台站的不同高度地形面上的月平均气温值,然后再以月为单位,作直方图来推算各地形面上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温。在长白山区,用以推算不同地点上各月平均气温值的公式如下:

$$t_B = t_A + (h_A - h_B)\gamma_h - (\varphi_A - \varphi_B)\gamma_\varphi \pm (L_A - L_B)\gamma_l \quad (1)$$

式中  $t_A$  和  $t_B$  分别代表有气象台站的站点和没有气象台站的站点上的月平均气温, $h_A$  和  $h_B$ ,  $\varphi_A$  和  $\varphi_B$  以及  $L_A$  和  $L_B$  分别是 A, B 两点的海拔、地理纬度和经度,  $\gamma_h$ ,  $\gamma_\varphi$  和  $\gamma_l$  则分别是月平均气温的垂直递减率、纬度递减率和经度递减率。

由于不同区域里的月平均气温变化规律是不同的,因此在利用此公式时,首先要分地区求出  $\gamma_h$ ,  $\gamma_\varphi$  和  $\gamma_l$ , 然后在大比例尺地形图上查出各地形面上的经纬度和海拔,将它们代入(1)式就可完成各月平均气温的推算工作。

在求算  $\gamma_h$  时,重要的是要选取经、纬度相差很小,而高度相差很大的气象站作为基本站,用两站的月气温差  $\Delta t$ ,除以两站的高度差  $\Delta h$ ,求出初步气温垂直递减率  $\gamma_h$ ,通常这样的站是很好找的。如果两站的经、纬度相差都很小,可以将由经、纬度变化所引起的气温差忽略而不计,用初步气温垂直递减率来近似地代替实际气温递减率,否则再用经纬高度订正后求出来的经度或纬度递减率,来重新订正垂直递减率。

在求  $\gamma_l$  时,要选取数个同一纬线上的气象站作为基本站,用已得到的  $\gamma_h$  将各站的气温资料订正到海平面上,再通过最小二乘法求出气温经度递减率。 $\gamma_\varphi$  的求法与  $\gamma_l$  有相似之处,不同的是在求  $\gamma_\varphi$  时,要尽量在平原区选取同一经线上的气象站为基本站。

利用直方图法推算山区的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,由于每个推算步骤都有严格的理论依据,因此具有科学性强,计算精度高的特点。在一般情况下,利用直方图法推算山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的误差都控制在 1% 以内。当这种方法,一经应用到农业生产中时,就能解决许多实际问题。例如,在长白山北坡,以天池气象站( $42^{\circ}01'\text{N}$ ,  $128^{\circ}05'\text{E}$ , 海拔 2670 米)为基础,推算出了当海拔超过 800 米时, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温小于  $2000^{\circ}\text{C}$ ,已不适于粮食作物的生产,从而揭示了该区粮食作物生产的上限<sup>[3]</sup>;原吉林省永吉县科协梁光佐利用这个方法推算了全县 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的分布规律<sup>[1]</sup>,引起了该县生产指挥部门的重视,并在全县推广。

但是,在利用直方图法推算 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,由于中间的推算过程较多,工作量很大,因此这种方法除了在小区域研究中比较实用外,对大区域(一个省或一个大区)来说,由于工作量过大,在应用上受到限制。同时,该方法的数学模型不完善,不能充分利用电子计算机技术或地理信息系统进行工作,从而也影响了这种方法的推广价值。

## 二、山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的三元线性回归数学模型推算法

数理统计科学在地理学中的应用和发展,为山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的推算提供了新的方法。在用直方图法来推算山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的空间分布规律时,一个重要结论就是 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温分别同地理经度、纬度和海拔呈良好的线性关系。这样,在研究 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温同地理经度、纬度和海拔之间的内在联系时,就可采用数理统计学中的三元线性回归数学模型法。这种方

1) 梁光佐, 1985, 永吉县境内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的计算、分布规律及其对农业生产作用的探讨。

法的一般形式是:

$$y=b_0+b_1L+b_2\varphi+b_3H \quad (2)$$

式中  $y$  代表各点的  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温,  $L, \varphi$  和  $H$  分别为各点的地理经度、纬度和海拔,  $b_0, b_1, b_2, b_3$  是常数, 这些常数可根据已有气象台站的多年平均资料, 通过最小二乘法求得。

在双阳县附近选取了 14 个有代表性的台站(表 1), 利用它们 30 年的气候观测资料建立了如下三元线性回归数学模型:

$$y=19746.216-121.618L-29.428\varphi-1.450H \quad (3)$$

经检验, (3)式的复合相关系数为 0.96, 在 0.01 水平上极显著。

同直方图法比较起来, 利用三元线性回归数学模型来推算山区  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温的优点很多。从模型(3)中可以看出, 只要从大比例尺地形图上查出所求各点的地理经度、纬度和海拔, 就可直接求出各点的  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温。由于这种方法减少了中间推算过程, 从而成倍地减少工作量; 同时也由于该方法的数学模型完善了, 故可以直接同地理信息系统结合起来, 借助于计算机在地形图上或卫片上自动地完成  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温图的制图工作。

但是用三元线性回归数学模型来推算山区  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温时, 也有许多不足之处。其中主要的不足是误差偏大。如果以直方图法的推算值来代表各地点的实际积温值, 那么和模型(3)的同位推算值进行对比时, 就可看出双阳县境内这种误差变化的一般规律(表 2)。

表 2 双阳县不同地点上  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温值

Table 2  $\geq 10^\circ\text{C}$  cumulative temperatures on different representative points in Shuangyang County

地 点	双阳站	万昌西	国旗山	羊圈顶子
海 拔(米)	234.3	300.0	500.6	710.5
直 方 图 法( $^\circ\text{C}$ )	2843.2	2782.3	2518.0	2246.0
回归数学法( $^\circ\text{C}$ )	2845.2	2766.7	2446.2	2131.5
两者误差( $^\circ\text{C}$ )	-2.0	15.7	71.8	114.5

表 1 双阳附近 14 个代表台站一览表

Table 1 14 representative stations nearby Shuangyang County

代表台站	北 纬	东 经	海拔(米)	$\geq 10^\circ\text{C}$ 积温( $^\circ\text{C}$ )
双 阳	43.50°	125.65°	234.3	2855.4
九 台	44.17°	125.80°	174.5	2880.7
九 站	43.95°	126.47°	183.4	2821.2
烟筒山	43.28°	126.02°	249.7	2765.6
桦 甸	42.98°	126.75°	263.3	2724.5
磐 石	42.95°	126.05°	331.9	2681.5
怀 德	43.52°	124.80°	200.1	3012.4
辽 源	42.92°	125.08°	252.9	2895.2
东 丰	42.68°	125.45°	341.5	2714.6
长 春	43.90°	125.22°	236.8	2895.1
德 惠	44.53°	125.67°	185.3	2854.4
榆 树	44.82°	126.52°	214.6	2796.1
舒 兰	44.42°	126.93°	212.1	2626.2
蛟 河	43.70°	127.33°	275.5	2567.2

在长白山区, 当推算积温与实际积温之间误差小于  $30^\circ\text{C}$  时, 推算值在农业生产上是可用的。然而从表 2 可以看出, 利用模型(3)推导出的积温值, 在 200.0—300.0 米高度附近效果很好, 当超过此范围后, 随着高度的增加, 误差也增加很大, 当高度为 710.5 米时, 利用模型(3)所产生的误差已达  $114.5^\circ\text{C}$ , 远远地超出了允许的范围。因此在实际应用中, 三元线性回归数学模型推算法还存在很大局限性。

### 三、山区 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温的复合推算法

山区  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温的复合推算法是为了克服上述两种推算法的不足而采用的, 是一种通过直方图法来消减三元线性回归数学模型推算误差的研究方法。

经验表明,在利用三元线性回归数学模型来推算山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,选点的代表性是影响模型精度的根本因素。当所选取的点能够代表当地地势的整体特征时,那么建立起来的模型精度往往是很高的;当所选取的点仅能代表当地地势的部分特征时,那么所建立起来的模型精度则常常偏低。从表 1 可以看出,在所选取的 14 个代表台站中,海拔最高的东丰站为 341.5 米,海拔最低的九台站为 174.5 米,两者相差 167.0 米,而在双阳县境内,海拔最高点可达 711.0 米,最低点不足 180.0 米,两者相差 531.0 米。由于高度上的不相应性,当用高差相差很小的台站资料去推算高差相差很大的地点上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,必然会产生很大的推算误差。

为了消减由于高度不相应性所造成的误差,复合推算法首先要求在所研究的区域里,找出最高点和最低点,利用直方图法推算出这两个点上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温值,然后再将这些点上的资料同附近原有的代表性台站资料结合在一起,建立三元线性回归数学模型。有时当两个极点同各台站的海拔相差很大时,在它们之间可以适当地补加几个点,以便能更好地反映区域里 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的实际情况。在双阳县,考虑到九台站的海拔同双阳县境内最低点的海拔相差不多,故我们仅用直方图法推算了万昌西、国旗山和羊圈顶子等三个点上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温(表 3),并将它们同表 1 中的 14 个代表台站结合在一起,建立了三元线性回归数学模型(4):

$$y = 19678.018 - 23.836\varphi - 123.395L - 1.220H \quad (4)$$

经检验得知,模型(4)的复合相关系数为 0.99,在 0.01 水平上极显著。

从形式上来看,模型(4)和模型(3)是一样的,都是用三元线性回归数学模型的形式来表示的。然而,从本质上来看,两者却有着根本区别。对模型(4)而言,它已不再是一般的三元线性回归数学模型了,而在其内涵里已纳入了直方图推算法的内容。表 4 是利用模型(4)对双阳县境内几个不同地点上 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的拟合情况,从中可以看出,模型(4)的拟合精度是很高的,其拟合误差一般不大于 3%,仅此,用一般三元线性回归数学模型是无法实现的。

表 3 双阳县三个不同高度地点上的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温  
Table 3  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  cumulative temperatures of three sites in different heights in Shuangyang County

地 点	纬 度	经 度	海拔(米)	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C}$ )
万 昌 西	43.51°	125.51°	300.0	2782.3
国 旗 山	43.40°	125.78°	500.6	2518.0
羊圈顶子	43.34°	125.88°	710.5	2246.0

表 4 双阳县境内各点 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的拟合值  
Table 4 The calculated values of  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  cumulative temperatures on the sites in Shuangyang County

地 点	双 阳	万昌西	国旗山	羊圈顶子
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C}$ )	2855.4	2782.7	2518.0	2246.0
拟合值( $^{\circ}\text{C}$ )	2850.7	2787.6	2512.2	2245.2
误 差( $^{\circ}\text{C}$ )	4.7	-5.3	5.8	0.8

## 四、结 论

从上述讨论中可以看出,在推算山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的方法中,三元线性回归数学模型法是一种简便而又易于为人们所掌握的方法,但是这种方法仅对地势起伏不大的地区比较

适用,而对地势起伏较大的地区往往误差很大,难以使用,直方图法的推算精度高,但因这种方法的工作量大,数学模型不完善,因此在应用中也受到限制。实践证明,将直方图法和三元线性回归数学模型法结合起来进行复合推算,可以克服它们各自的不足。在利用直方图法推算 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,一般要求推算误差不大于1%,而在双阳县,利用复合推算法来推求境内不同地点 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时,最大误差不大于3%。因此我们认为,在地方气候学研究中,复合推算法可以作为一种研究山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温分布规律的较好方法来使用。

### 参 考 文 献

- [1] Findlay, B. F., 1982, Recent development in eco-climatic classification. Ecological Land Classification Series, (1), Land Directorates, 99.
- [2] 景贵和, 1986, 地方气候与土地类型, 中国土地类型研究, 科学出版社, 第44—51页。
- [3] 黄克新, 宁晓松, 1987, 吉林省东部山区林缘地生态潜力开发的研究, 自然资源研究, (2), 第65—66页。

## ON CALCULATING METHODS OF $\geq 10^{\circ}\text{C}$ CUMULATIVE TEMPERATURE IN THE MOUNTAINOUS REGION

Huang Kexin

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences & State Planning Committee)

Ning Xiaosong

(Department of Geography, Beijing Normal College)

### Abstract

Starting from local climatology, the article approaches several kinds of calculating methods of  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  cumulative temperature in the mountainous region and thinks that three-variate linear regressive method is perfect in mathematical model and can be mastered easily, but its calculating errors are larger. Histogram method used by Chinese scholars is different from three-variate linear regressive method, it has higher calculating precision, but it is limited in practice by its unperfection in mathematical models and too much jobs. Complex method that combines histogram method with three-variate linear regressive method is ideal in studying  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  cumulative temperatures in mountainous regions. The calculating errors of histogram method are 1%, but the biggest error of complex method does not surpass 3% in Shuangyang County, Jilin Province.

Key words  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  cumulative temperature, histogram, linear regressive model