

# 京、津、冀累年月平均 5cm 地温场的估算

刘学著

周守华

(北京农业大学农业气象系, 100094) (湖北省荆州农业气象试验站, 434100)

## 提 要

采用两种方法,对河北、北京及天津地区 1 月、4 月、7 月和 10 月累年平均 5cm 地温场进行了估算。一是采用以纬度、经度和海拔高度为因子的多元线性回归模型进行估算;二是利用 Kriging 最优内插法对所选站点实测地温资料进行内插估算。结果表明,以地理位置坐标为因子的多元线性回归估算模型的剩余标准差为 0.4—0.7℃,Kriging 内插估算的剩余标准差为 0.2—0.3℃。此外,回归分析表明,各月累年平均 5cm 地温随纬度、经度和海拔高度值的增加而降低。纬度每增加 1°地温下降 0.2—0.8℃,夏季地温随纬度变化不明显;经度值每增加 1°地温下降 0.3—0.7℃;海拔高度每升高 100m 地温下降 0.5—0.7℃。

关键词: 地温 最优内插 表面拟合

## 引 言

地温是一个重要的环境物理因子,常被农学、土壤及气象等多学科的科技工作者所关注。累年月平均地温作为一种热量资源的度量指标,对土壤分类、农作物布局、物种的引进都至关重要。众所周知,地温观测业务要消耗大量人力物力。目前,只有气象部门的台站网实施较系统的地温观测,但是在实际应用中仍然感到现有台站网稀疏。而采用模型估算及内插估算地温是获取区域地温资料的一种有效途径。

Hutchinson 等<sup>[1,2,3]</sup>做了澳大利亚区域和全国范围的月平均太阳辐射、季节和年平均降水、日最高和日最低气温的月平均值等气候变量的内插。沈国权<sup>[4]</sup>提出了考虑宏观地形的小网格温度场分析方法,并用于推断湖南省双季稻的气候可能种植高度。杨贤为等<sup>[5]</sup>以最佳内插法计算了四川盆地 30 个站点内插标准误差值,并通过与线性内插结果的比较来讨论最佳内插法在气象站网设计中的应用价值。

本文依据气候变量与地理位置间的相关性,建立了以纬度、经度和海拔高度为因子的多元线性回归模型,实现对累年月平均地温的估算;此外,采用 Kriging 内插方法对所选站点实测地温值进行内插估算。

## 1 目标区及方法介绍

本文以河北、北京及天津地区 5cm 地温场为试验区,利用该区内 129 个气象站从建站至 1980 年的 1、4、7 及 10 月累年月平均 5cm 地温(以下简称地温)资料进行统计分析。图 1 为所选站点的地理位置和等高线示意图。所选站点的纬、经度范围分别为 36°18'N—42°16'N,114°08'E—119°36'E,海拔高度范围为 1.8—1458.4m。目标区跨越 6 个纬度、5 个经度,等高线呈东北至西南走向,即地势为西北高东南低;所选站点实测 1 月、4 月、7 月和 10 月地温变幅分别为 -14.9—-0.4℃、4.1—16.6℃、20.6—30.4℃、3.7—15.8℃。

本文所建立的三元线性回归模型的因子  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  分别为测站纬度(度)、经度(度)和

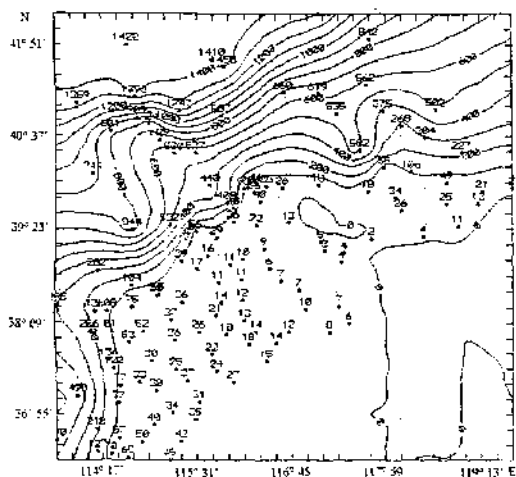


图1 站点空间分布和目标区等高线示意图

海拔高度(m)。

Kriging 内插法详见文献[6], 这里只做简单介绍: 设  $x_0$  为未观测而需要估算的点,  $x_1, x_2, \dots, x_N$  为其周围的观测点, 观测值相应为  $y(x_1), y(x_2), \dots, y(x_N)$ 。未观测点估算值计为  $\hat{y}(x_0)$ , 它由相邻观测点的已知观测值加权求和求得, 即

$$\hat{y}(x_0) = \sum \lambda_i y(x_i)$$

表1 回归估算模型参数表

| 月份  | 回归系数   |        |        |        | 样本数 | 相关系数  | F 值  |
|-----|--------|--------|--------|--------|-----|-------|------|
|     | $b_0$  | $b_1$  | $b_2$  | $b_3$  |     |       |      |
| 1月  | 68.606 | -0.830 | -0.340 | -0.005 | 109 | 0.977 | 726  |
| 4月  | 102.70 | -0.206 | -0.687 | -0.007 | 113 | 0.972 | 621  |
| 7月  | 79.337 | 0.038  | -0.449 | -0.006 | 113 | 0.973 | 639  |
| 10月 | 77.720 | -0.473 | -0.388 | -0.006 | 113 | 0.989 | 1553 |

## 2.2 Kriging 内插结果

本文采用 Kriging 最优内插方法, 取  $N=10$ , 对所选站点实测地温资料进行了内插, 并绘制了4个月的地温等值线图(见图2—5)。

## 2.3 误差分析

Kriging 内插法是根据无偏估计和方差最小两项要求来确定加权系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 多元回归估算模型

表1列出了4个季节的代表月份地温的多元回归估算模型的有关参数。表中  $b_1, b_2, b_3$  分别为对应纬度、经度和海拔高度的回归系数。可以看出, 4个模型的复相关系数均在0.97以上, F检验均达极显著水平。除了7月份模型中对应纬度的回归系数  $b_1$  外, 其它各回归系数均通过显著性检验, 并且均为负值。这说明地温随纬度、经度和海拔高度的增大而降低。从回归系数的绝对值可以看出, 纬度每增加  $1^\circ$ , 地温值1月份降低  $0.8^\circ\text{C}$ , 4月份降低  $0.2^\circ\text{C}$ , 10月份降低  $0.5^\circ\text{C}$ , 而7月份地温随纬度变化不明显; 地温随经度变化情况是, 经度每增加  $1^\circ$ , 地温值1月份降低  $0.3^\circ\text{C}$ , 4月份降低  $0.7^\circ\text{C}$ , 7月份降低  $0.4^\circ\text{C}$ , 10月份降低  $0.4^\circ\text{C}$ ; 地温随海拔高度的变化情况为, 海拔高度每升高100m, 地温值1月份降低  $0.5^\circ\text{C}$ , 4月份降低  $0.7^\circ\text{C}$ , 7月份降低  $0.6^\circ\text{C}$ , 10月份降低  $0.6^\circ\text{C}$ 。

表2列出了4个月用两种方法估算的平均绝对误差、平均相对误差和残差标准差。可以看出, 多元回归模型估算和最优内插估算的平均绝对误差分别为  $0.3\text{—}0.5^\circ\text{C}$  和  $0.1\text{—}0.2^\circ\text{C}$ , 残差标准差分别为  $0.4\text{—}0.7^\circ\text{C}$  和  $0.2\text{—}0.3^\circ\text{C}$ 。

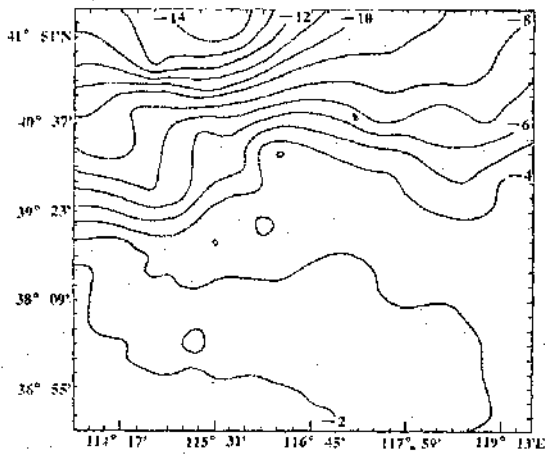


图2 1月份5cm地温等值线分布

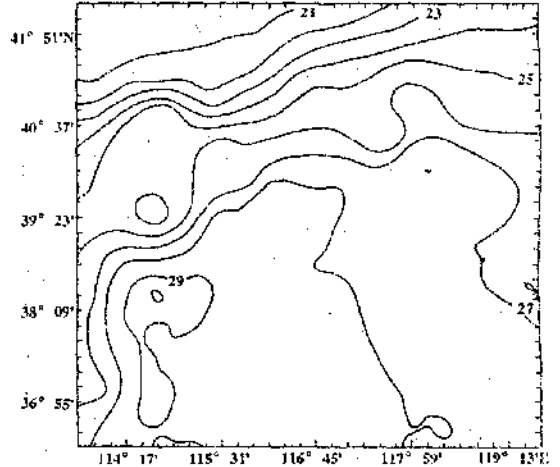


图4 7月份5cm地温等值线分布

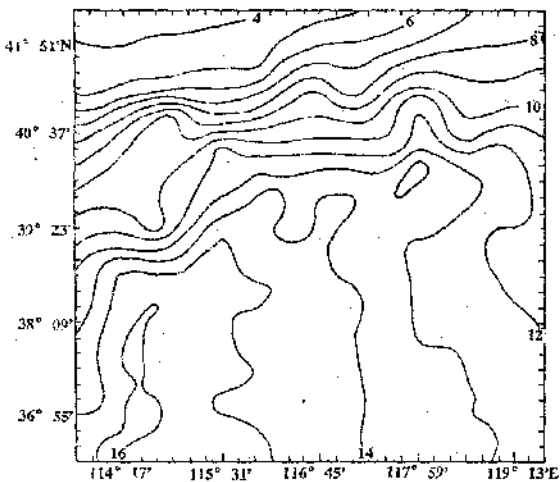


图3 4月份5cm地温等值线分布

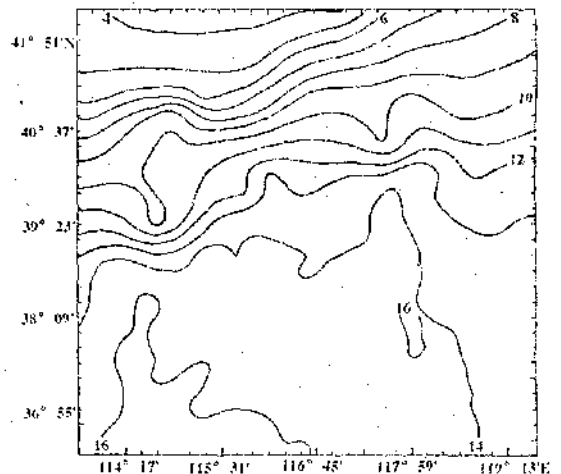


图5 10月份5cm地温等值线分布

表2 两种方法估算地温的误差

|     | 绝对误差/°C |     | 相对误差/% |    | 剩余标准差/°C |     |
|-----|---------|-----|--------|----|----------|-----|
|     | 模型      | 内插  | 模型     | 内插 | 模型       | 内插  |
| 1月  | 0.5     | 0.1 | 11     | 3  | 0.6      | 0.2 |
| 4月  | 0.5     | 0.2 | 4      | 2  | 0.7      | 0.3 |
| 7月  | 0.4     | 0.2 | 1      | 1  | 0.5      | 0.2 |
| 10月 | 0.3     | 0.1 | 3      | 1  | 0.4      | 0.2 |

### 3 结论和讨论

3.1 京、津、冀地区累年月平均5cm地温随纬度、经度和海拔高度的增加而降低。4个月降低的数值有所不同，纬度每增加1°，地温降低0.2—0.8°C；经度每增加1°，地温降低0.3—0.7°C；海拔高度每升高100m，地温降低0.5—0.7°C。

3.2 以纬度、经度和海拔高度为因子的回归模型估算地温的平均绝对误差为0.3—

0.5℃,利用实测资料进行最优内插而估算地温的平均绝对误差为0.1—0.2℃。Kriging最优内插估算的精度高于线性模型估算。

3.3 从误差分析结果可以看出,最优内插法的估算精度高于线性模型估算。气候变量的空间分布函数形式往往是未知的或是比较复杂的,而采用线性模型是一种近似的简化处理,估算的精度必然要受影响。Kriging最优内插是一种较复杂的表面拟合技术,虽然这种方法也有其不足之处<sup>[2]</sup>,但是这一方法用于空间分布函数形式未知变量的空间变异性分析,优于线性模型方法,本文对地温的内插结果正说明了这一点。

#### 参考文献

- 1 Hutchinson, M. F. et al. A new method for estimating the spatial distribution of mean seasonal and annual rainfall applied to the Hunter Valley, New South Wales. Aust. Met. Mag., 1983, 31(3):179—184.
- 2 Hutchinson, M. F., A summary of some surface fitting and contouring programs for noisy data, CONSULTING REPORT NO. ACT 84/6.
- 3 Hutchinson, M. F., MAPROJ-A computer map projection system, Divison of Land Use Reserch Technical Paper NO. 39.
- 4 沈国权. 考虑宏观地形的小网格温度场分析方法及应用. 气象, 1984, No. 6.
- 5 杨贤为、唐国利. 最佳内插法在气象站网设计中的应用. 气象学报, 1990, 43(3).
- 6 雷志栋等. 土壤水动力学. 北京: 清华大学出版社, 1988: 337—339.

## The Estimation of the Spatial Distribution of Mean Monthly Soil Temperature at 5cm Depth

Liu Xuezu

(Agrometeorological Department, Beijing Agricultural University 100094)

Zhu Shouhua

(Jingzhou Agronometeorological Experiment Station of Hubei Province)

### Abstract

The estimation of the spatial distribution of mean monthly soil temperature in January, April, July and October at a depth of 5cm in Beijing, Tianjin and Hebei district was made by two approaches. One is with a regression model in which the predictors of Latitude, Longitude and Sea Level are involved. The other is with the Kriging surface fitting method. The results show that the standard deviation of residual errors of the regression model is 0.4—0.7℃, the standard deviation of residual errors of the Kriging estimation is 0.2—0.3℃. In addition, as the value of latitude incrises by one degree soil temperature decrisies by 0.2—0.8℃, as the value of longitude incrisies by one degree soil temperature decrisies by 0.3—0.7℃, as the value of sea level incrisies 100 meters the soil temperature decrisies by 0.5—0.7℃.

**Key Words:** soil temperature surface fitting kriging