

# 一种改进的生成区域日降水场的方法及精度分析

林忠辉, 莫兴国

(中国科学院地理科学与资源研究所 生态网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101)

**摘要:** 利用全国 687 个气象站点 11 年的日降水数据, 对基于地理特征和统计回归的函数拟合类模型 DAYMET 生成中国区域日降水场的能力进行了验证。交叉验证表明, DAYMET 模型估计日降水累计得到的年降水量的绝对偏差 11 年平均为 29.8%, 年降水总量估计偏差低于 20% 的站点占 48.3%。鉴于中国陆地区域降水深受季风的影响, 不同方位气象站点对插值点的影响也有所不同, 引入了站点不同方位对插值的影响权重, 对 DAYMET 模型进行了改进, 改进后年降水量的绝对偏差降为 27%。与梯度距离平方反比法相比, 该方法具有较高的区域降水插值精度。还以无定河流域降水插值为例, 说明降水插值精度的高低与区域内雨量站点的多寡紧密相联。

**关键词:** 降水; 空间插值; DAYMET 模型

**文章编号:** 1000-0585(2008)05-1161-08

## 1 前言

生态、水文过程模型的模拟预测已经越来越成为各种决策的重要依据。生态系统模型模拟的空间尺度可以从局地、区域到全球尺度。空间气象信息是驱动模型的关键变量, 然而适合模型模拟尺度的气象数据通常很难得到。通过空间插值, 将地面气象站的观测数据生成基于栅格的空间气象要素场, 是进行生态水文过程模拟的首要工作。根据所依据的数学特征, 插值方法可分为如下几种:

(1) 确定性方法 (Deterministic methods): 考虑气象要素特征值本身和测点的地理位置, 根据插值要素的空间几何特征或采用多项式拟合的办法来生成空间连续的要素场。在生成的面要素场基本保留测点值, 但不能提供插值优化和无偏估计。这些方法包括: 最邻近法、泰森多边形法、距离反比法及其扩展形式 (如梯度距离反比法<sup>[1]</sup>; 优化的距离反比法<sup>[2]</sup>)、数学平均法和曲面拟合法 (如样条函数法) 等。对于站点密度较高且下垫面相对均一的区域, 最邻近法和泰森多边形法最为简单。而对山地或站点密度较低的区域, 梯度距离反比法的应用可以提高预测的精度<sup>[3]</sup>。

(2) 随机性方法 (Stochastic methods)。基于空间协方差模型或空间相关关系, 在插值时考虑变量的方差和空间协方差。计算时通常要求满足特定的统计假设, 例如序列是否满足正态分布、是否平稳以及空间变量是否各向同性等, 因而计算较为复杂。这些方法包

收稿日期: 2007-08-22; 修订日期: 2008-07-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(40671033); 国家“863”计划项目(2006AA10Z228)和中国科学院地理科学与资源所领域前沿项目(066U0607SZ)资助。

作者简介: 林忠辉(1971-), 男, 四川德阳人, 副研究员。主要从事生态系统模拟模型的区域应用研究。

Email: linzh@igsnr.ac.cn

括地统计学方法（如克里格法及其扩展形式和薄板样条函数法）、客观插值（Objective interpolation）、多元回归分析法、趋势面分析法。

(3) 函数拟合方法：基于经验和统计关系的函数拟合方法可以考虑诸多物理因子，给出预报因子与回归因子之间的相关关系。如 DAYMET 模型<sup>[4]</sup>和 PRISM 模型<sup>[5,6]</sup>，首先计算降水，在此基础上然后考虑降水和空气湿度等对其他气象要素的影响。

(4) 基于过程的方法：主要是指天气预报模型。由于运算要求较高，一般不太适合作为空间要素场插值的常规方法，但它可以提供初始场用于进一步分析。

不同插值方法的插值精度高低取决于方法本身对气象要素空间变异性和空间相关性的反映能力<sup>[7]</sup>。决定空间插值方法选取和插值精度的因素主要包括气象要素分布的空间变异性和局域性，气象要素之间的空间相互作用，以及插值站点的典型性、气象要素值的测量精度以及时空尺度效应等。

在生态、水文过程模拟模型研究中，温度和降水都是模型重要的驱动变量。面雨量的计算精度对模型模拟结果有非常重要的影响。降水分为对流性降水和尺度平流降水。前者局地性很强，空间分布不均一，极易造成实际极值插值的较大误差，但因为雨量站或气象站数目的有限，这一误差很难消除。后者与下垫面关系不是那么紧密，空间分布相对均一。因此，相对于温度而言，降水具有空间上的非连续和在时间步长上的非平稳性质，空间插值比较困难，插值方法研究相对较少。国内日降水插值研究很少，主要集中于利用 PRISM 模型<sup>[8,9]</sup>、ANUSPLIN 软件<sup>[10,11]</sup>和地统计 Kriging 方法<sup>[12,13]</sup>。因为有种种困难，有些模型工作者习惯利用已有的基于栅格的数据库，经重采样生成与自己的模型需求相符的新数据。但是，气象数据的重采样会对模型模拟造成较大的偏差<sup>[14]</sup>。因此，针对自己的工作，还是有必要进行细致的研究，以便对插值方法造成的气象要素估值误差有所把握和控制，从而最终对模型的模拟误差有所控制。

针对生态水文过程模型区域应用研究中大量的气象要素数据需求，将统计模型、先验知识等结合起来，形成既简便又能提供较高估值精度的统计回归模型，是目前的一个趋势。DAYMET 模型是一个适用于较大空间尺度的复杂地形下气象要素外插的程序，它源自 MTCLIM 模型。MTCLIM 是一个适用于小空间尺度下的气象要素外插模型，仅用一个或两个邻近站点进行目标点的气象要素插值。DAYMET 考虑了大尺度下地表特性非均一性的因素，利用多点数据，主要考虑海拔、坡向和坡度、经纬度等地理参数来外插目标点的最高、最低气温和降水，再利用这些资料生成湿度和太阳辐射等气象要素的日值。MTCLIM 模型进行降水日值估计时考虑了海拔高度的影响，但是将其影响作为一个先验知识处理，全年是相同的，在 DAYMET 中则考虑了这一影响的随时间波动。Thornton 等利用 DAYMET 模型生成了 1km 的美国 1980~1997 年气象要素数据库，并用于多种模型模拟研究。采用 DAYMET 模型，Hasenauer 等对澳大利亚的温度和降水进行了插值研究<sup>[15]</sup>。Stillman 比较了 DAYMET 和 PRISM 以及 ANUSPLIN 对降水的插值效果，认为前两种方法的效果相近，且都比后者的精度稍高<sup>[16]</sup>。Zimmermann 比较分析了 DAYMET 和 PRISM 对降水插值的不同效果，认为在 DEM 空间尺度小于 1km 时，尤其是更高精度如 30m 时，考虑坡向的 PRISM 对降水的插值会因为“雨影”（rain shadow）的划分而产生较大误差，而 DAYMET 克服了这种影响<sup>[17]</sup>。

中国大陆位于东亚季风区内，降水受季风影响明显，而且地形比较复杂，降水有着复杂的时空分布特征。不同年份季风影响强弱不同，可能导致降水时空分布特征的不同。由

于大部分地区降水受季风影响强烈，本文考虑降水站点的不同空间方位对插值点有不同的影响，改进了 DAYMET 模型。然后基于 30"×30" 的 GTOPO30 的 DEM，对中国陆地区域日降水的空间插值的精度进行了研究，并提出提高降水插值精度的建议。

## 2 降水插值算法

### 2.1 权重函数

2.1.1 距离权重函数 在搜索距离确定的情形下，Willmott 等分析了测点与插值点间的距离对插值点估算值的影响，给出了权重取值与距离的关系式：

$$D_i = \begin{cases} 1/d_i & \\ \frac{27}{4R} \left( \frac{d_i}{R} - 1 \right) & \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

式中， $d_i$  为站点  $i$  到插值点  $P$  的球面距离， $R$  为插值计算时对邻近站点的搜索半径。

在观测站点数目确定的情形下，DAYMET 模型<sup>[4]</sup>采用的权重算法为分段式高斯函数 (truncated Gaussian Filter)。该函数既具有反距离算法的特征，又是一个平滑滤波器。

$$D_i = \begin{cases} 0 & d_i > R_p \\ \exp\left[-\left(\frac{d_i}{R_p}\right)^2\right] e^{-\alpha} & d_i \leq R_p \end{cases} \quad (2)$$

式中， $R_p$  是相对于插值点  $P$  的搜索半径， $\alpha$  是无量纲整形参数。 $R_p$  的大小依赖于站点密度。对于日降水，Thorton 等给出的插值站点数目为 15。为保证插值精度，足够的站点数目是必须的，因此， $R_p$  是一个变化的量，在 DAYMET 中采用了一个迭代处理以保证足够的站点数目<sup>[13]</sup>。

2.1.2 考虑方位的权重计算 考虑到中国东部大部分地区受季风影响，气团运动方向对降水有很大的影响。不同方位的插值站点对插值点的影响除距离因素外，其所方位也可能对插值结果产生影响。因此，本文中引入方位权重<sup>[18]</sup>，来表示插值站点的不同方位对插值结果的影响。

设有测点  $P_i (i=1,2,3,4)$  对于格点中心  $P$  分布如图 1 所示，四个点相对于点  $P$  的距离相等，但是  $P_4$  点相对于其余三点要独立得多。显然， $PP_4$  虽然与  $PP_1$ 、 $PP_2$  的距离相同，但是空间位置不同，其对点  $P$  的影响就有差异。

引入  $\overline{P_iP}$  之间的夹角余弦作为空间布局的一种量度，通过投影进行测量，则不同站点相对于点  $P$  的方位对估值  $P$  的影响可以表示为：

$$a_i = \frac{\sum_{d_j \in C^*} D_j (1 - \cos(\angle P_j P P_i))}{\sum_{d_j \in C^*} D_j} \quad (3)$$

式中， $C^*$  表示选定的信息圆 (搜索半径  $r$  包括的) 范围，

$$\cos \angle P_j P P_i = \frac{(x - x_i)(x - x_j) + (y - y_i)(y - y_j)}{d_i d_j} \quad (4)$$

由于  $-1 \leq \cos \theta \leq 1$ ，因此  $0 \leq a_i \leq 2$ 。如果  $P_i$  和其余测站大都在  $P$  的同一方向，则 (1

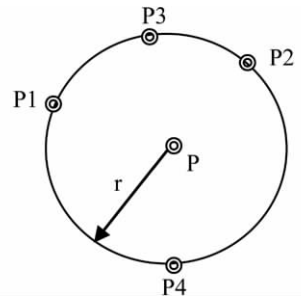


图 1 不同方位的观测站点分布对估值点的影响  
Fig. 1 Spatial distribution pattern of observations

$-\cos\theta$ ) 约为 0, 表明此时  $P_i$  对  $P$  点的值的影响完全由距离决定, 而与方向无关; 如果  $P_i$  在其他测点的相反方向上, 则  $a_i$  约等于 2, 表明方向影响达到最大。

因此, 给出综合考虑方位和距离的权重函数:  $W_i = D_i(1 + a_i)$  (5)

## 2.2 降水估计

鉴于降水的时空变异性强, 降水数据常为非高斯分布。降水插值通常需要两个步骤: 先估计降水是否发生, 即首先估计插值点当日发生降水的概率, 然后估计日降水量。

插值点的降水发生概率  $POP_p$ , 依赖于周围站点的降水发生概率, 其计算按下式进行

$$POP_p = \frac{\sum_{i=1}^n W_i PO_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (6)$$

式中, 用二值函数  $PO_i$  来表示各观测站点的降水概率, 取值与站点降雨与否有关:

$$PO_i = \begin{cases} 0; & P_i = 0 \\ 1; & P_i > 0 \end{cases} \quad (7)$$

然后, 对插值点的降水发生概率  $POP_p$ , 通过  $POP_p$  与降水发生概率阈值  $POP_{crit}$  比较给出:

$$PO_p = \begin{cases} 0; & POP_p < POP_{crit} \\ 1; & POP_p \geq POP_{crit} \end{cases} \quad (8)$$

当  $PO_p = 1$ , 则对该点进行降水量估计。

在估计降水时, 对参与估值的站点的降水与海拔高程进行加权最小二乘回归分析:

$$\left( \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2} \right) = \beta_0 + \beta_1 (Z_1 - Z_2) \quad (9)$$

$p_1$  和  $p_2$  为搜索半径内任意两点的观测值。

最终, 插值点某天的降水量 ( $P_p$ ) 由下式给出:

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^n W_i PO_i \left( P_i + \frac{1+f}{1-f} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i PO_i} \quad (10)$$

式中,  $f = \beta_0 + \beta_1 (Z_p - Z_i)$ 。要求  $|f| < 1.0$ , 引入另外一个参数  $f_{max} (< 1.0)$ , 并规定当  $|f| > f_{max}$  时,  $|f| = f_{max}$ 。

## 2.3 资料说明

本文中的降水数据来自中国气象局气候数据中心, 选用 1990~2000 年 11 年 687 站降水日值资料对算法进行分析。数字 DEM 来自美国地质调查局的 GTOPO30。

## 3 参数取值

DAYMET 模型中要确定的参数包括: 整形参数  $\alpha$ , 平均插值站点数  $N$ , 插值站点密度搜索参数  $I$ , 初始搜索半径  $R_p$ 。通过试运行, 本文确定  $R_p = 400$  km, 插值站点搜索密度参数  $I$  确定为 3。

在确定  $R_p$  和  $I$  后, 对于其他两个参数  $\alpha$  和  $N$ , 以年降水总量估计绝对误差 MAE (由日降水估计误差累加得到, 表示为年降水量观测值的百分比) 为指标进行优化选择 (图 2)。可以看出, 当  $N > 25$  时, 预测误差开始显著下降, 当  $(N, \alpha) = (31, 1)$  到  $(40,$

4.5) 时,  $MAE < 30\%$ 。但是 MAE 在该区间内变化不大, 最小值约为 27%。考虑到既要节约计算成本, 又要保证一定的精度。在对日降水的估计时, 取  $N = 35$ ,  $\alpha = 3.0$ 。

参数  $POP_{crit}$  给出站点附近某样点的降水发生概率。其取值与算法有关, 理论上应当接近 0.50。即当半数以上站点有降水时, 认为该样点可能降水, 反之亦然。如果取值低于 0.5, 可能导致估计值偏高, 如若高于 0.5 太多, 也可能使估计值偏低。通过 MAE 变化趋势进行优化, 得出的  $POP_{crit}$  取值为 0.69, 但是该值对于站点稀疏且降水稀少的西部地区, 有 4 个点出现降水估计为 0。因此, 实际插值时, 鉴于中国地域广阔且降雨类型多样, 应当分区给定参数。文中对新疆地区, 取  $POP_{crit} = 0.53$ 。参照 Thorton 等(1999),  $f_{max} = 0.95$ 。

### 4 结果分析

用交叉验证法分析模型的估值效果。由 DAYMET 模型估计日降水累计得到的年降水量的绝对偏差 MAE (采用模拟值与实测值之差的绝对值占实测值的百分比表示) 11 年平均为 29.8%, 687 站中模型预测偏差低于 10% 的占 7.1%, 在 10~20% 之间的占 41.2%, 在 20~30% 之间的占 22.9%, 在 30~40% 之间的占 10.5%, 大于 40% 的占 18.4%。年降水总量预测偏差低于 20% 的占 48.3%。

分别对观测值和估计值取对数, 以 1997 年为例, 作出插值效果散点图 (图 3)。可以看出, 模型预测误差分布取对数后呈正态分布, 误差较大的点主要出现在年降水小于 400mm ( $\log 400 = 2.5$ ) 的测点和东部高山区的测点。从 MAE 的空间分布图 (图 4) 可以看出, 这些点主要分布在中国西部和北部地区, 站点稀疏和地形起伏较大是造成误差较大的重要原因, 在东部地区误差较大的点通常是一些较孤立的高山观测点。此外, 在研究区域边界附近, 存在一些 MAE 较大的点, 这是因为缺乏边界外站点观测值引起的“边缘效应”。

在所有预测天数 (站点数乘以天数) 中, 预测的干湿概率 (晴日、雨日分别除以总天数) 分

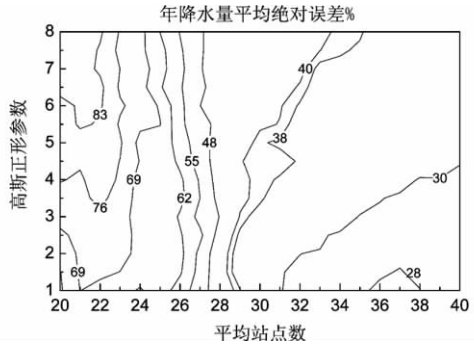


图 2 站点数目和整形参数取值对 MAE 的影响  
Fig. 2 Effects of the values of station numbers and shape parameter on MAE of annual precipitation

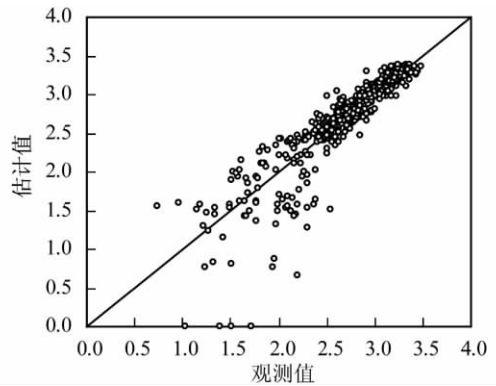


图 3 用 DAYMET 估计的年总降水量与实测值 (1997) 的比较

Fig. 3 Comparison of the annual precipitation between the observations and the estimation using DAYMET

表 1 降水概率预测值与观测值之比较  
Tab. 1 Summary of daily precipitation occurrence predictions vs. observations

		预测值	
		晴天	雨天
观测值	晴日、雨日占总天数的百分比%	67.4	2.9
		10.4	19.3

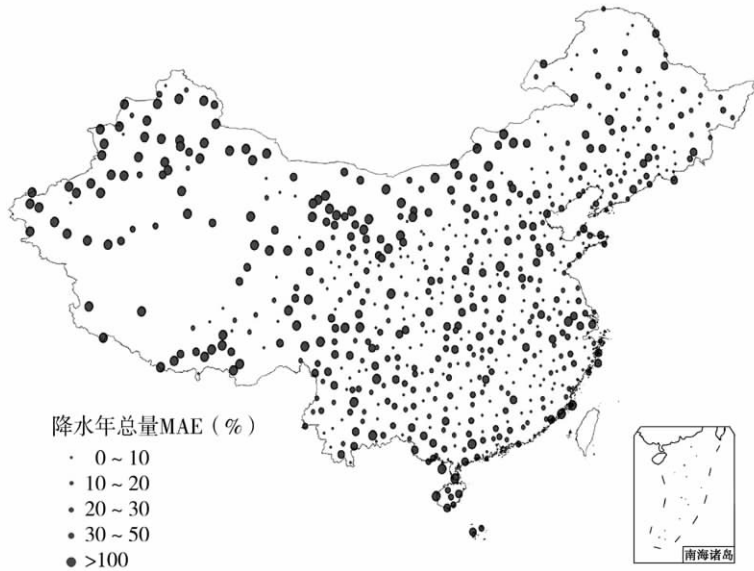


图 4 DAYMET 估计降水年总量 MAE 的空间分布

Fig. 4 Spatial patterns of MAE for annual precipitation estimation using DAYMET

分别为 77.8%、22.2%，观测值对应的实际干湿概率为 70.3%、29.7%（表 1）。总体上降水发生预报准确率为 86.7%。

当考虑测站方位对插值点的影响时，年降水量估值平均 MAE 为 27%，减小 3%，插值效果有所改进。改进幅度较小的因素仍然与站点数目较为稀少、站点间距较大有关。Thorton 等的研究估计年降水的 MAE 在 20% 以下，但其在 832km×480km 的研究范围内有 498 个降水观测站点，而中国在 5000km×5500km 范围内气象站点仅 687 个，站点稀疏是造成插值效果相对较差的一个重要原因。这从本文确定的搜索半径为 400km，而前者为 150km 也可以看出。

我们以西部气象站点稀疏的无定河流域为例，说明增加观测站点记录对提高估值精度的作用。无定河流域面积 30261 km<sup>2</sup>，在国家气候中心有记录的气象站仅 3 个，但该流域有 93 个雨量站。利用流域周边 30 个气象站记录，年降水量估值 MAE 为 28%（77mm），将雨量站降水数据加入，则年降雨量估值 MAE 为 12%（48mm）。可见，站点观测数目的增多，可以有效提高 DAYMET 对日降水估值的精度。

与 GIDS 法比较，DAYMET 可以获得更低的 MAE（图 5）。在降水量较低的日内，两者差别较小，但在降水较高的日内，DAYMET 的插值 MAE 要

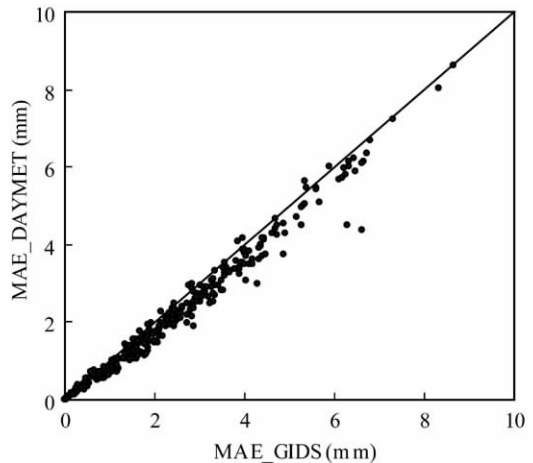


图 5 DAYMET 和 GIDS 法估计日降水量的 MAE 比较

Fig. 5 Comparison of MAEs of daily precipitation between DAYMET and GIDS

明显比 GIDS 低。总体上,对日降水量,GIDS 的平均 MAE 为 2.2%(2.2mm),DAYMET 为 1.8%(1.8mm)。

## 5 结论

本文利用中国 687 个气象站 11 年的日降水记录,对 DAYMET 模型生成中国区域的日降水进行了验证,对年降水量的估计平均 MAE 为 29.8%,在考虑插值站点方位的影响的情况下,改进了 DAYMET 模型,使其年降水插值 MAE 减小到 27%。总体上讲,由于气象站点数目相对稀少,插值的效果还不是很理想,但与梯度距离反比法(GIDS)比较,DAYMET 模型可以获得更低的 MAE。而且,DAYMET 模型根据临近台站的降水频率来订正插值点的降水日数,使得插值点降水具有较准确的降水日数和较小的降水偏差,相对 GIDS 法和 Kriging 法降水插值而言,利用 DAYMET 模型估计中国的日降水仍是一个较好的选择。

在运用 DAMET 模型对无定河流域的降水进行估计时,增加水文站点的降水观测记录,其估值 MAE 从 28% 下降到 12%。考虑到 2000 年,中国已经有布局比较合理的基本水文站 3124 处,雨量站 16922 处,蒸发站 1454 处<sup>[19]</sup>,而这些水文站点通常有降水观测记录,且其数量远比气象系统的气象站为多,如果能够将这些站点的降水观测数据利用起来,对中国陆地降水数据的空间格网化将有很大的改进和提高。

格网化日降水资料的需求随着生态、水文过程模型的广泛深入的运用已经越来越迫切,但从已有的研究结果看,日降水格网化技术的精度还都不高。这是因为影响逐日降水的因子不仅仅与地理位置有关,还与局地地形和周边地形分布以及天气系统有关。如何将这些复杂性因素考虑进来,又便于算法实现,是以后日降水空间插值方法研究中需认真思考的问题。

## 参考文献:

- [1] Nalder I A, Wein R W. Spatial interpolation of climatic Normals: Test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agri. Forest. Meteorol.*, 1998, 92(4):211~225.
- [2] 封志明,杨艳昭,丁晓强,林忠辉. 气象要素空间插值方法优化. *地理研究*, 2004, 23(3):357~364.
- [3] Price D T, McKenney D W, Nalder I A, *et al.* A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. *Agri. Forest. Meteorol.*, 2000, 101(2-3):81~94.
- [4] Thornton P E, Running S W, White M A. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, 1997, 190(3-4):214~251.
- [5] Daly C, Neilson R P, Phillips D L. A statistical topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 1994, 33:140~157.
- [6] Daly C, Gibson W P, Talor G H, *et al.* A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Clim. Res.*, 2002, 22:99~113.
- [7] 朱会义,刘述林,贾绍凤. 自然地理要素空间插值的几个问题. *地理研究*, 2004, 23(4):425~432.
- [8] 朱求安,张万昌,赵登忠. 基于 PRISIM 和泰森多边形的地形要素日降水量空间插值研究. *地理科学*, 2005, 25(2):233~238.
- [9] 朱华忠,罗天祥, Daly C. 中国高分辨率温度和降水模拟数据的验证. *地理研究*, 2003, 22(3):349~359.
- [10] 刘志红, Li L, McVicar T R, 等. 专用气候数据空间插值软件 ANUSPLIN 及其应用. *气象*, 2008, 34(2):92~100.
- [11] 蔡福,于慧波,矫玲玲,等. 降水要素空间插值精度的比较——以东北地区为例. *资源科学*, 2006, 28(6):73~79.
- [12] 刘登伟,封志明,杨艳昭. 海河流域降水空间插值方法的选取. *地球信息科学*, 2006, 8(4):75~79,83.
- [13] 高歌,龚乐冰,赵珊珊,等. 日降水量空间插值方法研究. *应用气象学报*, 2007, 18(5):732~736.

- [14] Pierce L L, Running S W. The effects of aggregating sub-grid land surface variation on large-scale estimates of net primary production. *Landscape Ecology*, 1995, 10(4):239~253.
- [15] Hasenauer H, Merganicova K, Petritsch R, *et al.* Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria. *Agri. Forest. Meteorol.*, 2003, 119(1-2):87~107.
- [16] Stillman S T, Wilson J P, Daly C, *et al.* Comparison of ANUSPLIN, MTCLIM-3D, and PRISM precipitation estimates. In: *The Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*. National Center for Geographic Information and Analysis., Santa Fe, NM., 1996.
- [17] Zimmermann N E, Roberts D W. Final report of the MLP climate and biophysical mapping project. In: *Swiss Federal Research Institute, WSL/Utah State University, Birmensdorf, Switzerland/Logan, USA 2001*. 1~18.
- [18] 徐胜, 刘小虎. 一种分析降水资料的图像化客观插值方法. *水文*, 1999(2):43~45.
- [19] 何慧. 中国水文站网宏观评价. *中国水利*, 2002,(11):63~65.

## Daily precipitation interpolation over China with DAYMET model

LIN Zhong-hui, MO Xing-guo

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Based on daily records of precipitation from 687 weather stations over China from 1990 to 2000, we interpolate and validate daily precipitation interpolation using DAYMET. The technique interpolates on a systematic grid daily precipitation from surrounding stations based on the principles of a weighted Gaussian filter. In this study we calibrated DAYMET using the China climate data base and modified DAYMET considering the different effects of the dimensional orientation of surrounding stations on the local point interpolation, which allows us to interpolate daily precipitation for any location within the country. We validated the technique using crossing validation, and compared the MAE to the result of the methods named gradient plus inverse distance squared (GIDS). Our results can be summarized as follows: without modification, the mean absolute error(MAE) of daily precipitation interpolation using DAYMET is 1.8mm, the value for GIDS is 2.2mm, and the MAE for annual total precipitation is 29.8% for DAYMET. After modification, the MAE of annual precipitation for DAYMET is 27%. The reason for considering high MAE of the two methods is that the weather stations in China are sparsely distributed in space, especially in Western China. To decrease the MAE of interpolation, the addition of the precipitation observations from hydrological station network should be considered. We chose Wudinghe Basin located in Western China with an area of 30261 km<sup>2</sup>, only 3 weather stations, but 93 precipitation stations of hydrological station network, to test it. With the surrounding 30 climate stations, the interpolation MAE of annual precipitation is 77mm(28%) for DAYMET, but aided by precipitation stations of hydrological station network, the MAE is 48mm(12.1%).

**Key words:** precipitation; spatial interpolation; DAYMET model