

辽宁乡镇天气预报中风和相对湿度及云量的空间插值方法

陆忠艳¹ 蔡福² 刘文明¹ 袁子鹏¹ 陈艳秋¹ 陈明强³

(1. 辽宁省气象台, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110016;
3. 庄河市气象局, 辽宁 庄河 116400)

摘要:针对开展乡镇天气预报时对高精度逐日气象要素输入值的需要,以辽宁地区为例,在乡镇预报前期研究成果的基础上,选用距离权重反比法作为基本方法,综合考虑海拔高度,建立风向、风速、相对湿度和云量历史资料库。结果表明:风速、相对湿度可由经度和纬度求算权重,然后采用海拔高度订正插值误差最小;风向和云量可由经度、纬度和海拔高度求算空间距离,确定权重插值误差最小。

关键词:风向;风速;相对湿度;云量;空间插值;乡镇天气预报;辽宁

中图分类号:P456.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)04-0054-04

1 引言

党的十六届五中全会审议通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》,提出了“建设社会主义新农村”的战略任务,这要求气象部门针对新农村提供快捷、透明、连续、丰富的气象服务和内容更加多样化、更加深化细化及个性化的气象服务产品,为农业、农村经济发展和农民生活水平不断提高提供气象保障。辽宁东西、南北跨度较大,各地气候差异明显,部分地区乡镇间气象要素梯度较大,各种气象灾害频繁发生,给农村经济社会发展带来严重影响,给农民生命财产造成严重损失。开展乡镇天气预报对农村防灾减灾具有重要意义。由于观测资料缺乏,制约精细化预报服务的开展,对于短时间序列气象要素空间扩展方法研究成为必要的基础性工作。特别是通过插值提供建立乡镇天气预报客观预报模型的观测资料基础具有迫切要求。辽宁乡镇预报业务已开展2 a并取得了较好的服务效果,但在预报业务中仅有气温和降水两个要素的预报,需要对多种气象要素做出精细化预报。庄立伟等^[1]、李正泉等^[2]分别利用不同插值方法实现了东北地区逐日气温、降水、湿度的空间扩展,但鉴于日气象要素场的时空变异较大,选择适当的空间插值方法进行格点化,以满足乡镇天气预报客观预报模型输入资料的需求,成为解决乡镇预报技术的关键。本研究在辽宁降水和气温气象要素空间扩展方法的基础上,对风向、风速、相对湿度和云

量气象要素的空间扩展方法进行研究,旨在找出实现短时间序列气象要素空间化的最优方法,为更好地开展乡镇天气预报提供基础参考数据。

2 插值方法的选取

用于气象要素的空间插值方法有距离权重法、多项式法、克里格法、样条插值法等。在这些方法中,距离权重法最为简便;多项式插值的物理意义不是很明确,容易得出一些难以解释的值;样条插值是对一些限定的点值,通过控制估计方差,利用一些特征节点,用多项式拟合的方法来产生平滑的插值曲线,多用于气象要素的时间序列插值;克里格方法产生于地质采矿中的品位估计,以能提供最佳线性无偏估计而逐渐被广泛运用于需要空间插值的诸多领域^[3]。

空间插值精度取决于模型对要素空间变异性和相关性的反映。空间插值方法各有优缺点,没有绝对最优的^[4],因此选择一种相对较优的方法很有必要。根据前期研究结果^[5]和相关文献^[6],提出以距离权重反比法作为基本方法,综合考虑海拔高度,对风向、风速、相对湿度和云量进行插值。规定:风速选取每日的最大风速,风向选取最大风速时的风向;相对湿度选取每日的平均相对湿度;云量以成数计算,最大成数为10,表明空中乌云密布,最小成数为0,表示晴空无云。

距离权重反比法是一种常用而简便的空间插值方法,它以插值点与样本点间的距离为权重进行加

收稿日期:2008-12-29;修订日期:2009-03-16。

基金项目:辽宁省气象局“农村防灾减灾”项目资助。

作者简介:陆忠艳,女,1977年生,工程师,主要从事专业预报和中期预报工作,E-mail:luzhongyan1025@163.com。

权平均,离插值点越近的样本点赋予的权重越大。若权重用距离反比,称为距离反比法;权重用距离平方反比时称为距离平方反比法。表达式:

$$Z = \sum_{i=1}^n (Z_i \cdot W_i) / \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

式(1)中, n 为用于插值的气象观测站点的数目; Z 为估计的格点气象要素值; Z_i 为气象要素在第 i 个站点的实测值; W_i 为第 i 个站点的权重系数。对于权重系数 W_i ,通常的简便计算方法是以格点到观测点的大圆半径的平方反比作为权重系数,对权重系数有许多不同的算法。反距离加权方法根据已知样本点与插值点间的欧氏空间距离来决定样本的加权系数,该距离为二维平面距离时用于二维插值,为三维空间距离时可用于三维空间插值。反距离加权方法形式简单,应用广泛,可包含无限多种算法变化^[7]。本研究认为,作为气象要素本身所具有的地理属性特征,不同的气象要素在使用不同的空间距离确定权重系数时会有不同的插值结果。因此,在确定权重系数 W_i 时,主要采用以下3种方法确定权重:A方法为直接考虑经度、纬度和海拔高度3个坐标轴求算空间距离,确定权重;B方法为只考虑经度和纬度两个坐标轴求算平面距离,进而确定权重;C方法为考虑经度和纬度求算权重,然后采用海拔高度订正。

海拔高度订正量采用下式:

$$\Delta Z = [e - \sum_{i=1}^n (e_i \cdot W_i) / \sum_{i=1}^n W_i] G \quad (2)$$

式(2)中, ΔZ 为海拔高度订正量; e 和 e_i 分别为待估格点与气象观测站点的海拔高度; G 为气象要素随海拔高度变化的梯度。

插值模块对固定格式的气象数据进行读取,能够实现采用上述3种方法对各种气象要素逐日数据的空间插值。在应用过程中,可以人为设定对预测站点进行估计周围站点的最少数目,通过比较,一般选用6作为待测站周围站点最小值;对各种要素进行批量插值;能够实现对某个研究区域气象要素进行自动检验,对3种方法进行本地化比较,从而对不同插值要素确立最优方法。

3 插值站点数目确定及插值站点的空间分布

空间数据往往是根据用户要求所获取的采样点观测值。这些点的分布一般是不规则、不连续的,在用户感兴趣或模型复杂区域可能采样点多,反之则少。采样获得的数据一般是研究因素在某点的具体数值,是空间的矢量点数据。研究区域某空间因子采样的个数是有限的,不可能布满整个研究区域。

当用户对未采样点的数值需要准确需求时,希望能根据已知采样点的信息对附近未知点的属性进行预测和估计。内插的目的是根据已知点的属性合理推断和预测附近未知点的属性值。所有的内插都是建立在空间上距离越近的点相似性越强的假设基础上的。空间站点的选取首先要计算每个台站与其余各站距离,因在内插时选取的空间点数是有一定限制的,且空间分布均匀的站点内插出的结果会更接近实际观测值。因此,按大距离优先的原则筛选站点,即在保证气象台站入选的前提下,删除距离小的站点,以实现所选气象站点在辽宁地区的均匀分布。站点的均匀分布选择利用两点间距离公式法。假定一个经度代表97 km,一个纬度代表110 km。采用式(3)计算站点间的距离:

$$L_i = [(l_{o_i} - l_{o_{i+1}}) \times 97]^2 + [(l_{a_i} - l_{a_{i+1}}) \times 110]^2 \quad (3)$$

式(3)中, L_i 为任意两个站点间的距离平方; l_{o_i} 、 $l_{o_{i+1}}$ 和 l_{a_i} 、 $l_{a_{i+1}}$ 分别为任意两个不相重合的台站的经度和纬度。可根据每两个台站间的距离进行计算,对每一个当前站点与其他所有站的距离从大到小排序,去掉排在最后的站点,被删除的站点将不再列入下一次计算和排序。在研究中,对辽宁80个常规观测站和加密自动站资料按上述方法计算,每次去除10个站点,以80、70、60、50、40、30站和20站这样的站点密度进行研究。

影响空间内插精度的因素主要有空间分辨率(是指在进行空间插值时选取的网格大小)和站点空间密度,选取不同的空间分辨率进行插值,旨在找出空间分辨率的不同对插值结果所造成的影响,进一步证明用常规观测站和自动站的资料通过内插技术建立乡镇预报历史资料库的可行性。文中选取的空间分辨率分别为:100、300 m和600 m;1、2、6 km和12 km。每个空间分辨率下对应一个插值结果。图1

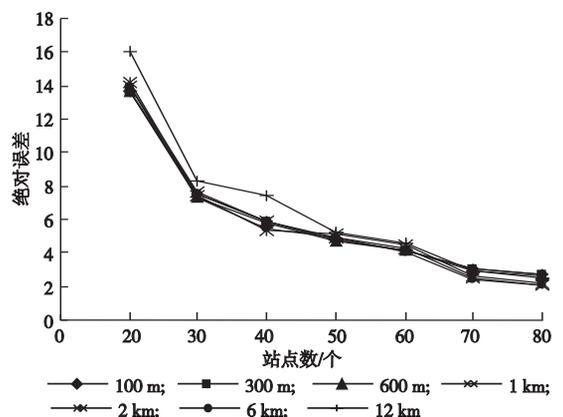


图1 不同空间分辨率下降水平平均绝对误差随站点密度的变化

以不同空间分辨率下的 2005 年降水平均绝对误差随站点密度变化曲线为例说明空间分辨率和站点空间密度对插值结果的影响。由图 1 可知,同一站点数目下,不同空间分辨率下的内插结果相差不大,几乎相交为一点。为了节省计算时间,最终选取 12 km 的空间分辨率进行空间插值。同一分辨率下,内插结果随站点密度的增加而减小;同时发现在任何空间分辨率下,误差值随站点密度的增加均为减小趋

势。当密度达到 50 站点左右时,插值后计算的平均绝对误差值随站点的增加稳定降低。虽然站点密度越大,精度越高,但考虑到资料获取的难易程度,最终选取 46 个站点进行空间插值,10 个站点作为检验。检验站的选取是依据站点空间分布均匀的原则,与建模站的选取原则相一致。建模站和检验站的选取见图 2。

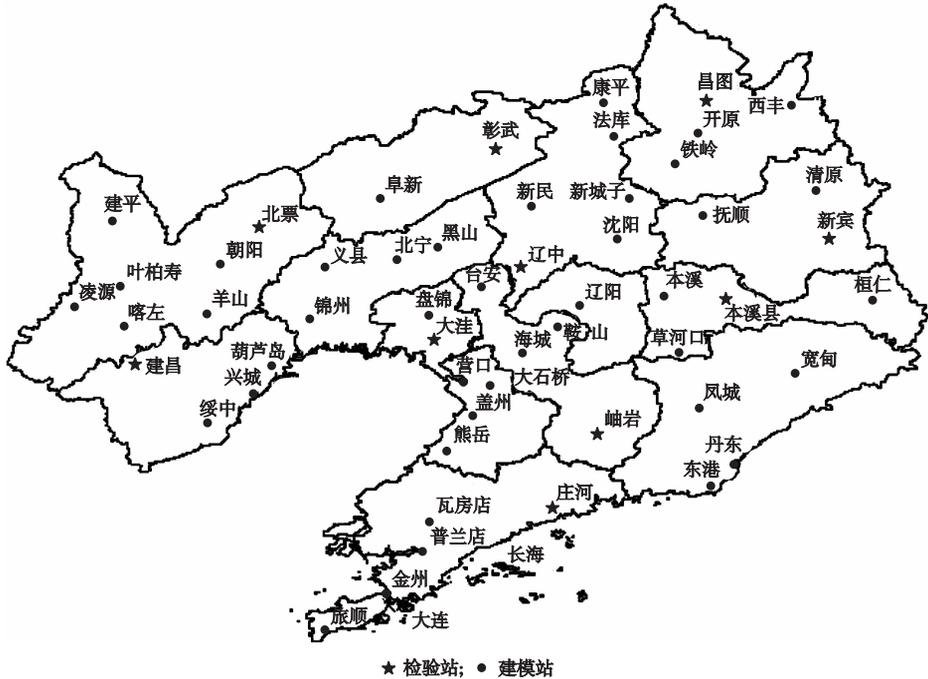


图 2 建模站和检验站的空间分布

4 插值结果估值检验

对于不同空间插值方法的估计值效果的检验,一般采用交叉验证法来验证其插值的效果^[8],即分别假设每一站点的气象要素值为未知,采用周围站点的值进行估算,然后根据所有站点实际观测值与估算值的误差大小评判插值方法的优劣。本文采用平均绝对误差和均方根误差作为评估 3 种方法插值效果的标准。前者反映样本数据估值的总体误差或精度水平,后者反映利用样本数据的估值灵敏度和极值,同时本文也给出了各要素的最大误差结果。表 1 至表 3 分别给出了 2003—2007 年采用 3 种方法进行插值得到的 1、4、7 月和 10 月相对湿度、风速、风向、云量的平均绝对误差、均方根误差及最大误差分布。由表 1 和表 2 可知,无论是平均绝对误差还是均方根误差,风向和云量采用方法 A 插值误差最小,相对湿度、风速采用方法 C 插值误差最小,说明采用海拔高度订正对提高相对湿度和风速的精度有一定作用。由于气象要素的瞬时扰动性,使得最大

误差的分布不是很有规律如风向和风速。

表 1 3 种插值方法的平均绝对误差

项目	相对湿度 /(%)	风速/ ($m \cdot s^{-1}$)	风向 /度	云量 /成	
1 月	A	7.84	1.30	11.04	0.28
	B	7.57	1.25	12.35	0.86
	C	6.66	1.17	12.46	0.91
4 月	A	5.24	3.02	15.04	0.38
	B	5.64	2.85	16.35	0.46
	C	5.20	2.60	15.46	0.39
7 月	A	2.86	3.02	10.04	0.29
	B	2.58	2.85	10.35	0.59
	C	2.07	2.80	10.46	0.39
10 月	A	6.86	1.31	13.04	0.18
	B	8.58	1.25	14.35	0.26
	C	5.67	1.32	13.46	0.29

5 乡镇历史资料库的建立

对乡镇风速、相对湿度插值选用 C 方法,风向和云量插值选用 A 方法。利用上述插值方法,基于 56 个常规气象站资料,分别建立了 952 个乡镇的

表2 3种插值方法的均方根误差

项目	相对湿度 /(%)	风速/ (m·s ⁻¹)	风向 /度	云量 /成	
1月	A	12.03	2.45	14.04	0.95
	B	13.52	2.35	16.35	1.23
	C	10.66	2.06	15.46	1.03
4月	A	15.03	5.68	16.04	1.65
	B	13.26	5.98	19.35	2.89
	C	11.20	5.06	16.46	2.74
7月	A	10.47	5.03	12.35	1.03
	B	11.02	4.56	14.52	1.43
	C	9.56	4.36	15.46	1.54
10月	A	12.23	2.89	12.74	1.18
	B	13.25	2.61	13.43	2.26
	C	11.23	2.62	15.46	2.37

表3 3种插值方法的最大误差

项目	相对湿度 /(%)	风速/ (m·s ⁻¹)	风向 /度	云量 /成	
1月	A	28.56	5.45	24.04	4.45
	B	30.21	6.35	36.35	3.14
	C	25.60	5.06	25.46	4.05
4月	A	20.65	6.68	28.06	5.53
	B	33.26	4.48	29.35	3.87
	C	23.20	6.06	36.46	5.74
7月	A	36.47	5.21	22.31	3.08
	B	45.02	4.68	24.23	4.59
	C	34.56	5.36	25.70	3.94
10月	A	25.23	4.87	22.72	2.84
	B	23.25	6.61	23.53	3.42
	C	31.23	4.62	25.70	3.19

2003—2007年逐日风向、风速、相对湿度和云量历史资料库。

6 结论与讨论

(1) 针对所有用于检验的气象要素,考虑三维空

间计算权重系数进行空间插值,其精度要优于只考虑二维空间计算权重的插值方法。

(2) 验证结果中,风速、风向的误差较大,这将给乡镇预报带来较大的不确定性;由于逐日气象数据本身存在很大的不确定性,瞬时扰动很大,并不像多年平均数据那样平滑(过滤掉了瞬时噪音的干扰),这给预测带来很大的困难。完全通过数学算法很难解决这一问题,但对预报结果进行经验订正已成必要。

(3) 风向要素局地瞬时扰动性很强,在站点密度较小的情况下,逐日进行空间插值难度很大,因此需要采用更高密度的观测站用于乡镇风向预测。

参考文献

- [1] 庄立伟,王石立. 东北地区逐日气象要素的空间插值方法应用研究[J]. 应用气象学报,2003,14(5):605-615.
- [2] 李正泉,于贵瑞,刘新安. 东北地区逐日气象要素的空间插值方法应用研究[J]. 资源科学,2003,25(1):72-77.
- [3] 林忠辉,莫兴国,李宏轩. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. 2002,57(1):47-56.
- [4] 李新,程国栋,卢玲. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展,2000,15(3):260-265.
- [5] 陆忠艳,袁子鹏,蔡福. 基于GIS的气温和降水推算方法研究[J]. 气象科技,2008,36(4):389-395.
- [6] 盛永,袁子鹏,陈艳秋. 辽宁省乡镇天气预报业务系统[J]. 气象与环境学报,2008,24(3):13-17.
- [7] Legates D R, Willmott C J. Mean seasonal and spatial variability in global surface air temperature[J]. Theoretical and Applied Climatology,1990,41(1/2):11-21.
- [8] 李海滨,林忠辉,刘苏峡. Kriging方法在区域土壤水分估值中的应用[J]. 地理研究,2001,20(4):446-452.

Spatial interpolation methods of wind, relative humidity and cloud cover in villages and towns weather forecast in Liaoning province

LU Zhong-yan¹ CAI Fu² LIU Wen-ming¹ YUAN Zi-peng¹ CHEN Yan-qiu¹ CHEN Ming-qiang³

(1. Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110016, China; 2. Institute of Shenyang Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China; 3. Zhuanghe Meteorological Bureau, Zhuanghe 116400, China)

Abstract: Based on the previous results of villages and towns weather forecast in Liaoning province and the altitude data, the historical database of wind direction, wind speed, relative humidity and cloud cover were established with the inverse distance weighted method in order to satisfy the needs of higher precision input values of daily meteorological elements in villages and towns weather forecast. The results indicate that the weights of wind speed and relative humidity are calculated by longitude and latitude. The interpolations are revised by the altitudes, and the error rates are lower. The weights of wind direction and cloud cover are determined by spatial distance calculating from longitude, latitude and altitude, and the error rates are lower.

Key words: Wind direction; Wind speed; Relative humidity; Cloud cover; Spatial interpolation; Villages and towns weather forecast; Liaoning province