DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2016.04.012

彭莹辉[1]　杨玲[2]　程勇[3]

近30年江苏地区气候要素相关性变化分析

摘要

利用江苏省24个台站的1981—2012年的气温、湿度和降水的月平均观测资料,分别计算了每对台站之间的3个气候要素的结构关系和相关函数,用曲线回归分析了结构函数与台站距离的关系,用线性回归分析了相关函数与台站距离的关系,分析与评估江苏省气象台站网密度.通过分析结果发现,各个气象要素的结构函数和相关函数在江苏整个地区不满足各项同性和均匀性,江苏地区的气象台站网设计要根据气候要素进行分区设计.

关键词

结构函数;气候要素;相关性;相关函数

中图分类号 P468.0

文献标志码 A

收稿日期 2015-06-02

资助项目 国家自然科学基金(61402236);2015年度中国气象局软科学研究项目;江苏省农业气象重点实验室开放基金(KYQ1309)

作者简介

彭莹辉,女,副研究员,主要从事气候变化和信息传播研究.ywzheng519@126.com

1 中国气象局发展研究中心,北京,100081

2 南京信息工程大学 滨江学院,南京,210044

3 南京信息工程大学 信息化建设与管理处,南京,210044

0 引言

无论是从事气象、气候学的理论研究,还是把气象科学用于为国民经济建设服务,都离不开现有气象台站所获取的气象观测资料.气象工作者往往还需要利用台站的观测资料计算出非台站位置的气象要素值,因此,若要根据台站的观测记录来确定所研究区域内任何一点的气象要素值,并达到一定的精度,就需要建立一个有科学根据的台站网体系[1-2].

根据世界气象组织规定,基本气象台站按观测内容可划分为密度不同的3个级别:第一类台站间距最大(可达100 km以上),主要进行气压、日照、气温、湿度、土壤温度、降水、积雪、云量、能见度、风和天气现象的观测;第二类台站间距适中,它不进行日照和深层土壤温度的观测,在平原地区也不需要进行气压观测;第三类台站间距最小,只进行降水、积雪和天气现象的观测.由于经济和人力的因素,我国气象观测站点的数量极其有限,且站点的空间分布也不均衡,气象台站网的布局优化是我国气象探测业务体制改革的一项重要内容[3-8].

结构函数表征变量在空间不同点间的离散程度[9-10].采用结构函数法的先决条件是要素的方差场应大体均一.一般地,相隔一定距离的2个气象台站,对其观测值的同步系列进行相关分析时可以发现,当站距较近时,其相关程度比较密切,即相关系数(指绝对值,下同)较大;若站距较远,相关程度就不很密切,即相关系数小.研究台站网密度与相关系数之间的关系,不但概念清楚直观,还可得到具有一定规律性的站网密度分析结果.

1 研究区概况和数据处理

本文以位于亚洲大陆东岸中纬度地带的江苏省为研究对象,它属东亚季风气候区,处在亚热带和暖温带的气候过渡地带.江苏省地处江淮平原,地形以平原为主,低山丘陵集中在江苏省的北部和西南部,以淮河、苏北灌溉总渠一线为界,以北地区属暖温带湿润、半湿润季风气候,以南地区属亚热带湿润季风气候,海岸线超过1 000 km,海洋对江苏的气候有着显著的影响.

本文主要对所选区域的24个台站的台站资料进行分析,台站分布示意如图1所示.数据来源于中国气象局国家气象信息中心资料服

务室,是江苏省内 24 个台站的 1981—2012 年的观测数据,主要选择月平均气温、月平均相对湿度和月平均降水量等几个气象要素,观测资料进行了较为严格的数据质量控制,通过历史气候统计阈值比较以及时间连续性和空间一致性比较等方法,增强了此观测数据的可信度.为了研究冬季、春季、夏季和秋季的情况,分别选取以上 24 个台站有观测资料年份的 1、4、7 和 10 月的资料作为代表,月平均气温、月平均相对湿度和月平均降水量的分布如图 2—4 所示.

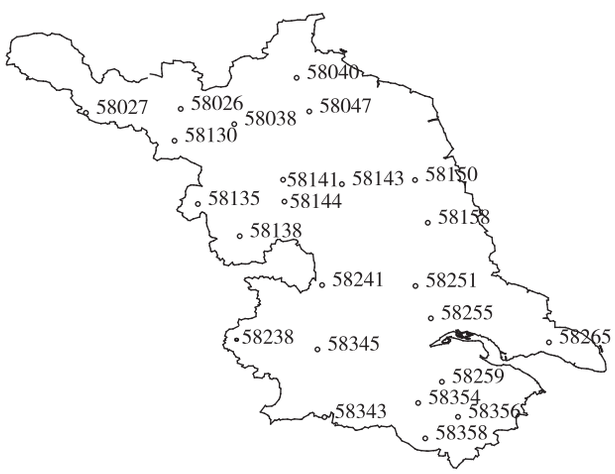


图 1　江苏省的台站示意

Fig. 1　Distribution of 24 meteorological stations in Jiangsu province

2　结构函数与相关函数的计算方法

2.1　结构函数计算方法

根据 Gantin[1] 的定义,某气象要素的结构函数定义为两站点间气象要素距平差值的平方的平均.

设 $f(x,y)$ 是站点 (x,y) 处的气象要素值,$f'(x,y)$ 代表气象要素的距平,那么气象要素的结构函数计算公式为

$$b_f(x_1,y_1;x_2,y_2)=\overline{(f'(x_1,y_1)-f'(x_2,y_2))^2},\quad(1)$$

其中 $b_f(x_1,y_1;x_2,y_2)$ 是站点 (x_1,y_1) 和站点 (x_2,y_2) 的气象要素的结构函数值,$f'(x_1,y_1)$ 是站点 (x_1,y_1) 的气象要素距平,$f'(x_2,y_2)$ 是站点 (x_2,y_2) 的气象要素距平.

2.2　相关函数计算方法

偏差的均方是方差

$$D_T(x,y)=\overline{f'^2(x,y)},\quad(2)$$

点 (x,y) 某气象要素的偏差与该点均方差之比称为该气象要素在该点的标准化偏差,公式为

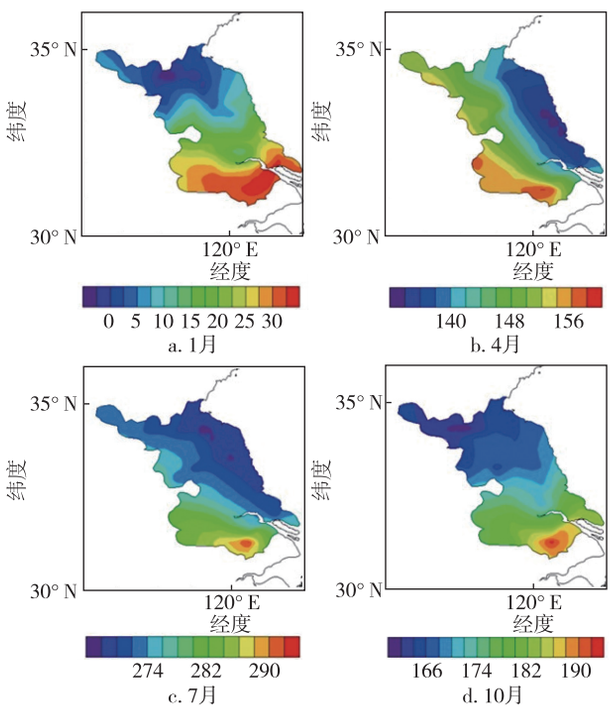


图 2　江苏省月平均气温(℃)分布

Fig. 2　Monthly average temperature(℃) distribution in Jiangsu province in January,April,July,or October

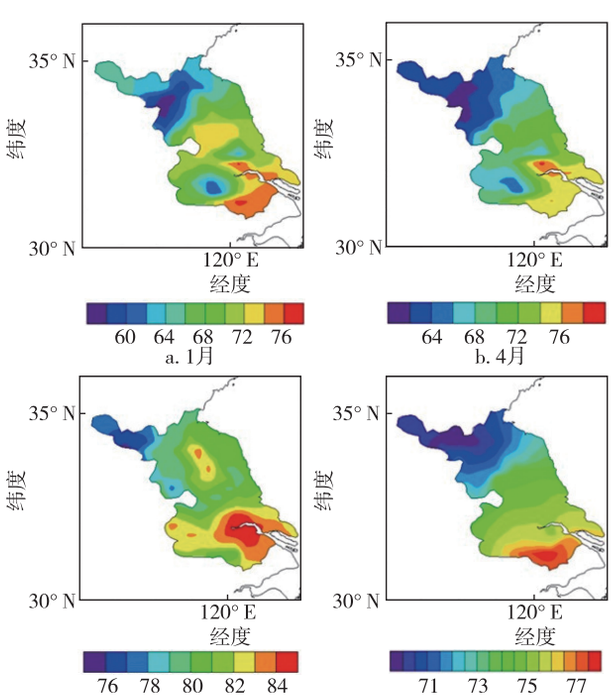


图 3　江苏省月平均湿度(%)分布

Fig. 3　Monthly average humidity(%) distribution in Jiangsu province in January,April,July,or October

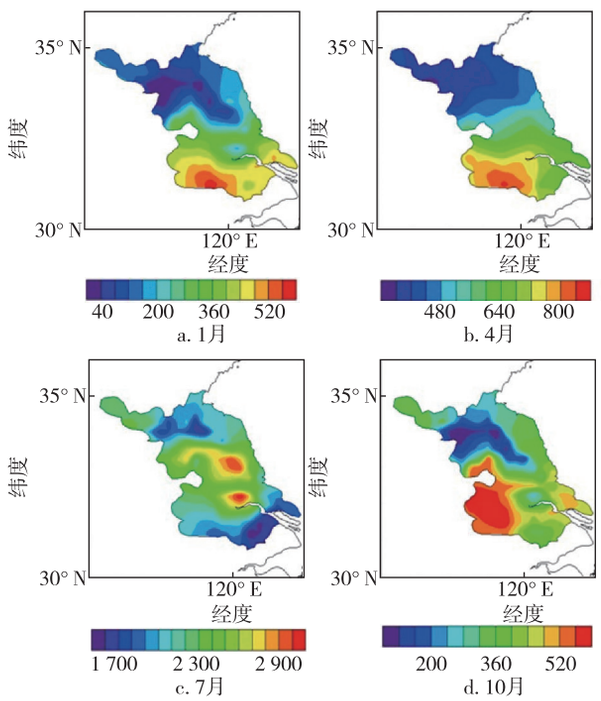


图4　江苏省月平均降水(mm)分布

Fig. 4　Monthly average precipitation(mm) distribution in Jiangsu province in January,April,July,or October

$$S_T(x,y)=\frac{f'(x,y)}{\sqrt{D_T(x,y)}},\tag{3}$$

这是一个无量纲值,任意2点标准化偏差积的平均叫做这2点之间的相关函数.

$$R_T[(x_1,y_1),(x_2,y_2)]=\overline{S_T(x_1,y_1)\cdot S_T(x_2,y_2)},\tag{4}$$

其中 $R_T[(x_1,y_1),(x_2,y_2)]$ 是站点 (x_1,y_1) 和 (x_2,y_2) 的气象要素的相关函数值.

3　计算结果

3.1　台站的结构函数

利用观测资料,计算得到江苏地区24个台站之间每对台站的结构函数值,然后用曲线回归求得江苏地区各月气温、湿度与降水场的结构函数与距离的关系曲线方程.表1为江苏地区各月气温的结构函数与距离的关系曲线方程,表2为江苏地区各月湿度的结构函数与距离的关系曲线方程,表3为江苏地区各月降水场的结构函数与距离的关系曲线方程.从表1可以看出,4月的气温结构函数随距离的增大而减少,10月的气温结构函数随距离的变化不明显,1和7月随距离的增大有个减小和增大的过程.从表2可以看出,1、4、7和10月的湿度结构函数随距离的增大有个增大和减小的过程.从表3可以看出,1、4和10月的降水结构函数随距离的增大变化不是很明显,而7月的降水结构函数随距离的增大,呈现出先增大,后减少的趋势.

表1　气温结构函数回归方程

Table 1　Regression equations of temperature structure function

月份	回归方程
1	$b_f=0.995\ 17-0.002\ 66\times l+5.495\ 39\times10^{-6}\times l^2$
4	$b_f=0.689\ 16-0.000\ 69\times l-5.904\ 17\times10^{-7}\times l^2$
7	$b_f=0.490\ 78-0.000\ 71\times l+4.345\ 76\times10^{-6}\times l^2$
10	$b_f=0.335\ 17-0.000\ 23\times l-1.237\ 06\times10^{-7}\times l^2$

表2　湿度结构函数回归方程

Table 2　Regression equations of humidity structure function

月份	回归方程
1	$b_f=59.883\ 56-0.015\ 8\times l-7.727\ 88\times10^{-5}\times l^2$
4	$b_f=13.605\ 17+0.130\ 74\times l-0.000\ 23\times l^2$
7	$b_f=9.681\ 93+0.044\times l-6.417\ 99\times10^{-5}\times l^2$
10	$b_f=11.143\ 94+0.123\ 37\times l-0.000\ 21\times l^2$

表3　降水结构函数回归方程

Table 3　Regression equations of precipitation structure function

月份	回归方程
1	$b_f=316.503\ 06+1.770\ 93\times l-0.001\ 61\times l^2$
4	$b_f=444.848\ 18+3.861\ 32\times l-0.008\ 47\times l^2$
7	$b_f=4\ 137.695\ 95+144.780\ 83\times l-0.305\ 07\times l^2$
10	$b_f=883.029\ 23+2.135\ 71\times l-0.003\ 82\times l^2$

3.2　相关函数

利用观测资料,计算出江苏地区24个台站之间每对台站的相关系数值,然后用线性回归求得江苏地区不同月份平均气温、湿度与降水场相关函数与距离的关系直线方程,如表4—6所示.从表4可以看出,1、4和10月的气温相关函数随着距离的增大呈现出减小的过程,其中1月减少速率最快.从表5可以看出,1、4、7和10月的湿度相关函数呈现出随距离的增大而增大的过程,其中7月增大最为明显.从表6可以看出,1、4、7和10月的降水相关函数呈现出随距离的增大而减小的过程,其中1月减小的幅度最大.

4　分析与讨论

分布合理、密度适中的气象观测站网,应根据其观测资料所计算的内插值在任何地点都应具有足够的精度. 如果站网太稀就不可能达到必要的内插精

表 4 气温相关函数回归方程

Table 4 Regression equations of temperature correlation function

月份	回归方程
1	$b_f=0.647\ 867-4.014\ 087\times10^{-5}\times l$
4	$b_f=0.647\ 337-1.044\ 009\times10^{-5}\times l$
7	$b_f=0.763\ 914+5.000\ 39\times10^{-6}\times l$
10	$b_f=0.639\ 26-7.642\ 39\times10^{-5}\times l$

表 5 湿度相关函数回归方程

Table 5 Regression equations of humidity correlation function

月份	回归方程
1	$b_f=0.612\ 36+3.177\ 29\times10^{-5}\times l$
4	$b_f=0.646\ 194+4.213\ 14\times10^{-5}\times l$
7	$b_f=0.621\ 07+9.324\ 64\times10^{-5}\times l$
10	$b_f=0.664\ 95+1.996\ 45\times10^{-5}\times l$

表 6 降水相关相关函数回归方程

Table 6 Regression equations of precipitation correlation function

月份	回归方程
1	$b_f=0.535\ 628-0.000\ 165\times l$
4	$b_f=0.680\ 819-3.122\ 3\times10^{-5}\times l$
7	$b_f=0.711\ 65-2.755\ 87\times10^{-5}\times l$
10	$b_f=0.659\ 69-5.179\ 781\ 3\times10^{-5}\times l$

度,但站网过密又会造成人力、物力和财力的巨大浪费.因此,如何以最小的站网密度来达到必要的内插精度,是进行站网设计所寻求的主要目标之一.

不同气象要素在不同季节与不同地区的内插精度随距离的分布规律均有所不同,同一气象要素在不同季节与不同地区的内插精度随距离的分布规律也均有所不同.站网设计应针对不同的要素、季节、地区分别进行,并将取得的结果综合比较、全面衡量,以便最终设计出比较合理、切实可行的台站间距方案.一般地,相隔一定距离的 2 个雨量站,对其观测值的同步系列进行相关分析时可以发现,当站距较近时,其相关程度比较密切,即相关系数较大;若站距较远,相关程度就不很密切,即相关系数小.研究站网密度与相关系数之间的关系,不但概念清楚与直观,还可得到具有一定规律性的站网密度分析结果.

5 结论

本文通过计算表明,江苏地区气象要素的结构函数并不一定随距离的增大而增大,而气象要素的相关系数也并不一定随距离的增大而减少.究其原因,第一方面,江苏地区处在亚热带和暖温带的气候过渡地带;第二方面,海洋性气候也对江苏的气候有着显著的影响.这 2 个方面的原因使得江苏省区域不是一个气候均匀区,从而导致结构函数和相关函数与距离之间不满足理论上的线性关系.

参考文献

References

[1] Gandin L S. The planning of meteorological station networks (Technical note no.111)[R].WMO No.265, 1970,Geneva

[2] 程勇,杨玲,行鸿彦,等.气象台站网布局优化研究综述[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2011,3(6):511-518
CHENG Yong, YANG Ling, XING Hongyan, et al. A survey on the planning and optimization of meteorological station networks[J].Journal of Nanjing University of Information Science and Technology(Natural Science Edition),2011,3(6):511-518

[3] 杨贤为,唐国利.最佳内插法在气象站网设计中的应用[J].气象学报,1990,48(3):374-378
YANG Xianwei,TANG Guoli.The application of optimum interpolation in meteorological network design[J].Acta Meteorologica Sinica,1990,48(3):374-378

[4] 杨贤为,何素兰,张强.四川盆地气温相关函数场的分析及其在站网设计中的应用[J].大气科学,1990,14(4):497-503
YANG Xianwei, HE Sulan, ZHANG Qiang. Analysis of correlation function field of air temperature over Sichuan basin and its application in network design[J].Chinese Journal of Atmospheric Sciences,1990,14(4):497-503

[5] 杨贤为,苏米扬.四川盆地蒸发站网的合理布局探讨[J].应用气象学报,1991,2(1):106-112
YANG Xianwei, SU Miyang. A study of rational distribution of the evaporation networks in the Sichuan basin[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 1991,2(1):106-112

[6] 张强,杨贤为.雨量站网的合理布局研究[J].南京气象学院学报,1992,15(2):111-118
ZHANG Qiang,YANG Xianwei.A study on rational distribution of rain gauge networks[J].Journal of Nanjing Institute of Meteorology,1992,15(2):111-118

[7] 王丽,王培法,刘爱利,等.基于 DEM 的江苏气温空间插值研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2015,7(1):79-85
WANG Li,WANG Peifa,LIU Aili,et al.Spatial interpolation of mean temperature of Jiangsu province based on DEM[J].Journal of Nanjing University of Information Science and Technology(Natural Science Edition), 2015,7(1):79-85

[8] 卢文芳,王永华.空间结构函数在上海地区气象站网设计中的应用[J].南京气象学院学报,1989,12(3):325-332
LU Wenfang,WANG Yonghua.The application of spatial structure functions to the design of weather station networks in the Shanghai area[J]. Journal of Nanjing

Institute of Meteorology,1989,12(3):325-332
[9] 赵瑞霞,李伟,王玉彬,等.空间结构函数在北京地区气象观测站网设计中的应用[J].应用气象学报,2007,18(1):94-101
ZHAO Ruixia, LI Wei, WANG Yubin, et al. The application of spatial structure functions to the design of weather station networks in Beijing area[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2007,18(1):94-101
[10] 杨贤为.江淮平原雨量站网的合理分布研究[J].安徽气象,1986(4):26-29
YANG Xianwei.Research on rational planning of rainfall network in Jianghuai plain[J].Anhui Meteorology,1986(4):26-29

Analysis on the correlation of climatic factors in Jiangsu during the past three decades

PENG Yinghui[1] YANG Ling[2] CHENG Yong[3]
1 Development and Research Centre,China Meteorological Administration,Beijing 100081
2 Binjiang College,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044
3 Information Construction and Management Office,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044

Abstract The monthly averaged climate data from 24 meteorological stations in Jiangsu province during 1981-2012,were used to analyze the structural relation and correlational function of meteorological elements including temperature,humidity and precipitation for each pair of meteorological stations.The relationships between structural function and station distance,correlational function and station distance are analyzed by using curvilinear regression and linear regression,respectively,which are then used to calculate and evaluate the meteorological station density in Jiangsu province. The results show that the structural function and correlational function of meteorological elements cannot meet the requirement of optimum interpolation and uniformity,and the meteorological station network should be optimized in accordance with the specific climate in Jiangsu province.

Key words structural function;climate elements;correlation;correlational function