

新疆气候变化特征及气候分区方法研究

毛炜峰¹ 南庆红² 史红政²

(1. 新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆气象局)

提 要: 为了探讨考虑气候变化影响的气候区划方法, 选用新疆 88 站年平均气温和降水量的 45 年(1961—2005)平均值及其均方差为气候分区的 4 个基本因子, 以各站之间的相似系数构建模糊矩阵, 进行模糊聚类分析。按不同聚类水平, 区划出北疆、南疆、天山山区等气候类型, 还细致刻画出于寒山区、典型风区等特殊气候类别。区划结果与天气气候特征和地理景观吻合好, 在此基础上确定了新疆气候业务的 3 个区域及其代表站。区划结果也为其它专业区划奠定了基础。

关键词: 气候分区 气候变化影响 模糊聚类

Research of Climatic Regionalization with Climate Change in Xinjiang

Mao Weiyi¹ Nan Qinghong² Shi Hongzheng²

(1. Xinjiang Climate Center, Urumqi 830002; 2. Xinjiang Meteorological Bureau)

Abstract: The basic genes about climatic regionalization were chosen by age average air temperature, precipitation, mean square error of each of 88 stations in Xinjiang in 1961—2005, and the fuzzy matrices were built by coefficient between every station. The climate style in the Northern Xinjiang, the Southern Xinjiang and Tianshan Mountains were regionalized to the different clustering level, further more, dry and cold coteau, representative wind section were also regionalized. Regionalization result were anatomized well with weather character and geography sight, and 3 regions and represent stations of Xinjiang climate operation were confirmed by the regionalization result. The regionalization result were made of basis for other professional regionalization.

Key Words: climatic regionalization effect of climate change Fuzzy cluster analysis

引 言

竺可桢先生是我国气候区划的开创者,先生关于气候区划的主要思想至今仍然是相关工作的重要依据^[1]。1980 年代以来,我国的气候区划与气候资源开发利用发展迅速,气候区划成果涉及国家以及区域的农业、林业、牧区畜牧、作物、农作物种植制度等领域^[2-11]。传统的气候分区方法是确定区划指标,按分区系统逐级划分,通常要筛选两个以上气象要素,进行 3~4 级的区划才比较详细地刻画出气候型,属“静态”区划,很少考虑气候变化的影响。徐国昌^[12]等在做我国降水区划时,以全国 178 站 35 年的降水资料,计算了两两站点之间的相关系数,以相关系数为基础构建模糊矩阵,对我国的年以及四季降水进行空间分区,该方法仅考虑了各站之间降水量随时间变化的相似程度,没有考虑各站降水量的气候平均值,即“静态”因素被忽略了。全球气候变化背景下,气候区划中如何考虑“静动结合”这是值得探讨的新问题。

新疆地处欧亚大陆腹地,属温带干旱区,但地域辽阔,地形复杂,高差显著,加之地处中纬度地区,天气系统活动频繁,因此形成了多个气候带和比较丰富的自然景观现象。随着人类活动的增强和气候变化的加剧,新疆区域经济发展也迫切需求更细致的区域气候区划。用新疆更新更长站点更全的气象资料,考虑要素随时间的变化,尝试选择气温、降水量的气候平均值及其均方差作为 4 个气候分区基本因子,根据施能^[13]提出的模糊聚类的步骤,以各站 4 个基本分区因子计算的相似系数构建模糊矩阵,进行模糊聚类分区。为新疆气候业务分区及其代表站遴选提供客观依据。

1 资料与方法

用新疆 88 站 1961—2005 年逐年平均气温和降水量,计算了每个站的年平均气温和年降水量的 45 年(1961—2005)平均值及均方差。选取 45 年平均气温、平均降水量以及各自的均方差,作为气候分区的 4 个基本因子。可以列出原始矩阵 $\mathbf{X}(i, j), i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m$ 。在此 $n=4$, 指参加聚类分析的 4 个要素, $m=88$, 指参加聚类的 88 个站。

1.1 原始资料标准化

将原始矩阵进行标准化处理,生成标准化矩阵 \mathbf{X}^1 , 元素处理过程如下:

$$X_{i,j}^1 = (X_{i,j} - \bar{X}_i) / \sigma_i \quad (1)$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m X_{i,j} \quad (2)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (X_{i,j} - \bar{X}_i)^2} \quad (3)$$

$i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m; \bar{X}_i$ 与 σ_i 分别是第 i 个区划因子的 88 站均值和均方差。

1.2 建立模糊矩阵

以标准化矩阵 \mathbf{X}^1 为基础, 计算各站之间的相似系数 $r_{i,j}$, 如公式(4)所示:

$$r_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{k,i}^1 \cdot x_{k,j}^1)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{k,i}^1)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (x_{k,j}^1)^2}} \quad (4)$$

$i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, m; k=1, 2, 3, \dots, n$

将相似系数 $r_{i,j}$ 由区间 $[-1, 1]$ 变换到区间 $[0, 1]$, 如式(5)所示:

$$r_{i,j}^1 = (1 + r_{i,j}) / 2 \quad (5)$$

以 $r_{i,j}^1$ 为元素的矩阵 \mathbf{R}^1 是 m 阶模糊矩阵, 元素在 $[0, 1]$ 之间, 并且具有反身性和对

称性。

反身性是指矩阵中元素具有: $r_{i,j}^1 = 1, i = 1, 2, 3, \dots, m$

对称性是指矩阵中元素具有: $r_{i,j}^1 = r_{j,i}^1, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, m$

1.3 将模糊矩阵 R^1 改造为分类关系进行分区

根据模糊矩阵乘法运算法则,将 R^1 不断自乘,即

$$R^2 = R^1 \cdot R^1 \quad R^4 = R^2 \cdot R^2$$

矩阵 R 自乘 4 次后,满足 $R^8 = R^8 \cdot R^8 = R^{16}$,得到 R^{16} 已是一个等价模糊矩阵,具有传递性。从大到小可以得到不同 λ 水平的截模糊矩阵,进行气候分区。

2 新疆气候区划与分析

2.1 气候区划

根据上述方法,得到新疆 88 站的等价模糊矩阵。随截模糊矩阵的 λ 值逐渐增大,区划结果由粗变细,直至分化为各个独立站点。得到分区结果:0 级分区:全疆 88 站;一级分

区:北疆 44 站、南疆 43 站;二级分区:典型风区 3 站、南疆 40 站,干寒山区 4 站、北疆 34 站;三级分区:南疆 36 站、天山山区 9 站、北疆 21 站。详见聚类树图(图 1)和聚类表(表 1)。

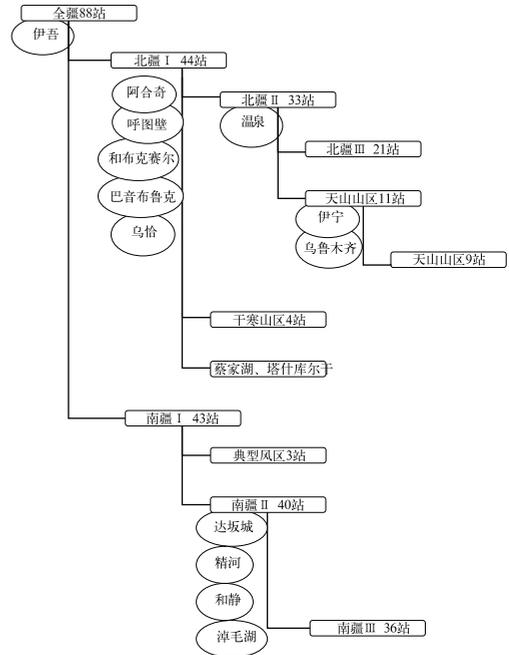


图 1 新疆气候聚类区划图

表 1 新疆气候聚类分区表

新疆 88 站 ($\lambda=0.9146$)			
北疆 I -44 类 ($\lambda=0.9330$)		南疆 I -43 类 ($\lambda=0.9330$)	
干寒山区 4 站 ($\lambda=0.9586$)	北疆 II -33 类 ($\lambda=0.9603$)	南疆 II -40 类 ($\lambda=0.9335$)	典型风区 3 站 ($\lambda=0.9335$)
	天山山区 11 站 ($\lambda=0.9670$)	南疆 III -36 类 ($\lambda=0.9745$)	
	北疆 III -21 类 ($\lambda=0.9670$)		
	天山山区 9 站 ($\lambda=0.9832$)		

当 λ 值达到 0.9146 时,新疆 88 个站点仍聚为一类。这主要由新疆地理位置和受海陆分布影响所致。当 λ 值达到 0.9330 时,新疆划分为南北两区,称其为北疆类(简称北疆 I -44 类,含 44 站)和南疆类(简称南疆 I -43 类,含 43 站)。这级的聚类结果主要取决于地理纬度和大地形的影响因素。地处天山南

侧、帕米尔高原等地的巴仑台、托云、乌恰、阿合奇、塔什库尔干 5 站与北疆聚为一类,而位于北疆海拔较低的阿拉山口、克拉玛依、精河与南疆聚为一类。根据气候垂直带分布规律,随海拔增高,温度逐渐降低,热量随之减少,由此形成较低纬度的南疆山区站的自然气候带向高纬偏移,而北疆海拔较低的地处

谷地 3 站,与南疆的干燥气候极为相似,归到南疆区。

阿拉山口、克拉玛依、七角井 3 站都位于新疆著名的风口地区,当 λ 值达到 0.9355 时,3 站同时从南疆 I 类中分离出来聚为一类,称之典型风区类。南疆区其余 40 站仍聚为一类(简称南疆 II₋₄₀类)。当 λ 值达到 0.9745 时,天山以北的达坂城、精河、淖毛湖 3 站与和静先后从南疆区中分离出来,得到南疆 36 站(简称南疆 III₋₃₆类)。

当 λ 值达到 0.9603 时,北疆 I 类主要分化成北疆 33 站(简称北疆 II₋₃₃类),分离出高寒山区 4 站(吐尔尕特、大西沟、北塔山、奇台)和 1~2 站的小区域,其中干寒山区 4 站中,除奇台外,高、寒气候是该类的突出特点。当 λ 值达到 0.9670 时,南疆帕米尔高原上的乌恰站从北疆 II 类区中分离出来,同时得到了北疆 21 站(简称北疆 III₋₂₁类)、天山山区 11 站,以及一些 2~4 站的小区域。

随着 λ 值继续增大,还可以得到南疆、北疆以及天山山区更加细致的分区,直至所有站点都单独分离出(图、表略)。最终区划单元北疆 IV₋₈类主要包括北疆北部区域;北疆 IV₋₆类主要分布在北疆西部;南疆 V₋₁₀类分布于南疆东部和塔里木盆地的东南缘,其面积广泛;南疆 V₋₄类分布于巴楚、莎车一带;南疆 V₋₈类基本分布于塔里木盆地北缘和西缘。区划结果除与纬度、海拔、地形决定的气候特点一致外,还与新疆境内天气活动路径极为相似。

2.2 新疆气候分区要素基本特征

2.2.1 全疆

气温及其均方差:1961—2005 年 45 年的年平均气温全疆 88 站平均值为 7.8℃。其中吐鲁番最高,为 14.5℃,天山大西沟最低,为-5.1℃。随纬度增加温度下降,随海拔升高温度下降,最典型例子就是吐鲁番与

天山大西沟,两站位于同一纬度,相距 100 多公里,高差 3000 多米,年均温度差值达 19.6℃。88 站年平均气温 45 年的均方差平均为 0.80℃,其中富蕴最大,为 1.33℃,阿拉尔最小,为 0.38℃。气温均方差最大区域在北疆北部地区,最小在南疆塔里木盆地西北部平原地区。

降水及其均方差:1961—2005 年 45 年的年降水量全疆 88 站平均值为 154.6mm,其中天山小渠子最大,为 543.3mm,托克逊最小,为 7.8mm。新疆年降水量特点为山区多盆地少,西部多东部少,北部多南部少。88 站 45 年的年降水量均方差平均为 45.0mm,其中天池最大,为 123.54mm,托克逊最小,为 6.6mm。年降水量的均方差与年降水量分布相似,山区大平原小。

2.2.2 主要气候区

根据上述分区结果,选择全疆 88 站、北疆 21 站、天山山区 9 站、干寒山区 4 站、典型风区 3 站、南疆 36 站 6 个区域,给出了各区 4 个基本分区要素的平均值、最高值、最小值,见表 2。

3 区划结果比较

张家诚^[3]等给出了几种气候区划结论,如以 1 月平均气温 6℃和-6℃等温线,和 750mm、1500mm 等年雨量线为指标,以此划出中国 10 个气候区,其中涉及新疆的有两个区——西北荒漠区和新疆山地区;中央气象局^[14]在中国气候区划中考虑热量条件(如日平均气温 ≥ 10 ℃积温)和干燥度指标,由此细分出南疆、北疆干旱区和富蕴、塔城、伊宁 3 个亚干旱区(见表 3);徐德源^[4]等改进热量条件指标和干燥度指标,得出更为细化的新疆分区结论(见表 4),等等。本文的区划结果与上述的区划类型吻合(如北疆区、南疆区、天山山区),并且还细致刻画出典型风区、

表 2 新疆主要气候区的基本要素表

分区	要素	区域平均值	区域极大值		区域极小值		
			极值	站名	极值	站名	
全疆 88 站	年平均气温/℃	平均值	7.8	14.5	吐鲁番 51573	-5.1	天山 51468
		均方差	0.76	1.33	富蕴 51087	0.38	阿拉尔 51730
	年降水量/mm	平均值	154.6	543.3	小渠子 51465	7.8	托克逊 51571
		均方差	45.04	123.54	天池 51470	6.60	托克逊 51571
北疆 21 站	年平均气温/℃	平均值	5.9	9.6	霍尔果斯 51328	0.6	清河 51186
		均方差	1.01	1.33	富蕴 51087	0.85	石河子 51356
	年降水量/mm	平均值	197.5	283.7	裕民 51137	120.7	福海 51068
		均方差	52.91	72.44	塔城 51133	36.98	福海 51068
天山山区 9 站	年平均气温/℃	平均值	5.4	8.9	新源 51436	2.1	天池 51470
		均方差	0.73	0.83	尼勒克 51433	0.64	天池 51470
	年降水量/mm	平均值	416.6	543.3	小渠子 51465	211.7	巴轮台 51467
		均方差	88.73	123.54	天池 51470	62.02	巴轮台 51467
干寒山区 4 站	年平均气温/℃	平均值	1.0	5.2	奇台 51379	-5.1	天山 51468
		均方差	0.70	0.78	北塔山 51288	0.59	天山 51468
	年降水量/mm	平均值	270.0	452.2	天山 51468	173.7	北塔山 51288
		均方差	57.84	70.49	天山 51468	49.29	奇台 51379
典型风区 3 站	年平均气温/℃	平均值	8.6	8.8	阿拉山口 51232	8.5	克拉玛依 51243
		均方差	0.88	0.89	克拉玛依 51243	0.86	阿拉山口 51232
	年降水量/mm	平均值	108.6	109.5	克拉玛依 51243	107.6	阿拉山口 51232
		均方差	37.51	37.86	阿拉山口 51232	37.16	克拉玛依 51243
南疆 36 站	年平均气温/℃	平均值	11.2	14.5	吐鲁番 51573	7.9	拜城 51633
		均方差	0.59	0.80	吐鲁番 51573	0.38	阿拉尔 51730
	年降水量/mm	平均值	57.0	118.0	拜城 51633	7.8	托克逊 51571
		均方差	28.49	43.84	乌什 51627	6.60	托克逊 51571

干寒山区等特殊型,特别是对南疆细划出更多类型。这些区划类型与新疆天气气候特征和地理景观几乎一致,同时从聚类水平上可以定量给出某一类气候区范围里各站点的相似程度,从而为其它专业区划奠定了基础。

本区划结果也存在不足:一是个别站在地理上错位划分到北疆或南疆,当然这些站得以气候学方面的科学合理解释;二是干寒山区类中的奇台站海拔不到 800 米,其它 3 站均在 1600—3600 米之间,该结果可以从气候要素的均值及其均方差综合分析得到解释。如表 2,干寒山区(4 站)的年气温平均值均低于天山山区(9 站)和北疆(21 站),但是

年气温的均方差与天山山区(9 站)相同,明显低于北疆(21 站);干寒山区(4 站)年降水量明显多于北疆(21 站),少于天山山区站(9 站),但是年降水量的均方差接近北疆(21 站),明显低于天山山区(9 站)。

表 3 新疆的气候区划—1

气候大区			
气候带	A 湿润	B 亚湿润	C 亚干旱 D 干旱
II 中温带	气候区		
	II C3 富蕴区		II D2 北疆区
	II C4 塔城区		II C5 伊宁区
III 南温带	III D1 南疆区		

注:该区划结果引自文献[3]

表 4 新疆气候区划—2

气候带	气候大区				
	A 湿润	B 亚湿润	C 亚干旱	D 干旱	E 极干旱区
	气候区				
Ⅱ 中温带			Ⅱ CTa 天山区 Ⅱ CTc2 阿勒泰山区 Ⅱ CTc_d2 伊宁区	Ⅱ DTb1 乌恰—阿合奇区 Ⅱ DTb2 和布克赛尔区 Ⅱ DTc1 塔城区 Ⅱ DTe2 额尔齐斯—乌伦古河区 Ⅱ DTe_f 准噶尔盆地	
Ⅲ 暖温带					Ⅲ ETe_f 塔里木盆地区

注：该区划结果引自文献[4]

4 专项气候分区与气候业务代表站遴选

专项气候分区是针对不同需求进行的气候区划,如种植制度的气候区划、建筑气候分区等,本文主要结合短期气候预测业务的需求,制定气候分区和代表站遴选方案。

气候分区和代表站遴选原则:(1)以新疆气候聚类区划为基础,代表站数量要求占全疆气象台站基数的 1/3 左右;(2)必须包含上级业务部门规定的站点;(3)基本保留原业务使用的南疆 8 站和北疆 8 站;(4)遵从地理或行政区域的习惯归属;(5)适当选取受天气气

候影响大的经济、人口重镇。据此,将新疆划分北疆区、南疆区和天山山区作为短期气候预测业务的 3 个气候分区,并遴选出代表站如表 4。值得特别说明的是伊宁、乌鲁木齐在聚类区划中都属天山山区气候类型,但是,由于海拔不很高,又是人口很多的大中城市,从人类社会活动的影响作用而言,与北疆区联系更密切,传统上也一直将其列为北疆区的代表站。另外,有些气象站点因资料程度所限未参加聚类区划,像乌兰乌苏、塔中等,但上级业务部门作为全国气候预测业务代表站,而且从布局看非常合理,在此也列入到新疆气候预测业务代表站(见表 5)。

表 5 新疆气候业务分区及其代表站

区域	站名
北疆(10 站)	阿勒泰、塔城、博乐、北塔山、乌苏、克拉玛依、奇台、伊宁、乌鲁木齐、乌兰乌苏
天山山区(8 站)	昭苏、新源、巴里坤、小渠子、巴仑台、大西沟、巴音布鲁克、天池
南疆(16 站)	哈密、吐鲁番、焉耆、库尔勒、库车、阿克苏、巴楚、喀什、莎车、塔什库尔干、和田、民丰、若羌、且末、铁干里克、塔中

为了进一步检验新疆气候业务中遴选出的 3 个区域的代表站的科学性,对表 5 中所列的 3 个区域两两之间的 4 个气候分区基本要素进行均值的差异性 t 检验,结果见表 6。可见南疆与北疆、南疆与天山山区之间的基本要素差异很明显,其中,年平均温度、年降水量和年降水量均方差的均值差异都通过了 0.01 的显著性水平检验,年平均温度均方差

的均值差异也通过了 0.05 的显著性水平检验;北疆与天山山区之间的年降水量和年降水量均方差的均值差异也通过了 0.01 的显著性水平检验,年温度均值差异通过了 0.05 的显著性水平检验,而北疆温度均方差为 0.80,天山山区为 0.77,两区之间的均值差异不显著。

表 6 南疆、北疆、天山山区的分区要素的均值检验

分区基本要素	南疆与北疆 (自由度:16+10-2)	南疆与天山山区 (自由度:16+8-2)	北疆与天山山区 (自由度:10+8-2)
温度平均值	3.385 * * *	4.984 * * *	2.301 * *
温度均方差	2.394 * *	2.348 * *	0.262
降水量平均值	6.515 * * *	10.459 * * *	4.32 * * *
降水量均方差	4.788 * * *	7.514 * * *	2.308 * *

注: 1、样本数分别为 n_1 与 n_2 的均值 t 检验的自由度(n_1+n_2-2)
 $t_{0.10}(16+10-2)=1.318$ $t_{0.05}(16+10-2)=1.711$ $t_{0.01}(16+10-2)=2.492$
 $t_{0.10}(16+8-2)=1.321$ $t_{0.05}(16+8-2)=1.717$ $t_{0.01}(16+8-2)=2.508$
 $t_{0.10}(10+8-2)=1.337$ $t_{0.05}(10+8-2)=1.746$ $t_{0.01}(10+8-2)=2.584$
 2、* $\alpha=0.10$ ** $\alpha=0.05$ *** $\alpha=0.01$

5 结论

(1) 考虑气候变化的因素,以年平均气温、年降水量的 45 年均值和均方差为基本分区要素,用模糊聚类方法进行气候分区的新方法可行,比传统的区划方法简便,气候区划结果符合新疆实际。

(2) 在模糊聚类气候分区基础上,重新制定出新疆气候业务中的区域(北疆区、南疆区和天山山区)及其代表站,经过检验,3 个区域的基本气候要素及其变化的差异是显著的,选取的站点具代表性,符合目前的气候业务需求。该专项分区和代表站,可用于现行的气候影响评价、干旱监测与评估、生态环境质量监测评价等业务中。

(3) 得出的新疆气候聚类区划结果,可为其它专项区划提供气候类型基础信息,如新疆农、牧、林业发展规划、作物种植结构布局区划、气象资源能源开发利用规划,等等。

参考文献

[1] 丘宝剑.竺可桢先生对中国气候区划的贡献[J].地

理科学,1990,10(1):28-34.
 [2] 王馥棠.中国气象科学研究院农业气象研究 50 年进展[J].应用气象学报,2006,17(6):778-785.
 [3] 张家诚,林之光.中国气候[M].上海:上海科学技术出版社,1985.
 [4] 徐德源主编.新疆农业气候区划[M].北京:气象出版社,1989.
 [5] 况雪源,苏志,涂方旭.广西气候区划[J].广西科学,2007,14(3):278-283.
 [6] 祖世亨,祖雪梅.黑龙江省农作物冷害气候区划[J].中国农业气象,1999,20(2):1-8.
 [7] 郭兆夏,朱琳,杨文峰.应用 GIS 制作《陕西省气候资源及专题气候区划图集》[J].气象,2001,27(5):47-49.
 [8] 王菱.黄土高原地区苹果品质气候区划[J].中国农业气象,1993,14(5):5-8.
 [9] 吴春燕,简慰民,邵敏兰.中国葡萄气候区划探讨[J].新疆气象,2000,23(4):13-15.
 [10] 罗文芳.贵州省优质烤烟气候区划指标的补充和修订[J].气象,1998,24(10):47-51.
 [11] 张苏平,张文.中国人类生物气候区划初探[J].气象,1994,20(5):10-15.
 [12] 徐国昌,姚辉.我国降水量的模糊聚类分区[J].气象,1989,15(9):13-17.
 [13] 施能编著.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,1995.
 [14] 中央气象局.中华人民共和国气候图集,北京:地图出版社,1979.