

用趋势面分析 (TSA) 计算

局地因子对暴雨的影响

谢世俊 丛安佐 张心有*

(丹东市气象台)

趋势面分析 (TSA) 在地质学研究中, 用于处理野外观测结果和室内分析化验结果, 用平面图或立体图表达地质特征等值线在空间的变化^①。这与气象学上分析要素的空间变化很相似。本文引用TSA来计算“82.8”丹东连续大暴雨过程中, 局地因子对暴雨分布的影响。

一、方 程

TSA的实质是对回归分析的推广。当用直线或曲线对平面或空间观测点的值进行拟合时, 通常称为回归分析; 当用平面或曲面对空间观测点的值进行拟合时, 就是TSA。

我们用经度、纬度、高度三维坐标来进行降水量观测值的TSA。有三个自变量的三元趋势方程有:

三元一次方程

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (1)$$

三元二次方程

$$\begin{aligned} \hat{y} = & b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + \\ & + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 + b_7 X_1 X_2 + b_8 X_1 X_3 + \\ & + b_9 X_2 X_3 \end{aligned} \quad (2)$$

三元三次方程

$$\begin{aligned} \hat{y} = & b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + \\ & + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 + b_7 X_1 X_2 + b_8 X_1 X_3 + \\ & + b_9 X_2 X_3 + b_{10} X_1^3 + b_{11} X_2^3 + b_{12} X_3^3 + \\ & + b_{13} X_1^2 X_2 + b_{14} X_1^2 X_3 + b_{15} X_2^2 X_1 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + b_{16} X_2^2 X_3 + b_{17} X_3^2 X_1 + b_{18} X_3^2 X_2 + \\ & + b_{19} X_1 X_2 X_3 \end{aligned} \quad (3)$$

可以看出, 随着次数增加, 待定系数会增加到很多。对于 10×10 的矩阵 (三元二次), 用手算已显得很烦难。我们用SHARP-PC-1500机, 计算到三元二次就很容易。数据及过程如表1。

表1中, 经纬度 X_1, X_2 不是实际值, 而是测点对于坐标元点 (取庄河) 的经纬度的距离, 单位为公里。高度 X_3 , 单位为米。R是1982年8月5—9日各测点的降水量, 单位为毫米。 $k = \hat{y}$, 为降水量的趋势项, 它反映区域性变化, 受区域性的因子影响。R-K为剩余项, 受局地因子影响, 其中包括地形及其造成的边界层中小尺度流场、热力差异等对降水的影响, 还包括观测误差等随机因素的影响。降水量资料经过校审, 因而认为观测误差等较之于局地因子的影响来说, 是不大的, 可以不再加分离。

计算得出的三元二次方程为

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 264.275 - 2.313X_1 + 1.269X_2 + \\ & + 2.072X_3 - 1.106 \times 10^{-2}X_1^2 - 1.189 \times \\ & \times 10^{-2}X_2^2 + 4.459 \times 10^{-3}X_3^2 + \\ & + 4.726 \times 10^{-2}X_1X_2 - 5.622 \times \\ & \times 10^{-3}X_1X_3 - 2.730 \times 10^{-2}X_2X_3 \end{aligned} \quad (4)$$

此方程拟合率为60.810%, 如以更复杂的高次方程来加以拟合, 还可以做到使拟合

* 沈阳农业大学陶尚新, 本所赵向忱、刘瑞符协助计算。

表1 计算数据表

序号	地点	X ₁ (经度)	X ₂ (纬度)	X ₃ (高度)	R (降水)	K	R-K
1	凤城	90	86	73	319	320	-1
2	大卜	106	97	80	295	326	-31
3	四门子	69	116	200	277	298	-22
4	弟兄山	90	122	180	279	290	-11
5	赛马	107	144	240	222	320	-98
6	宽甸	150	117	260	269	272	-3
7	太平哨	182	134	350	212	216	-4
8	牛毛坞	168	144	280	209	206	3
9	灌水	134	132	180	261	284	-23
10	长甸	155	81	80	218	205	13
11	岫岩	24	66	79	207	348	-141
12	洋河	35	41	68	520	343	177
13	三家子	27	108	190	347	295	52
14	东沟	98	23	4	99	64	35
15	前阳	102	32	10	129	103	26
16	小甸子	54	33	30	108	250	-142
17	海洋红	45	18	30	134	239	-105
18	长安	93	50	60	239	234	5
19	丹东	119	46	15	134	127	7
20	马家店	74	30	40	106	205	-99
21	青城子	50	112	220	302	315	-17
22	青椅山	137	110	226	257	288	-31
23	大营子	51	68	90	401	342	59
24	杨木川	125	90	110	347	286	61
25	红石	171	108	160	273	235	-38
26	下露河	212	137	200	137	205	-68
27	黄花甸	40	95	155	339	338	1
28	偏岭	13	26	30	469	316	153
29	宝山	73	73	80	327	319	8
30	八河川	152	149	220	318	240	78
31	荒沟	135	69	170	316	253	63
32	石灰窑	9	69	200	471	509	-38
33	大川头	125	126	400	419	401	18
34	毛甸子	132	102	250	276	322	-46
35	汤沟	52	102	180	314	334	-20

所以，只计算到显著性水平较高为止。

二、计算结果分析

1982年8月5—9日的丹东大暴雨，是一场连续性的大暴雨，共经历103小时，其中有59个暴雨雨时（1小时雨量10mm以上）。最大1小时雨量80mm，2小时雨量150mm。最大过程总雨量520mm，分布情况如图1。计有60余个中小尺度系统和17个雨团活动。雨团中心经过各测点频数及主要路径如图2。

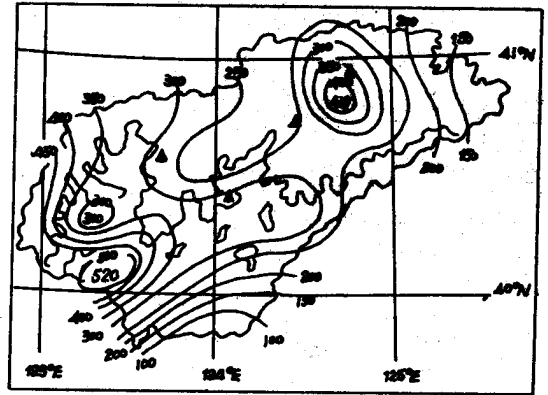


图1 1982年8月5日11时—9日20时雨量(mm)

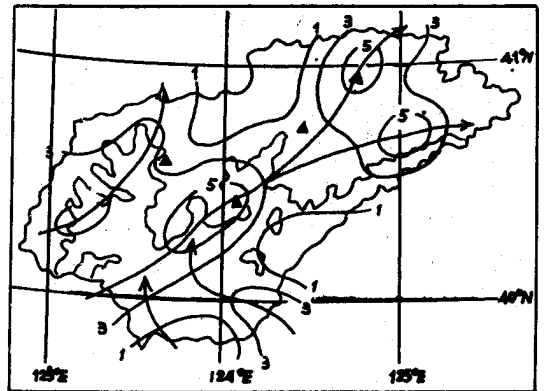


图2 1982年8月5—9日雨团经过各地频数(次)

箭头表示雨团活动的主要路径

比较图1、图2可以看出，降水分布与雨团活动有关。雨团中心频繁经过的地方，就是降水偏多的地方。最大的降水轴线与主要雨团路径一致。而雨团活动与云团有关。云团的尺度和范围，要比我们分析的地面流场中

率更高些。当剩余部分很小时，那就不便把趋势项与剩余项分开，那就不是我们的目的。

的中小尺度系统为大，它与天气尺度和次尺度的系统有关。我们把这两者分别视为区域性因子和局地性因子。17个雨团活动是与大、次尺度联系的区域性因子影响，使降水分布趋势如图3。60余个中小尺度系统反映地形等局地因子影响。通过计算，来分离这种影响。

图3是计算得出的趋势项值 \hat{y} ，它表示的就是区域性因子的影响。图4是剩余值 $(R - K) = (R - y)$ ，就是分离出来的局地因子对暴雨的影响。比较图1、图2、图3，可以看出趋势值 y 比实测值 R 更能反映区域性因子对暴雨分布的影响。即它更能说明图2的系统影响应有的降水分布。特别是这次大暴雨受灾最重的岫岩县西北部，图2有一个暴雨活动最频繁的中心，图3计算出一个509

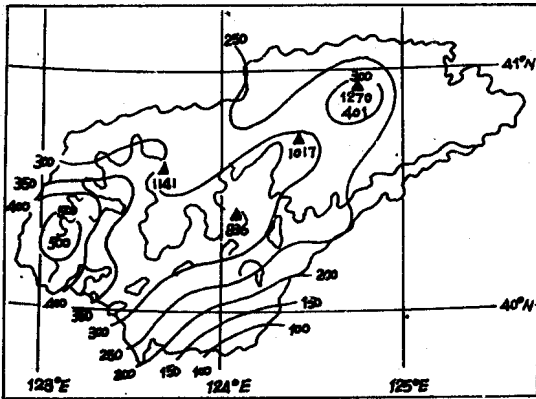


图3 1982年8月5—9日降水趋势值(mm)

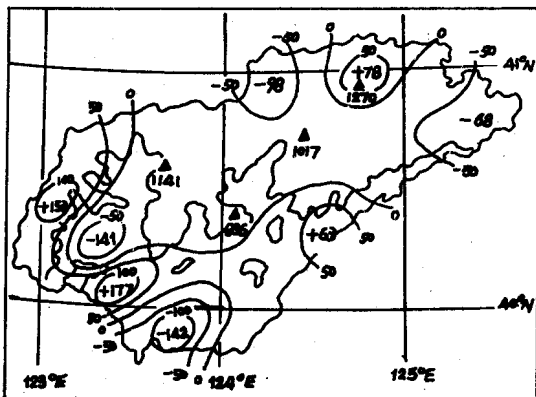


图4 局地因子影响1982年8月5—9日降水值(mm)

mm的降水趋势中心。这从实况图(图1)上是看不清楚的。

图4反映出在区域因子下，局地因子引起降水分布的情况。有的地方降水增幅，有的地方则是减幅。这使我们知道，当云团、雨团取图2这样的活动路径时，丹东地区何处降水会增多，何处会减少，为暴雨短时预报提出了依据。

三、检 验

TSA是回归分析的推广，可以象回归分析那样，用方差比进行检验，计算过程如表2。计算观测值的总离差平方和(SS总)、

表2 F检验表

偏差来源	平方和	自由度	均方差	F 检验数据
趋势面回归	SS _回	m	MS _回	F = MS _回 /MS _剩
剩 余	SS _剩	N-m-1	MS _剩	f ₁ = m
总偏差	SS _总	N-1		f ₂ = N-m-1

回归离差平方和(SS_回)、剩余平方和(SS_剩)，其自由度分别为N-1，m，N-m-1。N为测点数，m为回归方程系数个数(不包括b₀)。用方程(4)计算，有关数据如下：

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{总}} &= 386244.285, \quad N-1 = 34, \\
 MS_{\text{回}} &= 26097.446, \quad SS_{\text{回}} = 234877.017 \\
 m &= 9, \quad MS_{\text{剩}} = 6054.711, \\
 SS_{\text{剩}} &= 151367.285, \quad N-m-1 = 25, \\
 F &= 4.310, \quad f_1 = 9, \quad f_2 = 25.
 \end{aligned}$$

当 $f_1 = 9$ ， $f_2 = 25$ ，由F分布表可知 $\alpha = 0.01$ ， $F = 3.22$ 。计算F值4.310大于3.22，说明用趋势方程分离出区域性因子和局地因子对暴雨分布的影响不是随机的，在统计学上是合理的。

参 考 文 献

- 【1】 刘承祚、孙惠文，数学地质基本方法及其应用，地质出版社，1981年。