

评定细纱不匀的距离判别法

费 荣 昌

(基础课部)

评定细纱短片段不匀通常采用目光检验法,这种方法易受人的主观因素的影响。用 Uster 均匀度测试仪测量细纱短片段不匀,可克服目光检验法的缺点。根据 Uster 仪测得的 CV 值(变异系数)来评定细纱不匀级别,特别小的 CV 值总反映细纱均匀,特别大的 CV 值总反映细纱不匀,但是中间的 CV 值与细纱实际不匀级别不一定一致,因此仅用 CV 值反映细纱不匀并不理想。为此,文[1]由波谱图建立细纱样本观察值向量,运用 Fisher 线性判别分析法,得到评定细纱不匀的线性判别函数,用它评定细纱不匀的结果与目光检验法基本一致。但是细纱品种规格较多,很难找到普遍适用的判别函数,并且不同的相邻两级别的判别函数是不同的,不匀原因不同,判别函数也不同。本文运用距离判别法^[2]评定细纱不匀,方法简单,评定结果与目光检验法更趋一致。

一、距离判别法

由细纱机主牵伸区产生不匀的细纱称为 A 总体,由主牵伸区以前的工序产生不匀的细纱称为 B 总体。总体中的个体按不匀级别分别属于第一、第二、第三类,第一类为一级中,第二类为一级下,第三类为二级。

把波谱图有效范围 1—90 厘米内的 33 个波道分成四段。1—7 波道为第一段,波长约为 1—3 厘米;8—17 波道为第二段,波长约为 3—10 厘米;18—21 波道为第三波段,波长约为 10—18 厘米;22—33 波道为第四波段,波长约为 18—90 厘米。

设来自 A 总体的甲组样本观察值向量为

$$X_{ak} = (x_{ak}^{(1)}, x_{ak}^{(2)}, x_{ak}^{(3)}, x_{ak}^{(4)})', k = 1, 2, \dots, n_1,$$

其中 $x_{ak}^{(1)}$ 是第 k 个个体的 CV 值, $x_{ak}^{(2)}$, $x_{ak}^{(3)}$, $x_{ak}^{(4)}$ 分别是第 k 个个体的波谱图中第一、二、四波段面积占整个有效范围面积的百分比。均值向量为

$$\bar{X}_a = (\bar{x}_a^{(1)}, \bar{x}_a^{(2)}, \bar{x}_a^{(3)}, \bar{x}_a^{(4)})',$$

其中

$$\bar{x}_a^{(i)} = \frac{1}{n_1} \sum_{k=1}^{n_1} x_{ak}^{(i)}, i = 1, 2, 3, 4.$$

同样,对来自 B 总体的乙组样本观察值向量

$$X_{bk} = (x_{bk}^{(1)}, x_{bk}^{(2)}, x_{bk}^{(3)}, x_{bk}^{(4)})', k = 1, 2, \dots, n_2,$$

本文 1986 年 11 月 26 日收到。

有均值向量

$$\bar{X}_b = (\bar{x}_b^{(1)}, \bar{x}_b^{(2)}, \bar{x}_b^{(3)}, \bar{x}_b^{(4)})'$$

其中

$$\bar{x}_b^{(i)} = \frac{1}{n_2} \sum_{k=1}^{n_2} x_{bk}^{(i)}, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

新样本观察值向量

$$T = (t^{(1)}, t^{(2)}, t^{(3)}, t^{(4)})'$$

与 A 总体的欧氏(Euclid)距离为

$$d_a = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (t^{(i)} - \bar{x}_a^{(i)})^2},$$

T 与 B 总体的欧氏距离为

$$d_b = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (t^{(i)} - \bar{x}_b^{(i)})^2}.$$

如果 $d_a < d_b$, 那末认为 T 来自 A 总体; 如果 $d_a > d_b$, 那末认为 T 来自 B 总体.

设按目光检验法分类后的甲组样本观察值向量为

$$X_{gk} = (x_{gk}^{(1)}, x_{gk}^{(2)}, x_{gk}^{(3)}, x_{gk}^{(4)})', \quad g = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, \dots, m_g.$$

第 g 类的样本均值向量为

$$\bar{X}_g = (\bar{x}_g^{(1)}, \bar{x}_g^{(2)}, \bar{x}_g^{(3)}, \bar{x}_g^{(4)})'$$

其中

$$\bar{x}_g^{(i)} = \frac{1}{m_g} \sum_{k=1}^{m_g} x_{gk}^{(i)}, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

第 g 类的协差阵为

$$V_g = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & v_{24} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} & v_{34} \\ v_{41} & v_{42} & v_{43} & v_{44} \end{pmatrix},$$

其中

$$v_{ij} = \frac{1}{m_g - 1} \sum_{k=1}^{m_g} (x_{gk}^{(i)} - \bar{x}_g^{(i)})(x_{gk}^{(j)} - \bar{x}_g^{(j)}),$$

$$i = 1, 2, 3, 4; \quad j = 1, 2, 3, 4.$$

来自 A 总体的新样本观察值向量

甲 组 样 本

目光评级	样本号 K	$x_{gk}^{(1)}$	$x_{gk}^{(2)}$	$x_{gk}^{(3)}$	$x_{gk}^{(4)}$	距离评级	Fisher评级
g = 1 一 级 中	1	19.37	13.64	46.93	26.84	A 1	A 1
	2	19.61	13.22	46.84	26.97	A 1	A 1
	3	20.06	13.15	47.00	26.31	A 1	A 1
	4	20.13	12.92	47.63	26.47	A 1	A 1
	5	19.49	13.35	47.33	27.32	A 1	A 1
	6	20.36	12.87	47.30	27.13	A 1	A 1
	7	19.91	13.25	47.50	26.61	A 1	A 1
	8	19.96	12.96	47.25	27.41	A 1	A 1
	9	19.75	12.93	47.90	26.92	A 1	A 1
	10	19.62	13.24	47.16	25.85	A 1	A 1
	11	19.48	12.97	47.26	26.78	A 1	A 1
	12	19.46	13.52	47.50	27.31	A 1	A 1
	13	19.98	13.56	47.27	26.58	A 1	A 1
	14	20.65	13.55	48.09	24.95	A 2 *	A 2 *
g = 2 一 级 下	1	20.06	12.73	48.23	26.85	A 2	A 2
	2	22.23	13.53	47.49	27.42	A 2	A 3 *
	3	20.69	13.50	47.71	25.13	A 2	A 1 *
	4	20.36	13.28	48.08	26.23	A 2	A 2
	5	22.27	13.07	47.22	26.40	A 2	A 2
	6	20.71	13.76	48.14	24.77	A 2	A 2
	7	20.14	13.77	48.50	25.80	A 2	A 2
	8	22.16	13.00	47.19	27.25	A 2	* B 2
	9	20.49	12.74	48.16	26.02	A 2	A 2
	10	21.07	13.01	47.22	27.40	A 2	A 2
	11	21.49	13.27	47.91	25.34	A 2	A 2
	12	20.20	13.17	48.08	26.19	A 2	A 2
g = 3 二 级	1	22.92	11.68	50.36	24.29	A 3	A 3
	2	21.88	11.31	48.88	26.43	A 3	A 3
	3	21.45	13.22	48.75	26.23	A 3	A 3
	4	21.68	13.02	48.16	27.41	A 3	A 3
	5	21.77	12.83	48.39	25.74	A 3	A 3

乙 组 样 本

目光评级	样本号 K	$x_{gk}^{(1)}$	$x_{gk}^{(2)}$	$x_{gk}^{(3)}$	$x_{gk}^{(4)}$	距离评级	Fisher评级
g = 1 — 级 中	1	19.64	13.20	47.09	28.14	B 1	B 1
	2	20.31	13.32	46.61	27.83	B 1	B 1
	3	20.09	12.97	45.87	28.66	B 2 *	B 1
	4	20.14	12.72	46.85	27.57	B 1	B 1
	5	20.04	13.40	46.03	27.79	B 1	B 1
	6	20.51	13.27	46.81	27.38	B 1	B 1
	7	20.15	13.12	46.31	28.24	B 1	B 1
	8	19.93	13.40	46.83	27.53	B 1	B 1
	9	20.18	13.10	46.72	27.80	B 1	B 1
	10	19.31	13.29	46.90	28.22	B 1	B 1
	11	19.36	13.28	46.74	27.57	B 1	B 1
	12	20.18	13.10	46.79	27.77	B 1	B 1
	13	19.87	13.61	46.73	27.38	B 1	B 1
	14	19.46	12.84	46.45	28.24	B 1	B 1
g = 2 — 级 下	1	20.42	12.85	46.46	28.44	B 2	B 2
	2	20.55	13.02	46.22	28.77	B 2	B 2
	3	21.61	12.99	46.61	28.18	B 2	B 2
	4	21.37	12.89	47.18	28.02	B 2	B 2
	5	21.35	13.12	46.64	27.63	B 2	B 2
	6	21.04	13.35	45.63	28.63	B 2	B 2
	7	21.04	13.57	46.18	27.70	B 2	B 2
	8	21.14	13.13	46.73	27.77	B 2	B 2
	9	20.46	12.97	46.32	27.78	B 1 *	B 1 *
	10	19.64	13.27	45.60	29.06	B 2	B 1 *
	11	20.67	12.31	45.11	29.83	B 2	B 2
	12	20.95	12.60	46.02	29.36	B 2	B 2
	13	20.96	13.30	46.47	28.50	B 2	B 2
	14	21.57	12.95	46.37	28.61	B 2	B 2
	15	20.43	12.84	45.77	29.14	B 2	B 2
	16	21.23	12.84	46.10	27.76	B 2	B 2
	17	20.09	13.08	44.18	29.03	B 2	B 2
	18	21.58	13.02	46.76	27.47	B 2	B 2
	19	21.60	12.54	46.93	28.04	B 2	B 2
	20	21.22	13.02	45.40	28.98	B 2	B 2
	21	21.00	13.06	46.11	27.63	B 2	B 2
	22	20.70	13.23	47.05	27.81	B 2	B 2
	23	21.40	12.96	46.96	27.38	B 2	B 2
g = 3 二 级	1	23.27	12.63	46.38	28.13	B 3	B 3
	2	21.98	12.82	45.91	29.65	B 3	B 3
	3	21.88	12.93	46.96	29.09	B 3	B 3
	4	21.60	12.63	45.57	29.52	B 3	B 3
	5	21.47	12.95	45.65	30.28	B 3	B 3

$$T = (t^{(1)}, t^{(2)}, t^{(3)}, t^{(4)})'$$

与第 g 类的马氏(Mahalanobis)距离的平方为

$$d_g^2 = (T - \bar{X}_g)' V_g^{-1} (T - \bar{X}_g), \quad g = 1, 2, 3.$$

如果 $\min(d_1, d_2, d_3) = d_g$, 那末认为 T 属于第 g 类。

评定来自 B 总体的新样本不匀的马氏距离判别方法与上类似。

二、距离判别法与Fisher判别分析法的比较

以文[1]的嘉丰厂 20 支细纱样本为例, 距离判别法和Fisher判别分析法的评定结果如上图所示, 其中打“*”的评定结果与目光检验不一致。

从判别不匀原因的结果来比较, 距离判别的结果, 甲组样本都来自 A 总体, 乙组样本都来自 B 总体, 与目光检验完全一致。而 Fisher 判别的结果, 甲组样本的 $X_{2,8}$ 来自 B 总体。

从判别不匀级别的结果来比较, 距离判别与目光检验不一致的有 3 个, 而Fisher判别与目光检验不一致的有 5 个。

从判别方法来比较, 判别不匀原因的欧氏距离判别法比 Fisher 判别法的计算量小, 判别不匀级别的马氏距离判别法与 Fisher 判别法的计算量相仿。

本文所用原始数据及波谱图数据处理方法引自文[1], 对文[1]的作者以及写作过程中得到陈启鹏、荣光辉和张建华等同志的帮助, 表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 潘维栋、施国生, “细纱短片段不匀的谱分析”, 《纺织学报》, 1984 年第 2 期。
- [2] 方开泰、孙尚拱, “距离判别”, 《应用数学学报》, 1982 年 第 2 期。