UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1996/97

Oktober/November 1996

MSG365 - Kawalan Mutu

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LIMA soalan di dalam ENAM halaman yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **SEMUA** soalan. Soalan-soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia. Sifir New Cambridge Elementary Statistical Tables disediakan. Satu set lampiran dikepilkan. Alat penghitung "non-programmaable" boleh digunakan. Ia disediakan oleh pelajar sendiri.

1. (a) Senaraikan tujuh alat utama kawalan kualiti dan huraikan penggunaannya untuk setiap alat utama itu.

(60/100)

(b) Terangkan dengan jelas setiap yang berikut:

(i) Risiko pengguna, risiko pengeluar;

(ii) AQL, paras kualiti yang boleh diterima;

(iii) LQL, paras kualiti penghad;

(iv) AOQ, kualiti keluar secara purata;

(v) AOQL, had kualiti keluar secara purata.

(20/100)

...2/-

(c) Satu sampel di bawah diambil dari satu proses penghasilan mengikut turutan masa:

66.5	68.3	70.6	69.2	71.4	70.2	67.4	63.6
64.7	69.2	68.2	66.3	64.5	66.6	68.4	66.8
68.7	66.2	70.4	68.8	70.2	70.4		

Ujikan kerawakan data ini dengan menggunakan ujian larian ke atas dan ke bawah. $\alpha = 0.05$.

(20/100)

2. Data yang berikut dikutip di dalam tempoh masa lapan hari untuk tujuan memulakan penggunaan carta $\overline{X} - R$. Setiap ukuran dicatatkan oleh operator yang sama dan dari mesin yang sama. 3 subkumpulan diambil setiap hari dan saiz setiap subkumpulan ialah 5.

subkumpulan	$\overline{X}$	R	subkumpulan	$\overline{X}$	R
1	177.6	23	13	178.9	9
2	176.6	8	14	176.4	8
3	178.3	22	15	1783	7
4	176.7	12	16	178.2	4
5	177.0	7	17	180.7	6
6	179.5	8	18	179.6	6
7	178.5	15	19	177.8	10
8	179.6	6	20	178.5	9
9	178.7	7	21	181.6	7
10	178.3	12	22	177.5	10
11	178.2	10	23	178.4	10
12	178.8	11	24	178.6	8

(i) Tentukan carta $\overline{X} - R$ percubaan.

(ii) Periksa semula carta $\overline{X} - R$. Anggapkan data awal di luar had-had kawalan percubaan adalah kerana sebab terumpukkan dan dibuang.

(iii) Apakah kebarangkalian bahawa perubahan proses min ke 180.0 dapat dikesan pada sampel pertama selepas perubahan berlaku?

...3/-

(iv) Katakan had spesifikasi ialah 171 ± 11. Jika sebuah butir berada di bawah had spesifikasi bawah, ia perlu dibuang; jika di atas had spesifikasi atas, boleh dikerjakan lagi. Purata proses boleh diubah dengan senang dari "setting". Jika kita ingin kurangkan separuh daripada jumlah butir yang dibuang, apakah setting itu?

(v) Dapatkan carta $\overline{X} - R$ dengan saiz subkumpulan sedemikian supaya ia dapat mengesan perubahan min ke 180.0 dengan keyakinan 90% pada subsampel yang pertama selepas perubahan berlaku.

(100/100)

3. (a) Kilang A ingin mengunakan carta-p. Carta kadaran kecacatan ini digunakan untuk menjaga prosesnya yang menghasilkan part elektronik. Maklumat dari data awal 25 subkumpulan (setiap saiz 500) adalah seperti yang berikut:

subsampel	Bilangan yang cacat	subsampel	Bilangan yang cacat
1	11	14	13
2	10	15	6
3	8	16	7
4	2	17	21
5	7	18	12
6	9	19	10
7	13	20	8
8	17	21	7
9	10	22	9
10	12	23	8
11	11	24	3
12	11	25	22
13	10		

(i) Binakan carta-p untuk kegunaan kelak. Anggapkan data awal yang berada di atas had kawalan atas carta-percubaan, adalah kerana terumpukkan dan tidak diambil kira.

(ii) Jika proses telah berubah ke atas 20% dari nilai piawainya, apakah kebarangkalian carta-p di atas dapat mengesan perubahan pada subsampel yang pertama selepas perubahannya telah berlaku?

(50/100)

...4/-

(b) Sampel sebanyak 300 cerapan diambil dari satu populasi dan didapati fungsi taburan longgokan sampel $F(x)$ adalah seperti yang berikut:

$$\tilde{F}(x) = \begin{cases} 0 ; & x < 1 ; \\ 0.01 ; & 1 \le x < 2 ; \\ 0.03 ; & 2 \le x < 3 ; \\ 0.07 ; & 3 \le x < 4 ; \\ 0.17 ; & 4 \le x < 5 ; \\ 0.38 ; & 5 \le x < 6 ; \\ 0.62 ; & 6 \le x < 7 ; \\ 0.82 ; & 7 \le x < 8 \\ 0.98 ; & 8 \le x < 9 ; \\ 1.00 ; & 9 \le x \end{cases}$$

Gunakan ujian Kolmogoror-Simirnov untuk mengujian hipotesis bahawa populasi ialah normal dengan $\mu = 6$ dan $\sigma = 1.25$. $\alpha = 0.05$.

(30/100)

(c) Jika suatu proses penghasilan di luar kawalan, terangkan pola utama yang mungkin, dan berikan sebab-sebabnya.

(20/100)

4. (a) Carta kawalan telah digunakan di dalam suatu proses penghasilan dan diketahui proses itu sudah stabil dan berjalan dengan licin. Kini pihak pengurusan ingin mengunakan carta-D (carta Demerit per unit) untuk memonitor proses penghasilannya. Daripada 25 subsampel setiap satu saiznya 150, diperolehi:

Jenis kecacatan :	Genting	Major	Minor
Bilangan kecacatan:	10	45	280

(i) Dapatkan carta-D jika pemberat yang digunakan bagi 3 jenis kecacatan ialah 25 : 5 : 1.

...5/-

(ii) Pada suatu sampel saiz 150, didapat:

Jenis kecacatan :	Genting	Major	Minor
Bilangan kecacatan:	2	10	47

Dapatkan demerit per unit bagi sampel ini, dan adakah proses penghasilannya di dalam kawalan?

(30/100)

(b) Tentukan satu rancangan pensampelan tunggal yang memenuhi ketiga-tiga syarat berikut:

(i) risiko pengeluar 0.05 untuk menolak barangan yang peratus kecacatan ialah 0.5%.

(ii) risiko pengguna 0.10 untuk menerima barangan yang peratus kecacatan ialah 2.5%.

(iii) saiz sampelnya kecil.

(30/100)

(c) Terangkan cara yang digunakan di dalam pembinaan carta-carta kawalan Shewhart. Gunakan pembinaan carta-u untuk penghuraiannya. Bilangan kecacatan di dalam sebuah butir dianggap bertaburan Poisson.

(20/100)

(d) C_p ialah indeks keupayaan suatu proses penghasilan merujuk kepada suatu permintaan dengan spesifikasi atas U dan spesifikasi bawah L, terangkan kedudukannya bagi

(i) $C_p = 1$;

(ii) $C_p > 1$;

(iii) $C_p < 1$.

(20/100)

...6/-

5. (a) Lakarkan lengkung kualiti keluar secara purata untuk rancangan pensampelan penerimaan tunggal yang berikut:

$$N = 16000, \quad n = 300, \quad c = 4.$$

Dapatkan had kualiti keluar secara purata ini.

(40/100)

(b) Yang berikut ialah rancangan pensampelan penerimaan berjujukan butir demi butir:

$$\alpha = 0.05 \qquad P_0 = 0.06\,;$$
$$\beta = 0.10 \qquad P_1 = 0.15\,;$$

(i) Dapatkan graf kawasan penolakan, kawasan penerimaan, dan kawasan berterusan.

(ii) Jika jujukan sampel ialah

B B B B B B C B B B C C C B C

sudahkah keputusan dicapai untuk menolak atau menerima H_0?

(30/100)

(c) Katakan saiz lot $N = 26{,}000$, $AQL = 1.0\%$, gunakan MIL-STD-105E pada paras inspeksi II, tentukan rancangan pensampelan penerimaan berganda dua untuk inspeksi normal, inspeksi ketat dan inspeksi longgar. Terangkan nombor-nombor yang anda berikan itu.

(30/100)

- oooOooo -

Table 6-4 ***np'*** **Values for Corresponding *c* Values and Typical Producer's and Consumer's Risks**

c	$P_a = 0.95$ ($\alpha = 0.05$)	$P_a = 0.10$ ($\beta = 0.10$)	*Ratio of* $p'_{0.10}/p'_{0.95}$
0	0.051	2.303	44.890
1	0.355	3.890	10.946
2	0.818	5.322	6.509
3	1.366	6.681	4.890
4	1.970	7.994	4.057
5	2.613	9.275	3.549
6	3.286	10.532	3.206
7	3.981	11.771	2.957
8	4.695	12.995	2.768
9	5.426	14.206	2.618
10	6.169	15.407	2.497
11	6.924	16.598	2.397
12	7.690	17.782	2.312
13	8.464	18.958	2.240
14	9.246	20.128	2.177
15	10.035	21.292	2.122

Source: Extracted by permission from J. M. Cameron, "Tables for Constructing and for Computing the Operating Characteristics of Single-Sampling Plans," *Industrial Quality Control*, 9, No. 1 (July 1952), p. 39.

Table 6-5 Sample-Size Code Letters (Table I of MIL-STD 105D)

Lot or batch size			Special inspection levels				General inspection levels		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	to	8	A	A	A	A	A	A	B
9	to	15	A	A	A	A	A	B	C
16	to	25	A	A	B	B	B	C	D
26	to	50	A	B	B	C	C	D	E
51	to	90	B	B	C	C	C	E	F
91	to	150	B	B	C	D	D	F	G
151	to	280	B	C	D	E	E	G	H
281	to	500	B	C	D	E	F	H	J
501	to	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	to	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	to	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	to	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	to	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	to	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	and	over	D	E	H	K	N	Q	R

Note.

Small sample inspection levels of MIL-STD-105C	*Convert to these regular inspection levels*
L-1 and L-2	S-1
L-3 and L-4	S-2
L-5 and L-6	S-3
L-7 and L-8	S-4

Table 6-6 Single Sampling Plans for Normal Inspection (Table II-A of MIL-STD 105D)[a]

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																														
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000						
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re						
A	2	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	0 1	⇩	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31						
B	3														0 1	⇕		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45						
C	5													0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩						
D	8												0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩						
E	13											0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩						
F	20										0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩						
G	32									0 1	⇕	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
H	50								0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
J	80							0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
K	125						0 1	⇕	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
L	200					0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
M	315				0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
N	500			0 1	⇕	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
P	800		0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
Q	1250	0 1	⇕	⇕	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩						
R	2000	⇧	⇧	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧						

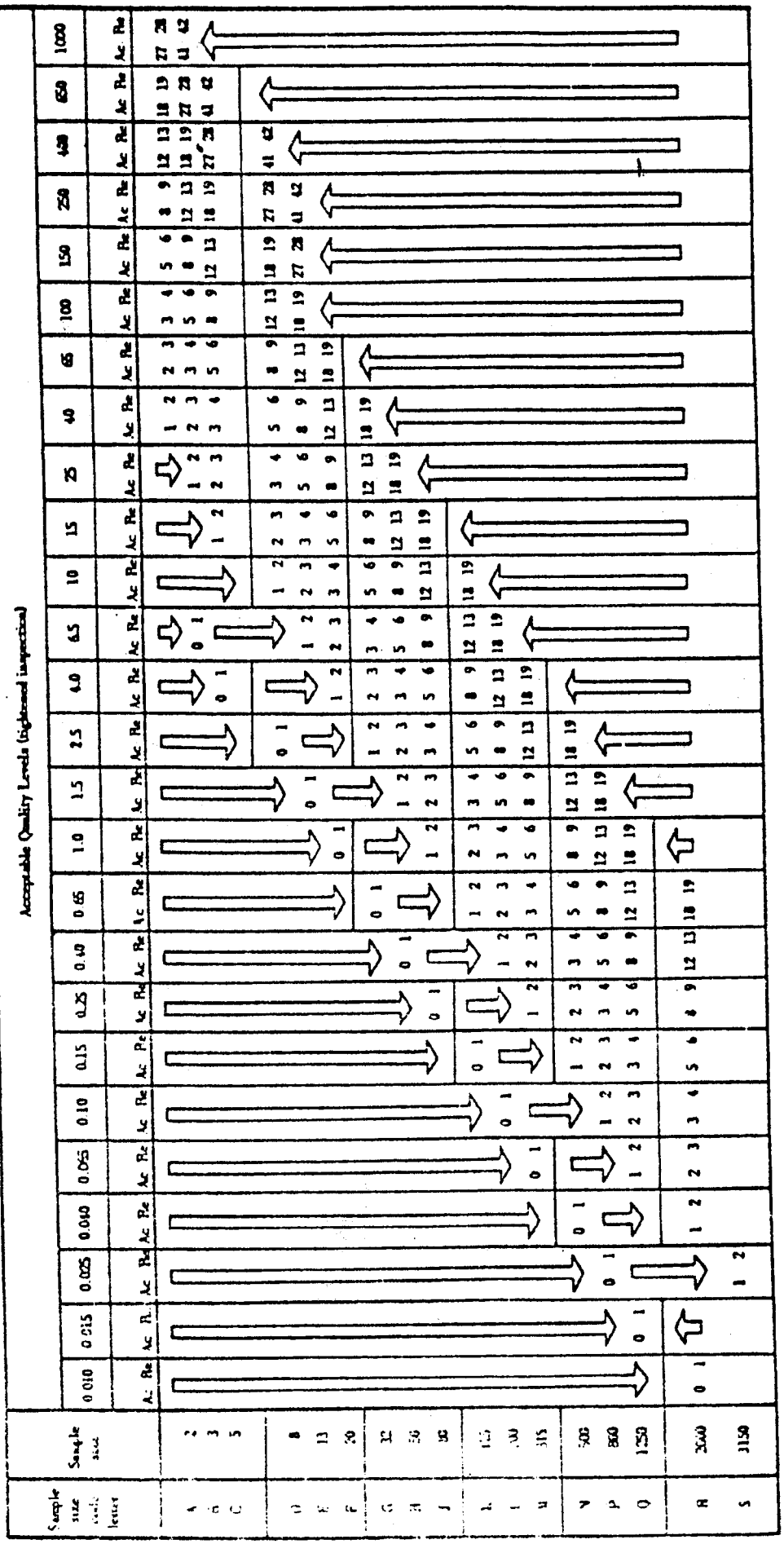
⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100 percent inspection.

⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

Table 6-7 Single Sampling Plans for Tightened Inspection (Table II-B of MIL-STD 105D)[a]



⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.
⇩⇧ = Use first sampling plan above arrow.
Ac = Acceptance number.
Re = Rejection number.

Table 6-8 Single Sampling Plans for Reduced Inspection (Table II-C of MIL-STD 105D)[a]

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (reduced inspection)†																																					
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10		15		25		40		65		100		150		250		400		650		1000	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0 1		⇩		⇩		1 2		2 3		3 4		5 6		7 8		10 11		14 15		21 22		30 31	
B	2																											0 1				0 2		1 3		2 4		3 5		5 6		7 8		10 11		14 15		21 22		30 31	
C	2																							0 1								1 3		1 4		2 5		3 6		5 8		7 10		10 13		14 17		21 24			
D	3																					0 1						0 2		1 3		1 4		2 5		3 6		5 8		7 10		10 13		14 17		21 24			
E	5																											1 3		1 4		2 5		3 6		5 8		7 10		10 13									
F	8																											1 4		2 5		3 6		5 8		7 10		10 13									
G	13																	0 1				0 2		1 3		1 4		2 5		3 6		5 8		7 10		10 13									
H	20																																																
J	32																																																
K	50																																																
L	80																																																
M	125																																																
N	200																																																
P	315																																																
Q	500																																																
↑	800																																																

⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.

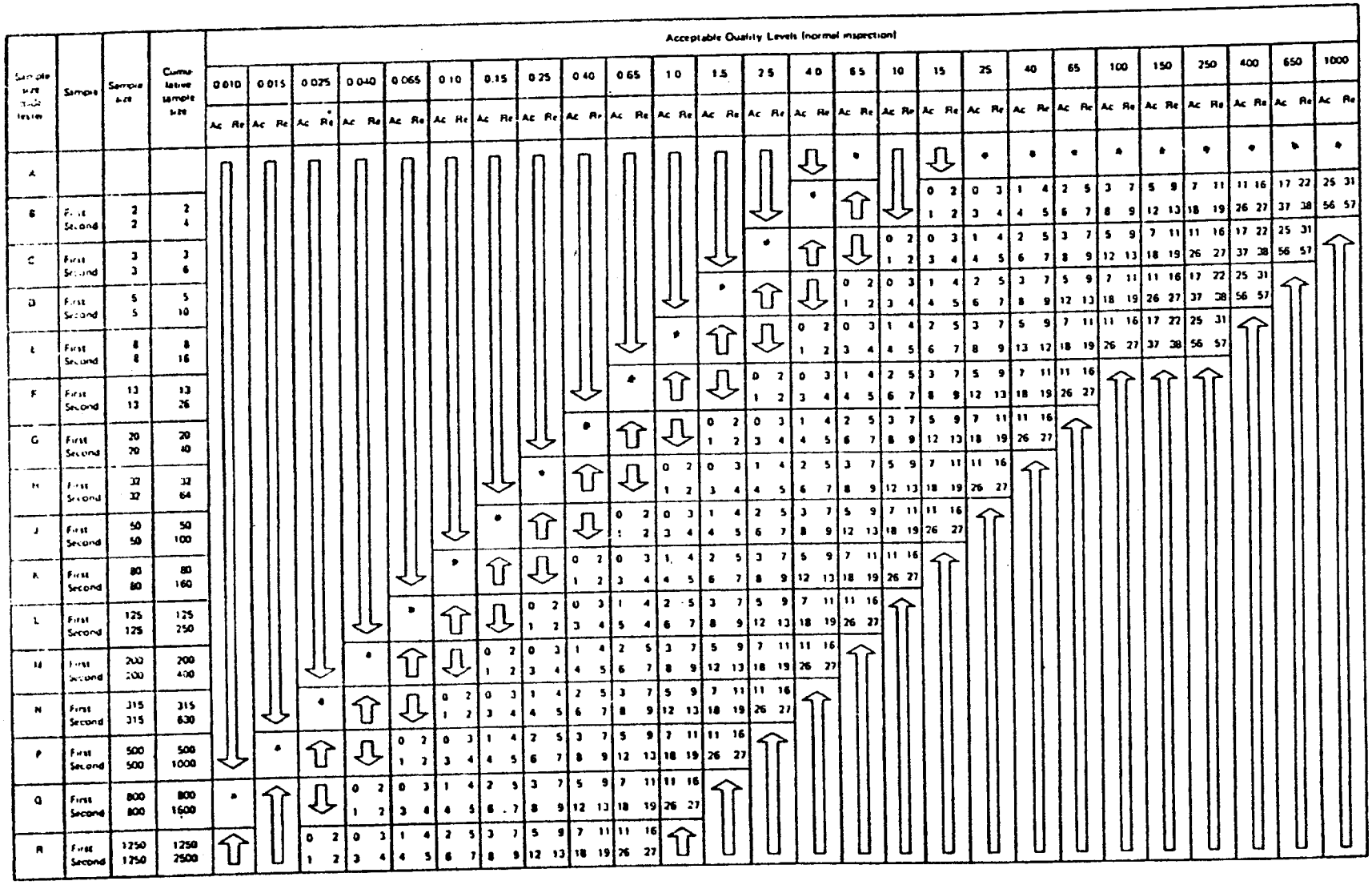
⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

† = If the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot, but reinstate normal inspection (see 10.1.4).

Table 6-9 Double Sampling Plans for Normal Inspection (Table III-A of MIL-STD 105D)[a]



Sample size code letter	Sample	Sample size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																																					
				0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10		15		25		40		65		100	
				Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A																																										
B	First	2	2																																							
	Second	2	4																																							
C	First	3	3																																							
	Second	3	6																																							
D	First	5	5																																							
	Second	5	10																																							
E	First	8	8																																							
	Second	8	16																																							
F	First	13	13																																							
	Second	13	26																																							
G	First	20	20																																							
	Second	20	40																																							
H	First	32	32																																							
	Second	32	64																																							
J	First	50	50																																							
	Second	50	100																																							
K	First	80	80																																							
	Second	80	160																																							
L	First	125	125																																							
	Second	125	250																																							
M	First	200	200																																							
	Second	200	400																																							
N	First	315	315																																							
	Second	315	630																																							
P	First	500	500																																							
	Second	500	1000																																							
Q	First	800	800																																							
	Second	800	1600																																							
R	First	1250	1250																																							
	Second	1250	2500																																							

Sample size code letter	Sample	Sample size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																																							
				150		250		400		650		1000																															
				Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re																														
A																																										
B	First	2	2																																							
	Second	2	4																																							
C	First	3	3																																							
	Second	3	6																																							
D	First	5	5																																							
	Second	5	10																																							
E	First	8	8																																							
	Second	8	16																																							
F	First	13	13																																							
	Second	13	26																																							
G	First	20	20																																							
	Second	20	40																																							
H	First	32	32																																							
	Second	32	64																																							
J	First	50	50																																							
	Second	50	100																																							
K	First	80	80																																							
	Second	80	160																																							
L	First	125	125																																							
	Second	125	250																																							
M	First	200	200																																							
	Second	200	400																																							
N	First	315	315																																							
	Second	315	630																																							
P	First	500	500																																							
	Second	500	1000																																							
Q	First	800	800																																							
	Second	800	1600																																							
R	First	1250	1250																																							
	Second	1250	2500																																							

⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.

⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

* = Use corresponding single sample plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available).

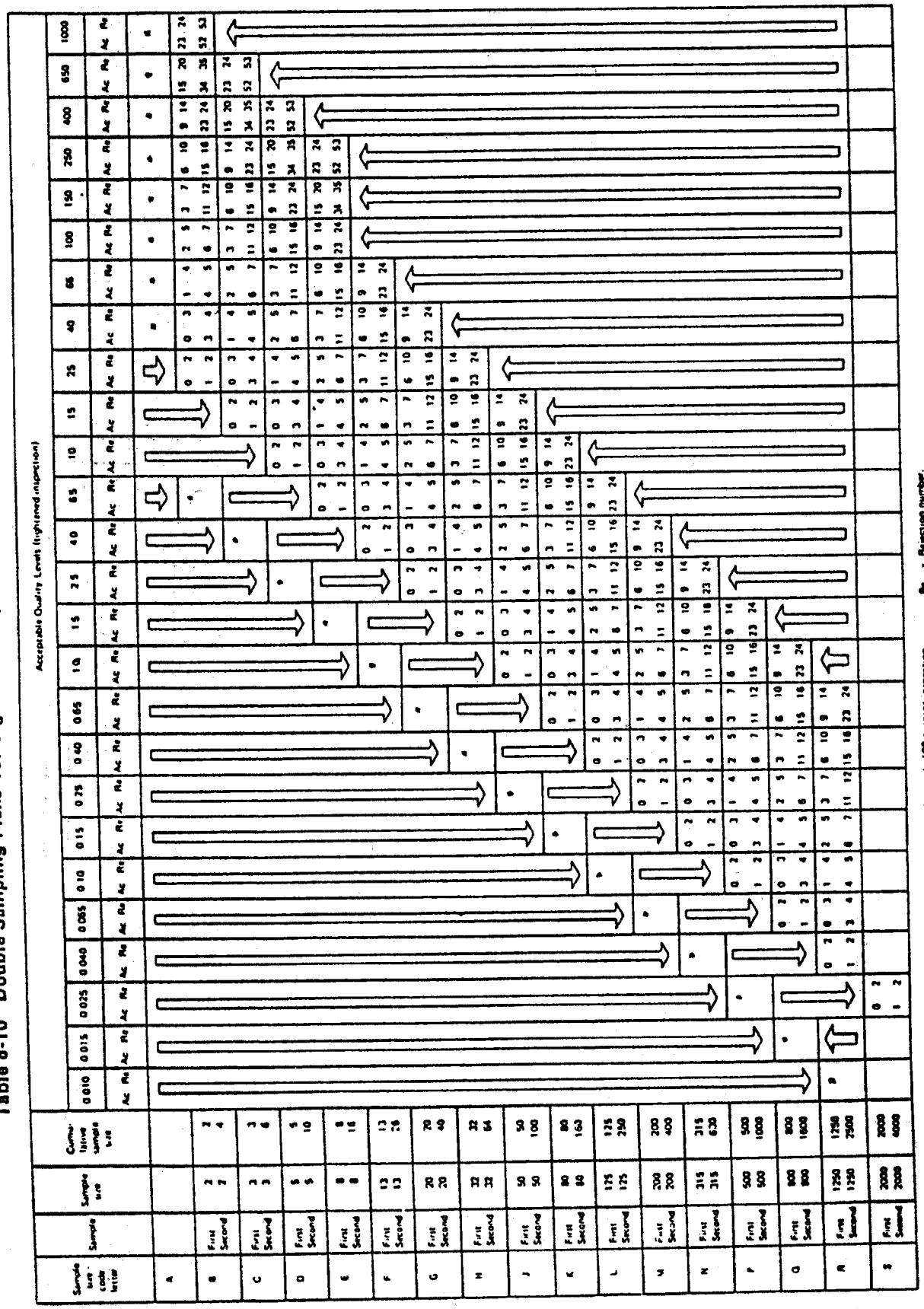


Table 6-10 Double Sampling Plans for Tightened Inspection (Table III-B of MIL-STD 105D)[a]
Acceptable Quality Levels (tightened inspection)
Sample size code letter
Sample
Sample size
Cumulative sample size
Ac
Re
0.010
0.015
0.025
0.040
0.065
0.10
0.15
0.25
0.40
0.65
1.0
1.5
2.5
4.0
6.5
10
15
25
40
65
100
150
250
400
650
1000
A
B
C
D
E
F
G
H
J
K
L
M
N
P
Q
R
S
First
Second
2 2
2 4
3 3
3 6
5 5
5 10
8 8
8 16
13 13
13 26
20 20
20 40
32 32
32 64
50 50
50 100
80 80
80 160
125 125
125 250
200 200
200 400
315 315
315 630
500 500
500 1000
800 800
800 1600
1250 1250
1250 2500
2000 2000
2000 4000
Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.
Use first sampling plan above arrow.
Ac - Acceptance number.
Re - Rejection number.
* Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available).

Table 6-11 Double Sampling Plans for Reduced Inspection (Table III-C of MIL-STD 105D)[a]

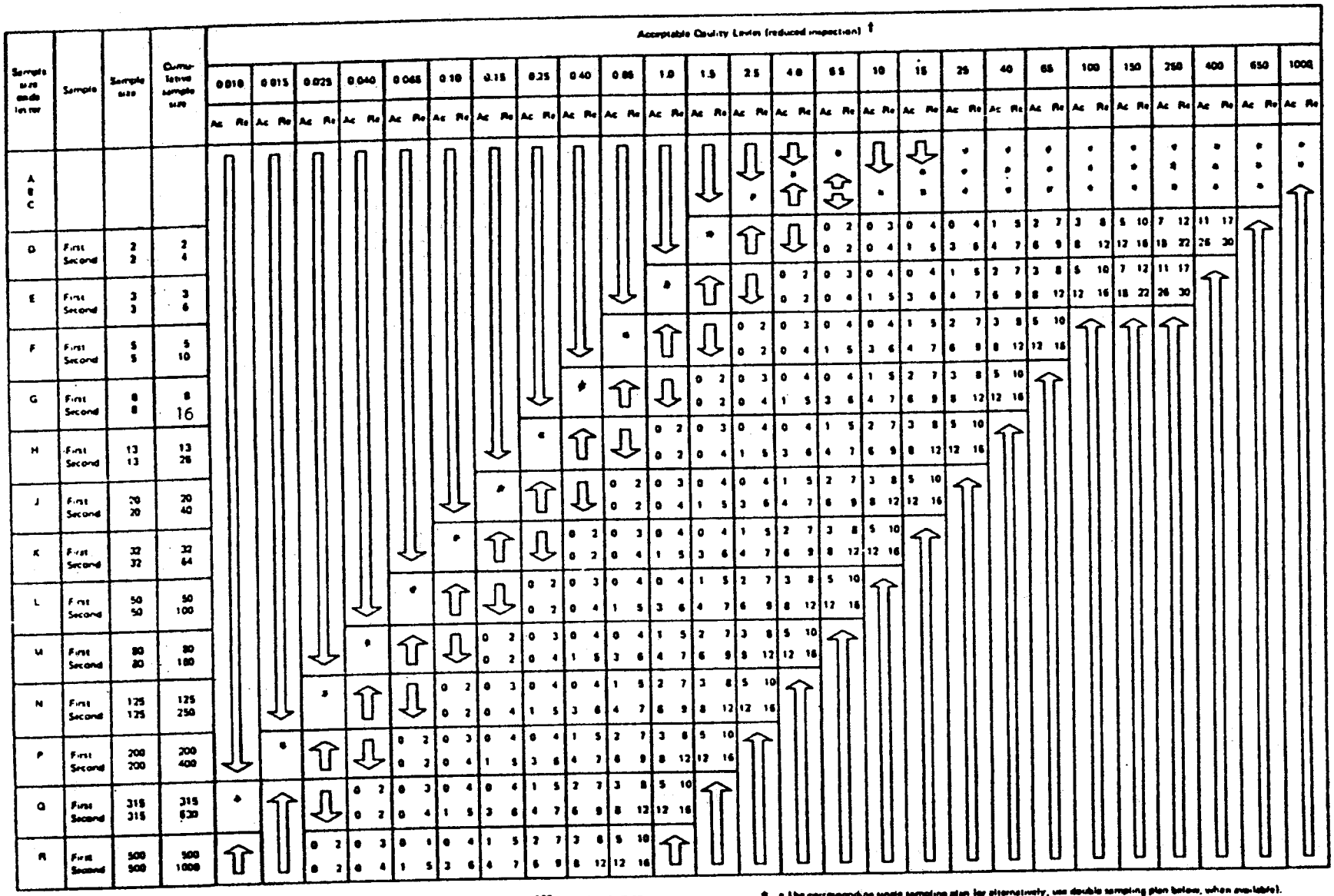


TABLE B Factors for Computing Central Lines and 3σ Control Limits for $\bar{X}$, s, and R, Charts

Observations in Sample, n	Chart for Averages: Factors for Control Limits A	A_2	A_3	Chart for Standard Deviations: Factors for Central Line c_4	$1/c_4$	Factors for Control Limits B_3	B_4	B_5	B_6	Chart for Ranges: Factors for Central Line d_2	$1/d_2$	Factors for Control Limits d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.135	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

TABLE 3-6 Factors for Computing 3σ Control Limits for Median and Range Charts from the Median Range

Subgroup Size	A_5	D_5	D_6	d_3
2	2.224	0	3.865	0.954
3	1.265	0	2.745	1.588
4	0.829	0	2.375	1.978
5	0.712	0	2.179	2.257
6	0.562	0	2.055	2.472
7	0.520	0.078	1.967	2.645
8	0.441	0.139	1.901	2.791
9	0.419	0.187	1.850	2.916
10	0.369	0.227	1.809	3.024

Source: Extracted by permission from P. C. Clifford, "Control Charts Without Calculations," *Industrial Quality Control*, 15, No. 6 (May 1959), 44.

Kolmogorov-Smirnov Test

Table 7. Solutions c of Equation (1) in Sec. 15.3
n = Size of sample

n	$\alpha = 20\%$	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 2\%$	$\alpha = 1\%$
	0.	0.	0.	0.	0.
1	900	950	975	990	995
2	684	776	842	900	929
3	565	636	708	785	829
4	493	565	624	689	734
5	447	509	563	627	669
6	410	468	519	577	617
7	381	436	483	538	576
8	359	410	454	507	542
9	339	387	430	480	513
10	323	369	409	457	486
11	308	352	391	437	468
12	296	338	375	419	449
13	285	325	361	404	432
14	275	314	349	390	418
15	266	304	338	377	404
16	258	295	327	366	392
17	250	286	318	355	381
18	244	279	309	346	371
19	237	271	301	337	361
20	232	265	294	329	352
21	226	259	287	321	344
22	221	253	281	314	337
23	216	247	275	307	330
24	212	242	269	301	323
25	208	238	264	295	317
26	204	233	259	290	311
27	200	229	254	284	305
28	197	225	250	279	300
29	193	221	246	275	295
30	190	218	242	270	290
35	177	202	224	251	269
40	165	189	210	235	252
45	156	179	198	222	238
50	148	170	188	211	226
55	142	162	180	201	216
60	136	155	172	193	207
65	131	149	166	185	199
70	126	144	160	179	192
75	122	139	154	173	185
80	118	135	150	167	179
85	114	131	145	162	174
90	111	127	141	158	169
95	108	124	137	154	165
100	106	121	134	150	161
Approximation for large n	$1.07/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.52/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$