

## บทที่ 5

### แผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมกับแผนภูมิชนิดอื่นๆ

แผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมเป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพในการหาสภาวะที่กระบวนการเลื่อนไปจากค่าเป้าหมายไม่เกิน  $2\sigma$  ซึ่งในบทที่ 4 ได้แสดงวิธีการสร้างแผนภูมิชนิดนี้โดยละเอียด ในบทนี้จะเปรียบเทียบแผนภูมิชนิดนี้กับแผนภูมิชีวฮาร์ด และทดลองใช้แผนภูมินี้กับข้อมูลที่มีการกระจายแบบอื่นๆ ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะข้อมูลที่มีการกระจายแบบ Poisson เท่านั้น

### การเปรียบเทียบแผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมกับแผนภูมิชีวฮาร์ด

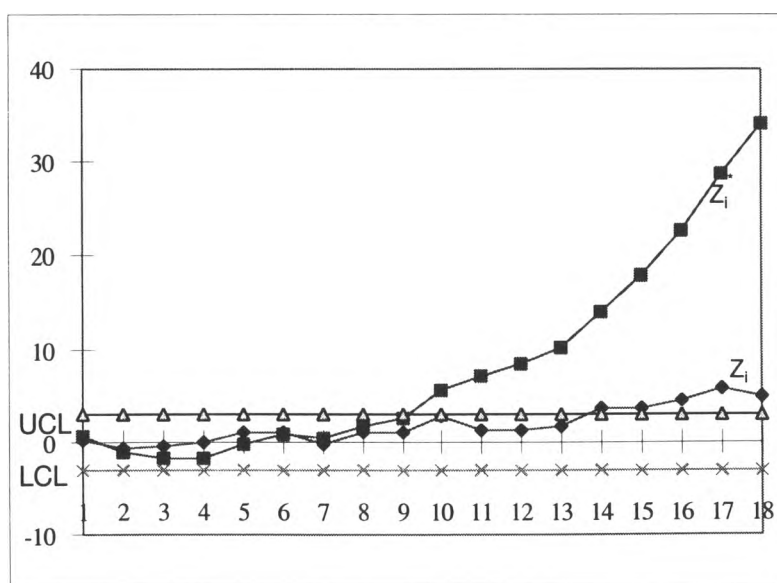
ในการเปรียบเทียบแผนภูมิทั้งสองประเภทนี้จะทำโดยการนำข้อมูลชุดเดียวกันมาสร้างแผนภูมิทั้งสองเพื่อเปรียบเทียบดูว่าแผนภูมิใดมีความไวในการบอกสภาวะที่กระบวนการเลื่อนไปจากค่าเป้าหมายมากกว่ากัน ข้อมูลที่นำมาสร้างแผนภูมินี้ได้จากการสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการกระจายแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม statgraphic สร้างข้อมูลที่มีค่า mean และ standard deviation ตามที่กำหนดให้ ข้อมูลชุดแรก ( $t = 1-4$ ) ได้จากการสร้างข้อมูลสุ่มของโปรแกรมที่กำหนดค่า mean และ standard deviation ของประชากรเป็น 5.72 และ 0.5068 ตามลำดับ ข้อมูลชุดต่อมาทุกๆ 2 ข้อมูล จะมีค่า mean เลื่อนไปจากกระบวนการในทางเพิ่มขึ้นครึ่งละ ( $\delta = 0.1$ ) แต่ค่า standard deviation เท่าเดิม นั่นคือการแสดงให้เห็นว่าข้อมูลชุดต่อมาเป็นสภาวะที่กระบวนการค่อยๆ เลื่อนไปจากค่าเป้าหมาย ทำการทดสอบข้อมูลดังกล่าวทั้งหมด 10 ชุด ได้ค่าดังต่อไปนี้ ข้อมูลในการสร้างแผนภูมิต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 และแผนภูมิที่สร้างขึ้นแสดงในภาพที่ 1 และ 2

ในการสร้างตัวเลขสุ่มเพื่อทดสอบในครั้งนี้ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 3 และ 47 ตามแต่กรณีว่าข้อมูลก่อนหน้าอยู่ในช่วงใด การที่เลือกค่าขนาดตัวอย่างเป็น 3 และ 47 เนื่องจากกำหนดให้ค่า  $\beta = 0.1$  และ  $w = 2$   $\delta = 2$  จะได้ค่าขนาดตัวอย่าง  $n_1$  และ  $n_2$  จากตารางในภาคผนวกที่

ก-4

ตารางที่ 5-1 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 1

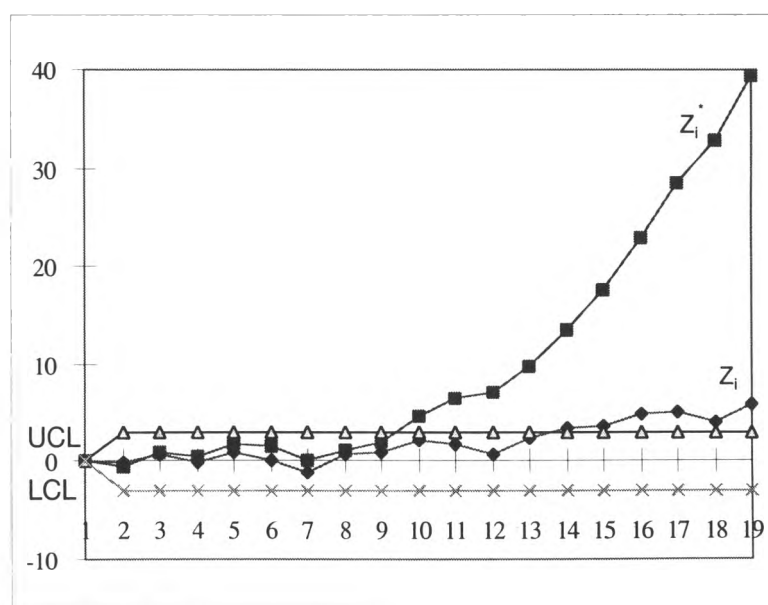
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.731	0.155	0.572	3	-3
2	3	5.496	-0.77	-1.11	3	-3
3	3	5.566	-0.53	-1.75	3	-3
4	3	5.692	-0.09	-1.72	3	-3
5	3	6.011	0.996	-0.31	3	-3
6	3	6.001	0.961	0.892	3	-3
7	3	5.63	-0.31	0.491	3	-3
8	3	6.014	1.006	1.613	3	-3
9	3	6.005	0.972	2.63	3	-3
10	47	5.923	2.747	5.631	3	-3
11	47	5.814	1.267	7.004	3	-3
12	47	5.809	1.203	8.303	3	-3
13	47	5.847	1.723	10.16	3	-3
14	47	5.988	3.83	14.09	3	-3
15	47	5.985	3.587	17.95	3	-3
16	47	6.046	4.406	22.69	3	-3
17	47	6.143	5.723	28.83	3	-3
18	47	6.085	4.936	34.09	3	-3



รูปที่ 5-1 แสดงแผนภูมิการควบคุมชีวฮาร์ตจากข้อมูลในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-2 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 2

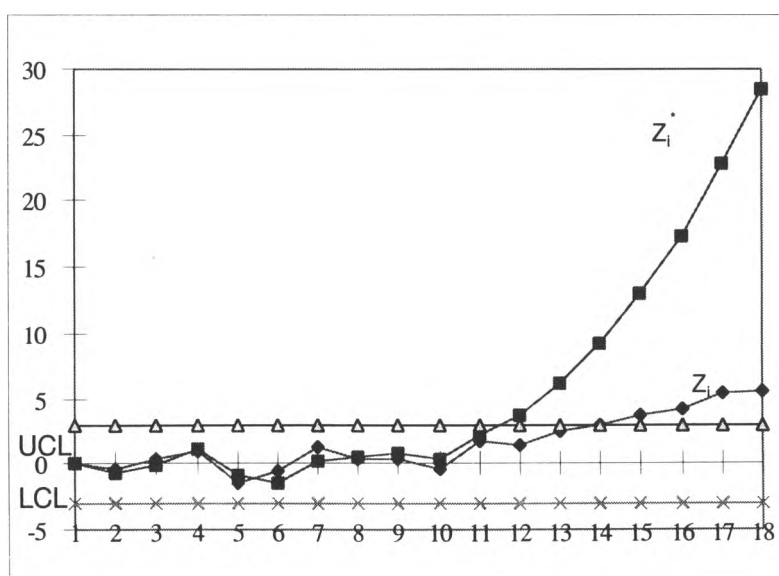
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.71	-0.13	-0.48	3	-3
2	3	5.897	0.605	0.866	3	-3
3	3	5.665	-0.19	0.442	3	-3
4	3	5.991	0.927	1.696	3	-3
5	3	5.715	-0.02	1.557	3	-3
6	3	5.412	-1.05	0.175	3	-3
7	3	5.945	0.77	1.075	3	-3
8	3	5.976	0.876	2.027	3	-3
9	47	5.885	2.235	4.55	3	-3
10	47	5.841	1.633	6.385	3	-3
11	47	5.764	0.601	7.047	3	-3
12	47	5.901	2.445	9.78	3	-3
13	47	5.967	3.34	13.51	3	-3
14	47	5.984	3.577	17.48	3	-3
15	47	6.078	4.837	22.84	3	-3
16	47	6.093	5.044	28.42	3	-3
17	47	6.014	3.979	32.78	3	-3
18	47	6.159	5.939	39.3	3	-3



รูปที่ 5-2 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-3 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 3

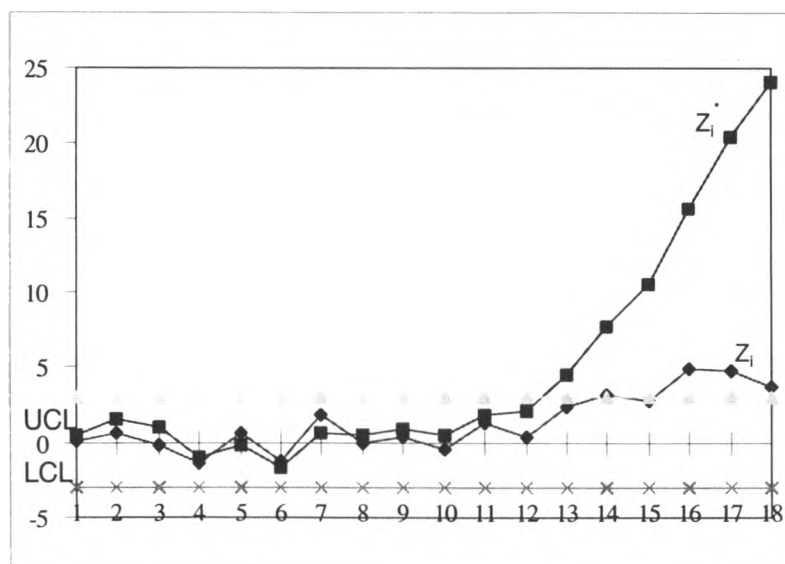
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.72	-0.005	-0.02	3	-3
2	3	5.604	-0.397	-0.73	3	-3
3	3	5.808	0.3007	-0.16	3	-3
4	3	5.991	0.9268	1.153	3	-3
5	3	5.293	-1.458	-0.82	3	-3
6	3	5.559	-0.552	-1.46	3	-3
7	3	6.105	1.3172	0.156	3	-3
8	3	5.812	0.3129	0.505	3	-3
9	3	5.823	0.3527	0.876	3	-3
10	3	5.603	-0.399	0.425	3	-3
11	3	6.224	1.7223	2.202	3	-3
12	47	5.823	1.3982	3.65	3	-3
13	47	5.899	2.428	6.152	3	-3
14	47	5.942	3.001	9.243	3	-3
15	47	5.993	3.6881	13.03	3	-3
16	47	6.024	4.1152	17.25	3	-3
17	47	6.118	5.3801	22.76	3	-3
18	47	6.131	5.5652	28.44	3	-3



รูปที่ 5-3 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-4 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 4

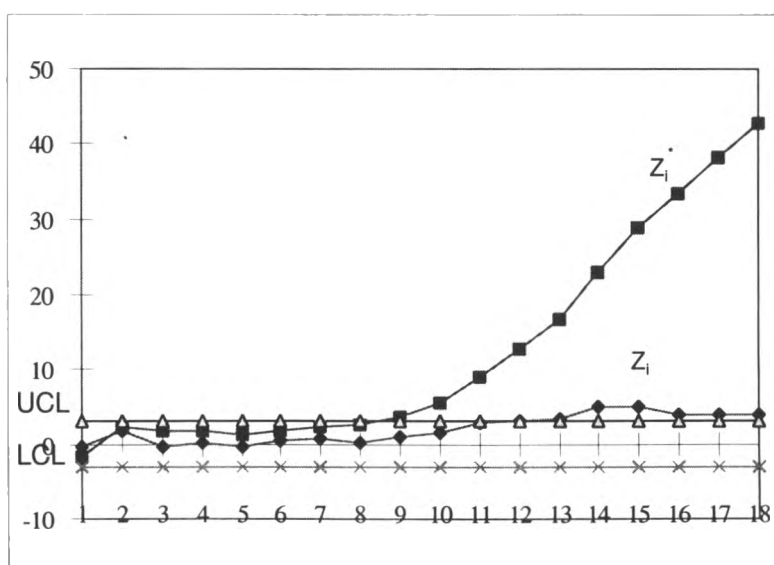
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.731	0.145	0.534	3	-3
2	3	5.921	0.689	1.517	3	-3
3	3	5.67	-0.17	1.023	3	-3
4	3	5.318	-1.37	-0.99	3	-3
5	3	5.893	0.592	-0.15	3	-3
6	3	5.352	-1.26	-1.7	3	-3
7	3	6.267	1.869	0.58	3	-3
8	3	5.719	-0	0.553	3	-3
9	3	5.823	0.353	0.922	3	-3
10	3	5.603	-0.4	0.47	3	-3
11	3	6.1	1.299	1.806	3	-3
12	3	5.813	0.318	2.086	3	-3
13	47	5.899	2.428	4.54	3	-3
14	47	5.956	3.2	7.766	3	-3
15	47	5.929	2.821	10.6	3	-3
16	47	6.086	4.956	15.58	3	-3
17	47	6.074	4.793	20.38	3	-3
18	47	5.996	3.738	24.11	3	-3



รูปที่ 5-4 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-5 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 5

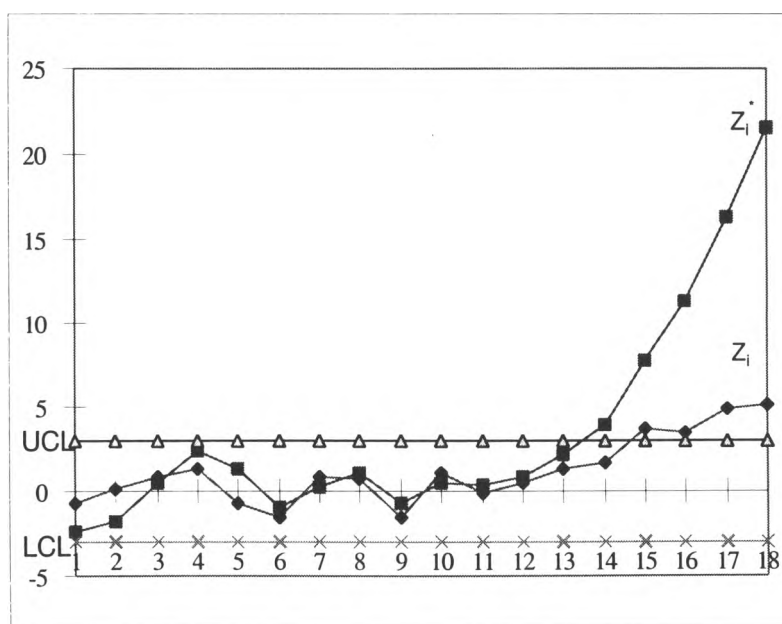
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.686	-0.46	-1.69	3	-3
2	3	6.216	1.695	2.251	3	-3
3	47	5.703	-0.22	1.817	3	-3
4	3	5.77	0.172	1.813	3	-3
5	3	5.624	-0.33	1.192	3	-3
6	3	5.85	0.444	1.688	3	-3
7	3	5.903	0.624	2.366	3	-3
8	47	5.727	0.089	2.467	3	-3
9	47	5.797	1.045	3.74	3	-3
10	47	5.835	1.561	5.625	3	-3
11	47	5.935	2.907	9.136	3	-3
12	47	5.943	3.01	12.75	3	-3
13	47	5.972	3.408	16.83	3	-3
14	47	6.099	5.125	22.95	3	-3
15	47	6.081	4.878	28.73	3	-3
16	47	6.02	4.058	33.51	3	-3
17	47	6.016	4.002	38.19	3	-3
18	47	6.018	4.035	42.88	3	-3



รูปที่ 5-5 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-6 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 6

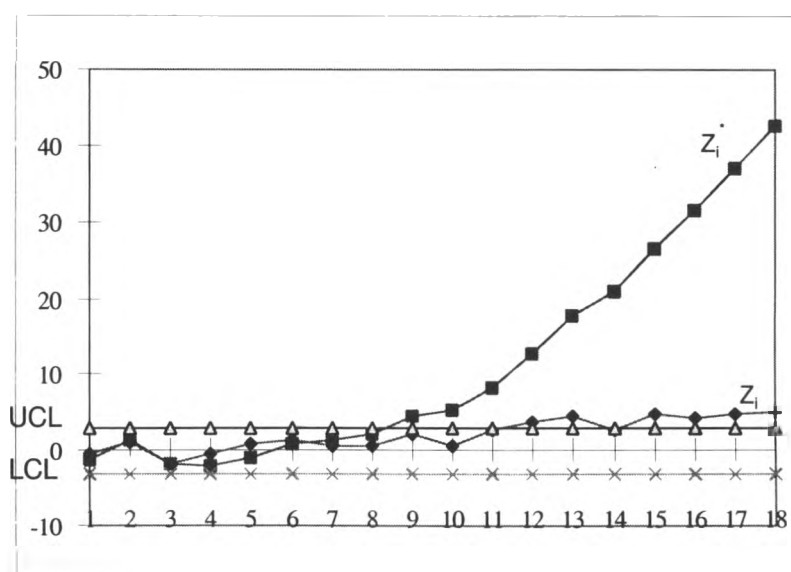
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.672	-0.66	-2.41	3	-3
2	47	5.725	0.071	-1.81	3	-3
3	3	5.975	0.873	0.517	3	-3
4	3	6.093	1.273	2.39	3	-3
5	47	5.667	-0.72	1.282	3	-3
6	3	5.271	-1.54	-0.96	3	-3
7	3	5.972	0.861	0.218	3	-3
8	3	5.921	0.686	1.046	3	-3
9	3	5.284	-1.49	-0.75	3	-3
10	3	6.033	1.069	0.488	3	-3
11	3	5.699	-0.07	0.393	3	-3
12	3	5.846	0.432	0.84	3	-3
13	3	6.111	1.337	2.202	3	-3
14	47	5.847	1.723	3.98	3	-3
15	47	5.991	3.67	7.759	3	-3
16	47	5.977	3.483	11.33	3	-3
17	47	6.08	4.868	16.32	3	-3
18	47	6.096	5.083	21.52	3	-3



รูปที่ 5-6 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-7 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 7

t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.893	-0.37	-1.36	3	-3
2	3	6.055	1.145	1.41	3	-3
3	3	5.161	-1.91	-1.75	3	-3
4	3	5.6	-0.41	-2.16	3	-3
5	47	5.774	0.728	-1.14	3	-3
6	3	6.13	1.402	0.757	3	-3
7	3	5.902	0.621	1.48	3	-3
8	3	5.876	0.532	2.04	3	-3
9	47	5.873	2.071	4.46	3	-3
10	47	5.768	0.644	5.202	3	-3
11	47	5.92	2.705	8.343	3	-3
12	47	5.996	3.73	12.66	3	-3
13	47	6.048	4.444	17.79	3	-3
14	47	5.924	2.76	20.94	3	-3
15	47	6.076	4.819	26.45	3	-3
16	47	6.045	4.401	31.45	3	-3
17	47	6.08	4.868	36.97	3	-3
18	47	6.096	5.083	42.71	3	-3

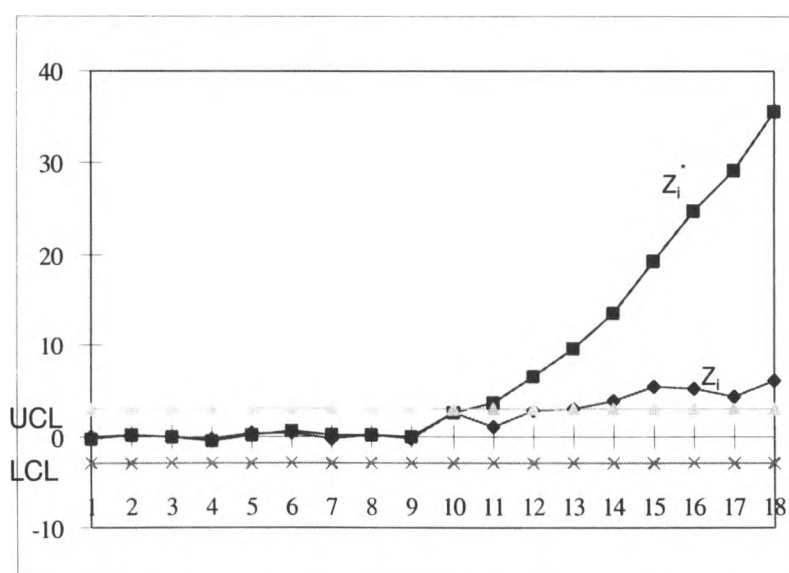


รูปที่ 5-7 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-7



ตารางที่ 5-8 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 8

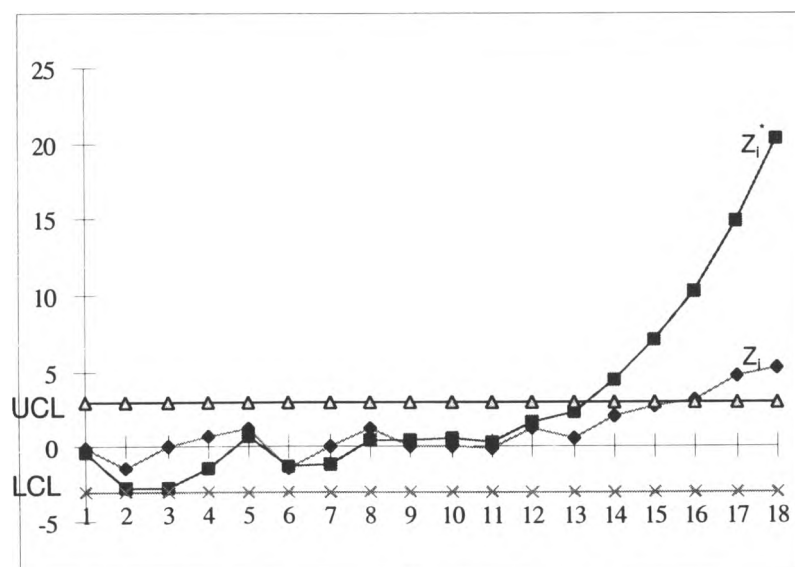
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.712	-0.1	-0.38	3	-3
2	3	5.775	0.187	0.154	3	-3
3	3	5.689	-0.11	-0.03	3	-3
4	3	5.633	-0.3	-0.45	3	-3
5	3	5.846	0.431	0.146	3	-3
6	3	5.803	0.283	0.487	3	-3
7	3	5.631	-0.31	0.105	3	-3
8	3	5.737	0.059	0.168	3	-3
9	3	5.641	-0.27	-0.13	3	-3
10	3	6.481	2.599	2.641	3	-3
11	47	5.792	0.972	3.67	3	-3
12	47	5.925	2.777	6.612	3	-3
13	47	5.934	2.899	9.673	3	-3
14	47	6.00	3.79	13.67	3	-3
15	47	6.117	5.367	19.31	3	-3
16	47	6.1	5.142	24.7	3	-3
17	47	6.043	4.374	29.26	3	-3
18	47	6.162	5.976	35.5	3	-3



รูปที่ 5-8 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-9 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 9

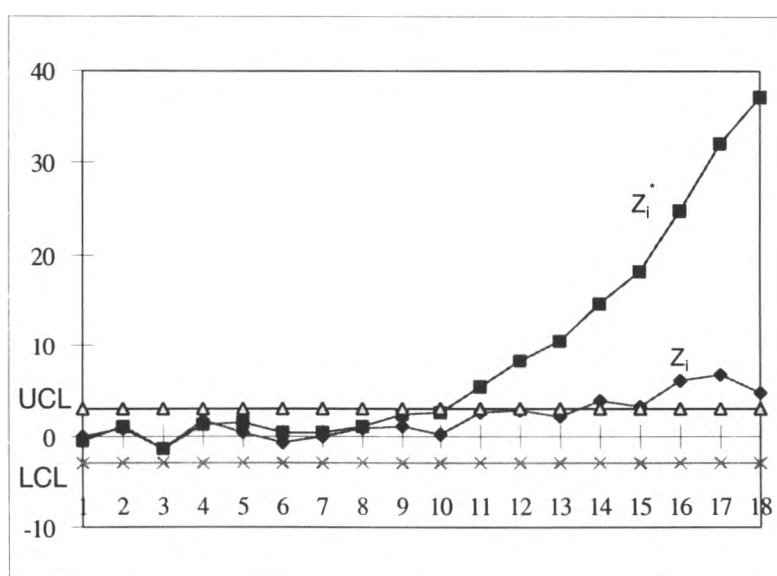
t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i'$	UCL	LCL
1	47	5.712	-0.1	-0.38	3	-3
2	3	5.303	-1.43	-2.78	3	-3
3	47	5.72	0.004	-2.73	3	-3
4	47	5.775	0.75	-1.37	3	-3
5	3	6.095	1.282	0.772	3	-3
6	3	5.291	-1.46	-1.32	3	-3
7	3	5.737	0.059	-1.16	3	-3
8	3	6.079	1.226	0.402	3	-3
9	3	5.734	0.048	0.442	3	-3
10	3	5.745	0.085	0.521	3	-3
11	3	5.68	-0.14	0.357	3	-3
12	3	6.089	1.26	1.685	3	-3
13	3	5.903	0.627	2.291	3	-3
14	47	5.87	2.019	4.37	3	-3
15	47	5.916	2.65	7.099	3	-3
16	47	5.945	3.04	10.22	3	-3
17	47	6.063	4.639	14.97	3	-3
18	47	6.108	5.252	20.34	3	-3



รูปที่ 5-9 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-10 แสดงข้อมูลที่จะนำมาสร้างแผนภูมิชุดที่ 10

t	n	$\bar{x}$	$Z_i$	$Z_i^*$	UCL	LCL
1	47	5.71	-0.15	-0.55	3	-3
2	3	5.93	0.73	1.06	3	-3
3	3	5.3	-1.43	-1.31	3	-3
4	3	6.22	1.69	1.18	3	-3
5	3	5.82	0.33	1.53	3	-3
6	3	5.49	-0.8	0.46	3	-3
7	3	5.68	-0.12	0.29	3	-3
8	3	5.93	0.73	1.11	3	-3
9	3	6.05	1.11	2.3	3	-3
10	47	5.73	0.15	2.45	3	-3
11	47	5.91	2.63	5.3	3	-3
12	47	5.93	2.78	8.34	3	-3
13	47	5.87	2.02	10.5	3	-3
14	47	6.00	3.8	15	3	-3
15	47	5.96	3.27	18.2	3	-3
16	47	6.17	6.1	24.8	3	-3
17	47	6.22	6.7	32	3	-3
18	47	6.08	4.83	37.2	3	-3



รูปที่ 5-10 แสดงแผนภูมิการควบคุมจากข้อมูลในตารางที่ 5-10

จากตารางที่ 5-1 ถึง 5-10 พบว่าแผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมสามารถบอกสภาวะออกนอกการควบคุมได้ก่อนแผนภูมิการควบคุมขีดจำกัดต่างๆที่การพิจารณาเลือกขนาดตัวอย่างต่อไปพิจารณาจากค่าที่มีค่าสถิติเท่ากับค่า  $w$  ซึ่งโดยมากจะเป็นค่าสถิติจากการพิจารณาแผนภูมิผลรวมความเบี่ยงเบนสะสม ซึ่งพบว่าถ้าพิจารณาเลือกใช้ค่าขนาดตัวอย่างจากค่าสถิติของแผนภูมิขีดจำกัดพบว่า ยังไม่สามารถบอกสภาวะบอกสภาวะออกนอกการควบคุมได้ในข้อมูลที่นำมาเสนอนี้ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมมีความไวกว่าแผนภูมิการควบคุมขีดจำกัด

การกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution)

การกระจายแบบต่อเนื่องที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการควบคุมคุณภาพทางสถิติอีกประเภทหนึ่งคือ การกระจายแบบปัวซอง

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, \dots \quad (1)$$

ขณะที่พารามิเตอร์  $\lambda > 0$  ค่า mean และ variance ของ poisson distribution คือ

$$\mu = \lambda \quad (2)$$

และ

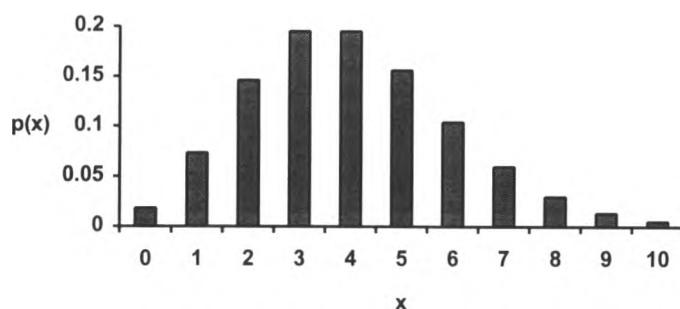
$$\sigma^2 = \lambda \quad (3)$$

นั่นคือค่า mean และ variance ของ Poisson distribution มีค่าเท่ากันคือเท่ากับ  $\lambda$

การประยุกต์ใช้งาน Poisson distribution ในการควบคุมคุณภาพคล้ายกับโมเดลของจำนวน defects หรือ nonconformities ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยของสินค้า ในความเป็นจริงแล้วการสุ่มที่เกิดขึ้นต่อหน่วยหรือต่อพื้นที่ ต่อปริมาตร ฯลฯ สามารถประมาณเป็นการกระจายแบบปัวซอง ตัวอย่างเช่น จำนวนของของเสียจากการเชื่อมเส้นลวดต่อหน่วยที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์เป็นการกระจายแบบปัวซองมีค่าพารามิเตอร์  $\lambda = 4$  โอกาสที่จะสุ่มเลือกอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์แล้วพบของเสีย 2 ชิ้นหรือน้อยกว่าเป็น

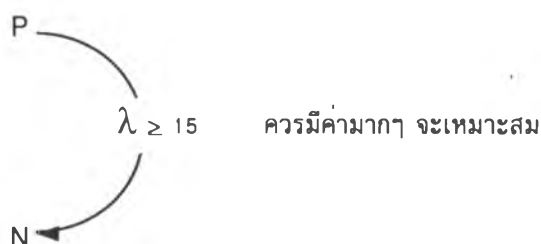
$$\begin{aligned} P\{x \leq 2\} &= \sum_{x=0}^2 \frac{e^{-4} 4^x}{x!} \\ &= 0.0183 + 0.0733 + 0.1464 = 0.2380 \end{aligned}$$

ซึ่งแสดงภาพ Poisson distribution ได้ดัง รูปที่ 5-11 จากรูปร่างของกราฟใน รูปที่ 5-11 พบว่าการกระจายมีลักษณะเอียง (skewed) นั่นคือมีหางยาวไปทางขวา ถ้าค่าพารามิเตอร์  $\lambda$  มีค่ามาก จะทำให้ Poisson distribution นั้นสมมาตร (symmetric)



รูปที่ 5-11 แสดงถึง Poisson distribution ที่มี  $\lambda = 4$

ถ้า mean  $\lambda$  ของ Poisson มีค่ามากกว่า 15 แล้ว จะสามารถประมาณค่าเป็น normal ด้วยค่า  $\mu = \lambda$  และ  $\sigma^2 = \lambda$



รูปที่ 5-12 การประมาณค่า probability distributions

รูปที่ 5-12 แสดงถึงการประมาณค่าตามที่กล่าวมาแล้ว จากในภาพ P แสดงถึง Poisson และ N แสดงถึง normal distribution ซึ่งการประมาณค่านี้เป็นประโยชน์มากสำหรับการนำไปใช้งานกับแผนภูมิการควบคุมที่มีขอบเขตการควบคุมเป็น 3 sigma

แผนภูมิการควบคุมสำหรับการพิจารณาของเสีย

ของเสียหรือของที่ไม่เป็นไปตามความต้องการคือหน่วยของสินค้าที่ไม่ตรงกับข้อกำหนดหนึ่งข้อกำหนดหรือมากกว่านั้น ในการสร้างแผนภูมิสำหรับจำนวนของเสียทั้งหมดต่อหน่วยหรือ

จำนวนของเสียโดยเฉลี่ยต่อหน่วย โดยปกติจะสมมติว่าเกิดของเสียในขนาดตัวอย่างที่คงที่ ซึ่งเป็นโมเดลของการกระจายแบบปัวซอง ที่สำคัญคือจำนวนของโอกาสหรือศักยภาพของพื้นที่ที่เกิดของเสียจะต้องมีมากและการเกิดของเสีย ณ พื้นที่หนึ่งๆจะต้องมีจำนวนน้อยและมีค่าคงที่ ยิ่งไปกว่านั้นหน่วยตรวจสอบจะต้องเหมือนกันในแต่ละพื้นที่ นั่นคือจะต้องแสดงถึงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดของของเสียนั้น และเราสามารถนับจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นต่อหน่วยได้

ในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป สภาวะที่กล่าวมานี้ไม่เป็นจริงได้ทั้งหมด ค่าโอกาสเกิดของเสียอาจเป็นค่าซึ่งมีที่สิ้นสุด หรือโอกาสเกิดของเสียอาจไม่คงที่ แต่ถ้าสภาวะที่เป็นอยู่ไม่ต่างจากสมมติฐานที่กล่าวมามากก็ยังสามารถใช้โมเดลของการกระจายแบบปัวซองได้ดี

เมื่อพิจารณาการเกิดของเสียจากการตรวจสอบสินค้าต่อหน่วย โดยทั่วไปหน่วยของการตรวจสอบจะเป็นหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ สมมติว่าของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วยของการตรวจสอบเป็นการกระจายแบบปัวซอง นั่นคือ

$$p(x) = \frac{e^{-c} c^x}{x!} \quad x = 0, 1, \dots \quad (4)$$

เมื่อ  $x$  เป็นจำนวนของของเสียและ  $c > 0$  เป็นพารามิเตอร์ของการกระจายแบบปัวซอง ค่า mean และ variance ของการกระจายแบบปัวซองเท่ากับพารามิเตอร์  $c$  ดังนั้นแผนภูมิการควบคุมที่มีขอบเขตเป็น  $\pm 3$  sigma และมีขนาดตัวอย่างคงที่ คือ

$$\begin{aligned} UCL &= c + 3\sqrt{c} \\ CL &= c \\ LCL &= c - 3\sqrt{c} \end{aligned} \quad (5)$$

สมมติว่าทราบค่ามาตรฐานของ  $c$  และการคำนวณเช่นนี้ทำให้ค่า LCL เป็นค่าลบ ให้กำหนดค่า LCL เป็นศูนย์ แต่ถ้าไม่ทราบค่า  $c$  อาจประมาณได้เป็นค่าเฉลี่ยของของเสียของข้อมูลที่ผ่านมาหรือ  $\bar{c}$  ดังนั้นค่าของขอบเขตการควบคุมจะเป็น

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ CL &= \bar{c} \\ LCL &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \end{aligned} \quad (6)$$

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างที่ใช้ไม่คงที่ จะต้องหาค่า  $\bar{u}$  ซึ่งเป็นอัตราส่วนของจำนวนของเสียที่พบทั้งหมดต่อจำนวนหน่วยการตรวจสอบทั้งหมด จะได้ว่า

$$\bar{u} = \frac{c}{n_i} \quad (7)$$

และขอบเขตการควบคุมขนาด 3 sigma เป็น

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ CL &= \bar{u} \\ LCL &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \end{aligned} \quad (8)$$

ซึ่งค่าขอบเขตการควบคุมของแผนภูมิที่ได้จะมีค่าไม่คงที่ ดังนั้นสามารถแปลงให้เป็นค่ามาตรฐานที่ mean = 0 และ variance = 1 และมีค่าขอบเขตการควบคุมเท่ากับ  $\pm 3$  ได้เป็น

$$Z_i = \frac{u_i - \bar{u}}{\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}} \quad (9)$$

การพิจารณาสร้างแผนภูมิผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมสำหรับการกระจายแบบปัวซอง ข้อมูลที่จะนำมากำหนดในแผนภูมิได้จะผลรวมของผลจากสมการที่ (9) นั่นคือ

$$\sum_{i=1}^m Z_i = \sum_{i=1}^m \frac{u_i - \bar{u}}{\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}} \quad (10)$$

ซึ่งมีค่า mean = 0 แต่ variance ไม่เป็นศูนย์ ทำให้ไม่สามารถกำหนดลงบนแผนภูมิการควบคุมที่มีขอบเขตการควบคุมเป็น  $\pm 3$  ได้ จากสมการที่ (10) ทำให้มีค่า variance = 1 โดย

$$Z_i^* = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i}{\sqrt{\left(\frac{\bar{u}}{n_a}\right)_1 + \left(\frac{\bar{u}}{n_a}\right)_2 + \dots + \left(\frac{\bar{u}}{n_a}\right)_m}} \quad (11)$$

จากการทดสอบสร้างข้อมูลเพื่อทดลองใช้แผนภูมิได้ค่าดังตารางที่ 5-11 โดยเลือกค่า  $n_1$  และ  $n_2$  เป็น 4 และ 40 เมื่อ  $\beta = 0.1$  และ  $w = 1.5$   $\delta = 1.5$

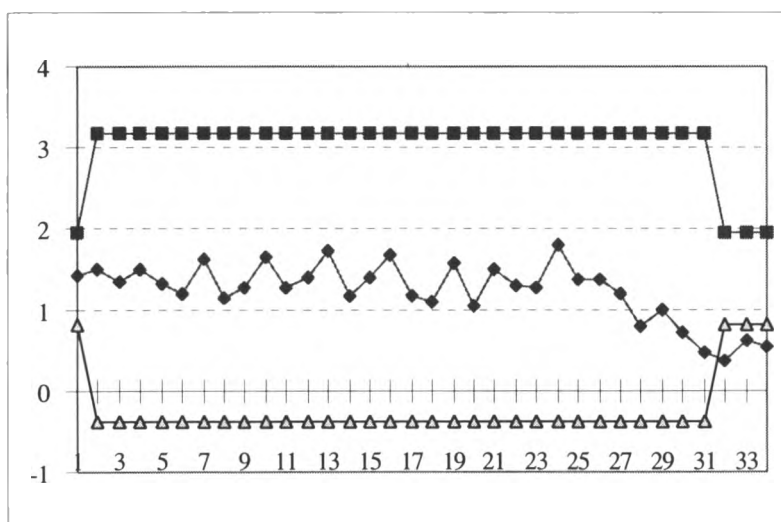
ตารางที่ 5-11 แสดงข้อมูลที่ใช้สร้างแผนภูมิ u chart

t	n	c	$\bar{u}$	u	$UCL_{\bar{u}}$	$LCL_{\bar{u}}$	$\sigma_{Z_i}$	$Z_i^*$	UCL	LCL
1	40	58	1.4	1.44	1.96	0.84	0.19	1.13	3	-3
2	4	6	1.4	1.5	3.17	-0.38	0.64	0.60	3	-3
3	4	5	1.4	1.35	3.17	-0.38	0.86	0.34	3	-3
4	4	6	1.4	1.5	3.17	-0.38	1.06	0.44	3	-3
5	4	5	1.4	1.32	3.17	-0.38	1.20	0.28	3	-3
6	4	5	1.4	1.21	3.17	-0.38	1.32	0.01	3	-3
7	4	6	1.4	1.61	3.17	-0.38	1.47	0.26	3	-3
8	4	5	1.4	1.15	3.17	-0.38	1.56	-0.02	3	-3
9	4	5	1.4	1.29	3.17	-0.38	1.66	-0.14	3	-3
10	4	7	1.4	1.65	3.17	-0.38	1.78	0.11	3	-3
11	4	5	1.4	1.26	3.17	-0.38	1.87	-0.01	3	-3
12	4	6	1.4	1.39	3.17	-0.38	1.96	-0.02	3	-3
13	4	7	1.4	1.71	3.17	-0.38	2.07	0.24	3	-3
14	4	5	1.4	1.17	3.17	-0.38	2.14	0.06	3	-3
15	4	6	1.4	1.41	3.17	-0.38	2.22	0.06	3	-3
16	4	7	1.4	1.67	3.17	-0.38	2.31	0.25	3	-3
17	4	5	1.4	1.18	3.17	-0.38	2.37	0.09	3	-3
18	4	4	1.4	1.09	3.17	-0.38	2.43	-0.12	3	-3
19	4	6	1.4	1.57	3.17	-0.38	2.51	0.00	3	-3
20	4	4	1.4	1.06	3.17	-0.38	2.56	-0.22	3	-3
21	4	6	1.4	1.5	3.17	-0.38	2.63	-0.15	3	-3
22	4	5	1.4	1.31	3.17	-0.38	2.69	-0.20	3	-3

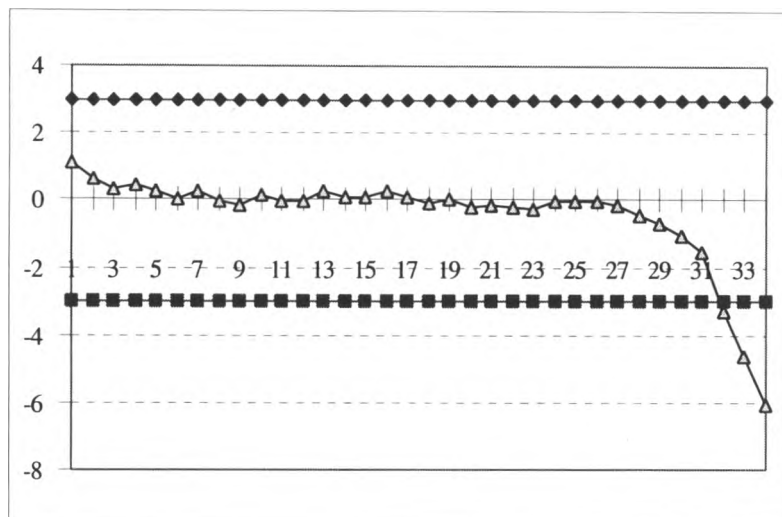


t	n	c	$\bar{u}$	u	$UCL_{\bar{u}}$	$LCL_{\bar{u}}$	$\sigma_{z_i}$	$Z_i$	UCL	LCL
23	4	5	1.4	1.29	3.17	-0.38	2.75	-0.27	3	-3
24	4	7	1.4	1.8	3.17	-0.38	2.83	-0.02	3	-3
25	4	6	1.4	1.38	3.17	-0.38	2.89	-0.03	3	-3
26	4	5	1.4	1.37	3.17	-0.38	2.95	-0.04	3	-3
27	4	5	1.4	1.2	3.17	-0.38	3.00	-0.15	3	-3
28	4	3	1.4	0.8	3.17	-0.38	3.04	-0.48	3	-3
29	4	4	1.4	1	3.17	-0.38	3.08	-0.70	3	-3
30	4	3	1.4	0.73	3.17	-0.38	3.11	-1.05	3	-3
31	4	2	1.4	0.48	3.17	-0.38	3.13	-1.54	3	-3
32	40	15	1.4	0.37	1.96	0.84	3.13	-3.30	3	-3
33	40	25	1.4	0.63	1.96	0.84	3.13	-4.61	3	-3
34	40	22	1.4	0.56	1.96	0.84	3.13	-6.05	3	-3

จากข้อมูลในตารางที่ 5-11 สามารถสร้างแผนภูมิได้ดังรูปที่ 5-13 และ 5-14



รูปที่ 5-13 แสดงแผนภูมิการควบคุม u chart



รูปที่ 5-14 แสดงแผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมสำหรับ u chart

จากผลที่ได้พบว่า แผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมสำหรับ u chart ให้ผลได้เท่ากับแผนภูมิ u chart โดยทั่วไป และสามารถใช้แผนภูมิการควบคุมผลรวมความเบี่ยงเบนสะสมกับ u chart ที่มีขนาดตัวอย่างมากพอและสามารถประมาณค่าได้เป็นการกระจายแบบปกติได้เช่นกัน