

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

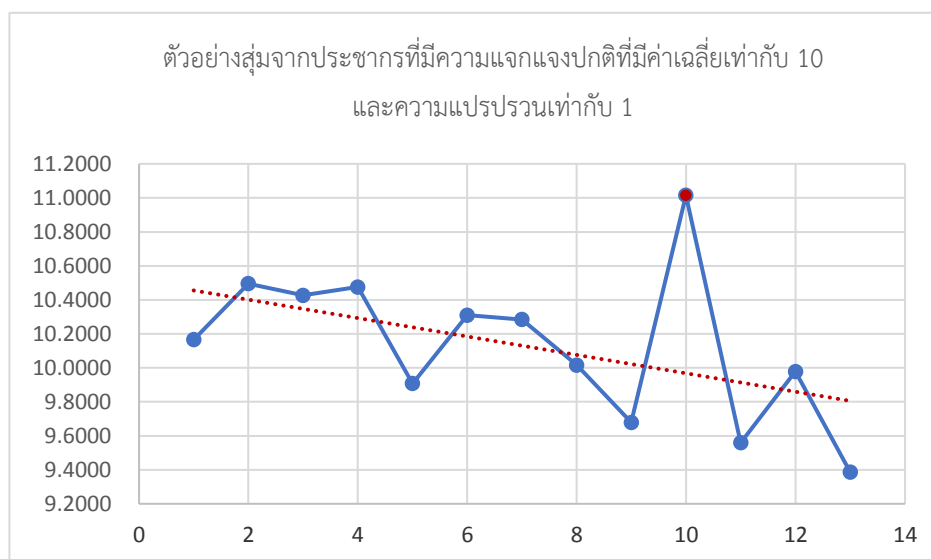
ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ในระบบของ GM (1,1) โดยใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยตามตาราง 4 ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) เทียบกับแผนภูมิควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง (Regression Control Charts, RCC) จะนำผลการวิจัยที่ศึกษาที่ได้เป็นข้อมูลประมาณการค่าเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีประเด็นและการนำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาแบบจำลองแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC)

##### 4.1.1 การวิเคราะห์แนวโน้มตัวแบบ GM (1, 1)

ด้วยวิธีการของทฤษฎีเกรย์ (Grey Theory) ในระบบของ GM (1,1) มีกำหนดวิธีการขอบเขตทดลองต้องมีลักษณะที่สำคัญของปัจจัยนำเข้าข้อมูลที่ใช้สำหรับตัวแบบระบบเกรย์ มีข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับพารามิเตอร์ของข้อมูลทางสถิติ (Parametric Statistics) เช่น มีความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty) ข้อมูลอาจมีความไม่สมบูรณ์ (Incomplete) ไม่ทราบการแจกแจงของประชากร ข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers) เป็นต้น ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์ผลของข้อมูลควรทำการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล ดังนี้

- งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การสุ่มข้อมูลและการสร้างข้อมูลด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ มิใช่ข้อมูลที่แท้จริงอาจมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการสุ่มข้อมูล
- งานวิจัยนี้มีข้อมูลอาจมีความไม่สมบูรณ์ (Incomplete) เนื่องจากไม่ทราบการแจกแจงของประชากรที่แท้จริงและข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers)
- ขั้นตอนในการปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลจากสุ่มด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์ กำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติ โดยให้ข้อมูลมีลักษณะที่ให้เป็นไปตามกรอบแนวคิด เช่น มีข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ มีข้อมูลสารสนเทศบางส่วนหายไป/ข้อมูลมีความคลุมเครือ



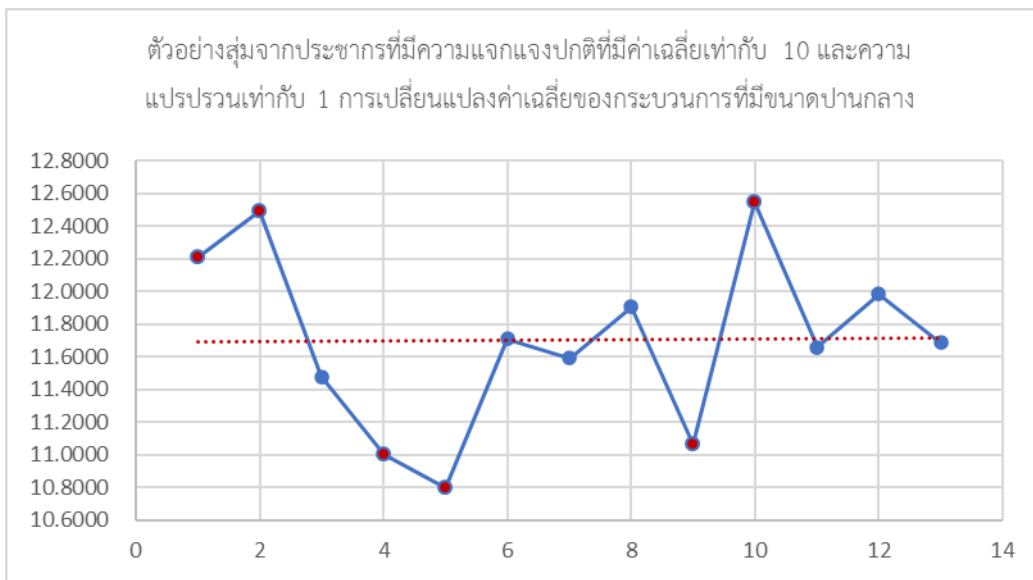
ภาพ 15 ตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



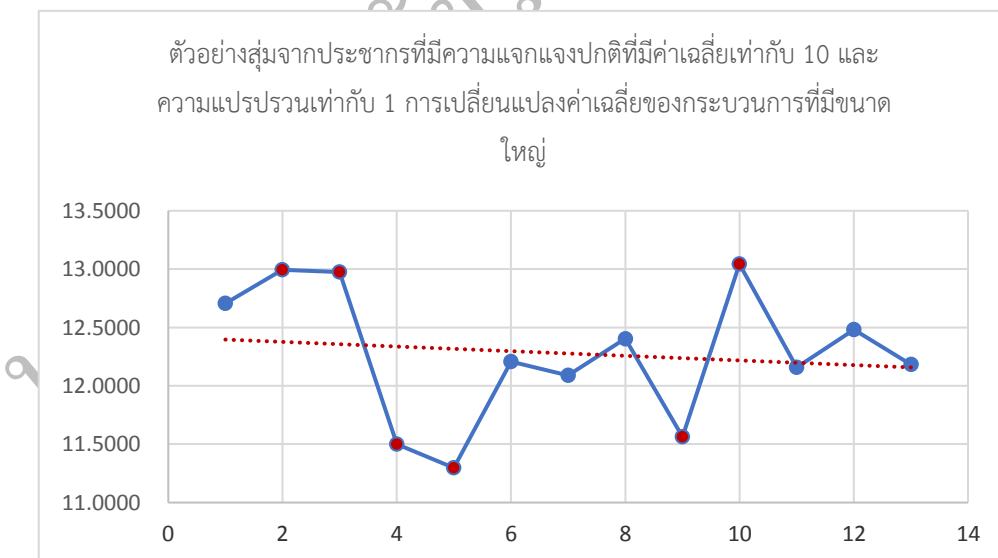
ภาพ 16 ตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพ 17 ตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพ 18 ตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากภาพ 15 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยจากสุ่มข้อมูลด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์ กำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

จะเห็นได้ว่าแม้ทราบว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ แต่ยังมีข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers) จำนวนหนึ่ง ที่ผิดปกติ

จากภาพ 16-18 เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ เมื่อ  $\delta = 1, 1.5$  และ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก ขนาดปานกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับกราฟของข้อมูลมีการเคลื่อนไหวรอบๆ ค่าเฉลี่ยทำให้สามารถอนุมานได้ว่าเป็นข้อมูลแบบไม่มีแนวโน้ม (วิชัย สุรเชิดเกียรติ, 2544) อีกทั้งยังมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย และพบข้อมูลมีค่า นอกเกณฑ์ (Outliers)

จากเหตุผลสนับสนุนดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่างานวิจัยการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎี เกรย์ นี้ใช้ข้อมูลประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การสุ่มข้อมูลและการสร้างข้อมูลด้วย แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ มีใช้ข้อมูลแท้ที่จริงอาจมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการสุ่มข้อมูล ทำให้สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับพารามิเตอร์ของข้อมูลทางสถิติ (Parametric Statistics) และเป็นไปตามกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย ที่เหมาะสม

#### 4.1.2 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC)

แผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) จากข้อมูล ตามตาราง 4 นำมาสร้างแผนภูมิโดยใช้สมการ 2.3 และหัวข้อ 2.2.3 หาขอบเขตการควบคุมสำหรับการ ตรวจสอบและใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างแผนภูมิ ได้ผลการวิจัยดังนี้

##### 4.1.2.1 กรณีกรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

ตาราง 5 ข้อมูลสำหรับการประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{x}$	Cumulative $\bar{x}$	$\bar{x}(k)$	Forecast $\bar{x}$	$S^2$
2	10.4959	20.6617	20.6670	10.4269	0.1337
3	10.4267	31.0884	31.0939	10.3581	0.0881
4	10.4761	41.5645	41.4520	10.4072	0.1197
5	9.9079	51.4724	51.8592	9.8427	0.0477
6	10.3104	61.7828	61.7019	10.2426	0.0329
7	10.2843	72.0671	71.9445	10.2166	0.0242
8	10.0158	82.0829	82.1611	9.9499	0.0124
9	9.6785	91.7614	92.1110	9.6148	0.1993
10	11.0144	102.7758	101.7259	10.9419	0.7757
11	9.5590	112.3348	112.6678	9.4961	0.3193
12	9.9782	122.3130	122.1639	9.9126	0.0221
13	9.3870	131.7000	132.0765	9.3252	0.5417

จากตาราง 5 สามารถประมาณค่า  $\bar{\bar{X}}$ ,  $S^2$  เมื่อ  $m=w=13-1$  ประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ดังนี้

$$\bar{\bar{X}} = \text{Forecast } \bar{X} = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w \text{Forecast } \bar{X} = 10.0612$$

$$S^2 = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w (\text{Forecast } \bar{X} - \bar{\bar{X}})^2 = 0.1931$$

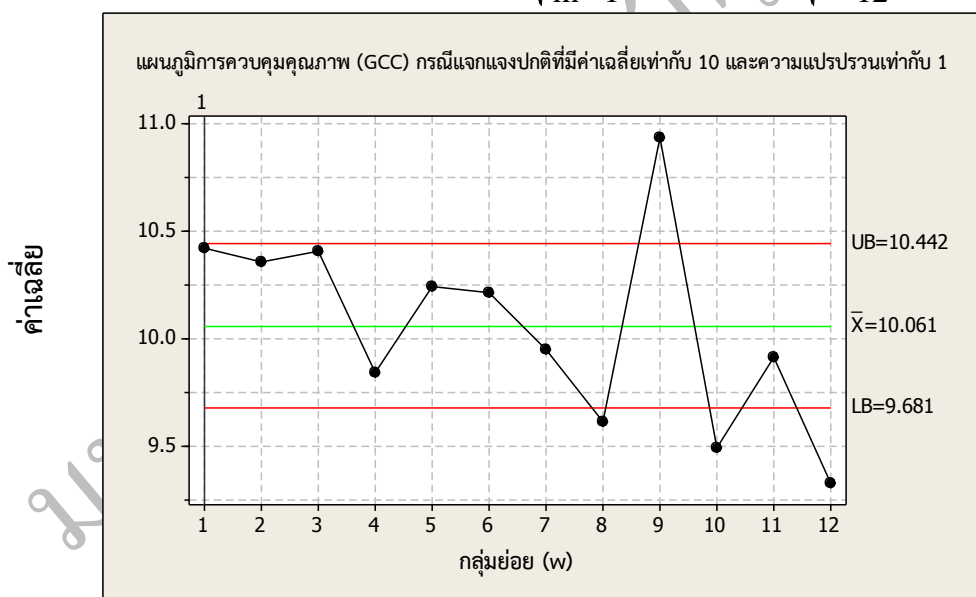
, เมื่อ  $S = \sqrt{S^2}$

การคำนวณหาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) แทนค่าตามสมการ 2.3

$$\text{ขอบเขตบน (UCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} + 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 10.0612 + 3\sqrt{\frac{0.1931}{12}} \approx 10.4417$$

$$\text{ค่ากลาง (CL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} = 10.0612$$

$$\text{ขอบเขตล่าง (LCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} - 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 10.0612 - 3\sqrt{\frac{0.1931}{12}} \approx 9.6807$$



ภาพ 19 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (GCC) กรณีแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### ผลการวิจัยพบว่า

การควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในระบบของ GM (1,1) โดยใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 สามารถใช้ควบคุมกระบวนการได้โดยมีขอบเขตบน UCL เท่ากับ

10.4417 ขอบเขตล่าง (LCL) เท่ากับ 9.6807 และค่ากลาง (CL) เท่ากับ 10.0612 จากภาพ 19 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม ตรวจพบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม ซึ่งเรียกว่าจุดนอกการควบคุม (Out of Control) เมื่อทำการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $S$  ตามสมการ ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{S} = \frac{10.4417 - 9.6807}{0.4394} = 1.73$$

หรือ

$$UCL - LCL = 1.73 S$$

จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก สอดคล้องกับภาพ 19 แผนภูมิการควบคุมมีข้อมูลที่กระจายตัวมากภายในเขตควบคุม

จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความผันด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการ 2.1 จะได้ค่าความผันเมื่อไม่คิดเครื่องหมายได้  $|b| = 0.0670$  โดยที่ อดีตศักดิ์ พงษ์พลผลศักดิ์ (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความผันในกรณีว่าเป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มย่อยถัดไป ตัวอย่างเช่น กระบวนการควบคุมจะต้องทำการวัดขนาดในตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง นั่นคือทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจากการวัดเปลี่ยนไป  $\pm = 0.0670$  ดังนั้นค่าประมาณช่วงของกลุ่มย่อยที่จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่ คือผลต่างของจุดหยุดเครื่องกับจุดตั้งเครื่องต่อความผัน หรือช่วงจำนวนของกลุ่มย่อยที่จะตั้งเครื่องใหม่ ตามการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับความผัน ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{|b|} = \frac{10.4417 - 9.6807}{0.0670} \approx 12$$

นั่นคือถ้าทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดหนึ่งครั้ง ฉะนั้นทุกๆ 6 ชั่วโมง จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่

**4.1.2.2 กรณีกรณีข้อมูลความแจจแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก**

**ตาราง 6** ข้อมูลสำหรับการประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจจแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{x}$	Cumulative $\bar{x}$	$\bar{x}(k)$	Forecast $\bar{x}$	$S^2$
2	11.9942	23.4644	22.4881	12.0218	0.7018
3	10.9756	34.4400	34.5100	11.0009	0.0336
4	10.4984	44.9384	45.5108	10.5226	0.4376
5	10.2977	55.2361	56.0334	10.3214	0.7442
6	11.2084	66.4445	66.3548	11.2342	0.0025
7	11.0903	77.5348	77.5890	11.1158	0.0047
8	11.4042	88.9390	88.7049	11.4305	0.0607
9	10.5632	99.5022	100.1353	10.5875	0.3559
10	12.0443	111.5465	110.7229	12.0720	0.7885
11	11.1590	122.7055	122.7949	11.1847	0.0000
12	11.4820	134.1875	133.9796	11.5084	0.1052
13	11.1833	145.3708	145.4880	11.2091	0.0006

จากตาราง 6 สามารถประมาณค่า  $\bar{x}$ ,  $S^2$  เมื่อ  $m=w-1$  ประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจ่มชัดที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก ดังนี้

$$\bar{\bar{x}} = \text{Forecast } \bar{x} = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w \text{Forecast } \bar{x} = 11.1841$$

$$S^2 = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w (\text{Forecast } \bar{x} - \bar{\bar{x}})^2 = 0.2696$$

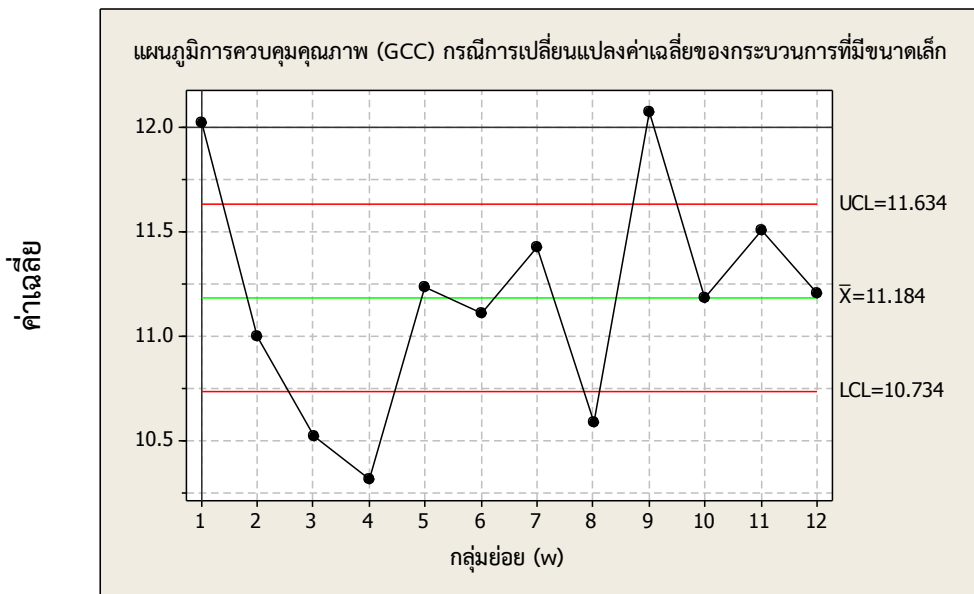
เมื่อ  $S = \sqrt{S^2}$

การคำนวณหาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) แทนค่าตามสมการ 2.3

$$\text{ขอบเขตบน (UCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{x}} + 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 11.1841 + 3\sqrt{\frac{0.2696}{12}} \approx 11.6337$$

$$\text{ค่ากลาง (CL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{x}} = 11.1841$$

$$\text{ขอบเขตล่าง (LCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{x}} - 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 11.1841 - 3\sqrt{\frac{0.2696}{12}} \approx 10.7344$$



ภาพ 20 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (GCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

**ผลการวิจัยพบว่า**

การควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในระบบของ GM (1,1) โดยใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็กสามารถใช้ควบคุมกระบวนการได้โดยมีขอบเขตบน UCL เท่ากับ 11.6337 ขอบเขตล่าง (LCL) เท่ากับ 10.7344 และค่ากลาง (CL) เท่ากับ 11.1841 จากภาพ 20 ลักษณะของแผนภูมิควบคุมตรวจพบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม ซึ่งเรียกว่าจุดนอกการควบคุม (Out of Control) เมื่อทำการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ตามสมการ ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{S} = \frac{11.6337 - 10.7344}{0.5192} = 1.73$$

หรือ

$$UCL - LCL = 1.73 S$$

จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในกรณีใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก สอดคล้องกับภาพ 20 แผนภูมิการควบคุมมีข้อมูลที่กระจายตัวมากภายในเขตควบคุม



จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความชันด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการ 2.1 จะได้ค่าความชันเมื่อไม่คิดเครื่องหมายได้  $b = 0.0258$  โดยที่ อดิศักดิ์ พงษ์พลผลศักดิ์ (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความชันในกรณีว่า เป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มย่อยถัดไป ตัวอย่างเช่น กระบวนการควบคุมจะต้องทำการวัดขนาดในตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง นั่นคือทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจากการวัดเปลี่ยนไป 0.0258 ดังนั้นค่าประมาณช่วงของกลุ่มย่อยที่จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่ คือผลต่างของจุดหยุดเครื่องกับจุดตั้งเครื่องต่อความชัน หรือช่วงจำนวนของกลุ่มย่อยที่จะตั้งเครื่องใหม่ ตามการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับความชัน ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{b} = \frac{11.6337 - 10.7344}{0.0258} \approx 35$$

นั่นคือถ้าทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดหนึ่งครั้งประมาณ 18 ชั่วโมง จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่

#### 4.1.2.3 กรณีกรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง

ตาราง 7 ข้อมูลสำหรับการประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{x}$	Cumulative $\bar{x}$	$\bar{x}(k)$	Forecast $\bar{x}$	$S^2$
2	12.4942	24.7016	23.7253	12.5217	0.7017
3	11.4756	36.1772	36.2470	11.5009	0.0336
4	10.9984	47.1756	47.7479	11.0226	0.4375
5	10.7977	57.9733	58.7705	10.8215	0.7440
6	11.7084	69.6817	69.5920	11.7342	0.0025
7	11.5903	81.2720	81.3262	11.6158	0.0047
8	11.9041	93.1761	92.9420	11.9303	0.0607
9	11.0631	104.2392	104.8723	11.0875	0.3559
10	12.5442	116.7834	115.9598	12.5718	0.7882
11	11.6590	128.4424	128.5316	11.6847	0.0000
12	11.9820	140.4244	140.2163	12.0084	0.1052
13	11.6834	152.1078	152.2247	11.7091	0.0006

จากตาราง 7 สามารถประมาณค่า  $\bar{X}$ ,  $S^2$  เมื่อ  $m=w=13-1$  ประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจ่มชัดปกติกที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง ดังนี้

$$\bar{X} = \text{Forecast } \bar{X} = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w \text{Forecast } \bar{X} = 11.6840$$

$$S^2 = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w (\text{Forecast } \bar{X} - \bar{X})^2 = 0.2695$$

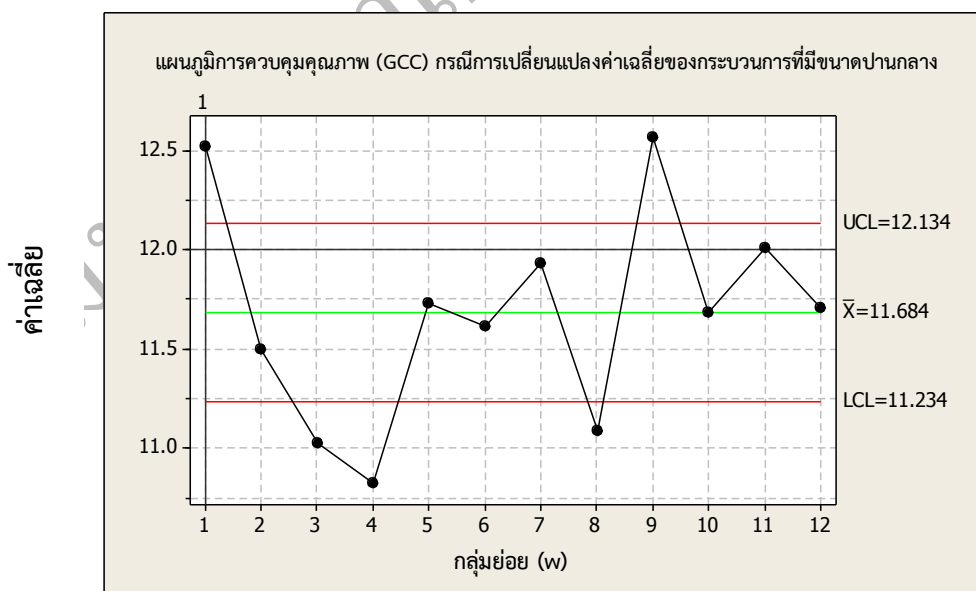
เมื่อ  $S = \sqrt{S^2}$

การคำนวณหาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) แทนค่าตามสมการ 2.3

$$\text{ขอบเขตบน (UCL) ประมาณด้วย } \bar{X} + 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 11.6840 + 3\sqrt{\frac{0.2695}{12}} \approx 12.1337$$

$$\text{ค่ากลาง (CL) ประมาณด้วย } \bar{X} = 11.6840$$

$$\text{ขอบเขตล่าง (LCL) ประมาณด้วย } \bar{X} - 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 11.6840 - 3\sqrt{\frac{0.2695}{12}} \approx 11.2344$$



ภาพ 21 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (GCC) กรณีแจ่มชัดปกติกที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

### ผลการวิจัยพบว่า

การควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในระบบของ GM (1,1) โดยใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลางสามารถใช้ควบคุมกระบวนการได้โดยมีขอบเขตบน UCL เท่ากับ 12.1337 ขอบเขตล่าง (LCL) เท่ากับ 11.2344 และค่ากลาง (CL) เท่ากับ 11.6840 จากภาพ 21 ลักษณะของแผนภูมิควบคุมตรวจพบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม ซึ่งเรียกว่าจุดนอกการควบคุม (Out of Control) เมื่อทำการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ตามสมการ ดังนี้

$$\frac{UCL-LCL}{S} = \frac{12.1337-11.2344}{0.5192} = 1.73$$

หรือ

$$UCL-LCL = 1.73 S$$

จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในกรณีใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก สอดคล้องกับภาพ 21 แผนภูมิการควบคุมมีข้อมูลที่กระจายตัวมากภายในเขตควบคุม

จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความชันด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการ 2.1 จะได้ค่าความชันเมื่อไม่คิดเครื่องหมายได้  $b = 0.0258$  โดยที่ อดีตศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความชันในกรณีว่า เป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มย่อยถัดไป ตัวอย่างเช่น กระบวนการควบคุมจะต้องทำการวัดขนาดในตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง นั่นคือทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจากการวัดเปลี่ยนไป 0.0258 ดังนั้นค่าประมาณช่วงของกลุ่มย่อยที่จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงขบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่ คือผลต่างของจุดหยุดเครื่องกับจุดตั้งเครื่องต่อความชัน หรือช่วงจำนวนของกลุ่มย่อยที่จะตั้งเครื่องใหม่ ตามการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับความชัน ดังนี้

$$\frac{UCL-LCL}{b} = \frac{12.1337-11.2344}{0.0258} \approx 35$$

นั่นคือถ้าทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดหนึ่งครั้งประมาณ 18 ชั่วโมง จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงขบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่

#### 4.1.2.4 กรณีกรณีข้อมูลความแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่

ตาราง 8 ข้อมูลสำหรับการประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{x}$	Cumulative $\bar{x}$	$\bar{x}(k)$	Forecast $\bar{x}$	$S^2$
2	12.9942	25.7017	24.9832	12.9877	0.5657
3	12.9756	38.6773	37.9709	12.9691	0.5381
4	11.4984	50.1757	50.9400	11.4927	0.5520
5	11.2977	61.4734	62.4326	11.2921	0.8903
6	12.2085	73.6819	73.7247	12.2024	0.0011
7	12.0903	85.7722	85.9271	12.0843	0.0229
8	12.4041	98.1763	98.0114	12.3979	0.0263
9	11.5631	109.7394	110.4093	11.5573	0.4600
10	13.0442	122.7836	121.9666	13.0377	0.6433
11	12.1590	134.9426	135.0043	12.1529	0.0068
12	12.4820	147.4246	147.1572	12.4758	0.0577
13	12.1834	159.6080	159.6329	12.1773	0.0034

จากตาราง 8 สามารถประมาณค่า  $\bar{x}$ ,  $S^2$  เมื่อ  $m=w-1$  ประมาณค่าในแผนภูมิ GCC กรณีข้อมูลความแจ่มแจ้งปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่ ดังนี้

$$\bar{x} = \text{Forecast } \bar{x} = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w \text{Forecast } \bar{x} = 12.2356$$

$$S^2 = (1/w - 1) \sum_{i=2}^w (\text{Forecast } \bar{x} - \bar{x})^2 = 0.3140$$

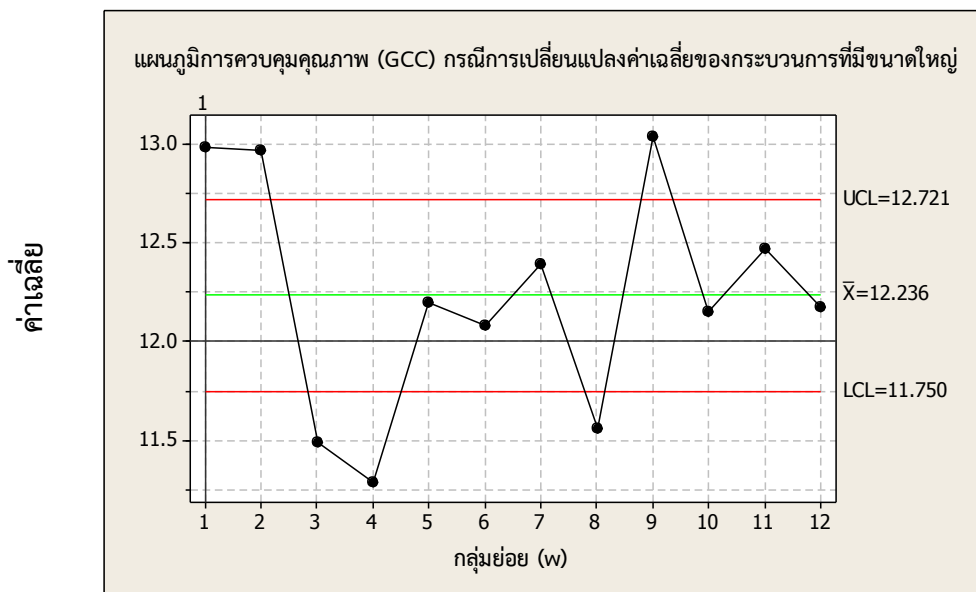
เมื่อ  $S = \sqrt{S^2}$

การคำนวณหาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) แทนค่าตามสมการ 2.3

$$\text{ขอบเขตบน (UCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} + 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 12.2356 + 3\sqrt{\frac{0.3140}{12}} \approx 12.7208$$

$$\text{ค่ากลาง (CL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} = 12.2356$$

$$\text{ขอบเขตล่าง (LCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} - 3\sqrt{\frac{S^2}{m-1}} = 12.2356 - 3\sqrt{\frac{0.3140}{12}} \approx 11.7503$$



ภาพ 22 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (GCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### ผลการวิจัยพบว่า

การควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในระบบของ GM (1,1) โดยใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลางสามารถใช้ควบคุมกระบวนการได้โดยมีขอบเขตบน UCL เท่ากับ 12.7208 ขอบเขตล่าง (LCL) เท่ากับ 11.7503 และค่ากลาง (CL) เท่ากับ 12.2356 จากภาพ 22 ลักษณะของแผนภูมิควบคุมตรวจพบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม ซึ่งเรียกว่าจุดนอกการควบคุม (Out of Control) เมื่อทำการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ตามสมการ ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{S} = \frac{12.7208 - 11.7503}{0.5603} = 1.73$$

หรือ

$$UCL - LCL = 1.73 S$$

จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในกรณีใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก สอดคล้องกับภาพ 22 แผนภูมิการควบคุมมีข้อมูลที่กระจายตัวมากภายในเขตควบคุม

จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความชันด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการ 2.1 จะได้ค่าความชันเมื่อไม่คิดเครื่องหมายได้  $|b| = 0.0057$  โดยที่ อดีตศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความชันในกรณีว่า เป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มย่อยถัดไป ตัวอย่างเช่น กระบวนการควบคุมจะต้องทำการวัดขนาดในตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง นั่นคือทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจากการวัดเปลี่ยนไป  $\pm = 0.0057$  ดังนั้นค่าประมาณช่วงของกลุ่มย่อยที่จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่ คือผลต่างของจุดหยุดเครื่องกับจุดตั้งเครื่องต่อความชัน หรือช่วงจำนวนของกลุ่มย่อยที่จะตั้งเครื่องใหม่ ตามการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับความชัน ดังนี้

$$\frac{UCL - LCL}{b} = \frac{12.7208 - 11.7503}{0.0057} \approx 172$$

นั่นคือทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดหนึ่งครั้งประมาณ 86 ชั่วโมง จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่

#### 4.1.2.5 ภาพรวมการประมาณค่าของแผนภูมิ GCC ทั้ง 4 กรณี

การควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) ในระบบของ GM (1,1) ได้ทำการสรุปข้อมูลทั้ง 4 กรณี 1) ความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 2) กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก 3) กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง 4) กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้เห็นภาพการวิเคราะห์ที่ชัดเจน ดังนี้

ตาราง 9 ภาพรวมการประมาณค่าของแผนภูมิ GCC ทั้ง 4 กรณี

ขอบเขตควบคุมแผนภูมิ GCC	$\bar{X}$ กระบวนการอยู่ในการ ควบคุม	$\bar{X}$ การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ กระบวนการ		
		เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
UCL	10.4417	11.6337	12.1337	12.7208
CL	10.0612	11.1841	11.6840	12.2356
LCL	9.6807	10.7344	11.2344	11.7503
ช่วงกว้าง S	1.73	1.73	1.73	1.73
จำนวนชั่วโมงในการปรับปรุง กระบวนการ	6	17	17	86

จากตาราง 9 จะพบว่าในงานวิจัยนี้เมื่อ  $\bar{X}$  คือ ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการขนาดเล็ก ปานกลาง และใหญ่ ตามลำดับด้วยจำลองคุณลักษณะของตัวอย่างที่  $i$  ภายใต้การแจกแจงปกติ ที่นำเสนอในวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล หัวข้อ 3.3.1

#### ประเด็นสำคัญพบว่า

1) ช่วงกว้าง S หรือการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ทั้ง 4 กรณีมีช่วงกว้างเท่ากันทั้งหมดนั่นคือการกระจายตัวของข้อมูลหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก

2) กรณี  $\bar{X}$  กระบวนการอยู่ในการควบคุม แผนภูมิ GCC แผนภูมิสามารถควบคุมการกระจาย หรือความคลาดเคลื่อน ได้และมีชั่วโมงในการปรับปรุงกระบวนการตรวจพบความผิดปกติได้ภายใน 6 ชั่วโมงหลังจากการวัดและตรวจสอบกระบวนการ ในทุกครั้งชั่วโมงมีการวัดและตรวจสอบกรณีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีของที่ดีมีคุณภาพจำนวนมาก แต่มีต้นทุน ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น จากการปรับปรุงกระบวนการที่เร็วขึ้น

3) เมื่อ  $\bar{X}$  มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการขนาดเล็ก และปานกลางจำนวนชั่วโมงในการปรับปรุงกระบวนการ ไม่แตกต่างกัน

4) เมื่อ  $\bar{X}$  มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการขนาดใหญ่ แผนภูมิ GCC มีจำนวนชั่วโมงในการปรับปรุงกระบวนการมากที่สุด นั่นคือ 86 ชั่วโมง ทำให้กระบวนการผลิตดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้เพราะไม่ต้องหยุดปรับปรุงกระบวนการบ่อยครั้ง แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาข้อมูลอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องจักร ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด

5) อย่างไรก็ตามต้องดูประสิทธิภาพแผนภูมิการควบคุมคุณภาพวัดจากจำนวนกลุ่มย่อยเฉลี่ยที่ต้องตรวจสอบจนกระทั่งแผนภูมิควบคุมพบการออกนอกขีดจำกัดการควบคุมเป็นครั้งแรก (Average Run Length: ARL) ที่จะกล่าวต่อไป

#### 4.2 ผลการศึกษาแบบจำลองแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนแผนภูมิควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง (Regression Control Charts, RCC)

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย นั้นคือต้องทำการศึกษาเปรียบเทียบแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (GCC) กับวิธีการควบคุมคุณภาพแบบเดิม ซึ่งวิธีการแบบเดิมนั้นคณะผู้วิจัยเสนอการใช้แผนภูมิควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง (Regression Control Charts, RCC) มาใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เสนอให้เห็นความแตกต่างระหว่าง 2 วิธี สำหรับเป็นแนวทางในการเลือกศึกษาใช้งาน

**แนวคิดแผนภูมิ RCC** ใช้แนวคิดที่ว่าในการผลิตผลิตภัณฑ์บางครั้งบางคราวมีความจำเป็นต้องปรับตั้งชิ้นงาน เช่น การกลึง การขัด จะทำให้ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาได้นั้น มีความผันแปรเปลี่ยนไปจากปกติในทิศทางที่มีขนาดโตขึ้น หรือเล็กลง ความผันแปรที่เกิดขึ้นนี้อาจมีสาเหตุมาจากการสึกหรอของเครื่องมือ ที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น จึงทำให้ขนาดของชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปยังทิศทางที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง ในหลายครั้งถ้าใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย  $\bar{X}$ -Chart และแผนภูมิควบคุมการกระจาย  $R$ -Chart บางครั้งจะพบว่าชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิต จะมีค่าตกอยู่นอกเขตควบคุมในแผนภูมิที่สร้างขึ้น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต มีต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นในกระบวนการผลิตจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จึงนำแผนภูมิ RCC มาใช้ในการควบคุมขอบเขตข้อมูล

แผนภูมิ RCC ใช้ข้อมูลตามตาราง 4 นำมาสร้างแผนภูมิโดยใช้สมการ 2.2 และหัวข้อ 2.1.6.1 หาขอบเขตการควบคุมสำหรับการตรวจสอบและใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างแผนภูมิได้ผลการวิจัยดังนี้



#### 4.2.1 แผนภูมิ RCC กรณีกรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

ตาราง 10 ข้อมูลสำหรับการประมาณค่าในแผนภูมิ RCC กรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{x}$	$w\bar{x}$	$w^2$
1	10.1658	10.1658	1
2	10.4959	20.9918	4
3	10.4267	31.2801	9
4	10.4761	41.9044	16
5	9.9079	49.5395	25
6	10.3104	61.8624	36
7	10.2843	71.9901	49
8	10.0158	80.1264	64
9	9.6785	87.1065	81
10	11.0144	110.1440	100
11	9.5590	105.1490	121
12	9.9782	119.7384	144
13	9.3870	122.0310	169
$\sum_{i=1}^m w_i = 91$	$\sum_{i=1}^m \bar{X} = 131.7000$	$\sum_{i=1}^m w_i \bar{X} = 912.0294$	$\sum_{i=1}^m w_i^2 = 819$

วิธีการคำนวณค่าตามสมการ RCC

$$1) \text{ เมื่อ } \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}}{m} = \frac{131.7000}{13} = 10.1308 \text{ เมื่อ } m = w = 13 \text{ แทนค่าตามสมการ 2.1}$$

ประมาณหาค่า a และ b ดังนี้

$$b = \frac{m \sum_{i=1}^m \bar{X}_i w_i - \left( \sum_{i=1}^m w_i \right) \left( \sum_{i=1}^m \bar{X} \right)}{m \sum_{i=1}^m w_i^2 - \left( \sum_{i=1}^m w_i \right)^2}$$

$$b = \frac{(13)(912.0294) - (91)(131.7000)}{(13)(819) - (91)^2} = b = -0.0542$$

$$a = \bar{\bar{X}} - b\bar{w} = 10.1308 - (-0.0542)(7) \approx 10.5104$$

และ

$$\hat{X} = a + bw$$

$$\hat{X} = 10.5104 + (-0.0542)w$$

$$2) \text{ ต่อมาจากสมการ } s_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{X} - \hat{X})^2}{m-2}} \text{ เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นถดถอย}$$

ใช้สำหรับการคำนวณหาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิ RCC  
วิธีการแสดงตามตาราง 10

ตาราง 11 การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นถดถอย  $s_{\bar{X}}$  ของแผนภูมิ RCC

กลุ่มย่อย (w)	$\bar{X}$	$\hat{X} = 10.5104 + (-0.0542)w$	$\bar{X} - \hat{X}$	$(\bar{X} - \hat{X})^2$
1	10.1658	10.4562	-0.2904	0.0843
2	10.4959	10.4019	0.0940	0.0088
3	10.4267	10.3477	0.0790	0.0062
4	10.4761	10.2935	0.1826	0.0334
5	9.9079	10.2392	-0.3313	0.1098
6	10.3104	10.1850	0.1254	0.0157
7	10.2843	10.1308	0.1535	0.0236
8	10.0158	10.0765	-0.0607	0.0037
9	9.6785	10.0223	-0.3438	0.1182
10	11.0144	9.9681	1.0463	1.0948
11	9.5590	9.9138	-0.3548	0.1259
12	9.9782	9.8596	0.1186	0.0141
13	9.3870	9.8054	-0.4184	0.1750
$\sum_{i=1}^m (\bar{X} - \hat{X})^2$				1.8135

ดังนั้น

$$s_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{X} - \hat{X})^2}{m-2}} = \sqrt{\frac{1.8135}{13-2}}$$

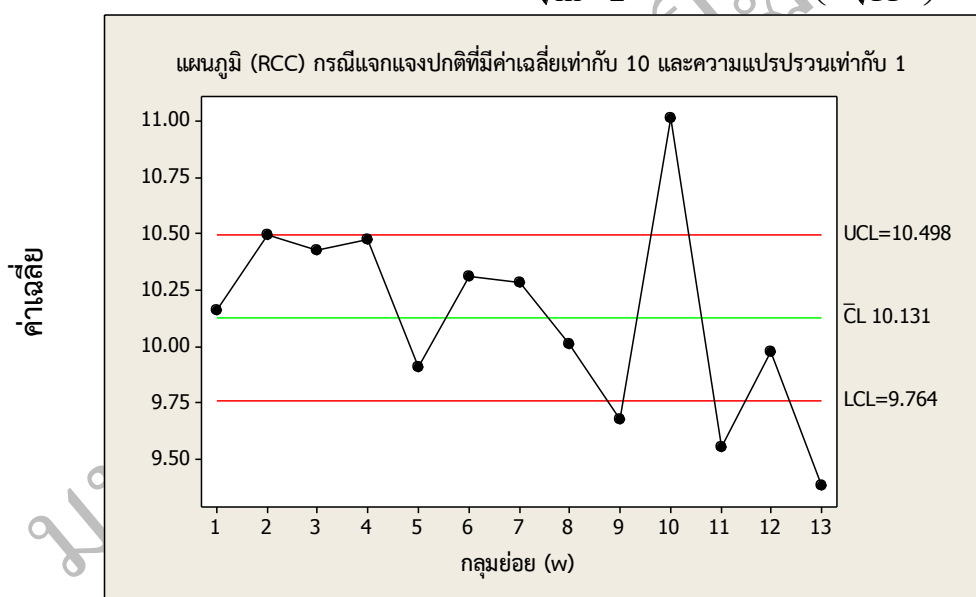
$$s_{\bar{X}} \approx 0.4060$$

3) ใช้ข้อมูลที่คำนวณได้หาขอบเขตบน (UCL) ขอบเขตล่าง (LCL) และค่ากลาง (CL) ของแผนภูมิควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง หรือแผนภูมิ RCC แทนค่าตามสมการ 2.2 ดังนี้

$$\text{ขอบเขตบน (UCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} + 3 \frac{s_{\bar{X}}}{\sqrt{m-2}} = 10.1308 + 3 \left( \frac{0.4060}{\sqrt{11}} \right) \approx 10.4980$$

$$\text{ค่ากลาง (CL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} = 10.1308$$

$$\text{ขอบเขตล่าง (LCL) ประมาณด้วย } \bar{\bar{X}} - 3 \frac{s_{\bar{X}}}{\sqrt{m-2}} = 10.1308 - 3 \left( \frac{0.4060}{\sqrt{11}} \right) \approx 9.7635$$



ภาพ 23 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (RCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### ผลการวิจัยพบว่า

การควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง (Regression Control Charts, RCC) ใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 สามารถใช้ควบคุมกระบวนการได้โดยมีขอบเขตบน UCL เท่ากับ 11.0536 ขอบเขตล่าง (LCL) เท่ากับ 9.2079 และค่ากลาง (CL) เท่ากับ 10.1308 จากภาพ 23 ลักษณะของ

แผนภูมิควบคุม ตรวจสอบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม และข้อมูลแสดงลักษณะมีแนวโน้ม เมื่อทำการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $S$  ตามสมการ ดังนี้

$$\frac{UCL-LCL}{S} = \frac{10.4980 - 9.7635}{0.4060} = 1.81$$

หรือ

$$UCL-LCL = 1.81 S$$

จะเห็นได้ว่าผลต่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีช่วงกว้างน้อย นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (RCC) ในกรณีใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 นั่นคือการกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก สอดคล้องกับภาพ 23 แผนภูมิการควบคุมมีข้อมูลที่กระจายตัวมากภายในเขตควบคุม

จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความผันด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการ 2.1 จะได้ค่าความผันเมื่อไม่คิดเครื่องหมายได้  $|b| = 0.0542$  โดยที่ อติศกดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2554) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความผันในกรณีว่า เป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มย่อยถัดไป ตัวอย่างเช่น กระบวนการควบคุมจะต้องทำการวัดขนาดในตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง นั่นคือทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจากการวัดเปลี่ยนไป  $\pm 0.0542$  ดังนั้นค่าประมาณช่วงของกลุ่มย่อยที่จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่ คือผลต่างของจุดหยุดเครื่องกับจุดตั้งเครื่องต่อความผัน หรือช่วงจำนวนของกลุ่มย่อยที่จะต้องตั้งเครื่องใหม่ ตามการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับความผัน ดังนี้

$$\frac{UCL-LCL}{|b|} = \frac{10.4980 - 9.7635}{0.0542} \approx 14$$

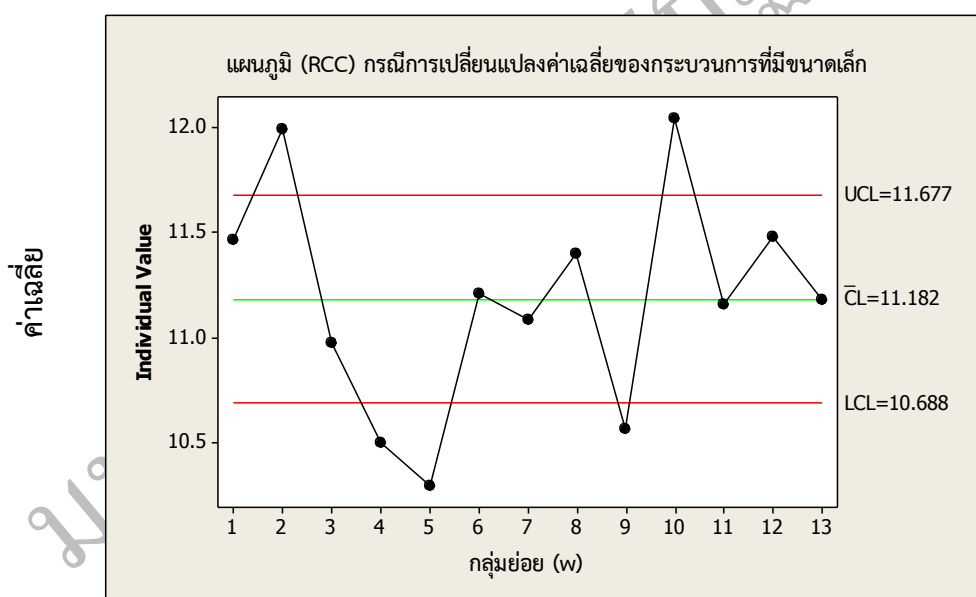
นั่นคือทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดหนึ่งครั้ง ฉะนั้นทุกๆ 7 ชั่วโมง จะต้องทำการปรับตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการ หรือตั้งเครื่องมือสำหรับการผลิตใหม่

#### 4.2.1 แผนภูมิ RCC กรณีกรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก ปานกลาง และขนาดใหญ่

วิธีการคำนวณค่าตามสมการ RCC วิธีการคำนวณเช่นเดียวกันกับแผนภูมิ RCC กรณีข้อมูลความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ตามหัวข้อ 4.2.1 สรุปข้อมูลได้ตามตาราง 12 และสร้างแผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (RCC) กรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก ปานกลาง และขนาดใหญ่ ตามภาพ 24-26

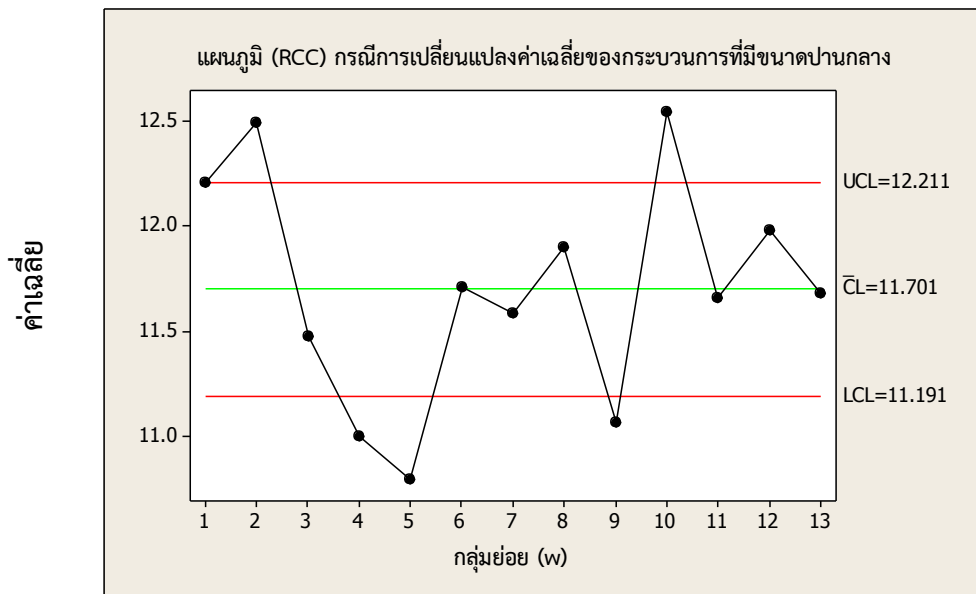
ตาราง 12 ภาพรวมการประมาณค่าของแผนภูมิ RCC ทั้ง 4 กรณี

ขอบเขตควบคุมแผนภูมิ RCC	$\bar{X}$ กระบวนการอยู่ในการ ควบคุม	$\bar{X}$ การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ กระบวนการ		
		เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
UCL	10.4980	11.6772	12.2107	12.8161
CL	10.1308	11.1824	11.7006	12.2775
LCL	9.7635	10.6875	11.1905	11.7389
ช่วงกว้าง S	1.81	1.81	1.81	1.81
จำนวนชั่วโมงในการปรับปรุง กระบวนการ	7	50	237	27



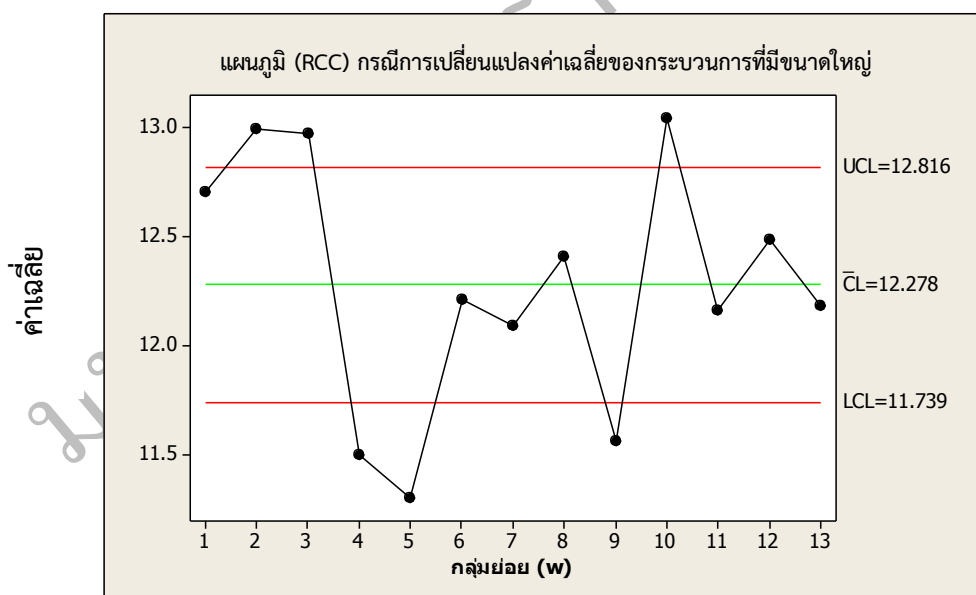
ภาพ 24 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (RCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพ 25 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (RCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดปานกลาง

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพ 26 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพ (RCC) กรณีแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดใหญ่

ที่มา : ภาพผู้วิจัยสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากตาราง 12 จะพบว่าในงานวิจัยนี้เมื่อ  $\bar{X}$  คือ ข้อมูลพารามิเตอร์จากการสร้างตัวอย่างสุ่ม จากประชากรที่มีความแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเมื่อ กระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการขนาดเล็ก ปานกลาง และใหญ่ ตามลำดับ ด้วยจำลองคุณลักษณะของตัวอย่างที่  $i$  ภายใต้การแจกแจงปกติ ที่นำเสนอในวิธีการเก็บรวบรวม ข้อมูล หัวข้อ 3.3.1

#### ประเด็นสำคัญพบว่า

1) ช่วงกว้าง  $S$  หรือการเปรียบเทียบขอบเขตบนและขอบเขตล่าง เทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน  $S$  ทั้ง 4 กรณีมีช่วงกว้างเท่ากันทั้งหมดนั้นคือการกระจายตัวของข้อมูลหรือความ คลาดเคลื่อนมีมาก

2) กรณี  $\bar{X}$  กระบวนการอยู่ในการควบคุม แผนภูมิ RCC แผนภูมิสามารถควบคุมการ กระจาย หรือความคลาดเคลื่อน ได้และมีชั่วโมงในการปรับปรุงกระบวนการตรวจพบความผิดปกติได้ ภายใน 7 ชั่วโมงหลังจากการวัดและตรวจสอบกระบวนการ ในทุกครึ่งชั่วโมงมีการวัดและตรวจสอบ กรณีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจำนวนมาก แต่มีต้นทุน ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น จากการ ปรับปรุงกระบวนการที่เร็วขึ้น

3) เมื่อ  $\bar{X}$  มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการขนาดปานกลาง แผนภูมิ RCC มี จำนวนชั่วโมงในการปรับปรุงกระบวนการมากที่สุด นั่นคือ 237 ชั่วโมง ทำให้กระบวนการผลิต ดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้เพราะไม่ต้องหยุดปรับปรุงกระบวนการ บ่อยครั้งแต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาข้อมูลอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องจักร ค่า ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด

4) อย่างไรก็ตามต้องดูประสิทธิภาพแผนภูมิการควบคุมคุณภาพวัดจากจำนวนกลุ่มย่อยเฉลี่ย ที่ต้องตรวจสอบจนกระทั่งแผนภูมิควบคุมพบการออกนอกขีดจำกัดการควบคุมเป็นครั้งแรก (Average Run Length: ARL) ที่จะกล่าวต่อไป

จากภาพ 24-26 ลักษณะของแผนภูมิ RCC ตรวจพบความผิดปกติหลักของข้อมูลกล่าวคือ มีจุดของข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม ซึ่งเรียกว่าจุดนอกการควบคุม (Out of Control) และข้อมูลมี การกระจายตัวหรือความคลาดเคลื่อนมีมาก

#### 4.2 วิธีการวิเคราะห์สมมติฐานของการวิจัยด้วยวิธี (Average Run Length: ARL)

การหาจำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ยที่สุ่มได้ก่อนที่กระบวนการจะออกนอกการควบคุม (Average Run Length: ARL ) เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผนภูมิการควบคุมคุณภาพวัดจาก จำนวนกลุ่มย่อยเฉลี่ยที่ต้องตรวจสอบจนกระทั่งแผนภูมิควบคุมพบการออกนอกขีดจำกัดการควบคุม เป็นครั้งแรกตามหัวข้อ 3.4.3.1 ในการวิจัยนี้ใช้วิธีการของ Siegmund (1985)

เมื่อกำหนดว่ากระบวนการอยู่ในการควบคุม ( $ARL_0$ ) และเมื่อกำหนดว่ากระบวนการ ออกนอกการควบคุม ( $ARL_1$ )

เมื่อกำหนด

$k$  เป็นพารามิเตอร์ที่บอกขนาดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย =  $S$  ในแต่ละแผนภูมิ  
 $h$  จำนวนขนาดตัวอย่างสุ่มในแต่ละกลุ่มย่อย  $w$  เท่ากับ 5

วิธีการดำเนินการแทนค่า  $ARL_0$  ในสมการ 3.2 และ  $ARL_1$  ในสมการ 3.4-3.6 เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่มีขนาดเล็ก ขนาดปานกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ แสดงค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับภายใต้การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม ตามตาราง 13

ตาราง 13 การเปรียบเทียบค่า (Average Run Length: ARL) ของแผนภูมิ

	ARL <sub>0</sub> กระบวนการอยู่ในการควบคุม	ARL <sub>1</sub> การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ		
		เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
แผนภูมิ GCC	283.7831	10.6673	10.6673	11.4484
แผนภูมิ RCC	217.5159	11.1860	11.5218	12.2062

จากตาราง 13 พบว่าเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม หรือกระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า  $ARL_0$  ของแผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนพื้นฐานทฤษฎีเกรย์ (Grey Control Charts, GCC) มีค่ามากกว่า หรือมีประสิทธิภาพในการควบคุมมากกว่า แผนภูมิการควบคุมคุณภาพบนแผนภูมิควบคุมถดถอยเชิงเส้นตรง (Regression Control Charts, RCC) ทั้งนี้เมื่อเทียบกับค่า  $ARL_0 = 370$  ทางทฤษฎี อังไฉ (Montgomery, 2009), (ปีตมา ยินดี, 2555) และ (Preecha Khruasom. P and Pongpullponak. A, 2014) แผนภูมิ GCC มีค่าร้อยละ 76.49 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ขนาดเล็ก ปานกลาง และใหญ่ ตามลำดับ พบว่า ค่า  $ARL_1$  มีค่าต่ำทั้งสองแผนภูมิ ถือว่ามีประสิทธิภาพทั้งสองแผนภูมิ