

แผนภูมิควบคุมสำหรับกระบวนการผลิตล็อตเล็ก A Control Chart for Small Batch Processes

วิโรจน์ ตันติภักโร¹

Virojana Tantibadaro¹

บทคัดย่อ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับกระบวนการผลิตแบบล็อตเล็กหรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่ากระบวนการผลิตช่วงสั้นคือ ปริมาณข้อมูลที่ไดจากการผลิตสำหรับสินค้าแต่ละชนิดมีจำนวนน้อยเกินไปไม่เพียงพอที่จะใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมตัวแปรเพื่อตรวจสอบสถานะของกระบวนการและไม่สามารถทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการตามความต้องการของลูกค้า จุดมุ่งหมายของบทความนี้คือการเสนอทางออกของปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายพร้อมทั้งได้แสดงหลักการและขั้นตอนการใช้แผนภูมิควบคุมดังกล่าวเพื่อตรวจติดตามและควบคุมสถานะของกระบวนการผลิตเพลาแกนหมุนของโรงงานที่ได้ใช้เป็นกรณีศึกษา จากผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการผลิตแบบล็อตเล็กซึ่งมักจะมีแนวโน้มที่จะพบเห็นอยู่ทั่วไปในสภาพการผลิตในปัจจุบัน

คำสำคัญ: กระบวนการผลิตล็อตเล็ก กระบวนการผลิตช่วงสั้น แผนภูมิควบคุมตัวแปร แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย

control for small lot production, called the other name of short run production, lies in the fact that a relatively small amount of data collected from the production for individual product is not enough to construct the variable control charts to be used for monitoring the process status and unable to analyze the process capability in according to customers requirement. The aim of this article is not only to provide an effective means of solving the difficulty related to short run production control by the use of control chart for deviation from nominal, but also to discuss its principles and using steps in order to monitor and control the status of the spindle manufacturing process in the case study plant. The result of the study indicates that the control charting technique proposed can be applied to small batch production which is not uncommonly found in the current production setting.

Keywords: Small Lot Production, Short Run Production, Control Chart for Deviation from Nominal

1. บทนำ

ในสภาพเงื่อนไขปัจจุบันของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ มักจะถูกบังคับให้ต้องมีความยืดหยุ่น

Abstract

A problem incurred in the statistical process

¹ อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์
Tel. 08-9990-8731, E-mail: tantibadaro@yahoo.com

ในการผลิตสินค้าชนิดหนึ่งจำนวนน้อยๆ (Small Batch Production) แล้วเปลี่ยนไปทำการผลิตสินค้าอีกชนิดหนึ่งด้วยปริมาณน้อยๆ เช่นกัน โดยจะมีลักษณะคำสั่งการผลิตเช่นนี้อยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้ได้ข้อมูลจากการผลิตสินค้าแต่ละประเภทเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น เราจึงเรียกสภาพการผลิตนี้อีกชื่อหนึ่งว่ากระบวนการผลิตช่วงสั้น (Short Run Production Process)

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติหรือเทคนิค SPC (Statistical Process Control) สำหรับกระบวนการผลิตช่วงสั้นคือ ข้อมูลที่ได้จากการผลิตสำหรับสินค้าแต่ละชนิดมีจำนวนน้อยเกินไปไม่เพียงพอที่จะใช้ในการคำนวณค่าพิสัยควบคุมบนและพิสัยควบคุมล่าง (Upper and Lower Control Limits) ของแผนภูมิควบคุมได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าเราจะรู้ค่าพิสัยควบคุมดังกล่าวแล้วก็ตาม เราก็มไม่สามารถตรวจสอบแนวโน้มของกระบวนการได้ เนื่องจากจุดที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุมมีจำนวนน้อยเกินไป

อุปสรรคที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนี้อาจทำให้วิศวกรผู้รับผิดชอบในงานควบคุมคุณภาพเกิดความไม่มั่นใจว่าการใช้แผนภูมิควบคุมกับกระบวนการผลิตช่วงสั้นจะเหมาะสมหรือไม่ ในบทความนี้จึงมีเป้าหมายที่จะเสนอแนวทางแก้ปัญหาด้วยวิธีการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Deviation-from Nominal Control Chart) สำหรับกระบวนการผลิตช่วงสั้น โดยจะเริ่มอภิปรายโดยสังเขปเกี่ยวกับแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวแปร (Variable Control Chart) อันประกอบด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (Chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (Chart) ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในอุตสาหกรรมการผลิต จากนั้นจะอธิบายทฤษฎีของแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย พร้อมทั้งยกตัวอย่างกรณีศึกษาเพื่อแสดงวิธีการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมชนิดนี้และปิดท้ายด้วยบทสรุปและข้อเสนอแนะ

2. แผนภูมิควบคุมตัวแปร

ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยกันอย่างกว้างขวาง

โดยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยถูกใช้ในการตรวจติดตามความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (Between-Subgroup Variations) ส่วนแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยถูกใช้ในการตรวจติดตามความแปรปรวนภายในกลุ่มตัวอย่าง (Within-Subgroup Variations) กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าแผนภูมิควบคุมทั้งสองชนิดนี้จะต้องถูกใช้ร่วมกันเพื่อตรวจติดตามการอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ (Statistical In-Control) ของกระบวนการนั่นเอง

ในการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการนั้น จะต้องต้องมีข้อมูลซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากกระบวนการให้ได้อย่างน้อย 20 ถึง 25 กลุ่มตัวอย่าง จุดนี้ทำให้กระบวนการผลิตช่วงสั้นมีข้อมูลกลุ่มตัวอย่างไม่เพียงพอที่จะสามารถนำมาสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยเนื่องจากการผลิตสินค้าแต่ละชนิดมีช่วงเวลาสั้นจึงได้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างน้อยเกินไปดังได้กล่าวไว้แล้วในเบื้องต้น

สมมติฐานเบื้องต้นของการใช้แผนภูมิควบคุมกำหนดไว้ว่า ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บมา มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) และเป็นอิสระจากกัน (Independence) หากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยโดยรวม (Grand Average) เท่ากับ $\bar{\bar{x}}$ และมีค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยเท่ากับ $\bar{R}$ ซึ่งใช้เป็นเส้นศูนย์กลาง (Central Line) ของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย ตามลำดับ จะได้พิสัยควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยในสมการ (1) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยในสมการ (2) ตามลำดับดังนี้

$$\begin{aligned}UCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\LCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}\end{aligned}\quad (1)$$

$$\begin{aligned}UCL_R &= D_4 \bar{R} \\LCL_R &= D_3 \bar{R}\end{aligned}\quad (2)$$

โดยค่าพารามิเตอร์ A_2 , D_3 , และ D_4 แปรผันตามขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) และสามารถหาค่าเหล่านี้ได้จากตารางในตำราและคู่มือเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ เช่น [1]-[4] เป็นต้น

หากกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม จะพบว่าจุดกลุ่มตัวอย่างทุกจุดจะต้องตกอยู่ภายในระหว่างพิกัดควบคุมทั้งสองในลักษณะแบบสุ่ม อย่างไรก็ตามแม้ว่าจุดกลุ่มตัวอย่างทุกจุดจะตกอยู่ภายในระหว่างพิกัดควบคุมทั้งสอง หากพบว่าจุดกลุ่มตัวอย่างที่พล็อตแสดงแนวโน้มอย่างมีระบบ (Non-Randomness) หรือมีรูปแบบ (Pattern) ลักษณะเช่นนี้อาจเป็นสัญญาณที่แสดงสภาวะของกระบวนการว่าออกนอกการควบคุมเชิงสถิติ (Out-of-Control State)

3. แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย

แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Δ Chart) เป็นกราฟที่แสดงค่าผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างกับค่าเป้าหมายอ้างอิง (Nominal) ซึ่งต่างจากแผนภูมิควบคุมปกติที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2 ที่แสดงค่าของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างโดยตรงจึงต้องใช้แผนภูมิควบคุมเฉพาะจำแนกออกตามชนิดสินค้าที่ผลิตและต้องการข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแผนภูมิควบคุม

คุณลักษณะของค่าผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างกับค่าเป้าหมายอ้างอิงทำให้สามารถใช้แผนภูมิควบคุมเพียงแผนภูมิเดียวในการตรวจติดตามเพื่อระบุสภาวะของกระบวนการผลิตที่ต้องผลิตสินค้าจำนวนหลากหลายชนิดตั้งเช่นกระบวนการผลิตช่วงสั้นซึ่งค่าเป้าหมายอ้างอิงเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สามารถหาทางออกของปัญหาที่เกิดขึ้นในการควบคุมกระบวนการผลิตช่วงสั้นได้โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย

สมมติฐานเบื้องต้นของการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายกำหนดไว้ว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บมา มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระจากกัน และค่าความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของสินค้าแต่ละชนิดมีค่าเท่ากันหรืออย่างน้อยมีค่าใกล้เคียงกัน และขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากันและคงที่ (เท่ากับ n) จุดกลุ่มตัวอย่างที่นำมาพล็อตลงบนแผนภูมิชนิดนี้คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าของ

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างกับค่าเป้าหมายอ้างอิง ซึ่งกำหนดให้เท่ากับ $\bar{\Delta}_i$ และคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\bar{\Delta}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ijk} - N_k)}{n} \quad (3)$$

โดยค่า

i เป็นลำดับที่ของกลุ่มตัวอย่าง

j เป็นลำดับที่ของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

k เป็นลำดับที่หรือชนิดของสินค้า

x_{ijk} เป็นข้อมูลลำดับที่ j ในกลุ่มตัวอย่าง i ของสินค้า k

N_k เป็นค่าเป้าหมายอ้างอิง (Nominal) ของสินค้า k

หากสมมติว่าเราต้องการตรวจติดตามว่ากระบวนการดำเนินการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติหรือไม่ เราจะใช้ค่าเฉลี่ยโดยรวมของค่าผลต่าง ($\bar{\Delta}$) เป็นเส้นศูนย์กลาง (Central Line) ของแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ส่วนพิกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิค่าผลต่างคำนวณได้จากสมการ (4) ดังนี้

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{\Delta}} &= \bar{\Delta} + A_2 \bar{R} \\ LCL_{\bar{\Delta}} &= \bar{\Delta} - A_2 \bar{R} \end{aligned} \quad (4)$$

ในส่วนของพิกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยสำหรับกระบวนการผลิตช่วงสั้นนั้นให้ใช้สมการ (2) คำนวณได้ตามปกติ อย่างไรก็ตามก่อนการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย เราจะต้องทดสอบว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของสินค้าแต่ละชนิดมีค่าเท่ากันหรืออย่างน้อยมีค่าใกล้เคียงกันจริงหรือไม่

4. การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย

ฝ่ายบริหารของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตสินค้าจากเดิมที่ผลิตให้ได้คราวละปริมาณมาก (High-Volume Production) เพื่อให้เกิดความประหยัดต่อหน่วยมาเป็นแบบการผลิตคราวละน้อยๆ แต่ได้ความหลากหลายของ

ชนิดสินค้า เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นต่อการผลิตและลดช่วงเวลานำ (Lead Time) ของการผลิตสินค้าแต่ละชนิดได้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถสนองความต้องการของตลาดได้ดียิ่งขึ้น

ด้วยเหตุที่กระบวนการผลิตแบบใหม่ของโรงงานเปลี่ยนเป็นกระบวนการผลิตช่วงสั้น ทำให้การตรวจติดตามแนวโน้มของความแปรปรวนรอบค่าเฉลี่ยของกระบวนการด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเป็นไปได้ยาก เนื่องจากจำนวนข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการผลิตในแต่ละแบชต์มีน้อยเกินไป ฝ่ายบริหารของโรงงานจึงได้ตัดสินใจเลิกการใช้แผนภูมิควบคุมตัวแปร และหันมาใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะ (Attribute Control Chart) เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้สารสนเทศที่มีความสำคัญซึ่งควรจะได้จากแผนภูมิควบคุมตัวแปรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) ขาดหายไป

เพื่อแก้ไขปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้แนะนำให้ผู้บริหารของโรงงานทดลองใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายกับเครื่องตัดโลหะสำหรับกระบวนการผลิตเพลากลมหุน (Spindle) เป็นโครงการนำร่อง โดยเพลากลมหุนที่ผลิตมีอยู่ด้วยกัน 3 รุ่น สมมติว่าชื่อรุ่น A รุ่น B และรุ่น C ในแต่ละรุ่นของเพลากลมหุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน แต่มีค่าเป้าหมาย (Nominal) และสเปกความยาวที่กำหนดแตกต่างกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเป้าหมายและสเปกความยาวของเพลากลมหุนทั้ง 3 รุ่น

รุ่นของเพล	ค่าเป้าหมาย (N_A)	สเปกความยาว
A	30.50	± 0.15
B	8.50	± 0.10
C	98.00	± 0.25

หมายเหตุ เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 จึงเป็นตัวเลขที่ถูกแปลงแล้ว (Encoded Data)

ดังได้กล่าวไว้แล้วในเบื้องต้นว่า ก่อนการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายจำเป็นต้องทดสอบเสียก่อนว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของสินค้า

แต่ละชนิดมีค่าเท่ากันหรืออย่างน้อยมีค่าใกล้เคียงกันจริงหรือไม่ ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างแท่งโลหะจำนวน 100 หน่วยในแต่ละรุ่นของเพลากลมหุนที่ได้จากการตัดโดยเครื่องตัดโลหะเดียวกันจึงถูกสุ่มเก็บมาเพื่อคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความยาวซึ่งพบว่าค่าความแปรปรวนที่ได้ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 0.0012 และจากการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี F-Test พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าความแปรปรวนของความยาวของเพลากลมหุนแต่ละรุ่นอย่างมีนัยสำคัญ (ในการทดสอบนี้ใช้ค่า $\alpha = 0.05$)

จากผลการทดสอบข้างต้นทำให้สามารถดำเนินการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายในขั้นต่อไปได้ โดยเริ่มจากการวางแผนการเก็บกลุ่มตัวอย่างแท่งโลหะใช้ทำเพลากลมหุนที่ได้จากการตัดของเครื่องตัดโลหะเดียวกัน ในงานวิจัยนี้ได้เสนอให้ทำการเก็บตัวอย่างขนาด 5 หน่วยทุกๆ ชั่วโมงเนื่องจากปริมาณการตัดของแท่งโลหะที่ใช้ทำเพลากลมหุนแต่ละรุ่นการผลิตมีปริมาณน้อยกล่าวคือ เครื่องตัดโลหะจะทำการตัดแท่งโลหะที่ใช้ทำเพลากลมหุนหนึ่งประมาณ 3 ชั่วโมงแล้วเปลี่ยนไปทำการตัดแท่งโลหะที่ใช้ทำเพลากลมหุนอีกรุ่นหนึ่ง และอัตราการตัดของเครื่องตัดโลหะอยู่ที่ประมาณ 10 - 15 หน่วยต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและชนิดของโลหะที่ตัด

ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างปรากฏว่ามีคำสั่งการตัดโลหะเพื่อทำการผลิตเพลากลมหุนทั้ง 3 รุ่น โดยมีลำดับและจำนวนการตัดดังนี้ รุ่น B จำนวน 36 หน่วย รุ่น A จำนวน 42 หน่วย รุ่น B จำนวน 33 หน่วย รุ่น A จำนวน 45 หน่วย และ รุ่น C จำนวน 42 หน่วย เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมงจึงเริ่มสุ่มเก็บตัวอย่าง (Random Sampling) โลหะที่ตัดมา 5 หน่วยเพื่อทำการวัดความยาว และจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเดียวกันเช่นนี้ทุกๆ 1 ชั่วโมง ข้อมูลสังเกตการณ์ที่สุ่มเก็บได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 สำหรับผลการคำนวณค่าต่างๆ จากข้อมูลที่เก็บได้ซึ่งต้องนำมาใช้สร้างแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายและค่าที่ใช้พล็อตลงในแผนภูมิควบคุมได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 เช่นกัน

ตารางที่ 2 ข้อมูลความยาวของเพลากันหมุนทั้ง 3 รุ่นที่สุ่มเก็บได้พร้อมทั้งค่าผลต่างและค่าพิสัยที่คำนวณได้

ลำดับ (i)	รุ่นของเพลากัน (k)	ข้อมูลความยาวของเพลากันที่วัดได้ (x_{ijk})					ค่าเฉลี่ยผลต่าง $\bar{\Delta}_i$	ค่าพิสัย R_i
		j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5		
1	B	8.53	8.55	8.41	8.52	8.49	0.000	0.14
2	B	8.52	8.53	8.54	8.55	8.52	0.032	0.03
3	B	8.48	8.48	8.53	8.54	8.48	0.002	0.06
4	A	30.74	30.57	30.63	30.61	30.58	0.126	0.17
5	A	30.57	30.47	30.59	30.51	30.55	0.038	0.12
6	A	30.51	30.42	30.50	30.50	30.53	-0.008	0.11
7	B	8.47	8.51	8.51	8.50	8.50	-0.002	0.04
8	B	8.47	8.52	8.45	8.44	8.47	-0.030	0.08
9	B	8.52	8.49	8.47	8.48	8.52	-0.004	0.05
10	A	30.49	30.49	30.49	30.48	30.46	-0.018	0.03
11	A	30.45	30.48	30.48	30.52	30.53	-0.008	0.08
12	A	30.51	30.50	30.45	30.46	30.50	-0.016	0.06
13	C	97.97	97.95	98.04	98.03	98.04	0.006	0.09
14	C	97.96	97.76	97.80	97.84	98.01	-0.126	0.25
15	C	97.97	97.98	98.00	98.05	97.98	-0.004	0.08
							$\bar{\Delta} = -0.001$	$\bar{R} = 0.093$

เมื่อได้ข้อมูลพร้อมแล้วขั้นตอนต่อมาคือการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของความยาวของเพลากันแล้วนำค่าเฉลี่ยผลต่าง ($\bar{\Delta}_i$) และค่าพิสัย (R_i) พล็อตลงบนแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณมีขนาดเท่ากับ 5 หน่วย ($n = 5$) อาศัยการเปิดตารางเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ A_2 , D_3 , และ D_4 ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 2 จะได้ว่า $A_2 = 0.577$, $D_3 = 0$, และ $D_4 = 2.115$ ดังนั้นพิกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายมีผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$UCL_{\Delta} = 0.052$$

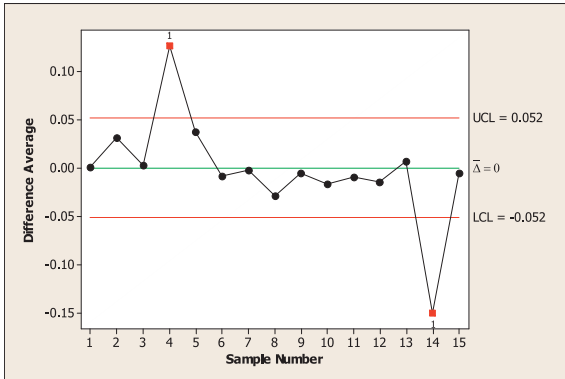
$$LCL_{\Delta} = -0.052$$

ส่วนพิกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยได้ผลลัพธ์ดังนี้

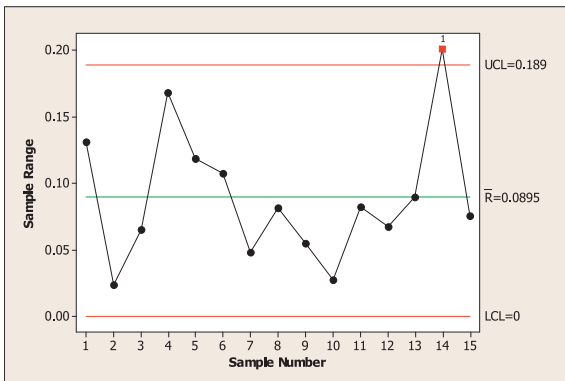
$$UCL_R = 0.189$$

$$LCL_R = 0$$

เมื่อนำค่าเฉลี่ยผลต่างและค่าพิสัยในตารางที่ 2 มาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย ตามลำดับ จะได้ผลลัพธ์แสดงไว้ดังรูปที่ 1 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายส่งสัญญาณที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมและมีเลข 1 กำกับ โดยบ่งชี้ว่าอาจมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น (Special Cause) ในชั่วโมงที่ 4 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทำเพลารุ่น A และชั่วโมงที่ 14 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทำเพลารุ่น C ส่วนแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยแสดงสัญญาณบ่งชี้ว่าอาจมีสิ่งผิดปกติ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (ก) และค่าพิสัย (ข) สำหรับความยาวของแท่งโลหะที่ใช้ทำเพลากลมหมุน

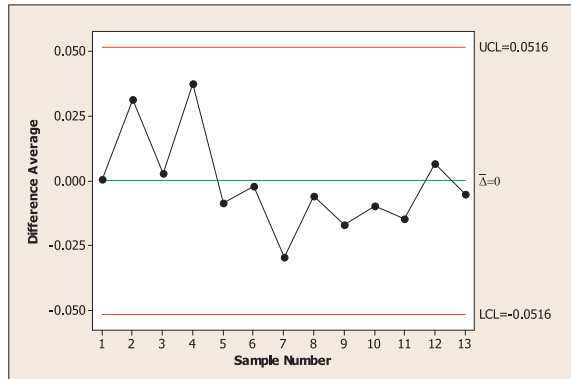
เกิดขึ้นในช่วงที่ 14 ที่โรงงานที่รับผิดชอบจึงทำการตรวจสอบเพื่อสืบค้นว่าสัญญาณบ่งชี้การออกนอกการควบคุม (Out-of-Control Signal) ในกลุ่มตัวอย่างที่ 4 และกลุ่มตัวอย่างที่ 14 เกิดจากสาเหตุใด

จากการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุที่จุดกลุ่มตัวอย่างที่ 4 ซึ่งตกอยู่เหนือพิสัยควบคุมบนของแผนภูมิค่าผลต่างพบว่าเกิดจากความตั้งใจของพนักงานที่รับผิดชอบทำเพลารุ่น A ได้ทำการปรับตั้งเครื่องตัดให้ตัดแท่งโลหะเผื่อยาวเล็กน้อย โดยพนักงานดังกล่าวเชื่อว่าการปรับตั้งเครื่องในลักษณะนี้จะให้ผลดีกว่าการปรับตั้งเครื่องตัดให้ได้ตามความยาวมาตรฐานของเพล่า โดยพนักงานให้เหตุผลว่า แม้ความยาวของแท่งโลหะที่ตัดมี

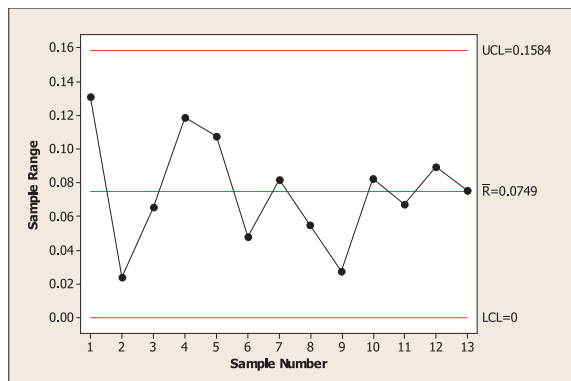
ความยาวกว่ามาตรฐานพนักงานคนดังกล่าวก็สามารถแก้ไขงานนั้นได้ (Rework) แต่ถ้าหากเกิดตัดแท่งโลหะสั้นเกินไปอาจทำให้แท่งโลหะนั้นกลายเป็นเศษวัสดุของเสีย (Scrap) ได้ ความเชื่อดังกล่าวนี้นี้เป็นเรื่องที่ผิดหลักการทางสถิติอย่างสิ้นเชิงเนื่องจากจะทำให้ค่าเฉลี่ยความยาวไม่อยู่ที่ค่าเป้าหมายตามสเปก ที่งานจริงได้แก้ปัญหานี้ด้วยการให้การฝึกอบรมแก่พนักงานคนดังกล่าวเกี่ยวกับวิธีการปรับตั้งเครื่องตัดที่ถูกต้องและวิธีการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเบื้องต้น

ในส่วนของการตรวจสอบหาสาเหตุของจุดกลุ่มตัวอย่างที่ 14 ซึ่งตกอยู่ใต้พิสัยควบคุมล่างของแผนภูมิค่าผลต่างและตกอยู่เหนือพิสัยควบคุมบนของแผนภูมิค่าพิสัย ที่งานพบว่า ในช่วงช่วงที่ 14 มีเศษวัสดุโลหะ (Chip) ที่เกิดจากการตัดติดอยู่บริเวณปลายแบบตัด (Template) ซึ่งเกิดขึ้นตามปกติของการตัดอยู่แล้ว แต่ครั้งนี้ไม่มีการกำจัดออกไปเนื่องจากพนักงานใหม่ที่เข้ามารับผิดชอบชั่วคราวในงานตัดแท่งโลหะสำหรับผลิตเพลารุ่น C ไม่เข้าใจขั้นตอนการตัดโลหะ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดการตัดแท่งโลหะที่สั้นกว่ามาตรฐานมากกว่าปกติ เหตุการณ์นี้ถือเป็นโอกาสที่ดีที่พนักงานเดิมได้เคยมีแนวคิดที่จะติดตั้งระบบจุดเศษวัสดุที่ตกค้างอยู่ในบริเวณส่วนปลายของแบบตัดอยู่แล้ว โดยใช้เครื่องดูดฝุ่นที่มีใช้อยู่ประกอบเข้ากับวงจรควบคุมที่จัดซื้อมาในราคาไม่ก็ร้อยละบาท ซึ่งระบบนี้จะเริ่มทำงานทันทีที่การตัดชิ้นงานแต่ละชิ้นเสร็จสิ้นลงทุกครั้ง ถึงจุดนี้จะตัดกลุ่มตัวอย่างที่ 4 และ 14 ออกไป เพื่อคำนวณหาพิสัยควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายและของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยใหม่ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2

เนื่องจากจุดกลุ่มตัวอย่างที่เหลือทุกจุดตกอยู่ภายในพิสัยควบคุมชุดใหม่ดังแสดงไว้ในแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายในรูปที่ 2 ดังนั้นสรุปได้ว่าสามารถนำพิสัยควบคุมใหม่นี้ไปใช้ควบคุมกระบวนการผลิตปัจจุบันและอนาคตได้ ทั้งนี้มีข้อสังเกตที่ได้จากการใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวแปรชนิดนี้แทนที่จะใช้แต่เพียงแผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะแต่เพียง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (ก) และค่าพิสัย (ข) สำหรับความยาวของแท่งโลหะที่ใช้ทำเพลากันหมุนหลังตัดจุดที่อยู่นอกพิสัยควบคุมแล้ว

อย่างเดียวกันคือ โรงงานแห่งนี้ได้ค้นพบความผิดพลาดของพนักงานซึ่งมีผลอย่างมากต่อคุณลักษณะเชิงสถิติของผลิตภัณฑ์โดยที่พนักงานไม่เคยคิดมาก่อนเลยว่าสิ่งที่ตนดำเนินการอยู่นั้นเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง หากโรงงานยังคงใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะแต่เพียงอย่างเดียวอย่างในอดีตที่ผ่านมาอีกอาจไม่สามารถตรวจพบความผิดพลาดดังกล่าวนี้ได้ อย่างไรก็ตามหากกระบวนการผลิตช่วงสั้นเป็นกระบวนการที่เพิ่งติดตั้งขึ้นใหม่อาจจะต้องใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมากกว่าเดิมเพื่อใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมที่มีความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติมากขึ้นก่อนที่จะนำแผนภูมิควบคุมนี้มาใช้ในการตรวจ

สอบสถานะของกระบวนการผลิตต่อไป

จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อนี้แสดงให้เห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการผลิตแบบล็อตเล็กหรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่ากระบวนการผลิตช่วงสั้นซึ่งมักจะมีแนวโน้มที่จะพบเห็นอยู่ทั่วไปในสภาพการผลิตในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามข้อควรระวังประการสำคัญในเรื่องของกระบวนการผลิตช่วงสั้นก็คือหากกระบวนการผลิตช่วงสั้นนั้นมีอัตราการผลิตที่เร็วแม้ช่วงเวลาการผลิตจะสั้น แต่ข้อมูลที่ได้จากการผลิตนี้อาจมีมากพอที่จะใช้แผนภูมิควบคุมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้ แต่ข้อเท็จจริงปรากฏว่าข้อมูลสังเกตการณ์ (Observations) ที่ได้นั้นกลับไม่เป็นไปตามสมมติฐานหลักที่กำหนดไว้ว่าข้อมูลตัวอย่างต้องเป็นอิสระจากกัน (Independence Assumption)

กล่าวอย่างเจาะจงก็คือ ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่มีอัตราการผลิตสูงจะมีลักษณะที่แสดงความสัมพันธ์กันเอง (Autocorrelation) จึงทำให้ไม่สามารถใช้แผนภูมิควบคุมกับข้อมูลเหล่านี้ได้โดยตรง เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะส่งสัญญาณจำนวนบ่อยครั้งแบบผิดๆ (False Alarm Signal) ว่าเกิดการออกนอกการควบคุมตั้งผลการศึกษาของนักวิชาการหลายท่านที่ได้รายงานและแนะนำแนวทางการแก้ปัญหาการควบคุมกระบวนการที่มีลักษณะของข้อมูลแบบสัมพันธ์กันเอง (Autocorrelated Process Data) ดังกล่าวไว้เช่น [5]-[8] เป็นต้น

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริมาณข้อมูลซึ่งค่อนข้างน้อยที่สุ่มเก็บได้จากกระบวนการผลิตแบบล็อตเล็กหรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่ากระบวนการผลิตช่วงสั้นซึ่งมีแนวโน้มที่จะพบเห็นอยู่ทั่วไปในสภาพการผลิตในปัจจุบัน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการใช้แผนภูมิควบคุมตัวแปรในการเฝ้าติดตามตรวจสอบสถานะของกระบวนการเนื่องจากการผลิตสินค้าแต่ละชนิดมีช่วงเวลาสั้นมากจึงได้จำนวนข้อมูลน้อยเกินไป ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มักทำให้ฝ่ายบริหารตัดสินใจเลิกการใช้แผนภูมิควบคุมตัวแปรและหันมาใช้แผนภูมิ

ควบคุมคุณลักษณะเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้สารสนเทศที่มีความสำคัญซึ่งควรจะได้จากแผนภูมิควบคุมตัวแปรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการขาดหายไป

ในบทความนี้ได้เสนอทางออกของปัญหาที่เกิดขึ้นในการควบคุมกระบวนการผลิตช่วงสั้นได้โดยการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย คุณลักษณะของค่าผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างกับค่าเป้าหมายทำให้สามารถใช้แผนภูมิควบคุมเพียงแผนภูมิเดียวในการตรวจติดตามเพื่อระบุสภาวะของกระบวนการผลิตที่ต้องผลิตสินค้าจำนวนหลากหลายชนิดดังเช่นกระบวนการผลิตช่วงสั้นซึ่งค่าเป้าหมายเปลี่ยนแปลงไปตามสินค้าที่ทำการผลิต ดังที่ได้บรรยายหลักการและขั้นตอนการใช้แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายเพื่อตรวจติดตามสถานะของกระบวนการผลิตเพลากลั่นหมันทั้ง 3 รุ่นของโรงงานที่ได้ใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้

อย่างไรก็ตาม แม้ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตช่วงสั้นที่มีอัตราการผลิตที่สูงอาจมีมากพอที่จะใช้แผนภูมิควบคุมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้ แต่ข้อเท็จจริงกลับพบว่าข้อมูลที่ได้นั้นมักจะมีลักษณะที่แสดงความสัมพันธ์กันเอง ซึ่งเป็นการละเมิดสมมติฐานหลักที่ว่าข้อมูลตัวอย่างจะต้องเป็นอิสระจากกัน จึงส่งผลให้เราไม่สามารถใช้แผนภูมิควบคุมกับข้อมูลเหล่านี้ได้โดยตรง เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะส่งสัญญาณผิด (False Alarm Signal) ด้วยความถี่มากครั้งว่าเกิดการออกนอกการควบคุมดังผลการศึกษานักวิชาการหลายท่านที่ได้รายงานไว้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยสำคัญที่ควรดำเนินการต่อคือ การศึกษา

แนวทางแก้ปัญหาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับกระบวนการผลิตช่วงสั้นที่มีอัตราการผลิตที่สูง

เอกสารอ้างอิง

- [1] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, Fifth Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2005.
- [2] J. Oakland, *Statistical Process Control*, Sixth Edition, Butterworth-Heinemann, 2008.
- [3] J. M. Juran and A. B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, Fifth Edition, McGraw Hill, 1999.
- [4] T. Pyzdek, *Quality Engineering Handbook*, Second Edition, Marcel Dekker Inc., 2003.
- [5] L. C. Alwan and H. V. Roberts, "Time-series modeling for statistical process control," *Journal of Business and Economic Statistics*, vol.6, no.1, pp. 87–95, 1988.
- [6] H. D. Maragah and W. H. Woodall, "The effect of autocorrelation of the retrospective $\bar{x}$ chart," *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol.40, pp. 29–42, 1992.
- [7] D. C. Montgomery and C. M. Mastrangelo, "Some statistical process control methods for autocorrelated data," *Journal of Quality Technology*, vol.23, no.3, pp. 179–204, 1991.
- [8] V. Tantibadaro, "Loss-Function-Based Control Chart for AR(1) Processes," *AIT Dissertation*, no. ISE-04-1, 2004.