



การศึกษาเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการแบบนอร์มอลและนอนนอร์มอล สำหรับกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุ

A Comparative Study of Process Capability Indices of Normal and Non-normal for Capacitor Output Process

ลำปาง แสนจันทร์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

E-mail: lampang.s@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาข้อมูลปริมาณความจุไฟฟ้า จากกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุของโรงงานแห่งหนึ่ง จำนวน 30 ล็อตที่ผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559 โดยเลือกตัวอย่างมาตรวจสอบสัปดาห์ละ 1 ล็อต เพื่อให้ครอบคลุมย่านการผลิตทั้งหมด นำข้อมูลมาศึกษาเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิต พบว่าข้อมูลปริมาณความจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุของโรงงานนี้ มีการแจกแจงแบบเบ้เชิงลบและไม่มีคุณสมบัติของการแจกแจงปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการด้วยสูตรการแจกแจงปกติ ($C_p(u,v)$) และสูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ($C_{np}(u,v)$) พบว่า $C_{np}(u,v)$ มีค่ามากกว่า $C_p(u,v)$ เมื่อ u และ v มีค่าเป็น 0 กับ 1 ในทุก ๆ ค่าของ u และ v ซึ่งการใช้สูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติจะให้ค่าดัชนีและความสามารถของกระบวนการที่ต่ำกว่าความเป็นจริง โดยพบว่าเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงค่อนข้างสมมาตร ค่าดัชนีที่ใช้สูตรการแจกแจงปกติและสูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติจะมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ข้อมูลในกระบวนการผลิตนี้ไม่มีคุณสมบัติการแจกแจงปกติ ควรใช้สูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ผลการศึกษานี้เป็นประโยชน์สำหรับผู้ปฏิบัติในโรงงาน ให้ตระหนักถึงการเลือกใช้สูตรดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการที่เหมาะสม ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมไทย

ABSTRACT

This research study with volume capacitance data about 30 lots of Capacitor Output Process from a manufacturer during January – August 2016 by sampling one lot per week to complete the entire products. The random data was used to investigate in Process Capability Indices. It was found that the volume capacitance data in these manufactured Capacitors was shown in negatively skewed curve with no features of a normal distribution. Analysis on Process Capability Indices applied by the normal distribution formula ($C_p(u,v)$) against the non-normal distribution formula ($C_{np}(u,v)$) resulted in higher values of $C_{np}(u,v)$ than $C_p(u,v)$ when compared to all values of u and v . The non-normal distribution formula reflects on both the indices and the manufacturing process capability lower than the reality. Seeing that, the similar values of such indices were resulted from a use of normal and non-normal distribution formula when the collective data are relatively symmetric. In

consequence, it is advisable that the non-normal distribution formula is required when the production process data shows no features of normal distribution. This finding is greatly useful for the production analyst in factories who would be fully convinced how to select the appropriate process capability index formulas in order that its benefit gained would dramatically improve Thailand- based industry as a whole.

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพ ตัวเก็บประจุ ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ
อัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ

Keywords: Quality Control, Capacitor, Process Capability Indices, Ratio of Process Capability Index

1. บทนำ

ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Indices: PCI's) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่สามารถนำมาอธิบายถึงประสิทธิภาพและวัดศักยภาพของกระบวนการผลิต (Kane, 1986) โดยนักสถิติได้สร้างดัชนีชี้วัดขึ้น ภายใต้เงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติและอยู่ในสภาวะเสถียร (Stable) ได้แก่ C_p , C_{pk} , C_{pm} และ C_{pmk} โดยค่า C_p และ C_{pk} นี้จะอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายเทียบกับขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limits) แต่ดัชนีทั้งสองไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับค่าเป้าหมายการผลิตได้ (Sullivan, 1985) ต่อมา Chen et al. (1988) และ Pearn et al. (1998) จึงได้เสนอดัชนี C_{pm} และ C_{pmk} เพิ่มเติม เพื่อแสดงถึงผลต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเป้าหมาย (Target) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตร่วมด้วย อย่างไรก็ตามดัชนีทั้ง 4 สูตรที่สร้างขึ้นจะสะท้อนความสามารถของกระบวนการตรงกับความเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติเท่านั้น ต่อมา Chen and Pearn (1997) และ Tong and Chen (1998) ได้พัฒนาดัชนีชี้วัดภายใต้ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติขึ้น ได้แก่ C_{Np} , C_{Npk} , C_{Npm} และ C_{Npmk} ตามลำดับ

สำหรับการใช้สูตรดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการของผู้ปฏิบัติและนักสถิติ มักมีข้อขัดแย้งกันเสมอ (Kotz and Lovelace, 1998) โดยผู้ปฏิบัติคุ้นเคยกับสูตรดัชนีชี้วัดที่สร้างขึ้นภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงปกติเท่านั้นโดยเฉพาะค่า C_p และ C_{pk} ผู้ปฏิบัติได้เคยเฝ้าระวังข้อบกพร่อง ซึ่งอาจเหตุผลว่าข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากมากหรือแทบไม่เกิดขึ้นเลย และเห็นว่าดัชนีที่คำนวณได้นั้นนำไปประกอบเป็นหลักฐานทางสถิติเท่านั้น โดยไม่ได้นำค่าดัชนีชี้วัดมาอธิบายถึงประสิทธิภาพและศักยภาพของกระบวนการผลิตเท่าที่ควรจะเป็น ผู้ปฏิบัติบางรายไม่เชื่อว่าดัชนีชี้วัดนี้จะเป็นค่าบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการได้ทั้งหมด เนื่องจากปัจจัยที่นำมาเป็นตัวแปรคุณภาพของกระบวนการผลิตไม่ได้มีเพียงตัวเดียว แท้จริงแล้วอาจจะมีหลายตัวแปรได้ บางรายเชื่อมั่นในทฤษฎีสถิติแต่ไม่มีเวลาที่จะศึกษาหรือบางรายมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางสถิติที่ไม่เพียงพอ จึงเห็นว่าการใช้สถิติขั้นสูงเป็นเรื่องยุ่งยากไม่คุ้มค่ากับเวลาและต้นทุนที่สูญเสียไปกับการเข้มงวดและความยุ่งยากของการหาค่าดัชนีชี้วัดดังกล่าว ซึ่งนักสถิติเห็นว่าการใช้ดัชนีชี้วัดดังกล่าวถือเป็นการโจรกรรมทางสถิติ (Statistical Terrorism) (Kotz and Cynthai, 1998) และได้วิจารณ์การใช้ดัชนีชี้วัดของผู้ปฏิบัติในหลายประเด็น อาทิ การหาค่า C_p และ C_{pk} ของบางหน่วยงานกระทำโดยการขยายความกว้างของขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง เพื่อให้มีความกว้างเพิ่มขึ้นซึ่งเรื่องที่ไม่เหมาะสม (Kitska, 1991) การหาค่า C_p และ C_{pk} ของบางหน่วยงานไม่ได้มีการวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณสมบัติของข้อมูลเบื้องต้น นำไปสู่ความคลาดเคลื่อนหรือสรุปความหมายที่ผิดพลาดได้ (Kitska, 1991) การทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการแจกแจงของตัวอย่างสุ่มและการประมาณค่า PCI's มีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ ผู้ปฏิบัติโดยส่วนใหญ่จะรับรู้เพียงคุณสมบัติการแจกแจงปกติ และผู้ปฏิบัติยังรู้สึกคัดค้านคุณสมบัติดังกล่าว (Johnson et al., 1994) ในมุมมองของผู้ปฏิบัติมีเป้าประสงค์เพียงต้องการให้ค่า C_{pk} มีค่ามากกว่า 1 และต้องการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการจนให้ค่า C_{pk} เกิน 2 ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม มีผู้ปฏิบัติไม่น้อยที่ขาดการใส่ใจอย่างแท้จริงเกี่ยวกับคุณสมบัติของค่า C_{pk} ที่ได้ (Barnett, 1988)

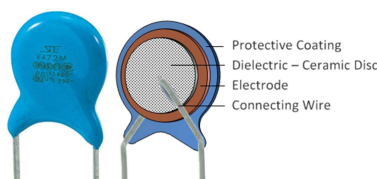
งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุ (Capacitor) ของโรงงานแห่งหนึ่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลำพูน ต.บ้านกลาง อ.เมือง จ.ลำพูน โดยตัวเก็บประจุไฟฟ้านี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคาย

ประจุ (Discharge) ได้ เป็นตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกแบบค่าคงที่ ผลิตขึ้นเพื่อนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ซึ่งข้อมูลที่น่าสนใจคือปริมาณความจุของประจุไฟฟ้าต่อชิ้นงาน มีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) โรงงานแห่งนี้นับเป็นหน่วยงานที่น่าสถิติ มาใช้ในกระบวนการผลิตในระดับมาก (ลำปาง, 2547) โดยที่ผ่านมามีผู้ปฏิบัติของโรงงานแห่งนี้ได้ใช้ค่า C_p และ C_{pk} ในการหาค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการเช่นเดียวกันกับหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งเป้าประสงค์ของการหาค่าดัชนีชี้วัดของโรงงาน คือ 1. เพื่อเปรียบเทียบค่าเป้าหมาย (Target) กับค่าเฉลี่ย (Mean) เมื่อพบผลิตภัณฑ์เสียสูงผิดปกติ โดยหาค่า C_p และ C_{pk} จากข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด แล้วนำผลวิเคราะห์ไปใช้ประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาต่อไป และ 2. เพื่อเฝ้าระวังความผิดปกติของกระบวนการผลิต เนื่องจากต้องการหลักฐานทางสถิติไปประกอบการขอรับประกันมาตรฐาน TS 16949 โดยทั่วไปเกณฑ์มาตรฐานของค่าดัชนีชี้วัดที่กำหนดต้องมีค่ามากกว่าเท่ากับ 2 ขึ้นไป จึงจะถือว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถ ในทางปฏิบัติของโรงงานได้ดำเนินการตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดออก แล้วหาค่าดัชนีชี้วัดภายใต้สูตรการแจกแจงปกติ ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าดัชนีชี้วัดที่เคยปฏิบัติมา ส่วนประเด็นที่เป็นข้อสงสัยของโรงงานคือการหาค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันกับวิธีทางสถิติภายใต้การพิจารณาเงื่อนไขการแจกแจงปกตินั้น จะมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร จึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้น เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการด้วยวิธีการใช้การแจกแจงปกติและไม่ใช้การแจกแจงปกติ โดยอาศัยอัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Ratio of Capability Process Index; RCPI) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ให้ทางโรงงานได้นำไปประกอบการตัดสินใจหรือเป็นแนวทางในการหาค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสำหรับการผลิตตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม และนำไปสู่ความร่วมมือทางวิชาการในอนาคตต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้ได้นำข้อมูลปริมาณความจุไฟฟ้า จากกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุ (Capacitors) ของโรงงานแห่งหนึ่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลำพูน อ.เมือง จ.ลำพูน ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่ผลิตช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559 จำนวนชิ้นงาน 71,193 ชิ้นต่อล็อต นำมาศึกษาและหาข้อสรุปเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (โดย 1 ล็อต ถือเป็นหนึ่งกระบวนการผลิตที่ใช้ 4 M เดียวกัน ได้แก่ วิธีการ (Method) วัตถุดิบ (Material) เครื่องจักร (Machine) ผู้ควบคุม (Man) เดียวกัน หรือมีกลไกการเกิดเดียวกัน และชิ้นงานแต่ละชิ้นมีองค์ประกอบดังรูปที่ 1) ซึ่งตัวเก็บประจุที่มีคุณภาพหมายถึงตัวเก็บประจุที่มีปริมาณความจุไฟฟ้าอยู่ระหว่างขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง (Upper and Lower Specification Limits) เป็น 5,920.56 และ 3,947.39 Farad ตามลำดับ และกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุนี้ทางโรงงานได้กำหนดเป้าหมายผลิตไว้ที่ 4,933.975 Farad ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลล็อตใดล็อตหนึ่ง มาทำการศึกษา ก่อน เพื่อสรุปเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการด้วยสูตรใช้การแจกแจงปกติและไม่ใช้การแจกแจงปกติ ภายใต้ความเชื่อของกลไกการผลิตภายใต้กระบวนการผลิตที่ใช้ 4 M เดียวกัน ที่ถือว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระบวนการผลิต (ศุภชัย, 2551) จึงถือว่าล็อตที่นำมาศึกษากันจะสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการผลิตได้ และเพื่อยืนยันความแน่นอน (Consistency) ของกระบวนการผลิตดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจำนวน 30 ล็อตมาศึกษาและวิเคราะห์ซ้ำ ซึ่งข้อมูลจำนวน 30 ล็อตนี้ ได้มาจากการเลือกตัวอย่างจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ที่ผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 8 เดือน (ประมาณ 30 สัปดาห์) โดยเลือกตัวอย่างสัปดาห์ละ 1 ล็อต เพื่อให้ครอบคลุมย่านการผลิตทั้งหมด



รูปที่ 1 ตัวอย่างของตัวเก็บประจุที่ทางโรงงานผลิต

2.2. ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม R และโปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ผล ซึ่งได้ดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 นำข้อมูลจำนวน 71,193 ชิ้น มาวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนาเพื่อพิจารณาลักษณะของข้อมูล ทดสอบความผิดปกติ และตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 แล้วคำนวณค่าดัชนีชี้วัดด้วยสูตรการแจกแจงปกติ (C_p , C_{pk} , C_{pm} และ C_{pmk}) และสูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ (C_{Np} , C_{Npk} , C_{Npm} และ C_{Npmk})

ขั้นที่ 2 ตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก โดยนำข้อมูลนี้มาทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับขั้นที่ 1)

ขั้นที่ 3 นำค่าดัชนีที่คำนวณได้จากขั้นที่ 1) และขั้นที่ 2) มาหาค่า RCPI เปรียบเทียบค่าดัชนีที่ได้จากการคำนวณแต่ละวิธี เพื่อสรุปผล

สำหรับการยืนยันความแม่นยำของกระบวนการผลิตได้นำข้อมูลจำนวน 30 ล็อต มาทำซ้ำในขั้นที่ 1 ถึง ขั้นที่ 3

2.3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. สถิติที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของข้อมูลในกระบวนการผลิตคือสถิติพรรณนา สถิติทดสอบข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ (Outlier) ของกรับ (Grubb's Test) (Barnett and Lewis, 1994) และสถิติทดสอบการแจกแจงปกติซึ่งใช้ 3 ตัว คือ สถิติทดสอบแอนดิสัน (Anderson-Darling Test; A-D.) (Stephens, 1976) จาริน จูเนียร์ (Ryan-Joiner Test; R-J.) (Ryan and Joiner, 1976) และคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov Test; K-S.) (Chakravarti et al., 1967) ทั้งนี้เพื่อยืนยันการแจกแจงของกระบวนการผลิต

2. ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ กรณีข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ซึ่งมี 4 พื้นฐานคือ C_p , C_{pk} , C_{pm} และ C_{pmk} ซึ่ง Vannman (1995) ได้เสนอโครงสร้างของสูตรไว้ดังสมการที่ 1

$$C_p(u,v) = \frac{d-u|\mu-m|}{3\sqrt{\sigma^2 + v(\mu-T)^2}} \quad \dots(1)$$

เมื่อ μ แทนค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต σ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิต, $d=(USL-LSL)/2$ แทนครึ่งหนึ่งของความกว้างของขอบเขตข้อกำหนด $m=(USL+LSL)/2$ แทนค่ากึ่งกลางระหว่างขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง และ T แทนค่าเป้าหมายการผลิต โดย $(u,v)=(0,0)$, $(1,0)$, $(0,1)$ และ $(1,1)$ แทนด้วย C_p , C_{pk} , C_{pm} และ C_{pmk} ดังสมการที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad \dots(2)$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} \quad \dots(3)$$

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu-T)^2}} \quad \dots(4)$$

$$C_{pmk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu-T)^2}}, \frac{\mu - LSL}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu-T)^2}} \right\} \quad \dots(5)$$

โดยที่ C_p เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่พิจารณาเกี่ยวกับการกระจายของกระบวนการผลิต (σ), C_{pk} เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่พิจารณาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยแต่ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับค่าเป้าหมายได้ C_{pm} เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่ได้พิจารณาเกี่ยวกับค่าการกระจายโดยเพิ่มเทอม $(\mu-T)^2$ เข้าไปในสูตร ส่วน C_{pmk} เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่พิจารณาเกี่ยวกับค่าการกระจายและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับเป้าหมายการผลิตที่ตั้งไว้ (Chen and Pearn, 1997)

3. ดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการกรณีข้อมูลไม่ใช้การแจกแจงปกติ

Chen and Pearn (1997) และ Tong and Chen (1998) ได้เสนอสูตรการหาดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในกรณีข้อมูลไม่ใช้การแจกแจงปกติ คือ C_{Np} , C_{Npk} , C_{Npm} และ C_{Npmk} ซึ่งได้เสนอโครงสร้างทั่วไปไว้ ดังสมการที่ 6

$$C_{Np}(u,v) = \frac{d-u|M-m|}{3\sqrt{\left[\frac{F_{99.865}-F_{0.135}}{6}\right]^2 + v(M-T)^2}} \quad \dots(6)$$

เมื่อ F_α แทนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ α^{th} , M แทนค่ามัธยฐานของกระบวนการผลิต จากสมการที่ 2 นี้ M ใช้แทนค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตในสมการที่ 1 ซึ่งมีฐานเป็นค่าแนวโน้มสู่ส่วนกลางที่มีความแกร่ง (Robust) กว่าค่าเฉลี่ยในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ และ $(F_{99.865}-F_{0.135})/6$ แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิต โดยแนวคิดของสมการที่ 2 มาจากการพิจารณาคุณสมบัติของการแจกแจงปกติ ที่ช่วงความเชื่อมั่น 99.73 % ($\pm 3\sigma$) ถ้าข้อมูลที่น้อยกว่า 0.027% และมากกว่า 99.865% ถือว่าตกนอกขอบเขตทางซ้ายและด้านขวาของ μ ตามลำดับ โดย $(u,v)=(0,0)$, $(1,0)$, $(0,1)$ และ $(1,1)$ แทนด้วย C_{Np} , C_{Npk} , C_{Npm} และ C_{Npmk} ดังสมการที่ 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ

$$C_{Np} = \frac{USL - LSL}{(F_{99.865} - F_{0.135})} \quad \dots(7)$$

$$C_{Npk} = \frac{\min \{USL - M, M - LSL\}}{\left(\frac{F_{99.865} - F_{0.135}}{2}\right)} \quad \dots(8)$$

$$C_{Npm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\left(\frac{F_{99.865} - F_{0.135}}{6}\right)^2 + (M-T)^2}} \quad \dots(9)$$

$$C_{Npmk} = \frac{\min \{USL - M, M - LSL\}}{3\sqrt{\left(\frac{F_{99.865} - F_{0.135}}{6}\right)^2 + (M-T)^2}} \quad \dots(10)$$

4. งานวิจัยนี้ได้นำเสนออัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Ratio of Capability Process Index; RCPI) เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดของเศษและส่วน โดยใช้แนวคิดการหาอัตราส่วนทั่วไป ดังสมการที่ 11 และสมการที่ 12

$$RCPI_{Np/Nn}(u,v) = \frac{C_{Np}(u,v)}{C_p(u,v)} \quad \dots(11)$$

$$RCPI_{Np/Nn}(u,v) = \frac{C_p(u,v)}{C_{Np}(u,v)} \quad \dots(12)$$

จากสมการที่ 11 ถ้า $(u,v)=(0,0)$, $(0,1)$, $(1,0)$, $(1,1)$ จะได้ $RCPI_{Np/Nn} = \frac{C_{Np}}{C_p}$, $\frac{C_{Npk}}{C_{pk}}$, $\frac{C_{Npm}}{C_{pm}}$ และ $\frac{C_{Npmk}}{C_{pmk}}$ ตามลำดับ และจากสมการที่ 12 ถ้า $(u,v)=(0,0)$, $(0,1)$, $(1,0)$, $(1,1)$ จะได้ $RCPI_{Np/Nn} = \frac{C_p}{C_{Np}}$, $\frac{C_{pk}}{C_{Npk}}$, $\frac{C_{pm}}{C_{Npm}}$ และ $\frac{C_{pmk}}{C_{Npmk}}$ ตามลำดับ

เกณฑ์การพิจารณา ถ้าค่าอัตราส่วนของดัชนีชี้วัดนี้มีค่าเข้าใกล้ 1 จะแสดงว่าค่าดัชนีชี้วัดบนและล่างสอดคล้องกันหรือความสามารถของกระบวนการที่ใช้สูตรดัชนีชี้วัดทั้ง 2 สูตร ให้ข้อสรุปที่ใกล้เคียงกันเดียวกัน

3. ผลการวิจัย

3.1. การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของข้อมูล

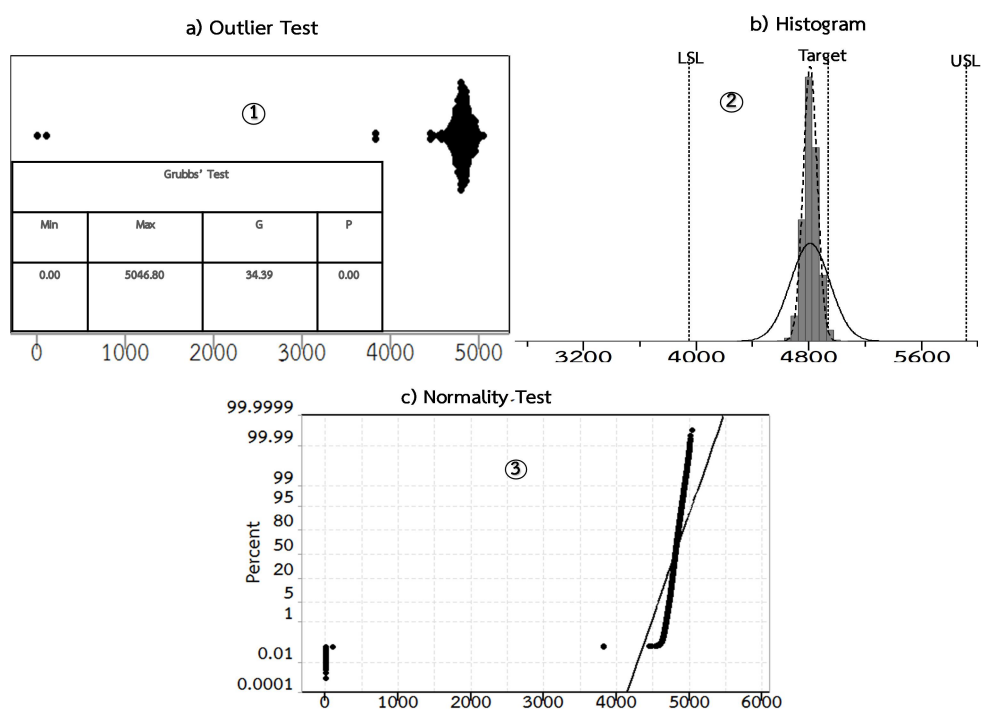
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดิบ (Raw Data) จากรูปที่ 2 และตารางที่ 1 ค่ามัธยฐาน (Median) มากกว่าค่าเฉลี่ย (Mean) และความเบ้ (Skewness) มีค่าติดลบ ฮิสโทแกรม (Histogram) ค่อนข้างเบ้ซ้าย การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ 3 ตัว ได้แก่ Anderson-darling, Ryan-Junior และ Kolmogorov-Smirnov พบว่าค่า p -value < 0.01 ทั้ง 3 ตัว และทดสอบค่าข้อมูล

นอกเกณฑ์ที่มีค่าต่ำไปทางด้านซ้ายด้วยสถิติทดสอบ Grubb's Test ซึ่งให้ค่า $p\text{-value} < 0.001$ ซึ่งแสดงว่าข้อมูลไม่ใช่การแจกแจงปกติ

ผลการวิเคราะห์กรณีตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก จากรูปที่ 3 และตารางที่ 2 เมื่อพิจารณารูปทรงของข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาพบว่า ค่ามัธยฐาน (Median) ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย (Mean) และความเบ้ (Skewness) มีค่าติดลบเข้าใกล้ 0 ฮิสโทแกรม (Histogram) ค่อนข้างสมมาตร การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ 3 ตัว ได้แก่ Anderson-darling, Ryan-Junior และ Kolmogorov-Smirnov พบว่าค่า $p\text{-value} < 0.01$ ทั้ง 3 ตัว และทดสอบค่าข้อมูลนอกเกณฑ์ที่มีค่าต่ำไปทางด้านซ้ายด้วยสถิติทดสอบ Grubb's Test ให้ค่า $p\text{-value} < 0.001$ ซึ่งแสดงว่าข้อมูลไม่ใช่การแจกแจงปกติ

ตารางที่ 1 ค่าสถิติกรณีข้อมูลดิบ

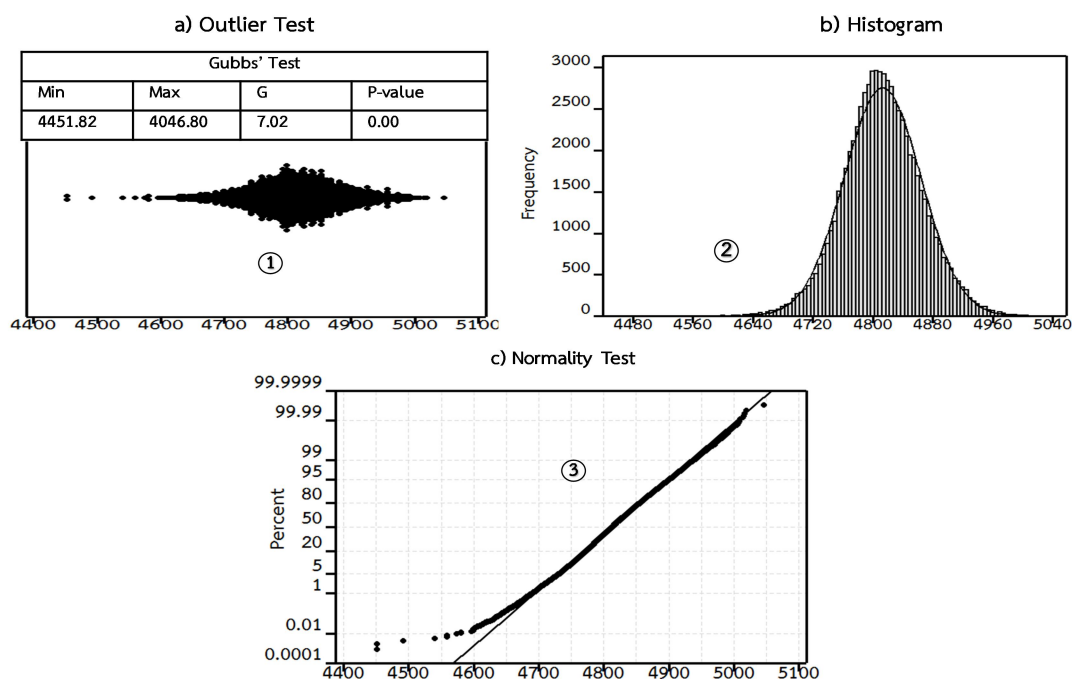
Statistic	Value	Normality Test	Value	$p\text{-value}$
Mean	4809.6029	Anderson-darling (A-D)	9825.436	< 0.005
Median	4811.9700	Ryan-Junior (R-J)	0.453	< 0.010
S.D.	139.85610	Kolmogorov-Smirnov (K-S)	0.238	< 0.010
Skewness	-29.637			
Range	5046.80			



รูปที่ 2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดิบ

ตารางที่ 2 ค่าสถิติการณั้ดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก

Statistic	Value	Normality Test	Value	p-value
Mean	4813.1	Anderson–darling (AD)	32.216	< 0.005
Median	4812.0	Ryan–Junior (RJ)	0.999	< 0.005
S.D.	51.5	Kolmogorov–Smirnov (KS)	0.014	< 0.010
Kurtosis	.433			
Skewness	0.046			
Range	595.0			



รูปที่ 3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ภายในขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง

3.2. การวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดภายใต้สูตรการแจกแจงปกติและไม่ใช้การแจกแจงปกติ กรณีใช้ข้อมูลดิบและกรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก จากตารางที่ 3 พบว่า

1. กรณีข้อมูลดิบ ค่าดัชนีที่ชี้วัดด้วยสูตรการแจกแจงปกติ $C_p \neq C_{pk}$ โดย $C_p = 2.3518$ และ $C_{pk} = 2.0553$ เมื่อพิจารณาดัชนีที่เทียบกับเป้าหมายการผลิตด้วยจะพบว่า มีค่า $C_{pm} \neq C_{pmk}$ โดย $C_{pm} = 1.7573$ และ $C_{pmk} = 1.5357$ ส่วนค่าดัชนีที่ใช้สูตรไม่ใช้การแจกแจงปกติจะพบว่าค่า $C_{Np} \neq C_{Npk}$ โดย $C_{Np} = 5.7227$ และ $C_{Npk} = 5.0150$ สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยที่ไม่ตรงกับค่าเป้าหมายผลิตเช่นกัน เมื่อพิจารณาดัชนีที่เทียบกับค่าเป้าหมายการผลิตด้วยจะพบว่า มีค่า $C_{Npm} \neq C_{Npmk}$ โดย $C_{Npm} = 2.4385$ และ $C_{Npmk} = 2.1369$ และพบว่าการใช้ค่าดัชนีกรณีใช้สูตรที่ไม่ใช้การแจกแจงปกติมีค่าสูงกว่าการใช้สูตรการแจกแจงปกติในทุก ๆ สูตร

2. กรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก พบว่าค่าดัชนีที่ชี้วัดด้วยสูตรที่ไม่ใช้การแจกแจงปกติมีค่าใกล้เคียงกันกับกรณีที่ใช้สูตรการแจกแจงปกติในทุก ๆ สูตร และทุกสูตรมีค่าดัชนีชี้วัดมากกว่า 2 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกรณีที่ 1 คือ ค่า $C_p \neq C_{pk}$, $C_{pm} \neq C_{pmk}$, $C_{Np} \neq C_{Npk}$ และ $C_{Npm} \neq C_{Npmk}$

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดด้วยสูตรการแจกแจงปกติและไม่ใช้การแจกแจงปกติ

1. ข้อมูลดิบ				2. ดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก			
a1. สูตรปกติ (n)		b1. สูตรไม่ใช้ปกติ (Nn)		a2. สูตรปกติ* (n)		b2. สูตรไม่ใช้ปกติ (Nn)	
Index	Value	Index	Value	Index	Value	Index	Value
C_p	2.3518	C_{Np}	5.7227	C_p	6.3853	C_{Np}	5.9710
C_{pk}	2.0553	C_{Npk}	5.0150	C_{pk}	5.6033	C_{Npk}	5.2329
C_{pm}	1.7573	C_{Npm}	2.4385	C_{pm}	2.5037	C_{Npm}	2.4576
C_{pmk}	1.5357	C_{Npmk}	2.1369	C_{pmk}	2.1971	C_{Npmk}	2.1538

หมายเหตุ: * หมายถึง วิธีการวิเคราะห์ของผู้ปฏิบัติในโรงงาน

3.3. เปรียบเทียบอัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (RCPI) ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 หออัตราส่วนดัชนีชี้วัด กรณีข้อมูลดิบโดยใช้สูตรไม่ใช้การแจกแจงปกติต่อการใช้สูตรการแจกแจงปกติ จะให้ค่า RCPI มากกว่า 1 ในทุก ๆ สูตร โดยมีค่า $RCPI_p = 2.4333$, $RCPI_{pk} = 2.4400$, $RCPI_{pm} = 1.3876$ และ $RCPI_{pmk} = 1.3915$

ประเด็นที่ 2 หออัตราส่วนดัชนีชี้วัด กรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก โดยใช้สูตรไม่ใช้การแจกแจงปกติต่อการใช้สูตรการแจกแจงปกติ จะให้ค่า RCPI เข้าใกล้ 1 ในทุก ๆ สูตร โดยมีค่า $RCPI_p = 0.9351$, $RCPI_{pk} = 0.9339$, $RCPI_{pm} = 0.9816$ และ $RCPI_{pmk} = 0.9803$

ประเด็นที่ 3 หออัตราส่วนดัชนีชี้วัด กรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออกโดยใช้สูตรการแจกแจงปกติต่อกรณีข้อมูลดิบโดยใช้สูตรที่ไม่ใช้การแจกแจงปกติ จะให้ค่า RCPI มีค่าเข้าใกล้ 1 ในทุก ๆ สูตร ซึ่งมีค่า $RCPI_p = 1.1158$, $RCPI_{pk} = 1.1173$, $RCPI_{pm} = 1.0267$ และ $RCPI_{pmk} = 1.0282$

ประเด็นที่ 4 หออัตราส่วนดัชนีชี้วัด กรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออกต่อกรณีข้อมูลดิบโดยใช้สูตรไม่ใช้การแจกแจงปกติทั้งสองกรณี จะให้ค่า RCPI เข้าใกล้ 1 ค่อนข้างมากในทุก ๆ สูตร ซึ่งมีค่า $RCPI_p = 1.0434$, $RCPI_{pk} = 1.0435$, $RCPI_{pm} = 1.0078$ และ $RCPI_{pmk} = 1.0079$

ประเด็นที่ 5 หออัตราส่วนดัชนีชี้วัด กรณีดัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออกต่อกรณีข้อมูลดิบโดยใช้สูตรการแจกแจงปกติทั้งสองกรณี จะให้ค่า RCPI สูงกว่า 1 ทุก ๆ สูตร ซึ่งมีค่า $RCPI_p = 2.7151$, $RCPI_{pk} = 2.7263$, $RCPI_{pm} = 1.4247$ และ $RCPI_{pmk} = 1.4307$ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าอัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (RCPI)

Item	b1/a1 or (Nn/n)	b2/a2 or (Nn/n)	a2/b1 or (n/Nn)	b2/b1 or (Nn/Nn)	a2/a1 or (n/n)
$RCPI_p$	2.4333	0.9351	1.1158	1.0434	2.7151
$RCPI_{pk}$	2.4400	0.9339	1.1173	1.0435	2.7263
$RCPI_{pm}$	1.3876	0.9816	1.0267	1.0078	1.4247
$RCPI_{pmk}$	1.3915	0.9803	1.0282	1.0079	1.4307

3.4. ทดสอบความแนบเนียนของกระบวนการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแนบเนียนของกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุไฟฟ้า จำนวน 30 ล็อต พบว่าข้อมูลทุก ๆ ล็อต จากตารางที่ 5 ค่าสถิติพรรณนามีค่าใกล้เคียงกัน โดยความเบ้มีค่าติดลบทั้งหมด และเมื่อทดสอบการแจกแจงด้วยสถิติที่ 3 ตัวพบว่าข้อมูล ทุก ๆ

ล็อตไม่มีการแจกแจงปกติ ส่วนค่าดัชนีชี้วัดความสามารถเฉลี่ยของทุก ๆ สูตรในตารางที่ 6 มีค่าใกล้เคียงกับค่าดัชนีชี้วัดในตารางที่ 3 และค่าอัตราส่วนดัชนีชี้วัด $\overline{RCPI}$ จากตารางที่ 7 ก็มีค่าใกล้เคียงกับค่าอัตราส่วนดัชนีชี้วัด RCPI ในตารางที่ 4 ทุก ๆ กรณีเช่นกัน

ตารางที่ 5 ค่าสถิติพรรณนาและสถิติทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจำนวน 30 ล็อต

Lot No.	Statistic Value							Normality Test				
	Mean	Median	S.D	Kurtosis	Skewness	Range	AD.	P-value	RJ.	P-value	KS.	P-value
1	4781.7	4784.6	138.6	988.83	-28.73	4997.7	3534.104	< 0.005	0.489	< 0.01	0.215	< 0.01
2	4782.3	4784	127.2	1130.76	-30.12	4992.3	3058.72	< 0.005	0.518	< 0.01	0.198	< 0.01
3	4782.9	4784.9	124.1	1172.23	-30.48	4997.7	2925.607	< 0.005	0.527	< 0.01	0.190	< 0.01
4	4782.2	4783.8	124.2	1168.97	-30.42	4992.3	2925.46	< 0.005	0.528	< 0.01	0.192	< 0.01
5	4782.3	4784.7	127.2	1130.12	-30.11	4995.3	3060.274	< 0.005	0.518	< 0.01	0.197	< 0.01
6	4782.8	4785.1	133.1	1053.72	-29.38	4995.3	3305.735	< 0.005	0.504	< 0.01	0.208	< 0.01
7	4781.2	4783.7	138.8	983.52	-28.61	4994.5	3497.233	< 0.005	0.492	< 0.01	0.216	< 0.01
8	4782.7	4784.4	117.8	1265.72	-31.22	4996.1	2664.876	< 0.005	0.546	< 0.01	0.181	< 0.01
9	4782.2	4783.6	121.1	1214.44	-30.8	4997.7	2787.802	< 0.005	0.537	< 0.01	0.186	< 0.01
10	4782	4783.6	127.5	1119.95	-29.91	4996.1	3010.926	< 0.005	0.522	< 0.01	0.196	< 0.01
11	4782.8	4784.9	127.2	1128.66	-30.08	4997.7	3056.192	< 0.005	0.519	< 0.01	0.198	< 0.01
12	4780.9	4783.8	146.8	897.86	-27.64	4994.5	3810.343	< 0.005	0.475	< 0.01	0.228	< 0.01
13	4782.6	4784.4	124.1	1173	-30.5	4997.7	2935.153	< 0.005	0.527	< 0.01	0.192	< 0.01
14	4781.7	4784.5	144.1	927.38	-28.01	4997.7	3727.905	< 0.005	0.479	< 0.01	0.225	< 0.01
15	4784.4	4784.7	96.8	1589.75	-32.19	4997.7	1597.127	< 0.005	0.638	< 0.01	0.135	< 0.01
16	4781.9	4784	133.1	1051.17	-29.33	4992.3	3299.614	< 0.005	0.505	< 0.01	0.207	< 0.01
17	4781.9	4784.1	133	1054.58	-29.4	4994.5	3322.835	< 0.005	0.503	< 0.01	0.208	< 0.01
18	4780.4	4784.4	161.6	763.45	-25.89	4995.3	4323.884	< 0.005	0.449	< 0.01	0.245	< 0.01
19	4782.5	4784.4	130.1	1092.11	-29.77	4997.7	3188.073	< 0.005	0.510	< 0.01	0.203	< 0.01
20	4781.4	4784.1	138.6	987.34	-28.7	4997.7	3535.447	< 0.005	0.490	< 0.01	0.215	< 0.01
21	4782.6	4783.8	118	1256.68	-31.05	4997.7	2631.078	< 0.005	0.548	< 0.01	0.181	< 0.01
22	4780.5	4784.8	164	744.02	-25.6	4995.3	4386.695	< 0.005	0.446	< 0.01	0.248	< 0.01
23	4783	4783.7	107.7	1421.9	-32.06	4996.1	2177.434	< 0.005	0.584	< 0.01	0.162	< 0.01
24	4781.6	4784.3	138.7	985.13	-28.65	4994.5	3516.440	< 0.005	0.491	< 0.01	0.215	< 0.01
25	4782.3	4784	124.3	1166.33	-30.37	4997.7	2901.932	< 0.005	0.529	< 0.01	0.191	< 0.01
26	4781.5	4784.1	138.7	985.87	-28.66	4992.3	3515.720	< 0.005	0.491	< 0.01	0.215	< 0.01
27	4782	4783.6	130.2	1090.31	-29.73	4997.7	3176.373	< 0.005	0.511	< 0.01	0.204	< 0.01
28	4783.6	4785	107.9	1411.66	-31.89	4997.7	2151.775	< 0.005	0.586	< 0.01	0.159	< 0.01
29	4783.3	4784.2	107.9	1414.81	-31.94	4997.7	2153.202	< 0.005	0.585	< 0.01	0.160	< 0.01
30	4782.2	4785.1	136.2	1011.94	-28.87	4995.3	3370.471	< 0.005	0.500	< 0.01	0.208	< 0.01
Mean	4782.18	4784.27	129.62	1112.74	-29.670	4995.993	3118.281	< 0.005	0.5182	< 0.01	0.1992	< 0.01
SD.	0.8486	0.4673	14.3627	183.73	1.5749	1.8859	597.087	-	0.0401	-	0.02405	-

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการของข้อมูลจำนวน 30 ล็อต

1. ข้อมูลดิบ				2. ตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออก			
a1. สูตรปกติ (n)		b1. สูตรไม่ปกติ (Nn)		a2. สูตรปกติ * (n)		b2. สูตรไม่ปกติ (Nn)	
Index	Value	Index	Value	Index	Value	Index	Value
$\bar{C}_p$	2.3521	$\bar{C}_{Np}$	5.7226	$\bar{C}_p$	6.3863	$\bar{C}_{Np}$	5.9715
$\bar{C}_{pk}$	2.0556	$\bar{C}_{Npk}$	5.0152	$\bar{C}_{pk}$	5.6038	$\bar{C}_{Npk}$	5.2330
$\bar{C}_{pm}$	1.7571	$\bar{C}_{Npm}$	2.4387	$\bar{C}_{pm}$	2.5040	$\bar{C}_{Npm}$	2.4579
$\bar{C}_{pmk}$	1.5355	$\bar{C}_{Npmk}$	2.1371	$\bar{C}_{pmk}$	2.1975	$\bar{C}_{Npmk}$	2.1534

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการของข้อมูลจำนวน 30 ล็อต ($\overline{RCPI}$)

Item	b1/a1 or (Nn/n)	b2/a2 or (Nn/n)	a2/b1 or (n/Nn)	b2/b1 or (Nn/Nn)	a2/a1 or (n/n)
$\overline{RCPI}_p$	2.43297	0.9351	1.11598	1.04349	2.71515
$\overline{RCPI}_{pk}$	2.43977	0.9339	1.11736	1.04343	2.72611
$\overline{RCPI}_{pm}$	1.38791	0.9816	1.02678	1.00787	1.42508
$\overline{RCPI}_{pmk}$	1.39179	0.9803	1.02826	1.00763	1.43113

4. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า ข้อมูลปริมาณความจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุของโรงงานนี้ มีลักษณะเบ้ซ้าย โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนาที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ามัธยฐาน รูปทรงของฮิสโทแกรม ค่าความเบ้ที่เป็นลบ การทดสอบความเบ้ด้วยสถิติกรับ (Grubb's Test) และเมื่อทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ AD, RJ, และ KS. พบว่าสถิติทั้ง 3 ตัวให้ข้อสรุปเดียวกันคือข้อมูลไม่มีคุณสมบัติของการแจกแจงปกติ สิ่งที่เป็นข้อสังเกตอีกประการคือค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่ตรงกับค่าเป้าหมายการผลิต ส่วนกรณีตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดออกกลับพบว่าข้อมูลมีแนวโน้มสมมาตรหรือมีการแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงปกติ ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถสะท้อนให้ฝ่ายผลิตได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตได้ว่า กระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น โดยเกิดความผิดปกติของข้อมูลที่อยู่ทางซ้ายทั้งหมด ส่วนการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการด้วยสูตรการแจกแจงปกติ ($C_p(u,v)$) และสูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ($C_{Np}(u,v)$) พบว่า $C_{Np}(u,v)$ มีค่ามากกว่า $C_p(u,v)$ ในทุก ๆ ค่าของ u และ v โดยอัตราส่วนดัชนีชี้วัด $RCPI_{Nn/n}$ ทั้ง 2 สูตรมีค่าต่างกันอย่างชัดเจน ($RCPI_p = 2.4333$ $RCPI_{pk} = 2.4400$ $RCPI_{pm} = 1.3876$ และ $RCPI_{pmk} = 1.3915$) แสดงว่าการใช้สูตรทั้งสองสูตรให้ข้อสรุปเกี่ยวกับความสามารถของกระบวนการแตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการใช้สูตรที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติจะให้ค่าดัชนีต่ำกว่าความเป็นจริงโดยเฉพาะค่าดัชนี C_{pm} และ C_{pmk} ที่มีค่าน้อยกว่า 2 ซึ่งน้อยกว่าค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด นับว่าเป็นผลกระทบต่องาน

สำหรับวิธีการที่ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการคือการตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่างออกแล้วนำมาทำการวิเคราะห์นั้น พบว่าอัตราส่วนดัชนีชี้วัด $RCPI_{Nn/n}$ มีค่าเข้าใกล้ 1 ($RCPI_p = 0.9351$, $RCPI_{pk} = 0.9339$, $RCPI_{pm} = 0.9816$ และ $RCPI_{pmk} = 0.9803$) โดยค่า $C_p(u,v)$ มีค่าสูงกว่า $C_{Np}(u,v)$ เล็กน้อยในทุก ๆ ค่าของ u และ v ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติค่อนข้างสมมาตรค่าดัชนีชี้วัดที่ใช้สูตรการแจกแจงปกติและสูตรไม่ใช่การแจกแจงปกติจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นการสะท้อนโครงสร้างของสูตร $C_p(u,v)$ และ $C_{Np}(u,v)$ ส่วนอัตราส่วนดัชนีชี้วัดกรณีใช้ข้อมูลดิบเทียบกับกรณีตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดออกมีค่า $RCPI_{Nn/n}$ เข้าใกล้ 1 ในทุก ๆ สูตร ($RCPI_p = 1.0434$, $RCPI_{pk} = 1.0435$, $RCPI_{pm} = 1.0078$ และ $RCPI_{pmk} = 1.0078$) แสดงให้เห็นว่าทางโรงงานได้พยายามใช้ทฤษฎีให้ถูกต้อง โดยการปรับข้อมูลให้อยู่ภายในขอบเขตข้อกำหนดซึ่ง

เชื่อว่าข้อมูลน่าจะเข้าใกล้การแจกแจงปกติและจะสร้างความมั่นใจในการใช้สูตรดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิตของทางโรงงานขึ้นได้อีกระดับ

งานวิจัยนี้ถือว่าเป็นประโยชน์สำหรับผู้ปฏิบัติในโรงงานแห่งนี้คือ 1. ทำให้ทราบเกี่ยวกับลักษณะรูปทรงและความผิดปกติของข้อมูล โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยที่ไม่ตรงกับเป้าหมายซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับฝ่ายผลิต 2. นำผลการวิเคราะห์ไปเป็นหลักฐานประกอบการปรับระบบเครื่องจักรหรือวิธีการผลิตได้ และ 3. ผู้ปฏิบัติได้ตระหนักถึงการเลือกใช้สูตรดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการที่เหมาะสม ส่วนนักสถิติได้ทราบมุมมอง ปัญหาและอุปสรรคของผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับการนำสถิติไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ประเด็นปัญหาที่ควรวิจัยต่อไปคือการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สถิติ ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการใช้สถิติของทุกโรงงานในอุตสาหกรรมไทยเป็นอย่างไรเพื่อจะได้เป็นแนวทางให้นักสถิติได้ตระหนักและหาวิธีการให้ผู้ปฏิบัติงานได้ใช้สูตรต่าง ๆ ที่คิดพัฒนาขึ้นอย่างมากมายได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมไทยต่อไป อย่างไรก็ตามผลของงานวิจัยนี้ไม่สามารถอ้างอิงข้อสรุปเกี่ยวกับการหาดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิตกรณีข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติในทางทฤษฎีได้ เนื่องจากเป็นการศึกษาเพียงกระบวนการผลิตเดียวและโรงงานแห่งเดียวเท่านั้น

5. เอกสารอ้างอิง

- ลำปาง แสงจันทร์. (2547). การศึกษาการนำกระบวนการทางสถิติไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). การควบคุมคุณภาพ (Quality Control). กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- Barnett, N.S. (1988). Process Control and Product Quality: The Cp and Cpk Revisited. Dept. of Mathematics, Computing, and Operations Research, Footscray Institute of Technology, Victoria, Australia.
- Barnett, V., and Toby, L. (1994). Outliers in Statistical Data. 3 Edition. Chichester: New York: Wiley.
- Chakravarti, I.M., Laha, R. G. and Roy, J. (1967). Handbook of Methods of Applied Statistics. Wiley.
- Chang, L. K., Smiley, W. C., and Frederick, A. S. (1988). A New Measure of Process Capability: Cpm. Journal of Quality Technology 20(3): 162-175.
- Chen, K. S., and Pearn, W. L. (1997). An Application of Non-Normal Process Capability Indices. Quality and Reliability Engineering 13(6): 355-360.
- Johnson, N.L., Samuel K., and Balakrishnan N. (1994). Continuous Univariate Distributions, Vol. 1. 2 Edition. New York: Wiley-Interscience.
- Kane, V.E. (1986). Process Capability Indices. Journal of Quality Technology 18 (January): 41-52.
- Kitska, D. (1991). Letters: Cp and Cpk Statistics Should Be Discontinued. Quality Progress 24(3): 188-95.
- Kotz, S. and Cynthia, L. (1998). Process Capability Indices: Theory and Practice. London; New York: Hodder Arnold.
- Pearn, W. L., Lin, G. H., and Chen, K. S. (1998). Distributional and Inferential Properties of the Process Accuracy and Process Precision Indices. Communication in Statistics- Theory and Methods 27(4): 985-1000.
- Ryan, T. A., and Joiner, B.L. (1976). Technical Report: Normal Probability Plots and Tests for Normality. Statistics Department, The Pennsylvania State University.
- Stephens, M. A. (1976). Asymptotic Results for Goodness-of-Fit Statistics with Unknown Parameters. The Annals of Statistics 4 (2): 357-369.
- Sullivan, L.P. (1985). Letters. Quality Progress 18: 7-8.
- Tong, L.I., and Chen, J.P. (1998). Lower Confidence Limits of Process Capability Indices for Non-Normal Process Distributions. International Journal of Quality & Reliability Management 15(8/9): 907-919.
- Vännman, K. (1995). A Unified Approach to Capability Indices. Statistica Sinica 5(2).