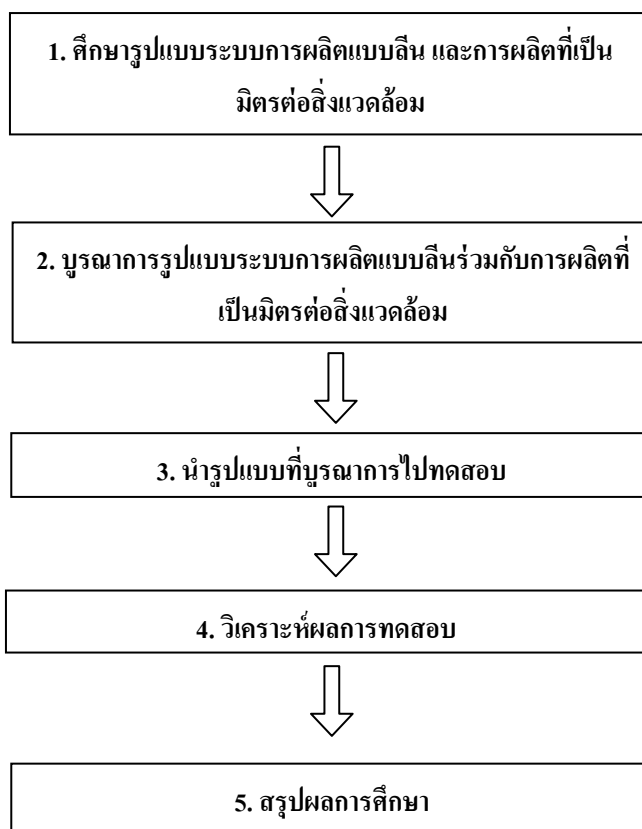


บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบลีน และการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมดำเนินการเพื่อทำการบูรณาการ และนำรูปแบบการบูรณาการระบบการผลิตแบบลีนกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาทดสอบกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ แล้วนำผลการดำเนินการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ผล และสรุปผลการศึกษา

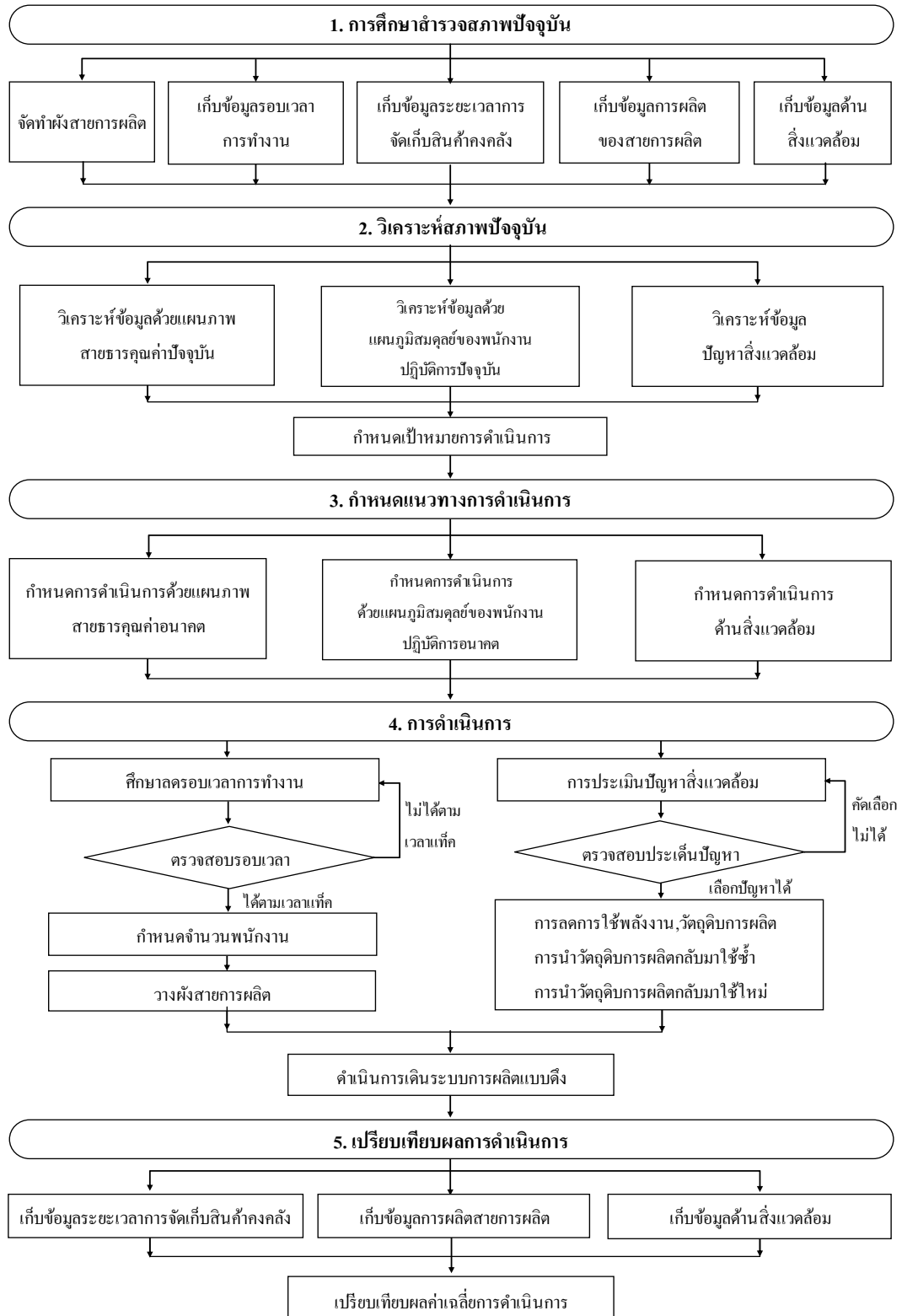
3.1 ขั้นตอนการศึกษา และบูรณาการระบบการผลิตแบบลีน ร่วมกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปทดสอบกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

การศึกษาและการบูรณาการระบบการผลิตแบบลีน ร่วมกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาและบูรณาการระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.2 การนำรูปแบบของการบูรณาการของระบบการผลิตแบบลีน ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไปทดสอบกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทดสอบรูปแบบการบูรณาการระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.1 การสำรวจศึกษาสภาพปัจจุบัน

3.2.1.1 การจัดทำผังสายการผลิต (Layout Line)

เริ่มต้นเก็บข้อมูลด้วยการเขียนผังสายการผลิต เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของกระบวนการ โดยรายละเอียดจะต้องระบุชื่อขั้นตอนการทำงาน, การจัดวางเครื่องจักรอุปกรณ์, จุดวางสต็อกชิ้นงาน และจำนวนพนักงานที่ใช้ปัจจุบัน

3.2.1.2 การเก็บข้อมูลรอบเวลาขั้นตอนการทำงานปัจจุบัน

ทำการจับรอบเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนของสายการผลิตปัจจุบัน รายละเอียดของข้อมูลจะมีชื่อขั้นตอนการทำงาน พนักงานที่ปฏิบัติงาน โดยจับเวลาแต่ละขั้นตอน 8 รอบ แล้วหาเวลาเฉลี่ยออกมา โดยถ้าเศษมากกว่า 0.5 ให้ทำการปัดขึ้น เพื่อหาเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การดำเนินการต่อไป โดยแบบฟอร์มที่ใช้ดังตารางที่ 1

3.2.1.3 การเก็บข้อมูลระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

ทำการเก็บข้อมูลการจัดเก็บสินค้าคงคลังทั้งกระบวนการผลิตของชิ้นงานบนพาหุกระโปรงหน้ารถยนต์ ตั้งแต่รับวัตถุดิบจนถึงผลิตเป็นชิ้นงานส่งลูกค้า ว่ามีจำนวนการจัดเก็บสินค้าคงคลังไว้จำนวนเท่าไร เก็บข้อมูลจำนวน 30 ข้อมูล โดยเก็บวันละครั้ง ทำการแปลงข้อมูลจากจำนวนชิ้นงานที่จัดเก็บมาเป็นจำนวนวันที่สามารถใช้ส่งลูกค้าได้ เราจะได้ระยะเวลาการจัดเก็บชิ้นงานในแต่ละแผนกเป็นจำนวนวันออกมา โดยใช้แบบฟอร์มดังตารางที่ 2

3.2.1.4 การเก็บข้อมูลการผลิตของสายการผลิต

ทำเก็บข้อมูลการผลิตต่างๆของสายการผลิต โดยจะมีรายละเอียดที่ทำการเก็บข้อมูล คือ เวลาทำงาน (Working Time) เวลาสูญเสีย (Loss Time) ปริมาณการผลิต, จำนวนพนักงานที่ใช้ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อคนต่อชั่วโมงออกมา โดยใช้แบบฟอร์มดังตารางที่ 3

3.2.1.5 การเก็บข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม

เก็บข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของปัจจัยที่ใช้ในการผลิต เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตามรูปแบบที่บูรณาการในขั้นตอนต่อไป การดำเนินการเรานำข้อมูลการใช้ทรัพยากรการผลิต โดยปัจจัยที่ใช้ในการผลิตที่จะเก็บข้อมูล มีดังนี้ 1) ไฟฟ้า 2) จาระบี 3) ทินเนอร์ 4) สีมาร์คชิ้นงาน 5) กาวติดแผ่นรอง ข้อมูลที่เก็บมาจะนำไปใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคทางด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อทำการคัดเลือกปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ที่ควรดำเนินการแก้ไขต่อไป การเก็บข้อมูลทำได้ดังนี้

1. เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้พลังงานของสายการผลิตชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้ารถยนต์ โดยวัดรวมเครื่องจักรอุปกรณ์ทุกอย่างที่ใช้ไฟฟ้า มีดังนี้ 1) เครื่องย่ำสลัก 2) หลอดไฟ 3) พัดลม ทำการบันทึกค่ามิเตอร์ก่อน และหลังทำการผลิต โดยบันทึกก่อนเข้าทำงานทุกวัน แล้วนำค่ามิเตอร์ก่อนและหลังมาลบกันจะได้หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ออกมา แล้วนำยอดผลิตมาเฉลี่ยหาค่าพลังงานที่ใช้ต่อชิ้น และค่าที่ดีที่สุด หรือใช้พลังงานน้อยที่สุดออกมา ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูล โดยใช้แบบฟอร์มดังตารางที่ ง4

2. เก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรการผลิตที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ จาระบี ทินเนอร์ สีมาร์คชิ้นงาน และกาวติดแผ่นรอง ของสายการผลิตชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้า โดยวัดจากน้ำหนักที่ใช้ไปของจาระบี ทินเนอร์ สีมาร์คชิ้นงาน และกาวติดแผ่นรองว่าลดลงไปเท่าไร ทำการบันทึกชั่งน้ำหนักของก่อน และหลังทำการผลิตในแต่ละวัน โดยเครื่องชั่งดิจิตอล แล้วนำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ก่อน และหลังมาลบกัน ก็จะได้ค่าอัตราการใช้จาระบี ทินเนอร์ สีมาร์คชิ้นงาน และกาวติดแผ่นรองว่าลดลงไปเท่าไรในแต่ละวัน แล้วนำยอดผลิตมาหาอัตราการใช้จาระบี ทินเนอร์ สีมาร์คชิ้นงาน และกาวติดแผ่นรองว่าเฉลี่ยใช้ไปกี่กรัมต่อชิ้น และค่าที่ดีที่สุดออกมา โดยใช้แบบฟอร์มดังตารางที่ ง5

จากนั้นทำการสรุปข้อมูลอัตราการใช้ปัจจัยในการผลิต ที่เป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม คือ 1) ไฟฟ้า 2) จาระบี 3) ทินเนอร์ 4) สีมาร์คชิ้นงาน 5) กาวติดแผ่นรอง ว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าดีที่สุดเท่าไร พร้อมสรุปราคาต่อหน่วย โดยใช้แบบฟอร์มดังตารางที่ ง.6 โดยข้อมูลดังกล่าวจะนำไปใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิค, ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อทำการคัดเลือกปัญหาที่ควรดำเนินการแก้ไขต่อไป

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปัจจุบัน

3.2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน

จากข้อมูลที่เก็บมาจากตารางที่ ง1, ง2 และง3 จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเขียนแผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน แผนภาพดังกล่าวจะแสดงการไหล และระยะเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตรวมทั้งหมดตั้งแต่สั่งซื้อวัตถุดิบ จนถึงส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า จะทำให้เราารู้ได้ว่า มีการจัดเก็บสินค้าคงคลังจุดใดบ้าง และมีระยะเวลาจัดเก็บนานเท่าไรกระบวนการผลิตเป็นแบบระบบปลัก หรือแบบระบบดึง และแผนภาพนี้จะทำให้ง่ายต่อการหาจุดสูญเปล่าเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางดำเนินการของกระบวนการผลิตเพื่อลดระยะเวลาการผลิตรวมให้น้อยที่สุด โดยการเขียนแผนภาพจะใช้สัญลักษณ์ต่างๆจากตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 เมื่อทำการวิเคราะห์แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน จะพบว่าระยะเวลาการผลิตรวมทั้งกระบวนการ ตั้งแต่รับวัตถุดิบจนผลิตชิ้นงานส่งลูกค้า มีระยะเวลารวมทั้งวันและอีกกี่วินาที ซึ่งจะใช้ระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลังของก่อนการดำเนินการมากำหนดเป้าหมาย

ว่าเมื่อดำเนินการแล้วสามารถลดระยะเวลาการผลิตลงมาได้เท่าไร โดยเราจะกำหนดเป้าหมายในการลดระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลังต่อไป

3.2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิสมมูลย์ของพนักงานปฏิบัติการ

จากการศึกษาเก็บข้อมูลรอบเวลาการทำงานของสายการผลิต เราจะได้รอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) แต่ละขั้นตอนจากแบบฟอร์มตารางที่ ง2 เราจะนำมาเขียนแผนภูมิสมมูลย์ของพนักงานปฏิบัติการ เพื่อใช้แสดงภาระการทำงานของพนักงานแต่ละคน โดยจะเปรียบเทียบกับเวลาแท็ก (Take Time) ได้ออกมาเป็นแผนภูมิสมมูลย์ของพนักงานปฏิบัติการปัจจุบัน

$$\text{สูตรคำนวณหาค่าเวลาแท็ก} = \text{จำนวนเวลาทำงานต่อวัน} / \text{ยอดผลิตที่ต้องการต่อวัน}$$

3.2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาสิ่งแวดล้อม

เราจะนำข้อมูลที่เก็บจากตารางที่ ง4 มาทำการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัญหา จากการใช้ทรัพยากรปัจจัยในการผลิต เช่น ไฟฟ้า, จาระบี, ทินเนอร์ เป็นต้น เพื่อประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคทางด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อจะสรุปคัดเลือกปัญหาที่เราจะนำมาดำเนินการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค คือ การให้คะแนนในส่วนทางด้านเทคนิคตามความยากง่ายในการดำเนินการแก้ไข รวมทั้งระยะในการแก้ไข มีคะแนน 1 ถึง 3 ถ้าใดที่เราสนใจแก้ไขได้ง่ายจะให้คะแนนสูง โดยหาค่าความเป็นไปได้จากการหาผลต่างของค่าเฉลี่ย กับค่าที่ดีที่สุด แล้วมาคำนวณเทียบกับค่าที่ดีที่สุดหาเป็นเปอร์เซ็นต์ออกมา แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนน ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดในตารางที่ ง.7

2. การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ การประเมินความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการลดค่าใช้จ่ายลงได้เท่าไร คิดเป็นร้อยละความเป็นไปได้ที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ออกมา แล้วให้คะแนนถ้าใดที่ลดค่าใช้จ่ายได้มากจะให้คะแนนสูง แบบฟอร์มที่ใช้ดังตารางที่ ง.8

3. การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ แนวทางในการประเมินความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม จะวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้รายปีโดยวิเคราะห์ให้คะแนนแยกเป็น 3 ย่อย คือ ปริมาณ (Quantity) ผลกระทบ (Effect) และการแพร่กระจาย (Distribution) โดยให้คะแนนที่ 1 ถึง 3 คะแนน แล้วทำการหาผลรวมนำมาเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ ว่าอยู่ในเกณฑ์ใดแล้วให้คะแนนตามนั้น เราจะเห็นว่าปัญหาใดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้ดังตารางที่ ง.9

4. การสรุปผลการประเมินเพื่อคัดเลือกปัญหา โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ประมาณทั้ง 3 ด้านเรียบร้อยแล้ว เราโดยการนำผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 มาพิจารณาาร่วมกัน โดยให้คะแนนความสำคัญตัว

ถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัญหา โดยให้ความสำคัญต่อความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด คือ 3 ด้านเทคนิคและด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญรองลงมา คือ 2 และ 1 ตามลำดับ เอาคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 คูณตัวถ่วงน้ำหนักแล้วหาผลรวม ทำการเรียงลำดับปัญหา ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้ ดังตารางที่ ง.10

5. จัดทำแผนภูมิพารโตช่วยในการพิจารณาเลือกปัญหา เมื่อทำการสรุปผลการประเมินเพื่อคัดเลือกปัญหา เราจะพิจารณาเลือกปัญหาทำการวิเคราะห์ดำเนินการ เพื่อเรียงลำดับปัญหาให้ชัดเจน โดยแผนภูมิพารโตนั้นจะมีการแสดงข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นผลรวมคะแนนซึ่งจะแสดงเป็นกราฟแท่ง และส่วนของเปอร์เซ็นต์สะสมจะแสดงเป็นกราฟเส้น โดยแผนภูมิพารโตจะช่วยให้เราเห็นว่าปัญหาใดมีคะแนนมากที่สุด และปัญหาที่มีคะแนนรองลงไปตามลำดับ เราจะพิจารณาเลือกปัญหา โดยดูเปอร์เซ็นต์สะสม ตัวอย่างเช่น ถ้าเราเลือกปัญหาคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก แล้วค่าเปอร์เซ็นต์สะสมมากกว่า 70 % ก็ถือว่าจำนวนปัญหาที่เรานำมาดำเนินการแก้ไขเหมาะสมไม่มาก หรือน้อยเกินไป แต่ถ้าต่ำกว่า 70% อาจพิจารณาเลือกปัญหาเพิ่มเติมตามความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการแก้ไขเมื่อทำการสรุปผลการประเมินเพื่อคัดเลือกปัญหา

เราจะพิจารณาเลือกปัญหาทำการวิเคราะห์เพื่อทำการดำเนินการ โดยพิจารณาเลือกปัญหาเรียงตามลำดับคะแนนโดยใช้ภูมิพารโตในการพิจารณา คัดเลือกหัวข้อที่จะทำการดำเนินการ แล้วทำการตั้งเป้าหมายในการดำเนินการต่อไป

3.2.2.3 การกำหนดเป้าหมายการดำเนินการ

ก. กำหนดเป้าหมายในการลดระยะเวลาในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ตัวอย่างแผนภูมิการตั้งเป้าหมายการลดระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลังไว้ที่ 25 %

ข. กำหนดเป้าหมายในการดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งใช้ข้อมูลการผลิตที่เก็บมาจากตารางที่ ง.3 คือ ดัชนีที่ใช้วัดผลคือจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อคนต่อชั่วโมง (PCS/Man.Hr) ตัวอย่างแผนภูมิการกำหนดเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไว้ที่ไว้ที่ 15 %

ค. กำหนดเป้าหมายในการดำเนินการปัญหาสิ่งแวดล้อม ที่เราคัดเลือกมาทำการแก้ไขดำเนินการ โดยพิจารณาจากการประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคประกอบการตั้งเป้าหมาย ตัวอย่างแผนภูมิการตั้งเป้าหมายลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ 10%

3.2.3 การกำหนดแนวทางการดำเนินการ

กำหนดแนวทางการแก้ไขตามรูปแบบการบูรณาการของระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากจัดลำดับหัวข้อที่จะดำเนินการดำเนินการ โดยใช้ตารางการวิเคราะห์หัวข้อที่จะทำการดำเนินการมาพิจารณาให้คะแนนร่วมกับคุณด้วยน้ำหนักความสำคัญ แล้วทำการเรียงลำดับ

หัวข้อที่จะดำเนินการดำเนินการแก้ไข ดังตารางที่ ง.11 เมื่อทำการเรียงลำดับหัวข้อที่จะดำเนินการแล้ว เราจะใช้แผนภูมิพาเรโตช่วยในการลำดับหัวข้อที่จะดำเนินการให้ชัดเจน

3.2.3.1 การกำหนดแนวทางการดำเนินการลดรอบเวลาการทำงาน

ทำการปรับสมดุลย์ของพนักงานปฏิบัติการที่ต้องการ แล้วดำเนินกิจกรรมไคเซ็น (Kaizen) เพื่อลดรอบเวลาการทำงานของพนักงานให้อยู่ในค่าของเวลาแท็ค (Take Time) แล้วทำการจับรอบเวลาการทำงานอีกครั้ง โดยใช้แบบฟอร์มตารางที่ ง.1 เพื่อตรวจสอบว่าสามารถลดรอบเวลาการทำงาน ได้ตามเวลาแท็คหรือไม่ ถ้าไม่ได้ต้องทำการไคเซ็นอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้รอบเวลาตามเวลาแท็ค

3.2.3.2 การกำหนดแนวทางการดำเนินการลดจำนวนพนักงานปฏิบัติการ

ทำการปรับลดจำนวนพนักงานปฏิบัติการ หลังจากทำกิจกรรมไคเซ็นลดรอบเวลาการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้อยู่ในค่าของเวลาแท็คแล้ว เพื่อที่จะใช้พนักงานในจำนวนที่เหมาะสม ทำได้โดยการคำนวณหาจำนวนพนักงาน แล้วเปรียบเทียบกับจำนวนพนักงานที่ใช้จริง

โดยสูตรที่ใช้คำนวณหาจำนวนพนักงานที่ต้องการ คือ

$$\text{จำนวนพนักงานที่ต้องการ} = \text{รอบเวลารวม} / \text{เวลาแท็ค}$$

โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนคนที่ใช้จริงกับที่คำนวณได้ ว่าสมดุลกันหรือไม่ ให้ทำการปรับจำนวนพนักงานตามที่คำนวณได้ แล้วทำการปรับผังการผลิตตามจำนวนคนต่อไป

3.2.3.3 การกำหนดแนวทางการดำเนินการวางผังสายการผลิต

การดำเนินการผังสายการผลิตใหม่ เมื่อสามารถลดรอบเวลาการทำงานได้ตามเวลาแท็คด้วยกิจกรรมไคเซ็นแล้ว ทำการปรับลดจำนวนพนักงานตามแผนภูมิสมดุลย์ของพนักงานปฏิบัติการสถานะที่ต้องการ โดยการจัดผังสายการผลิตใหม่ให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงานที่ลดลง

3.2.3.4 การกำหนดแนวทางการดำเนินการปัญหาสิ่งแวดล้อม

กำหนดแนวทางการดำเนินการแก้ไขลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ในแต่ละปัญหาที่เลือกมาดำเนินการตามรูปแบบการบูรณาการของระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.3.5 การกำหนดแนวทางการดำเนินการปรับระบบการผลิตให้เป็นระบบดึง

ทำการเขียนแผนภาพสายธารคุณค่าอนาคตขึ้นมา เพื่อใช้แผนภาพนี้มากำหนดแนวทางการดำเนินการระบบการผลิตแบบปลั๊กให้เป็นระบบดึง โดยใช้เครื่องมือระบบคัมบังและเครื่องมือต่างๆของลีน กำหนดแนวทางการดำเนินการแก้ไขการดำเนินการกระบวนการผลิตให้เป็นระบบดึง ตามแผนภาพสายธารคุณค่าอนาคต ได้ 10 ขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบใบคัมบังที่ใช้งาน ทั้งคัมบังเบิก และสั่งผลิต ที่ใช้ในการเดินระบบทั้งหมด

2. กำหนดจำนวนใบคัมบังที่ใช้งาน ทั้งคัมบังเบิก และสั่งผลิต ที่ใช้ในการเดินระบบทั้งหมด
3. จัดทำใบคัมบังตามทีออกแบบ และคำนวณไว้
4. จัดทำตู้พักคัมบัง (Waiting Post) เพื่อใช้พักคัมบังก่อนดึงขึ้นงานส่งให้ลูกค้า
5. จัดตู้ปรับเรียบการผลิต (Heijunka Post) เพื่อใช้ในการปรับเรียบการผลิต
6. จัดทำชั้นเรียงลำดับคัมบังสั่งผลิต (Kanban Shooter) เพื่อลำดับคัมบังสั่งผลิตในสายการผลิต
7. จัดทำชั้นวางชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานไหลแบบต่อเนื่องก่อนหลัง (First In First Out)
8. ติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดทำไว้ เช่น ตู้พักคัมบัง, ตู้ปรับเรียบการผลิต, ชั้นเรียงลำดับคัมบังสั่งผลิต, คัมบังเบิก, คัมบังถอน, ชั้นวางชิ้นงานสินค้าคงคลัง เป็นต้น
9. จัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน และดำเนินการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องตามเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน และการเดินระบบคัมบัง
10. ดำเนินการเดินระบบคัมบัง และปรับลดระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลังดำเนินการเดินระบบคัมบังตามแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าอนาคต เพื่อดำเนินการดำเนินการกระบวนการผลิตให้เป็นระบบดึง

3.2.4 การดำเนินการ

กำหนดแนวทางการแก้ไขจากการวิเคราะห์หาความสูญเปล่าของสภาพปัจจุบัน เพื่อทำการดำเนินการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม รูปแบบการดำเนินการตามหลักการของระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่บูรณาการ

3.2.4.1 ดำเนินการลดรอบเวลาการทำงาน

ทำการปรับสมดุลรอบเวลาการทำงานของพนักงานปฏิบัติการ โดยเราจะทำการดำเนินการไคเซ็นลดรอบเวลาการทำงาน เพื่อให้อยู่ในค่าของเวลาแท้ค แล้วทำการจับรอบเวลาการทำงานหลังการดำเนินการ เพื่อตรวจสอบว่าเวลาการทำงานลดลงได้ตามต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ทำการดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ตามเวลาแท้คที่ต้องการ เพราะถ้ารอบเวลาการทำงานของพนักงานเกินเวลาแท้คจะส่งผลให้ผลิตงานไม่ทันส่งลูกค้า ต้องทำงานล่วงเวลา โดยแบบฟอร์มจับเวลาดังตารางที่ ง.1

3.2.4.2 การดำเนินการลดจำนวนพนักงานปฏิบัติการ

เมื่อทำกิจกรรมไคเซ็น ปรับลดรอบเวลาการทำงานลงอยู่ในค่าเวลาเท็คแล้ว ให้ทำการลดจำนวนพนักงานปฏิบัติการตามแนวทางการแก้ไขในขั้นตอนที่ 3.4.2 โดยพนักงานที่ลดลงให้ไปปฏิบัติงานยังสายการผลิตอื่นที่ขาดกำลังคน หรือทดแทนพนักงานเก่าที่ลาออกไป

3.2.4.3 การดำเนินการวางผังสายการผลิต

หลังจากทำกิจกรรมไคเซ็นดำเนินการลดรอบเวลาการทำงานตามเวลาเท็คแล้ว ให้ทำการปรับผังสายการผลิตใหม่ตามจำนวนพนักงานที่ลดลง ตามแนวทางการดำเนินการที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 3.3.3 เพื่อให้สายการผลิตเหมาะสมกับจำนวนคน และยกเลิกการจัดเก็บชิ้นงานระหว่างขั้นตอนการผลิตในสายการผลิต และปรับลดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตามการดำเนินการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

3.2.4.4 การดำเนินการปัญหาสิ่งแวดล้อม

การปรับลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางการแก้ไขที่กำหนดไว้ในขั้นตอน 3.4.4 ในแต่ละปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ตามรูปแบบการดำเนินการของระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่บูรณาการ โดยหลักการในการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด เพื่อการขจัดปัญหาการสูญเสีย และการเกิดมลพิษที่ต้นตอ และหากมีของเสียเกิดขึ้นต้องพยายามนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ซ้ำ หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้ไม่มีของเสียที่ต้องทำการบำบัด หรือฝังทิ้งน้อยที่สุด

3.2.4.5 การดำเนินการระบบการผลิตให้เป็นระบบดึง

จากแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าอนาคต ทำการดำเนินการระบบการผลิตแบบผลักให้เป็นระบบการผลิตแบบดึงโดยใช้ระบบคัมบัง และดำเนินการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมี 10 ขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบคัมบัง โดยในการเดินระบบ เราจะใช้คัมบังหลักๆอยู่ 2 ชนิด คือ คัมบังเบิก และคัมบังส่งผลิต ในการออกแบบจะมีภาระระบุชื่อชิ้นงาน, หมายเลขชิ้นงาน, ภาระวนการก่อนหน้า, ภาระวนการถัดไป, ชนิด และจำนวนของภาชนะที่ใช้ เป็นต้น
2. กำหนดหาจำนวนคัมบังที่ใช้ เพื่อหาจำนวนคัมบังที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบตามแผนภาพสายธารคุณค่าอนาคต โดยรายการผลิตนั้นเราจะทำการบันทึกลงในตารางที่ ง.12 จะแสดงรุ่นที่ทำการผลิตว่ามีกี่รุ่น และผลิตจำนวนไร่บ้าง โดยข้อมูลนี้จะนำมาใช้คำนวณจำนวนคัมบัง และเดินระบบคัมบังต่อไป

การคำนวณหาจำนวนคัมบังที่ใช้ $\text{จำนวนคัมบัง} = \frac{\text{ยอดผลิตประจำวัน} \times (\text{ระยะเวลาจัดเก็บ} + \text{ระยะเวลาปล่อยกลับ})}{\text{ความจุของภาชนะ}}$

ความจุของภาชนะ

3. ดำเนินการจัดทำใบคัมบังตามรูปแบบออกแบบไว้ขั้นตอนที่ 1 และจำนวนที่จัดทำตามที่คำนวณไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้กระดาษสีปรีนแล้วใส่ในซองซิป
4. ดำเนินการจัดทำตู้พักคัมบังส่งสินค้าจากลูกค้า (Waiting Post) เพื่อรอตั้งชิ้นงานผลิตสำเร็จรอส่งหรือเรียกว่าตู้พักคัมบัง โดยตู้จะออกแบบให้มีช่องเสียบคัมบัง และมีรอบเวลาในการส่งแต่ละรอบ
5. ดำเนินการจัดทำตู้ปรับเรียบการผลิต หรือตู้เฮงูกะ (Heijunka Post) เพื่อใช้ในการปรับเรียบการผลิตไม่ให้เกิดการผลิตชิ้นงานรุ่นใดรุ่นหนึ่งมากเกินไป และมีการผลิตอย่างสม่ำเสมอทุกๆ ชั่วโมง ในแต่ละชั่วโมง
6. ดำเนินการจัดทำชั้นเรียงลำดับคัมบังส่งผลิต (Kanban Shooter) โดยเมื่อคัมบังส่งผลิตหลุดออกมาจากตู้จากตู้เฮงูกะจะถูกนำเรียงลำดับคำสั่งผลิตโดยชั้นเรียงลำดับคัมบังส่งผลิต
7. จัดทำชั้นวางชิ้นงานสินค้าคงคลัง สำหรับชิ้นงานย่อยก่อนการผลิต และชิ้นงานสำเร็จหลังผลิตเสร็จแล้ว เพื่อให้ชิ้นงานไหลแบบต่อเนื่องตามลำดับก่อนหลัง (First In First Out)
8. ติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดทำไว้ เช่น ตู้พักคัมบัง, ตู้ปรับเรียบการผลิต, ชั้นเรียงลำดับคัมบังส่งผลิต, คัมบังเบิก, คัมบังถอน, ชั้นวางชิ้นงานสินค้าคงคลัง เป็นต้น
9. จัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน และอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งกระบวนการผลิตตามแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าอนาคต ก่อนเดินระบบคัมบังตามแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าอนาคตที่กำหนดไว้ พร้อมอธิบายขั้นตอนการเดินระบบการใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่ติดตั้ง
10. ดำเนินการเดินระบบคัมบังตามแผนภาพสายธารคุณค่าอนาคตที่กำหนดไว้ ดำเนินการกระบวนการผลิตจากระบบพลักให้เป็นระบบการผลิตระบบดึง ตัวอย่างการเดินระบบการผลิตแบบดึง

3.3 การเปรียบเทียบผลก่อนการดำเนินการและหลังการดำเนินการ

สรุปเปรียบเทียบผลก่อนการดำเนินการ และหลังการดำเนินการ หลังจากทดลองดำเนินการตามรูปแบบการบูรณาการการของระบบการผลิตแบบลีน ร่วมกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเก็บข้อมูลหลังการดำเนินการ เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ก่อนการดำเนินการ ว่าสามารถลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ตามเป้าหมายหรือไม่

3.3.1 การเปรียบเทียบผลการลดระยะเวลาการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

ทำเก็บข้อมูลการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ของกระบวนการผลิตของชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้ารถยนต์หลังการดำเนินการ ตั้งแต่รับเข้าจนผลิตเป็นชิ้นงานสำเร็จ ว่าแต่ละแผนกจัดเก็บสินค้าคงคลังไว้จำนวนเท่าไร โดยใช้แบบฟอร์มตามตารางที่ ๒.2 แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม สรุปเปรียบเทียบผลของระยะเวลาการผลิตรวมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

3.3.2 การเปรียบเทียบผลการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

ทำเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้ารถยนต์หลังการดำเนินการ โดยนำข้อมูลมาคำนวณหาจำนวนการผลิตต่อวันต่อคนต่อชั่วโมงออกมา โดยใช้แบบฟอร์มตามตารางที่ ๓.3 แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม สรุปเปรียบเทียบผลที่ได้ของประสิทธิภาพการผลิตการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

3.3.3 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการปัญหาสิ่งแวดล้อม

เก็บข้อมูลหลังการดำเนินการ ตามรูปแบบการบูรณาการการของระบบการผลิตแบบลีนร่วมกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่เราคัดเลือกมาทำการดำเนินการ เพื่อทำการสรุปเปรียบเทียบผลดำเนินการก่อน และหลังการดำเนินการ ได้ดังนี้

1. สรุปผลปัญหาสิ่งแวดล้อมการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการดำเนินการ โดยการติดตั้งมิเตอร์วัดค่าการใช้พลังงานของสายการผลิตชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้า โดยวัดรวมเครื่องจักรอุปกรณ์ทุกอย่างที่ใช้ไฟฟ้า โดยใช้แบบฟอร์มตามตารางที่ ๓.4 แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม สรุปเปรียบเทียบผลที่ได้ในการลดปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้า

2. สรุปผลปัญหาสิ่งแวดล้อมการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่เราคัดเลือกมาทำการดำเนินการ จากปัญหา คือ จาระบี ทินเนอร์ สีมาร์คชิ้นงาน และกาวติดแผ่นรอง ทำการเก็บข้อมูลหลังการดำเนินการ การใช้วัตถุดิบในการผลิตที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่เราคัดเลือกมาทำการดำเนินการ ของสายการผลิตชิ้นงานบานพับฝากระโปรงหน้ารถยนต์ โดยวัดจากน้ำหนักที่ใช้ไปว่าลดลงไปเท่าไร ทำการบันทึกชั่งน้ำหนักของก่อน และหลังทำการผลิตในแต่ละวัน โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล เพื่อสรุปผลการดำเนินการ โดยใช้แบบฟอร์มตามตารางที่ ๓.5 แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม สรุปเปรียบเทียบผลที่ได้ในการลดปัญหาการใช้วัตถุดิบที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3.4 การวิเคราะห์ผลหลังการดำเนินการทดสอบตามหลักการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

หลังจากได้นำรูปแบบการบูรณาการระบบการผลิตแบบลีน ร่วมกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไปทดลองดำเนินการกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ สามารถทำการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระหว่างการดำเนินการด้วยระบบการผลิตแบบลีนอย่างเดียว และการดำเนินการด้วยการผลิตที่เป็น

มิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเดียว กับการดำเนินการด้วยรูปแบบการผลิตแบบลีนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่บูรณาแล้ว (Lean & Clean Model)

3.5 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

3.5.1 ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย [34] หมายถึง การหารผลรวมของข้อมูลทั้งหมดด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตสามารถหาได้ใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนข้อมูล}} \quad \text{หรือ} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

3.5.2 ร้อยละ (Percentage)

ร้อยละ (Percentage) เป็นสถิติที่ใช้กันมากในงานวิจัย เพราะคำนวณและทำความเข้าใจได้ง่าย นิยมเรียกว่า เปอร์เซ็น ใช้สัญลักษณ์ % คือ สัดส่วน เมื่อเทียบต่อ 100 การคำนวณก็ทำได้ง่าย โดยเอา 100 ไปคูณสัดส่วนที่ต้องการหาผลลัพธ์ก็จะออกมาเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ ในการคำนวณหาค่าร้อยละมีการใช้สูตร [34] ดังนี้

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนที่ต้องการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนเต็ม}} \times 100$$

3.5.3 ค่าความแปรปรวนของข้อมูล

ค่าความแปรปรวน[35] ความหมายคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสอง สัญลักษณ์ที่ใช้คือ s^2

$$\text{สูตรหาค่าความแปรปรวน คือ} \quad s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

3.5.4 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม (Testing the Difference Two Means)

การทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม จากข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อสรุปว่าค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม นั้นแตกต่างกันหรือไม่ ($\mu_1 = \mu_2$)

กรณีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Sample) [36]

ข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. การแจกแจงของกลุ่มประชากร 2 กลุ่มเป็นแบบปกติ
2. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน
3. กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 \leq 30, n_2 \leq 30$) ใช้การทดสอบโดย $t - test$

ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม

1. ตั้งสมมุติฐาน ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้การทดสอบทางเดียว คือ

$$\text{กรณีที่ 1} \quad H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad \text{จะปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } t \geq t_\alpha$$

$$\text{กรณีที่ 2} \quad H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2 \quad \text{จะปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } t \leq t_\alpha$$

2. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ \bar{x}_1, \bar{x}_2 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

s_1^2, s_2^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

n_1, n_2 = จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

df = Degree of Freedom

3. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญ α เปิดตารางหาค่า t_α

4. พิจารณาขอบเขตวิกฤต เปรียบเทียบค่า t และ t_α แล้วสรุปสมมุติฐานตามขั้นตอนที่ 1