บทที่ 7
การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยมีการลงทุนเพิ่ม

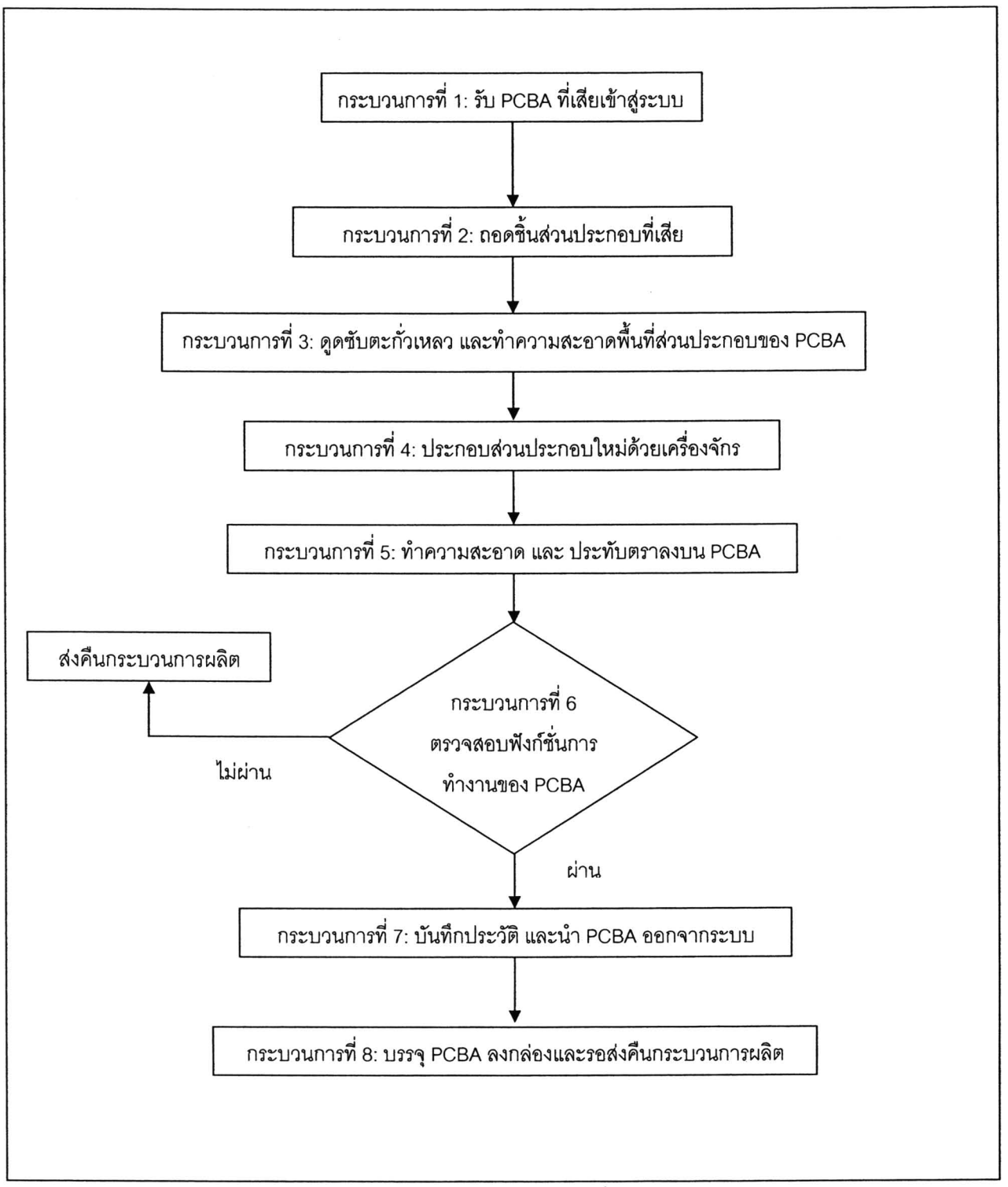
บทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่ม หลังจากทีมงานได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มในกระบวนการซ่อมแซม PCBA แล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยจุดประสงค์ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มคือ ต้องการลดระยะเวลานำในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) เนื่องจากหลังจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มแล้ว กระบวนการนี้ยังมีลักษณะเป็นคอขวดในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่าเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาคอขวดของกระบวนการนี้ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนของผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาต่อไป โดยผู้วิจัยจะดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
2) การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์
3) การกำหนดตัววัดผล
4) วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์
5) การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ
6) การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
7) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์
8) ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
9) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน
10) การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม
11) สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

7.1 การวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

จากการสังเกตเพิ่มเติมของทีมงานพบว่า ในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ยังเกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมากและมีลักษณะเป็นคอขวด ทางทีมงานจึงหาทางแก้ไขจากการวิเคราะห์ปัญหาข้างต้น พบว่ากระบวนการเกิดเป็นคอขวดเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอกับการทำงาน จึงทำให้เกิดแถวคอยสะสมจำนวนมาก ซึ่งเป็นความสูญเปล่า ประกอบกับเครื่องจักรที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีสภาพเก่าและมีเพียงจำนวน 1 เครื่องเท่านั้น ถ้าเครื่องจักรเกิดเสีย จะทำให้ไม่สามารถซ่อมแซม PCBA ได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องหาทางป้องกัน และเพื่อรองรับจำนวน PCBA ที่เสียอาจจะเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มกำลังการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในอนาคตอีกด้วย โดยผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษามีความต้องการที่จะซื้อเครื่องจักรนี้เพิ่มเติม แต่ไม่ทราบว่าควรจะซื้อเครื่องจักรจำนวนเท่าไหร่จึงจะเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในปัจจุบัน เนื่องจากเครื่องจักรมีราคาแพงจึงเป็นเรื่องยากที่ซื้อมาทดลองเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการในครั้งนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำวิธีการจำลองแบบเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 ดังแสดงในภาคผนวก ข โดยลักษณะกระบวนการผลิตแบบจำลองเหตุการณ์นี้ เป็นรูปแบบของระบบการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้ว ดังแสดงแผนผังการไหลของ PCBA ในระบบดังรูปที่ 7.1 โดยทำการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่โดยเครื่องจักรคือ BGA Rework Station ที่มีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวดนี้ โดยมีตัวชี้วัดคือ ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 และสามารถสรุปทรัพยากรของแต่ละกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนการไหลของ PCBA ภายในระบบการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 7.1 ทรัพยากรการผลิตในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA

กระบวนการ	ทรัพยากร
รับ PCBAที่เสียเข้าสู่ระบบ (Key-In PCBA)	พนักงาน 1 คน คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
ถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสีย (Hot Air Station)	พนักงาน 1 คน เครื่องจักร Hot Air Station 1 เครื่อง
ดูดซับตะกั่วเหลวและทำความสะอาดพื้นที่ส่วนประกอบของ PCBA (Solder Paste Remove & Pad PCBA Cleaning)	พนักงาน 1 คน หัวแร้งตะกั่วบัดกรี 1 ชิ้น
ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine)	พนักงาน 1 คน เครื่องจักร BGA Rework Station 1 เครื่อง
ทำความสะอาดและประทับตราลงบน PCBA (PCBA Cleaning & Stamping)	พนักงาน 1 คน หัวแร้งตะกั่วบัดกรี 1 ชิ้น
ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing)	ช่างเทคนิค 1 คน เครื่องทดสอบฟังก์ชั่น 1 เครื่อง
บันทึกประวัติและนำ PCBA ออกจากระบบ (PCBA Record & Key-out)	ช่างเทคนิค 1 คน คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
บรรจุ PCBA ลงกล่องและรอส่งคืนกระบวนการผลิต (PCBA Packing)	พนักงาน 1 คน

7.2 การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์ มีดังต่อไปนี้

1. การจัดลำดับงานก่อนหลังของ PCBA ที่ถูกกระทำโดยพนักงานแต่กระบวนการจะใช้กฎมาก่อนทำก่อน (First In First Out: FIFO)
2. ในแต่ละช่วงเวลาที่การกระทำกับ PCBA เสร็จสิ้น ถ้ายังมี PCBA ที่รอการอยู่ในแถวคอย เวลาเสร็จสิ้นของ PCBA นั้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นการทำงานของ PCBA ถัดไป
3. สำหรับ PCBA ที่รอการถูกกระทำ จะอยู่ในแถวคอยในลักษณะคือ ระบบคิวมีหนึ่งแถวคอย หากกระบวนการใดมีหน่วยการผลิตมากกว่าหนึ่งหน่วย PCBA จะเข้าสู่หน่วยการผลิตที่กระทำกับ PCBA ที่ทำเสร็จแล้ว
4. PCBA ที่เข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีเพียงประเภทเดียวคือ การซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เท่านั้น
5. ระบบการผลิตอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ปริมาณชิ้นส่วนประกอบ เครื่องจักร พนักงาน มีพร้อมสำหรับการผลิตเสมอ

7.3 การกำหนดตัววัดผล

ตัววัดผลของแบบจำลองเหตุการณ์นี้ จะเป็นการวัดระยะเวลานำการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ลดลง ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร BGA Rework Station ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA

7.4 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์

เนื่องจากในกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จะเริ่มต้นจากการรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) โดยจะส่ง PCBA ทีละชิ้นไปยังกระบวนการต่างๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจะทำการเก็บข้อมูลของระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการเป็นหน่วยชิ้นต่อวินาที และในการเข้าไปเก็บข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการ ผู้วิจัยได้เข้าไปทำการจับเวลาโดยไม่แจ้งให้พนักงาน ไม่เลือกพนักงาน เพื่อให้ได้เวลาที่มีลักษณะการทำงานเป็นไปตามความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำการเก็บเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการ กระบวนการละ 68 ข้อมูลตามการส่ง PCBA ของฝ่ายผลิต และ นำมาหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของเวลา ที่พนักงานประจำแต่ละกระบวนการต้องกระทำกับ PCBA ที่เข้ามา (Processing Time)

ทำได้โดยการเก็บระยะเวลานำที่ประจำแต่ละกระบวนการ โดยแยกกลุ่มของเวลาออกเป็น 10 ชนิด ตามลักษณะของภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA และอีก 1 ชนิดเป็นกลุ่มของเวลาที่งานเข้าสู่ระบบ (Inter Arrival Time) โดยจะใช้ข้อมูลจากปริมาณ PCBA ที่เสียในระยะหลังการปรับปรุงกระบวนการโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มแล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน

7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ

เมื่อได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของระยะเวลานำทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาหาลักษณะการกระจายของข้อมูล (Data Distribution) และค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ด้วยโปรแกรม Input Analyzer ของโปรแกรมอารีน่า 12.0 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบค่าการกระจายของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2551) ซึ่งการกระจายที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลสามารถตรวจสอบได้จากค่า P-Value ที่ได้จากผลลัพธ์ของโปรแกรมอารีน่าว่าค่านั้นมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือไม่ จากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H_0: ข้อมูลมีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1: ข้อมูลไม่มีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

โดยใช้วิธีการทดสอบไคสแคร์ (Chi-Square Test) ของโปรแกรมอารีน่า ในการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้มากกว่า 50 ข้อมูล คือ 68 ข้อมูลโดยโปรแกรมอารีน่าจะคำนวณค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบ

ค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) ที่กำหนดไว้คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 และนำการกระจายที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองเหตุการณ์ต่อไป สามารถสรุปผลของลักษณะการกระจายของข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลทั้ง 11 ชนิด ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ลักษณะการกระจายข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1

Process	Distribution	Parameter	Input data	Time
Inter-arrival Time	Exponential	Random(Expo)	Value =1	Seconds
Key-in PCBA	Beta	BETA(α, β)	2.5 + 3 * BETA(1.33, 1.2)	Seconds
Hot Air Station	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(12.5, 33, 63.5)	Seconds
Solder Paste Remove & Pad PCBA Cleaning	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(50.5, 54.8, 57.5)	Seconds
Assembly by Machine (BGA Rework Station)	Weibull	WEIB(β, α)	259 + WEIB(36.3, 1.25)	Seconds
PCBA Cleaning & Stamping	Beta	BETA(α, β)	40.5 + 6 * BETA(1.97, 1.22)	Seconds
Functional PCBA Testing	Uniform	UNIF(Min, Max)	UNIF(33.5, 36.5)	Seconds
PCBA Record & Key-out	Beta	BETA(α, β)	40.5 + 4 * BETA(2.69, 1.82)	Seconds
PCBA Packing	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(0.5, 1.24, 2.5)	Seconds

7.6 การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

เมื่อทราบถึงลักษณะของการกระจายตัวของข้อมูล และค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะทำการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ในโปรแกรมอารีน่า 12.0 ให้มีเส้นทางการไหลของ PCBA ดังรูปที่ 7.1 และกำหนดเงื่อนไขต่างๆ โดยมีการเพิ่มเวลาการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องจักร (Warm-up Period) เป็นเวลา 5 นาที กำหนดจำนวน PCBA ที่เสียตามเป้าหมายของฝ่ายผลิต คือ 50 ชิ้น แล้วจึงนำข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มาใส่ในแบบจำลองเหตุการณ์ของระบบการทำงานนี้เพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ จึงให้โปรแกรมทำการประมวลผลซ้ำ (Number of Replications) จำนวน 30 ครั้ง มีระยะความยาวของการประมวล (Replication Length) จำนวน 1 วัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 แสดงรูปโปรแกรมในภาคผนวก ข

7.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ (Model Validation)

ก่อนนำแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation Model) ที่สร้างขึ้น ไปทำการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการต่างๆ จะต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่าแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองเหตุการณ์กับกระบวนการจริง

จากแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นในโปรแกรมอารีน่า12.0 ซึ่งแสดงรูปโปรแกรมในภาคผนวก ข ผู้วิจัยได้ทำการประมวลผลจากการเก็บข้อมูลในเอกสารการบันทึกระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ จะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม การวิเคราะห์ข้อมูล Input Analyzer ซึ่งทำให้ได้สมการของการวิเคราะห์ทางด้านระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด หลังจากนั้นแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้น จะถูกตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ขั้นตอนก่อนการตรวจสอบสมมติฐาน ได้ทำการทดลองสุ่มจำนวนครั้งที่ทำให้ข้อมูลของแบบจำลองเหตุการณ์เกิดผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงมากขึ้น โดยทดลองทำซ้ำระหว่างจำนวนครั้งที่จะทำการสุ่มกับระยะเวลานำเฉลี่ยของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแบบจำลองของโปรแกรมอารีน่า ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลอง พบว่า ณ จำนวนการสุ่มซ้ำ 30 ครั้งเป็นจุดที่ผลลัพธ์ของระยะเวลานำเฉลี่ยเริ่มมีค่าคงที่ จึงเลือกจำนวนการสุ่มซ้ำ 30 ครั้งในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบสมมติฐาน 2 อย่าง คือ

ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 โดยรวม

7.7.1 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และระยะเวลานำโดยรวม
โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>จุดประสงค์</u> ต้องการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และระยะเวลานำโดยรวมที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์หรือไม่

กำหนดให้

μ_{Real} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริง

μ_{Sim} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

$\overline{x}_{real}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างของกระบวนการจริง

$\overline{x}_{Sim}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างของแบบจำลองเหตุการณ์

σ^2_{Real} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากกระบวนการจริง

σ^2_{Sim} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

S^2_{Real} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากตัวอย่างของกระบวนการจริง

S^2_{Sim} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากตัวอย่างของแบบจำลองเหตุการณ์

n_{Real} คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการจริง

n_{Sim} คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ

H_0: ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ ($\mu_{Real} = \mu_{Sim}$)

H_1: ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าไม่เท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ ($\mu_{Real} \neq \mu_{Sim}$)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ

α = 0.05, 1-α = 0.95, หรือ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ $n_{Real} = n_{Sim} = 30$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกตัวสถิติสำหรับการทดสอบ

กรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบใด ๆ และ การสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรเป็นอิสระกัน โดยที่ $n_1 = 30$,$n_2 = 30$ ซึ่งเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ จากทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลางจะได้ $\overline{x}_{real}$ และ $\overline{x}_{Sim}$ ต่างมีการแจกแจงโดยประมาณแบบปกติ ซึ่งทำให้ $\overline{x}_{real} - \overline{x}_{Sim}$ มีการแจกแจงแบบปกติ และ ไม่ทราบค่า σ^2_{Real} และ σ^2_{Sim} จึงสามารถประมาณค่าได้โดย S^2_{Real} และ S^2_{Sim} ซึ่งคุณสมบัติจึงสอดคล้องกับสมการที่ (2.10)

ดังนั้น สถิติทดสอบที่ใช้คือ Z โดยในที่นี้ $d_0 = 0$ จะได้ดังสมการที่ (7.1)

$$Z_{cal} = \frac{\left(\overline{X}_{real} - \overline{X}_{sim}\right)}{\sqrt{\frac{S^2_{real}}{n_{real}} + \frac{S^2_{sim}}{n_{sim}}}} \qquad (7.1)$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตปฏิเสธที่จะปฏิเสธสมมติฐาน

เนื่องจาก $H_1 : \mu_{Real} \neq \mu_{Sim}$ จึงเป็นการทดสอบแบบสองด้าน จากตารางแจกแจงแบบปกติ

$Z_{1-\alpha/2} = Z_{0.975} = 1.96$ ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z_{cal} < -1.96$ หรือ $Z_{cal} > 1.96$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติทดสอบของแต่ละกระบวนการ และโดยรวม โดยวิธีการคำนวณแสดงไว้ที่ภาคผนวก ข ซึ่งจะได้ผลลัพธ์จากการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z ของแต่กระบวนการและโดยรวม

Process	$\bar{x}_{real}$	$\bar{x}_{Sim}$	S^2_{Real}	S^2_{Sim}	Z_{cal}	สรุปผล
Key-in PCBA (Sec)	4.03	4.00	0.65	0.62	0.162	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{key\text{-}in(Real)} = \mu_{Key\text{-}in(Sim)}$
Hot Air Station (Sec)	38.83	37.10	114.63	50.44	0.739	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Hot(Real)} = \mu_{Hot(Sim)}$
Solder Paste Re-move & Pad PCBA Cleaning (Sec)	54.03	53.77	1.48	1.43	0.857	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{SP(Real)} = \mu_{SP(Sim)}$
Assembly by Machine (Sec)	276.70	276.27	119.11	135.03	0.149	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Asy(Real)} = \mu_{Asy(Sim)}$
PCBA Cleaning & Stamping (Sec)	44.53	44.30	2.26	1.87	0.629	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
Functional PCBA Testing (Sec)	35.03	34.97	0.65	0.59	0.328	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
PCBA Record & Key-out (Sec)	42.50	42.37	1.22	0.52	0.554	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Rec(Real)} = \mu_{Rec(Sim)}$
PCBA Packing (Sec)	1.43	1.40	0.25	0.25	0.258	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
Total all (Min)	125.67	125.59	2.57	0.31	0.219	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Total(Real)} = \mu_{Total(Sim)}$

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการทดสอบ

จากตารางที่ 7.3 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และโดยรวม ที่ได้จากกระบวนการจริงเทียบกับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ สามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

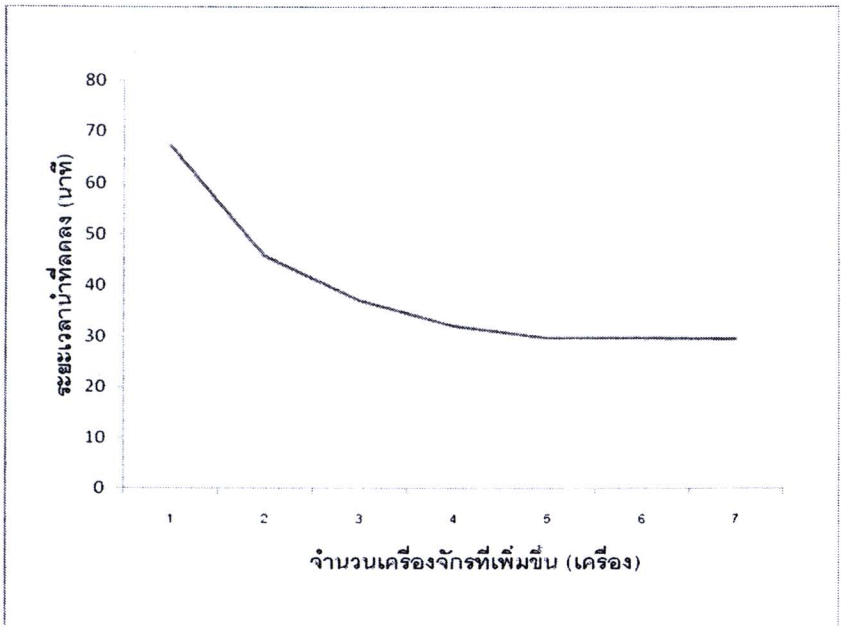
7.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่าที่ทำการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรในกระบวนการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ระยะเวลานำเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

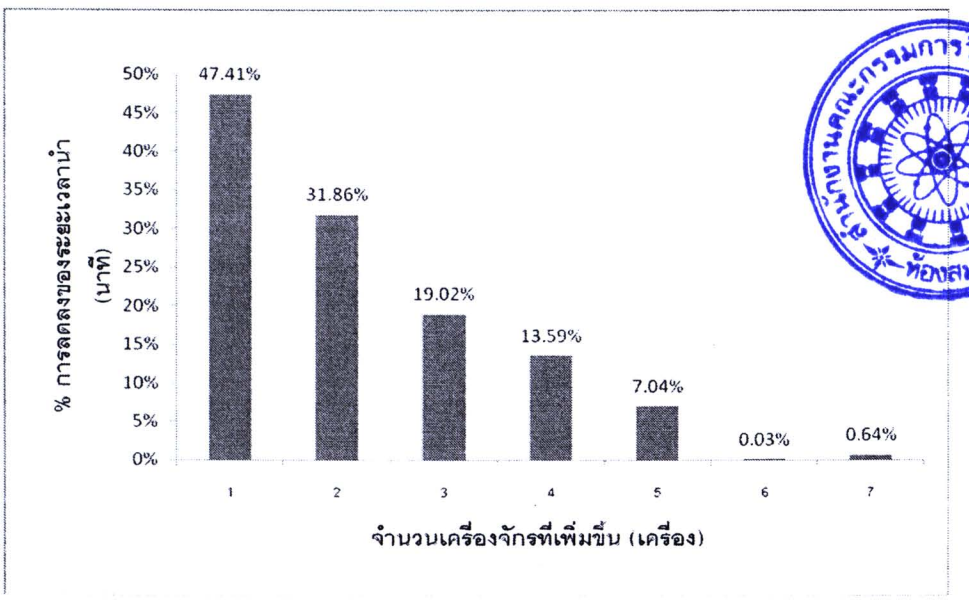
จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)	ระยะเวลานำโดยเฉลี่ย (นาที/ชิ้น)
1	128.08
2	67.36
3	45.90
4	37.17
5	32.12
6	29.86
7	29.85
8	29.66

เมื่อนำระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์โดยโปรแกรมอารีน่ามาเปรียบเทียบกับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการจะได้ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลานำและจำนวนเครื่องจักร

จากรูปที่ 7.2 จะพบการเพิ่มเครื่องจักร (BGA Rework Machine) ทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 โดยเฉลี่ยต่อแผ่นลดลงโดยเครื่องจักรแรกที่เพิ่มจะทำให้เวลาลดลงมากกว่าเครื่องต่อไป โดยแสดงดังรูปที่ 7.3 กล่าวคือ ถ้าโรงงานกรณีศึกษาเพิ่มเครื่องจักรจาก 1 เครื่องจักรเป็น 2 เครื่องจักร จะทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ลดลงจาก 128.05 นาทีเป็น 67.63 นาทีหรือลดลง 60.72 นาที คิดเป็น 47.41 %



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 7.3 ร้อยละของระยะเวลานำเฉลี่ยที่ลดลงกับจำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น

จากข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ตรงบริเวณที่เป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดคือ กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องเพิ่มเครื่อง BGA Rework Station จาก 1 เครื่องเป็น 2 เครื่องจะทำให้ระยะเวลานำลดลงของการซ่อมแซมมากที่สุด ผลลัพธ์จากแบบจำลองเหตุการณ์สามารถสรุปผลที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ของการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 โดยการเพิ่มเครื่อง BGA Rework Station จาก 1 เครื่องเป็น 2 เครื่อง แสดงดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1

ตัววัดผลการดำเนินการ	ก่อนการปรับปรุงแก้ไข	หลังการปรับปรุงแก้ไขโดยมีการลงทุนเพิ่ม
ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA	M1= 359.4 นาที	M1 = 67.36 นาที
ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA	M1 = 30 ชิ้นต่อวัน	M1 = 80 ชิ้นต่อวัน
ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ย	150 ชิ้นต่อวัน	0 ชิ้นต่อวัน

จากตารางที่ 7.5 เมื่อโรงงานกรณีศึกษาเพิ่มเครื่องจักรเป็นเครื่องที่ 2 จะทำให้ระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงเหลือเพียง 67.36 นาทีต่อชิ้น และทำให้ผลิตภาพการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เพิ่มขึ้นเป็น 80 ชิ้นต่อวัน ทำให้พนักงานสามารถซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เสร็จในชั่วโมงการทำงานปกติและไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ดังนั้น ในการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเครื่องที่ 3 จึงไม่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม เพื่อให้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

7.9 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

จากแนวทางการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวดในหัวข้อที่ 7.8 ถ้าโรงงานกรณีศึกษาซื้อเครื่องจักร BGA Rework Station เพิ่มเติมจำนวน 1 เครื่อง จะช่วยลดระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวมชนิด M1 ของ PCBA ได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ สามารถลดระยะเวลานำคิดเป็น 47.41% แต่เนื่องจากการเครื่อง BGA Rework Station มีราคาสูง ทางทีมงานจึงทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยแสดงความเป็นไปได้และประโยชน์ที่จะได้รับในการตัดสินใจซื้อเครื่องจักรเพิ่มในครั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

7.9.1 วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า

วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มด้วยวิธีทางการเงิน จะใช้วิธีคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) การวิเคราะห์ตามวิธีการดังกล่าวนี้ ต้องอาศัยกระแสเงินสดในการวิเคราะห์ ซึ่งกระบวนการที่ได้มาและใช้ไปของกระแสเงินสดตลอดโครงการ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์เงินลงทุนขั้นต้น ได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร
2. การวิเคราะห์กระแสเงินสดจากการดำเนินงาน หรือผลตอบแทนจากการลงทุน ได้แก่ ค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงานและช่างเทคนิคที่ลดลง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น

7.9.2 ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรชนิดที่ต้องการไม่มีผลิตขายภายในประเทศจำเป็นต้องสั่งซื้อเครื่องจักรจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงติดต่อไปยังตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักร BGA Rework Station เพื่อสอบถามรายละเอียดของเครื่องจักรในรุ่นต่างๆ และราคาในการสั่งซื้อเพื่อนำเสนอในทีมทำงาน จากการประชุมร่วมกับทีมงานได้ข้อสรุปของรุ่นของเครื่องจักร BGA Rework Station ที่ต้องการสั่งซื้อคือ เครื่องจักร BGA Rework Station รุ่น Summit 1100 Rework Station ด้วยเหตุผลที่สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นเครื่องจักรที่มีคุณสมบัติในการทำงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้

2. เป็นเครื่องจักรรุ่นเดียวกับเครื่องจักรที่มีใช้ในปัจจุบันแต่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงานปฏิบัติงาน เนื่องจากไม่ต้องมีการอบรมการใช้งานใหม่

3. เป็นเครื่องจักรรุ่นเดียวกับเครื่องจักรที่มีใช้ในปัจจุบัน ทำให้ง่ายต่อการคิดประสิทธิภาพในการทำงานและง่ายต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษา ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมของเครื่องจักร BGA Rework Station รุ่น Summit 1100 แสดงไว้ในภาคผนวก ค

จากการสอบถามตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักร เครื่องจักรมีราคา 93,000 ดอลลาร์สหรัฐ หรือ ประมาณ 2,828,585.7 บาท (คิดอัตราการแลกเปลี่ยนค่าเงิน ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2553 1 ดอลลาร์สหรัฐ เท่ากับ 30.4149 บาท)

7.9.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน

ผลตอบแทนจากการลงทุนจะเท่ากับจำนวนค่าการทำงานล่วงเวลาที่ลดลงของพนักงานและช่างเทคนิค มีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.9.3.1 ค่าการทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ที่ลดลง

จากการสำรวจข้อมูลอายุการทำงาน ฐานเงินเดือน และประวัติการทำงานล่วงเวลา เพื่อคิดหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเงินค่าล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการจำนวน 5 คนและช่างเทคนิคจำนวน 2 คน โดยมีวิธีการคิดค่าล่วงเวลาดังสมการที่ (7.2)

$$\text{เงินค่าล่วงเวลา} = \frac{\text{ฐานเงินเดือน} \times \text{ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา} \times \text{อัตราการเพิ่มของค่าจ้าง}}{\text{30 วันการทำงาน} \times \text{8 ชั่วโมงการทำงาน}} \quad (7.2)$$

โดยโรงงานกรณีศึกษามีเงื่อนไขในการทำงานล่วงเวลา 2 เงื่อนไข ดังต่อไปนี้

1. ในช่วงเวลาทำงานปกติคือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลาทำงานเริ่มตั้งแต่เวลา 7:30-16:30น. โดยมีเวลาพักรับประทานอาหารกลางวันตั้งแต่เวลา 11:30-12:30น. รวมเวลาการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง ในกรณีที่มีงานที่ตกค้างสามารถขออนุญาตหัวหน้างานเพื่อขอทำงานล่วงเวลาได้ โดยเวลาในการทำงานล่วงเวลาค่าจ้างจะเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ

2. เนื่องจากมีงานตกค้างในช่วงเวลาทำงานปกติ พนักงานสามารถขออนุญาตหัวหน้างานเพื่อขอทำงานล่วงเวลาในช่วงวันหยุดได้แต่ห้ามทำงานเกิน 7 วันในสัปดาห์ โดยค่าจ้างของการทำงานล่วงเวลาตั้งแต่เวลา 7:30-16:30น.จะเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ และค่าจ้างของการทำงานล่วงเวลาตั้งแต่เวลา 16:30น. เป็นต้นไป จะเพิ่มขึ้น 3 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ สามารถแสดงการคำนวณเงินค่าทำงานล่วงเวลาได้ดังตารางที่ 7.6 และ 7.7

ตารางที่ 7.6 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์

ลำดับที่	ตำแหน่งงาน	อายุการทำงาน	ฐานเงินเดือน (บาท)	รายได้ต่อชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท)
1	พนักงานปฏิบัติการ	16	12,000	50	2	150
2	พนักงานปฏิบัติการ	16	10,980	47.75	2	137.25
3	พนักงานปฏิบัติการ	10	8,750	36.46	2	109.38
4	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,500	27.8	2	81.25
5	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,480	27	2	81
6	ช่างเทคนิค	15	16,000	66.67	2	200
7	ช่างเทคนิค	15	14,527	60.53	2	181.59

ตารางที่ 7.7 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันหยุด (วันเสาร์)

ลำดับที่	ตำแหน่งงาน	อายุการทำงาน	ฐานเงินเดือน (บาท)	รายได้ต่อชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท) 1-8 ชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท) 9-10.5 ชั่วโมง	รวม
1	พนักงานปฏิบัติการ	16	12,000	50	8	600	2.5	375	975
2	พนักงานปฏิบัติการ	16	10,980	47.75	8	549	2.5	343.13	892.13
3	พนักงานปฏิบัติการ	10	8,750	36.46	8	437.5	2.5	273.44	710.94
4	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,500	27.8	8	325	2.5	203.13	528.13
5	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,480	27	8	324	2.5	202.50	526.50
6	ช่างเทคนิค	15	16,000	66.67	8	800	2.5	500	1.300
7	ช่างเทคนิค	15	14,527	60.53	8	726.35	2.5	453.97	1,180

7.9.3.2 **สรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการและช่างเทคนิคของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในเดือนพฤศจิกายน 2553**

จากคำนวณสามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการและช่างเทคนิคของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในเดือนพฤศจิกายน 2553 โดยมีเวลาวันทำงานปกติจำนวน 22 วัน และ การทำงานในวันเสาร์จำนวน 4 วัน ได้ดังตารางที่ 7.8 มีค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาจำนวน 45,142.20 บาท หรือ คิดเป็นต่อปีมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 541,706.40 บาทต่อปี

ตารางที่ 7.8 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาในเดือนพฤศจิกายน 2553

ชนิดของค่าทำงานล่วงเวลา	จำนวนเงินค่าทำงานล่วงเวลา (บาท)
วันทำงานปกติ (จันทร์-ศุกร์)	24,452.03
วันหยุด (วันเสาร์)	20,690.18
รวมต่อเดือน	45,142.20
รวมต่อปี	541,706.40

7.9.4 **ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน**

1. **ค่าชิ้นส่วนสำรอง**

จากการสอบถามผู้ขาย ค่าชิ้นส่วนที่สำคัญที่จำเป็นที่ต้องมีการสำรองมีค่าใช้จ่ายไม่เกิน 30,000 บาทต่อปี

2. **ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา**

เนื่องจากเครื่องจักรรุ่นที่จะทำการสั่งซื้อมีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องจักรที่มีอยู่ในปัจจุบัน ช่างเทคนิคของโรงงานกรณีศึกษาสามารถทำการบำรุงรักษาได้โดยไม่จำเป็นต้องจ้างช่างเทคนิคจากภายนอกบริษัท ทางโรงงานกรณีศึกษามีงบประมาณสำหรับค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรจำนวน 10,000 บาทต่อปี

3. **ค่าไฟฟ้า**

เนื่องจากเครื่องจักรใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงาน โดยใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง สามารถคิดจำนวนการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือนได้สมการที่ (7.3) ดังนี้

จำนวนการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือน(หน่วย)

= จำนวนกิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงการทำงาน x 30 วัน (7.3)

= 4 กิโลวัตต์ x 8 ชั่วโมงการทำงาน x 30 วัน

= 960 หน่วย

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจัดอยู่ในประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ โดยมีการคิดค่าไฟฟ้าเป็นแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) โดยสามารถคิดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.75 บาทต่อหน่วย สามารถคำนวณค่าใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ซื้อเพิ่ม ได้ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 การคิดค่าใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ซื้อเพิ่ม

หัวข้อ	อัตราค่าบริการ	การใช้งาน	คิดเป็นเงิน (บาท)
ค่าความต้องการพลังงาน ไฟฟ้า	74.14 (บาท/กิโลวัตต์)	4 กิโลวัตต์	296.56
ค่าพลังงานไฟฟ้า	2.75 (บาท/หน่วย)	960 หน่วย	2,640
ค่าบริการ	228.17 (บาทต่อเดือน)	228.17 บาท	288.17
รวมค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือน			3,224.73
รวมค่ากระแสไฟฟ้าต่อปี			38,696.76

สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีจากการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม สรุปได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี

รายละเอียด	จำนวนค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)
1.ค่าขึ้นส่วนสำรอง	30,000
2.ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา	10,000
3.ค่าไฟฟ้า	38,696.76
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	78,696.76

7.10 การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มด้วยวิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะบอกได้ว่าลงทุนจะให้ผลตอบแทนมากน้อยเท่าใดในรูปของมูลค่าเทียบเท่ากับปัจจุบัน แต่จำเป็นต้องมีการกำหนดอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Minimum Attractive Rate of Return: MARR) สำหรับการคำนวณด้วย ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษามีการกำหนดค่าของ MARR เท่ากับ 17% และกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องจักรเท่ากับ 15 ปี

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) จะใช้เป็นตัวแสดงถึงผลตอบแทนหรือกำไรในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยเกณฑ์การตัดสินใจจะต้องพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นเทคนิคเบื้องต้นที่ใช้คัดกรองการลงทุนที่มีหลายโครงการโดยตัดโครงการที่ไม่ผ่านเกณฑ์พิจารณาออกไป วิธีนี้จะเหมาะสมกับบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ เช่นโรงงานกรณีศึกษา ในการตั้งระยะเวลาคืนทุนที่จำกัดตามการล้าสมัยอันรวดเร็วของเทคโนโลยี

จากการคำนวณสามารถแสดงค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีรายละเอียดได้ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า	ผลลัพธ์จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,423,695.96 บาท
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)	24.62 %
ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)	7.39 ปี

ที่มา: จากคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณ อยู่ที่ภาคผนวก ง)

จากตารางที่ 7.11 สามารถสรุปผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะพบว่า NPV มีค่าเป็นบวก แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) จะพบว่า IRR มีค่าเท่ากับ 24.62% จะมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (MARR) ของโรงงานกรณีศึกษาที่เท่ากับ 17% แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback period) จะพบว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7.39 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานที่ทางโรงกรณีศึกษากำหนดไว้ที่ 15 ปี แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

7.11 สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

จากการระดมสมองของทีมงานสามารถสรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม สามารถสรุปได้เป็น 2 ประเภท คือ ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit) กับผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit) ได้ดังต่อไปนี้

7.11.1 ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit)

1. การซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จะมีการไหลของ PCBA ที่สะดวกมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการที่เป็นคอขวดคือกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) มีกำลังการผลิตที่มากขึ้น
2. ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลง
3. พนักงานทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ลดลง ทำให้ต้นทุนการซ่อมแซม PCBA ลดลงโดยเฉลี่ย 135 บาทต่อชั่วโมงต่อคน
4. ปริมาณระหว่างทำ (Work-In-Process) และ สินค้าค้าคลัง (Inventory) ของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณลดลง
5. เวลาในการส่งคืน PCBA ที่ซ่อมแซมเสร็จแล้วให้กับฝ่ายผลิตรวดเร็วยิ่งขึ้น
6. มีเครื่องจักรสำรอง ทำให้ไม่ต้องหยุดการซ่อมแซม PCBA เวลาเครื่องจักรเสีย

7.11.2 ผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit)

1. ฝ่ายผลิตมี PCBA เพียงพอต่อกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. ลดมูลค่าสินค้าคลัง (Inventory Cost) ของ PCBA ที่ฝ่ายจัดซื้อสั่งเพิ่มเติมเพื่อทดแทนในส่วน PCBA ที่เสีย
3. เมื่อหมดอายุของรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (End of Life : EOL) จำนวน PCBA ที่ทำลายทิ้งลดลง ช่วยลดต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษา
4. เมื่อเวลาของการซ่อมแซม PCBA ลดลง ช่วงเวลาที่เหลือพนักงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA สามารถส่งไปช่วยงานในกระบวนการอื่นๆ
5. ฝ่ายจัดซื้อสามารถคำนวณปริมาณสั่งซื้อได้ง่ายขึ้นเนื่องจากไม่ต้องประมาณการสั่งซื้อ PCBA เพิ่มเติมเพื่อทดแทนในส่วน PCBA ที่เสีย