นวัตกรรมอุตสาหกรรมไทยก้าวไกลสู่ประชาคมโลก

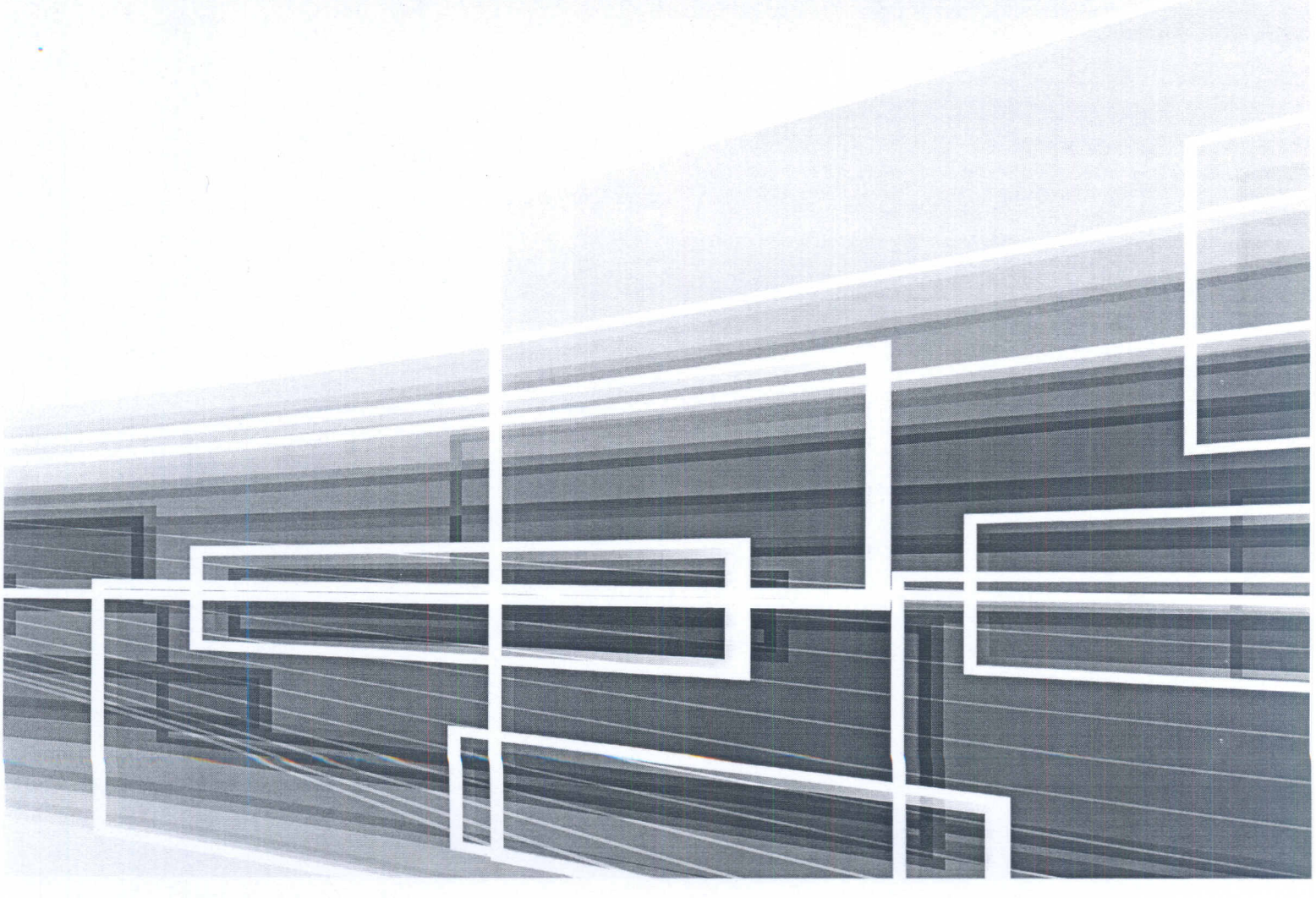
PROCEEDINGS

IE Network 2016 Conference

Local Industrial Innovations for Global Community

July 7-8, 2016

Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand



การหาจำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์

The Resource Optimization of Head Stack Assembly (HSA) Production Line by Simulation Technique

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี [1*] และ ณัฐพล พุฒยางกูร [1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
E-mail: amarin.wongsetti@gmail.com*

Amarin Wongsetti [1*] and Nutthapol Photyangkul [1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Siam University
E-mail: amarin.wongsetti@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ต้องการออกแบบกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ กระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้สามารถประกอบ ตรวจสอบและคัดแยกชุดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมดก่อนส่งต่อไปยังกระบวนถัดไปเพื่อประกอบในรูปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สำเร็จรูป งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้หลักการของเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena และหลักการหาค่าที่เหมาะสมเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานที่สามารถรองรับการผลิตชุดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 16,000 ชิ้นต่อวัน โดยคำนึงถึงมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่สูงสุด ผลการวิเคราะห์กระบวนการพบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด 4,351,384,314 บาท ในช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ 4 ปี และพนักงาน 65 คนในการดำเนินการ

คำหลัก ชุดประกอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เทคนิคการจำลองสถานการณ์ การหาค่าที่เหมาะสม มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

Abstract

This thesis aims to demonstrate a design of Head Stack Assembly (HSA) production line, one of the critical components in a Hard Disk Drive. Head Stack Assembly (HSA) process has capability to assembler the material parts to be the Head Stack Assembly unit and classify them before transferring to Hard Disk Drive process. The simulation model and optimization principle were applied for optimizing the number of machines and operators in each process which have production capability 16,000 pcs per day and the maximum net present value. The analysis result found that the NPV of product life cycle 4 years is 4,351,384,314 Bath and 65 operators for the Head Stack Assembly (HSA) production line.

Keywords: Head Stack Assembly / Simulation Model / Optimization / Net Present Value

1. บทนำ

ณ ปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำเป็นส่วนประกอบสำคัญในคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลซึ่งมีความต้องการสูงขึ้นในแต่ละปี ดังนั้นผู้ประกอบการจึงทำการต้องขยายระบบการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้า ระบบการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและใช้เงินลงทุนสูงในการทลงทุนสร้างเครื่องมือใหม่ๆ เพื่อให้การลงทุนในแต่ละครั้งเกิดประสิทธิผลสูงสุดจึงควรทำการจำลองสถานการณ์โดยอาศัยข้อมูลทางด้านสถิติช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานที่เหมาะสมก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุงและขยายการผลิต การศึกษานี้จะมุ่งเน้นกระบวนการผลิตชุดประกอบหัวอ่าน (HSA) ของโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจะพิจารณาสำหรับกรณีที่ปรับปรุงและเพิ่มความสามารถในการผลิตตามความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้งหมด โดยทำการจำลองกระบวนการผลิต HSA ทั้งหมดบนโปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตบนทรัพยากรและเครื่องจักรที่มีอยู่นั้นสามารถตอบสนองต่อเป้าหมายยอดการผลิต 16,000 ชิ้นต่อวัน และให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุดในระยะเวลา 4 ปี

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและบทความสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.1 การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมและหลักการหาค่าที่เหมาะสม

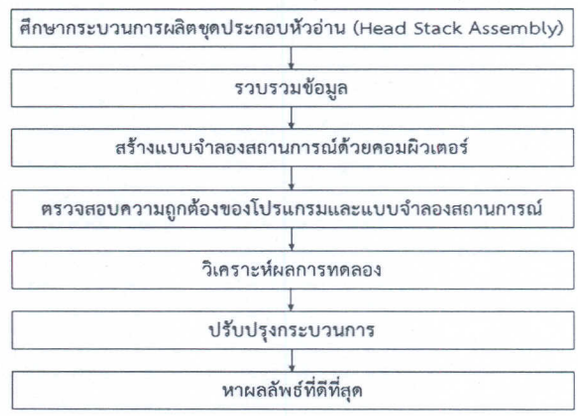
ตามคำกล่าวของ Kolton การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นหลักการที่สำคัญในการออกแบบ วิเคราะห์และหาค่าที่เหมาะสมในกระบวนการที่ซับซ้อน [1] การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ถูกประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจที่จะขยายขีดความสามารถในการผลิตการออกแบบผังโรงงานและการวางแผน การผลิต [2][3] การหาจำนวนระบบลำเลียงสายพานที่ทำให้เกิดกำลังการผลิตสูงสุดในกระบวนการผลิตกระบอกสูบรถยนต์ [4] ในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซได้ประยุกหลักการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการปรับปรุงกระบวนการประกอบ HSA โดยการหาจำนวน Shuttle และ Flow Fixture ที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดกำลังการผลิตสูงสุดโดยการใช้ฟังค์ชั่น OptQuest ในโปรแกรม Arena [5]

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

มูลค่าปัจจุบัน**สุทธิ**ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ด้านการเงินและศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนธุรกิจผลิตและจำหน่ายไฟเบอร์ซีเมนต์ของผู้ผลิตซีเมนต์ในประเทศไทย[6]

3. ขั้นตอนการทำงานวิจัย

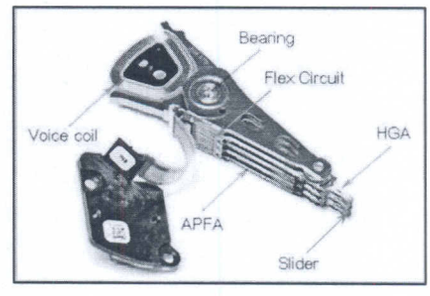
การศึกษาสามารถแบ่งได้ 7 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนในการศึกษา

3.1 การศึกษาศึกษากระบวนการผลิตชุดประกอบหัวอ่าน

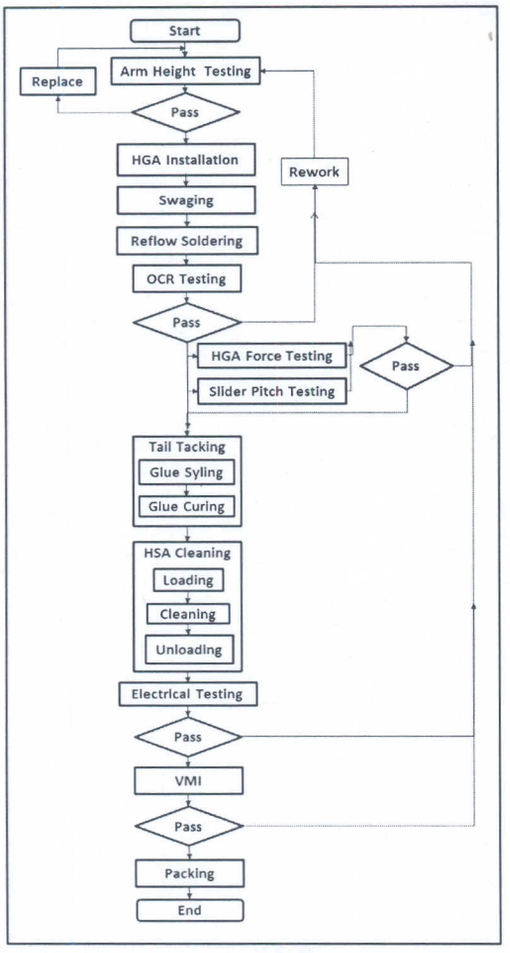
ชุดประกอบหัวอ่านเกิดจากการนำเอาชิ้นส่วน Actuator Pivot Flex Assembly (APFA) ประกอบกับชิ้นส่วน Head Gimbal Assembly (HGA) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดประกอบหัวอ่าน (Head Stack Assembly)[5]

กระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน แบ่งย่อยดัง

แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน

จากรูปที่ 3 สามารถอธิบายรายละเอียดกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่านดังต่อไปนี้

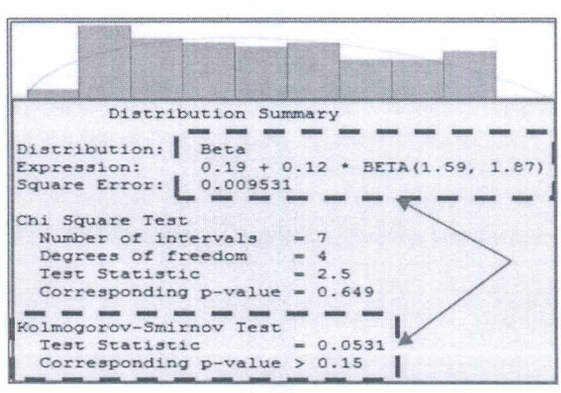
1. Arm Height Test คือ การวัดความสูงของแขนหัวจับหัวอ่านในชิ้นส่วน APFA
2. HGA Installation คือ การร้อยเรียง HGA ลงบน APFA
3. Swaging คือ การยึดติด HGA บน APFA ด้วยการเบ่งตัวของ HGA ด้วยการยิงลูกบอลทะลุผ่าน
4. Soldering คือ การประสาน Coil Circuit บน APFA
5. OCR Testing คือ การอ่านและบันทึกหมายเลขหัวอ่านในฐานข้อมูล
6. HGA Force Testing คือ การชุ่มวัดแรงกดหัวอ่าน
7. Slider Pitch Testing คือ การชุ่มวัดมุมหัวอ่าน
8. Tail Tacking คือ การยึด HGA ลงในร่อง APFA ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ การหยอดกาว (Glue Syling) และการอบแห้ง (Glue Curing)
9. Cleaning คือ การล้าง HSA ด้วยน้ำปราศจากไออ้อน
10. Electrical Test คือ การตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า
11. VMI คือ การตรวจคุณภาพภายนอกด้วยสายตาพนักงาน
12. Packing คือ การบรรจุลง HAS ในกล่อง

3.2 รวบรวมข้อมูล

รายละเอียดข้อมูลของกระบวนการประกอบ HSA เพื่อสร้างแบบจำลองสถานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลผังการไหลของกระบวนการประกอบ HSA
2. ข้อมูลผังกระบวนการกระบวนการประกอบ HSA
3. ข้อมูลรอบการผลิตในแต่ละกิจกรรมย่อยของกระบวนการประกอบ HSA
4. ข้อมูลเวลาของการหยุด เดินและปรับแต่งเครื่องจักร
5. ข้อมูลค่าใช้จ่ายการดำเนินงานการประกอบ HSA

การวิเคราะห์ข้อมูลการรอบการผลิตในแต่ละกิจกรรมย่อยในรูปแบบการแจกแจงข้อมูลทางสถิติด้วยการใช้ฟังค์ชั่น Input Analyze ในโปรแกรม Arena ดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Input Analyze

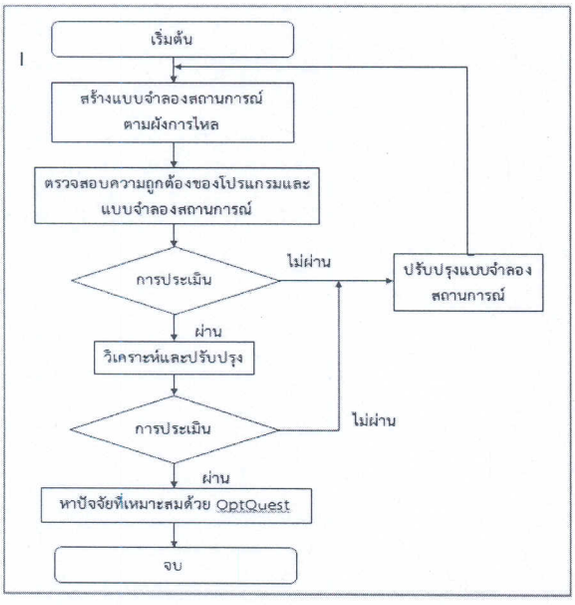
จากรูปที่ 4 รอบการดำเนินงานกระบวนการ Arm Height Test ด้วยการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov พบว่า P-Value เท่ากับ 0.15 มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่ารอบเวลาของกระบวนการ Arm Height Test กระจายตัวแบบ Beta มีค่าการแจกแจงเท่ากับ 0.19+0.12*BETA(1.59, 1.87) นาที และรอบเวลาของกิจกรรมทั้งหมดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์รอบเวลาของกระบวนการ HSA

กิจกรรม	การแจกแจง	หน่วย
Arm Height Test	0.19+0.12*BETA(1.59, 1.87)	นาที
HGA Installation	0.69+0.12*BETA(1.5, 1.61)	นาที
Swaging	TRIA(0.14, 0.218, 0.26)	นาที
Soldering	TRIA(0.41, 0.45, 0.47)	นาที
OCR Testing	TRIA(0.3, 0.34, 0.38)	นาที
HGA Force Test	0.29+0.12*BETA(1.54, 1.83)	นาที
Slider Pitch Test	0.28+0.24*BETA(1.67, 1.55)	นาที
Glue Syling	0.39+0.12*BETA(1.59, 1.87)	นาที
Glue Curing	0.15+0.06*BETA(2.64, 2.79)	นาที
Cleaning	0.29+0.12*BETA(1.54, 1.83)	นาที
Electrical Test	TRIA(0.64, 0.657, 0.71)	นาที
VMI	0.58+0.24*BETA(1.7, 1.68)	นาที
Packing	1.28+0.24*BETA(1.71, 1.51)	นาที

3.3 สร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากรูปที่ 3 และตารางที่ 1 นำมาสร้างแบบแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการประกอบ HSA ด้วยโปรแกรม Arena ดังขั้นตอนต่อไปนี้



รูปที่ 5 ขั้นตอนการสร้างแบบแบบจำลองสถานการณ์

3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์และแบบจำลองสถานการณ์

ในขั้นตอนนี้แบ่งได้ 2 ขั้นตอนย่อย ดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยการเริ่มรันโปรแกรมโดยปราศจากความผิดพลาด
2. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างผลการผลิตจากผลการผลิตจากแบบจำลองสถานการณ์ (μ_0) และกระบวนการจริง (μ_1) โดยสามารถกำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

$$H0 : \mu_0 = \mu_1$$
$$H1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

One-Sample T: C4

Test of mu = 13274 vs > 13274

N	Mean	StDev	SE Mean	95% Lower Bound	T	P
10	13312.0	72.5	22.9	13269.9	1.66	0.066

รูปที่ 6 ผลการทดสอบสมสมมุติฐาน

จากรูปที่ 6 ผลการทดสอบสมสมมุติฐานพบว่า P-Value เท่ากับ 0.066 ซึ่งมากกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธ H0 ดังนั้นผลการผลิตจากแบบจำลองสถานการณ์มีค่าเท่ากับผลการผลิตจากกระบวนการจริง แบบจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการและหาปัจจัยที่เหมาะสมได้

3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์ เพื่อหายอดการผลิตจากกระบวนการผลิต HSA ปัจจุบันพบว่าสามารถผลิตได้ 13,264 ชิ้นต่อวัน จากเป้าหมายที่ตั้งไว้ 16,000 ชิ้นต่อวัน ซึ่งพบว่าความสามารถการผลิตจากกระบวนการผลิต HSA ปัจจุบันไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงวิเคราะห์กิจกรรมหรือกระบวนที่เป็นคอขวดเพื่อใช้ในการปรับปรุงให้สามารถผลิตให้ได้ตามเป้าหมายพร้อมทั้งลดค่าใช้จ่ายส่วนเกินในบางกิจกรรมหรือกระบวน การวิเคราะห์กิจกรรมหรือกระบวนที่เป็นคอขวดนั้นสามารถใช้ข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์เพื่อทำการหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้กระบวนการสามารถผลิตได้ 16,000 ชิ้นต่อวันและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำที่สุด

ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการใช้ประโยชน์กระบวนการผลิต HSA ปัจจุบัน

กระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร		อัตราการใช้ประโยชน์ (%)
	เครื่องจักร	พนักงาน*	
Arm Height Test	3	3	87.50
HGA Installation	8	8	87.47
Swaging	5	5	64.16
Soldering	7	7	59.22
OCR Testing	5	5	63.50
HGA Force Test	1	1	0.00
Slider Pitch Test	1	1	0.00
Glue Syling	7	7	59.39
Glue Curing	3	3	55.72
Cleaning	4	4	79.89
Electrical Test	8	8	77.35
VMI	-	12	54.05
Packing	1	1	32.43

หมายหตุ

* จำนวนพนักงานต่อกะการทำงาน

จากตารางที่ 3 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. พบว่ากระการหรือกิจกรรมที่มีค่าอัตราการใช้ประโยชน์สูงนั้น คือ กระบวนการที่มีภาระงานมาก ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรและพนักงานเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต เช่น กระบวนการ Arm Height Test (87.5%) HGA Installation (87.47%) Cleaning (79.89%) Electrical Test (77.35%) ตามลำดับ
2. ในส่วนกิจกรรมที่มีค่าอัตราการใช้ประโยชน์ต่ำนั้นสามารถปรับลดจำนวนเครื่องจักรและพนักงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเครื่องจักรและการดำเนินงาน เช่น กระบวนการ VMI (54.05%) Glue Curing (55.72%) Soldering (59.22%) Glue Syling (59.39%) ตามลำดับ

3.6 ปรับปรุงกระบวนการ

แนวทางในการประปรุงกระบวนการผลิต HSA เริ่มจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรและพนักงานในกระบวนการที่มีภาระงานสูง และลดจำนวนเครื่องจักรและพนักงานในกระบวนการที่มีภาระงานต่ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการสั่งซื้อเครื่องจักร โดยการประยุกต์ใช้หลักการมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในการวิเคราะห์ด้านการเงินและศึกษาความเป็นไปได้ในในช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ 4 ปี ด้วยฟังค์ชั่น OptQuest ของโปรแกรม Arena

3.7 หาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

สมการมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0 \qquad (1)$$

โดยที่ C_t เงินสุทธิในช่วงเวลา t C_0 เงินลงทุนเริ่มต้น r ดอกเบี้ยเงินกู้ t จำนวนปีในการพิจารณา บนสมมุติฐานและประมาณการ ดังต่อไปนี้

1. ยอดการสั่งซื้อและผลิต HSA ที่คงที่ 16,000 ชิ้น/วัน
2. ค่าใช้จ่ายการดำเนินงานเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 5% ต่อปี เนื่องจากการปรับเงินเดือนของพนักงานประจำ
3. อัตราการเพิ่มเงินเดือนของพนักงานรายวัน 5% ต่อปี
4. ค่าวัสดุลดลงโดยประมาณการ 5% ต่อปี จากข้อตกลงการจัดซื้อวัสดุ
5. ค่าซ่อมเครื่องจักรเท่ากับ 15% ของราคาเครื่องจักรต่อปี
6. 312 วันทำงานใน 1 ปี จำนวนกะการทำงาน 2 กะต่อ 1 วัน และ 8 ชม.การทำงานต่อกะการทำงาน
7. ดอกเบี้ยเงินกู้คงที่โดยประมาณการ 7% ต่อปี

การวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและพนักงานในกระบวนการประกอบ HSA ในฟังคชั่น OptQuest ดังสมการต่อไปนี้

Objective Function:

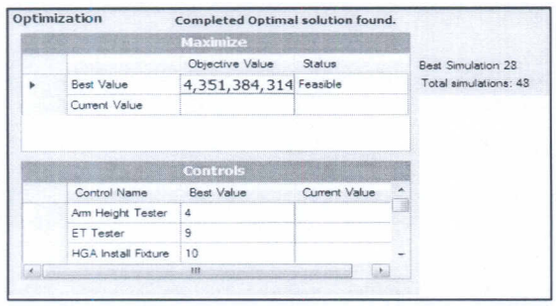
$$Maximum\ NPV \qquad (2)$$

Subject to:

$$Number\ Out >= 16{,}000 \qquad (3)$$

สมการที่ (2) คือ สมการจุดประสงค์เพื่อที่จะหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สูงสุดในระยะเวลา 4 ปี โดยการนำสมการ (1)

แทนค่าลงในสมการ (2) สมการ (3) คือ สมการข้อจำกัดที่กระบวนการประกอบ HSA สามารถผลิต HSA มากกว่าหรือเท่ากับ 16,000 ชิ้นใน 1 วัน โดยผลการวิเคราะห์ฟังคชั่น OptQuest แสดงในรูปที่ 7-8



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและพนักงานจากฟังคชั่น

รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและพนักงาน

จากรูปที่ 7-8 แสดงผลจากการวิเคราะห์หาจำนวนเครื่องจักรและพนักงานจากฟังคชั่น OptQuest พบว่า NPV สูงสุด 4,351,384,314 บาทในระยะเวลาดำเนินงาน 4 ปี รายละเอียดจำนวนเครื่องจักรและพนักงานแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและพนักงาน

กิจกรรม	จำนวนเครื่องจักร		จำนวนพนักงาน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
Arm Height Test	3	4	3	4
HGA Installation	8	10	8	10
Swaging	5	3	5	3
Soldering	7	6	7	6
OCR Testing	5	5	5	5
HGA Force Test	1	1	1	1
Slider Pitch Test	1	1	1	1
Glue Syling	7	6	7	6
Glue Curing	3	4	3	4
Cleaning	4	5	4	5
Electrical Test	8	9	8	9
VMI	-	-	12	10
Packing	1	1	1	1

จากตารางที่ 4 สามารถเปรียบเทียบจำนวนเครื่องจักรและพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มจำนวนเครื่องจักรและพนักงานในกิจกรรม Arm Height Test กิจกรรม HGA Installation กิจกรรม Glue Curing กิจกรรม Cleaning กิจกรรม VMI และ กิจกรรม Electrical Test
2. การลดจำนวนเครื่องจักรและพนักงานในกิจกรรม Swaging กิจกรรม Soldering และ กิจกรรม Glue Syling
3. จำนวนเครื่องจักรและพนักงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง คือ OCR Testing

4. ผลการทดลอง

ผลการเปรียบผลจำลองสถานการณ์ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบผลจำลองสถานการณ์ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

กระบวนการประกอบ HSA	ความสามารถในการผลิตสูงสุดต่อวัน(ชิ้น)
ก่อนปรับปรุง	13,274
หลังปรับปรุง	16,088
การเปลี่ยนแปลง(%)	17.5

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบผลจำลองสถานการณ์ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการด้วยฟังคชั่น OptQuest ความสามารถผลิตสูงสุดของกระบวนการ คือ 16,088 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้น 17.5%

5. บทสรุปและข้อเสนอะแนะ

5.1 บทสรุป

การวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถในการผลิต HSA ฟังคชั่น OptQuest พบว่ากระบวนการผลิต HSA สามารถผลิต HSA สูงสุด 16,088 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้น 21.3% และใช้พนักงานและ 65 คนต่อกะการทำงาน ให้ค่า NPV สูงสุด 4,351,384,314 บาทในระยะเวลาดำเนินงาน 4 ปี

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ข้อมูลต่างๆในแบบจำลองซึ่งบางส่วนได้มาจากการประมาณการ เช่น ยอดการสั่งซื้อ HSA ที่คงที่ อัตราการขึ้นเงินเดือนพนักงานทั้งรายวันและรายเดือน ค่าซ่อมเครื่องจักร ราคาเครื่องจักรและดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงาน แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องคัดกรองและตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้องและเหมาะก่อนนำไปวิเคราะห์ในแบบจำลองสถานการณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยในอนาคตควรใช้หลักการ Forecasting Techniques ในการทำนายยอดขายหรือจำนวนความต้องการ HSA ในช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ 4 ปี เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความเหมาะสมในการตัดสินใจลงทุน
2. ควรเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลด้านการเงิน และเวลาในการดำเนินงานในแต่ละกระบวนการประกอบ HSA เพื่อเพิ่มความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Kelton W.D., Sadowski R.P. and Sturrock D.T. Simulation with ARENA, 5th Edition, New York: McGraw-Hill, 2010

[2] T Pochamarn., Namphacharoen S. and Chamrasporn C., Using ProModel as a simulation tools to assist plant layout design and planning: Case study plastic packaging factory, Songklanakarin J. Sci. Technol, 30(1), Jan. - Feb. 2008

[3] วรินทร์ วงคงคาม, จุฑา พิชิตลาเค็ญ, การจำลองสถานการณ์เพื่อวางแผนจัดรูปแบบระบบการจ่ายก๊าซ LPG ณ คลังปิโตรเลียม, IE Network, 2012

[4] Carlos B., Rm'rez Cerda, PERFORMANCE EVALUATION OF AN AUTOMATED MATERIAL HANDLING SYSTEM FOR A MACHINING LINE USING SIMULATION, Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, 1995

[5] A Dokmai., A Kengpol., The Improvement for Optimization of Head Stack Assembly (HSA) Assembling Process by Using the Virtual Reality 3D Simulation Model, AIJSTPME, 3(4), 2010

[6] เติมศักดิ์ สีมันต์ชัยบวร, จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร, อดินุช กาญจนพิบูลย์, วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล., ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, 2554