การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

นางสาวรพีพร ศรีบัวรอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ECONOMIC ANALYSIS OF IMPACT FROM DESIGN CHANGES IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY

Miss Rapeeporn Sribua-rawd

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์
โดย	นางสาวรพีพร ศรีบัวรอด
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นันทชัย กานตานันทะ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รพีพร ศรีบัวรอด : การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์. (ECONOMIC ANALYSIS OF IMPACT FROM DESIGN CHANGES IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์, 72 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของผลิตภัณฑ์มักต้องกระทำภายใต้สภาวการณ์ที่รีบเร่งและกดดัน ทำให้การพิจารณาความคุ้มค่าของการเปลี่ยนแปลงไม่ได้เป็นไปอย่างรอบคอบและครอบคลุม วิทยานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบและเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกการออกแบบลูกปืนของส่วนประกอบชุดหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ในโรงงานกรณีศึกษาที่ทำให้สามารถลดต้นทุนของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้แบบจำลองที่นำเสนอยังสามารถใช้เป็นกรอบการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอื่นๆได้

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางในพิจารณาและวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเป็นปัจจัยสี่ด้านด้วยกันกล่าวคือ ปัจจัยด้านต้นทุนวัตถุดิบ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต ปัจจัยด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยด้านผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ทั้งนี้ได้นำผลกระทบดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์โดยเลือกประยุกต์ใช้เทคนิคการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้เป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับเลือกการออกแบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของกรณีศึกษาจะได้ค่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.18 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในโรงงานกรณีศึกษามีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และควรนำการออกแบบใหม่ไปใช้กับสายการประกอบทั้งหมด

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต รพีพร ศรีบัวรอด

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดาริชา สุธีวงศ์

ปีการศึกษา 2552

5071439021 : MAJOR INDUSTRAIL ENGINEERING

KEYWORDS : ECONOMIC ANALYSIS / DESIGN CHANGE / ENGINEERING CHANGE / IMPACT FROM DESIGN CHANGE / HARD DISK DRIVE INDUSTRY

RAPEEPORN SRIBUA-RAWD : ECONOMIC ANALYSIS OF IMPACT FROM DESIGN CHANGES IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. DARICHA SUTIVONG, Ph.D. , 72 pp.

This thesis involves economic an analysis of impact from design changes in the hard disk drive industry. Nowadays, a product design change has to be performed in urgency and the overall impacts are not considered thoroughly. Therefore, this study proposes models for carrying out an economic analysis of impact from design changes. The model is also applied to a case study in the hard disk drive industry in order to make decision on a bearing/cartridge in Head Stack Assembly process for the most cost effective alternative. Moreover, the models provide a framework for an economic analysis of other design changes.

The impact analysis of the design change is categorized into four main components: material costs, production process, product quality and manufacturing machine. The benefit cost ratio technique is used as an economic measurement for selecting the most appropriate design. From applying the framework to the case study, the benefit cost ratio is 1.18; therefore, the company should select a new design for production.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's Signature Rapeeporn S.

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature Daricha Sutivong

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยอย่างดียิ่ง ทั้งยังสนับสนุนและให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก และอาจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ ที่ได้ตรวจสอบถึงความสมบูรณ์และให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์อย่างดียิ่งต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาและพนักงานทุกท่าน ที่ให้โอกาสและเอื้อเฟื้อเวลากับผู้วิจัยในการศึกษาข้อมูล อีกทั้งยังให้ความร่วมมือ คำแนะนำและความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงแก่ บิดามารดา ครอบครัว และเพื่อนๆทุกคน ที่ให้โอกาส การสนับสนุนช่วยเหลือ และกำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 2

1.6 การดำเนินงานการวิจัย..... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 5

2.1.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย..... 5

2.1.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์..... 6

2.1.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน..... 7

2.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ..... 10

2.2 ทฤษฎีการศึกษาการทำงาน..... 11

2.2.1 การศึกษาวิธีการทำงาน..... 11

2.2.2 การวัดผลงาน..... 12

2.2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต..... 14

2.3 ดัชนีวัดประสิทธิภาพเครื่องจักร..... 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 16
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบของการออกแบบและการเปลี่ยนแปลง..... 17

บทที่ 3 แนวความคิดของงานวิจัย..... 19
3.1 แนวความคิดในการพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 20
3.1.1 ด้านต้นทุนวัตถุดิบ..... 20
3.1.2 ด้านปัจจัยการผลิต..... 21
3.1.3 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 21
3.1.4 ด้านเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต..... 23

บทที่ 4 ศึกษาสภาพทั่วไปและปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา..... 24
4.1 ลักษณะการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา..... 24
4.2 กระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน..... 25
4.3 ข้อมูลสภาวะปัญหาในปัจจุบัน..... 26
4.3.1 วัตถุดิบ..... 27
4.3.2 ปัจจัยด้านการผลิต..... 27
4.3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการประกอบลูกปืน..... 27
4.3.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับรอบเวลาในการผลิตของกระบวนการประกอบลูกปืน. 29
4.3.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนสถานีงานของกระบวนการประกอบลูกปืน..... 30
4.3.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของกระบวนการประกอบลูกปืน..... 30
4.3.2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับแรงงานในการผลิตของกระบวนการประกอบลูกปืน... 30
4.3.3 คุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 31
4.3.3.1 สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์..... 31
4.3.3.2 สัดส่วนของงานคัดออก..... 32
4.3.4 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต..... 32
4.3.4.1 ค่าฟิกเจอร์ใหม่สำหรับลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 32

หน้า

4.3.4.2 ค่าอะไหล่ของฟิกเจอร์..... 33
4.3.4.3 ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องและช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการซ่อม..... 33
4.3.4.4 ต้นทุนเสียโอกาส..... 34

บทที่ 5 แบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 35
5.1 เทคนิคในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์..... 35
5.2 แบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบ..... 36
5.2.1 ผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบ..... 36
5.2.2 ผลกระทบด้านปัจจัยการผลิต..... 36
5.2.3 ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 40
5.2.4 ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต..... 42
5.3 สรุปแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 45

บทที่ 6 การประยุกต์แบบจำลองกับกรณีศึกษา..... 48
6.1 ผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบ..... 48
6.2 ผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต..... 48
6.3 ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 53
6.4 ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต..... 54
6.5 สรุปค่าผลกระทบ..... 55
6.6 ข้อควรระวังในการวิเคราะห์ผลกระทบ..... 56
6.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบ..... 57

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 60
7.1 สรุปผลการวิจัย..... 60
7.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 60
7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย..... 60
7.4 ข้อเสนอแนะ..... 61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รายการอ้างอิง..... 62
ภาคผนวก..... 65
ภาคผนวก ก ข้อบกพร่องของชิ้นงาน Cartridge Height Failure..... 66
ภาคผนวก ข การคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และค่าใช้จ่าย..... 68
ภาคผนวก ค การคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันผลประโยชน์สุทธิของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 70
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงช่วงเวลาในการดำเนินงานวิจัย..... 4

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับ QCD..... 20

4.1 งานย่อยและรอบเวลาของกระบวนการประกอบลูกปืนแบบเดิม..... 29

4.2 งานย่อยและรอบเวลาของกระบวนการประกอบลูกปืนที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ 30

4.3 จำนวนคนต่อสายการผลิตต่อ 1 กะ..... 31

4.4 สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (%Failure)..... 32

4.5 สัดส่วนงานแก้ไขได้ (%Rework) และ สัดส่วนของงานคัดออก (%Reject)..... 32

4.6 ค่าอะไหล่ของฟิกเจอร์..... 33

4.7 ค่า MTBF ของประกอบลูกปืน ในช่วงเดือน พ.ค. 2551 ถึง พ.ย. 2551..... 34

4.8 ค่า MTTR ของประกอบลูกปืน ในช่วงเดือน พ.ค. 2551 ถึง พ.ย. 2551..... 34

5.1 ตัวแปรหลักของผลกระทบทั้งสี่ด้านจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 46

6.1 กำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการประกอบลูกปืน 1 สถานีงาน..... 48

6.2 จำนวนเครื่องจักรของกระบวนการประกอบลูกปืน..... 49

6.3 อัตราการใช้งานของเครื่องจักรในกระบวนการประกอบลูกปืน..... 50

6.4 กำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการประกอบลูกปืน 1 สถานีงาน..... 50

6.5 ข้อมูลเกี่ยวกับแรงงานในการผลิตสำหรับแต่ละขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน..... 51

6.6 สรุปค่าดัชนีด้านความน่าเชื่อถือของกระบวนการประกอบลูกปืน..... 55

6.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 56

6.8 สรุปผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนในรูปของตัวเงิน..... 57

6.9 ข้อมูลพยากรณ์การผลิตชิ้นงานของโรงงานกรณีศึกษา..... 58

6.10 ตัวแปรและพารามิเตอร์ในการคำนวณ..... 58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างแผนภูมิขบวนการผลิตสำหรับสองมือ..... 12

3.1 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 20

3.2 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนที่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 22

4.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์..... 24

4.2 Process Flow Chart ของการประกอบชุดหัวอ่าน..... 26

4.3 การเปลี่ยนแปลงการออกแบบของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการประกอบลูกปืน..... 27

4.4 ส่วนประกอบของชิ้นงานกรณีการออกแบบเดิม..... 28

4.5 ส่วนประกอบของชิ้นงานกรณีการออกแบบที่เปลี่ยนแปลง..... 28

5.1 การพิจารณาผลกระทบด้านปัจจัยการผลิต..... 37

5.2 แบบจำลองการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ.. 47

6.1 ข้อบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ..... 53

6.2 MTBF ของลูกปืนสองแบบในช่วงเดือน พ.ค. – พ.ย. 2551..... 54

6.3 MTTR ของลูกปืนสองแบบในช่วงเดือน พ.ค. – พ.ย. 2551..... 54

ก-1 ชิ้นงานที่ประกอบแล้วเป็นไปตามข้อกำหนด..... 67

ข-1 วิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และค่าใช้จ่าย..... 69

ค-1 แสดงวิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในธุรกิจอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ เนื่องจากลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่มีวัฏจักรชีวิตที่สั้นกว่าสินค้าอุปโภคบริโภคในกลุ่มธุรกิจอื่น ทำให้แต่ละองค์กรต้องมีการกำหนดกลยุทธ์เพื่อใช้แข่งขันกับคู่แข่ง โดยกลยุทธ์เบื้องต้นที่มีการนำมาใช้แข่งขันกันในธุรกิจกลุ่มนี้ก็คือ การส่งมอบให้ทันเวลา (Time to market) องค์กรใดที่สามารถส่งผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดได้ก่อน ก็ย่อมจะมีโอกาสในการทำกำไรได้สูงกว่าองค์กรคู่แข่ง เนื่องจากกลไกราคาของตลาดที่ทำให้ช่วงแรกของสินค้ากลุ่มอิเล็กทรอนิกส์จะมีราคาสูง และมีราคาตกลงมาอย่างรวดเร็วในเวลาเพียงไม่กี่เดือน แต่การส่งมอบให้ทันเวลาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้องค์กรอยู่รอดได้อย่างยั่งยืน ดังนั้นเมื่อประสบกับภาวะกลไกราคาของตลาดแล้ว องค์กรมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดทิศทางและวิธีการต่างๆเพื่อลดต้นทุนในการผลิตด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การผลิตสินค้ายังคงรักษาโอกาสในการทำกำไรได้

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการออกแบบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ถูกผลักดันให้เกิดขึ้นในองค์กร และมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้มีการพัฒนาศักยภาพการผลิตทั้งในแง่ของการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์หรือในแง่ของการลดต้นทุนในการผลิต [1] โดยการประยุกต์ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับกระบวนการผลิตขององค์กรต้องกระทำภายใต้สภาวการณ์ที่รีบเร่งและกดดันเพื่อให้สามารถทำกำไรได้ในภาวะที่เผชิญกับกลไกราคาของตลาด ส่งผลให้แนวความคิดในการพิจารณาความคุ้มค่าของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในบางโครงการไม่ได้ถูกพิจารณาอย่างรอบคอบและครอบคลุมในทุกๆ ด้าน

งานวิจัยนี้จะทำศึกษากระบวนการประกอบลูกปืน (Bearing/Cartridge installation) ซึ่งเป็นขั้นตอนย่อยขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านที่ใช้เป็นส่วนประกอบในกรรมวิธีการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยทางโรงงานกรณีศึกษาได้เปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดต้นทุนของวัตถุดิบ และทางโรงงานกรณีศึกษาไม่ได้ตัดสินใจที่จะทำการเปลี่ยนแปลงนี้กับการสายการประกอบทั้งหมดเนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนี้จะมีความคุ้มค่าอย่างแท้จริง ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เกี่ยวข้องกับผลกระทบในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของส่วนประกอบนี้ โดยจะนำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์และศึกษาผลกระทบในรูปของตัวเงินทั้งในแง่

ของผลประโยชน์และค่าใช้จ่าย เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกดำเนินการหรือยกเลิกการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนี้กับสายการผลิตทั้งหมด และจัดทำเป็นรูปแบบพื้นฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการออกแบบอื่นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกการออกแบบลูกปืนในชุดหัวอ่านของผลิตภัณฑ์ x ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ของโรงงานกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของกระบวนการประกอบลูกปืน ที่เป็นขั้นตอนการประกอบย่อยของกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านผลิตภัณฑ์ x เท่านั้น

2. ทำการศึกษาผลกระทบต่างๆทั้งในเชิงของผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายที่สามารถคำนวณให้อยู่ในรูปของตัวเงินได้

3. ในการวิเคราะห์จะประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเพียงหนึ่งวิธี โดยเลือกจากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการเลือกการออกแบบลูกปืนสำหรับกระบวนการประกอบลูกปืนของการประกอบชุดหัวอ่านของผลิตภัณฑ์ x ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ของโรงงานกรณีศึกษา

2. ได้กรอบความคิดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจงานวิจัย บทความ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

2. ศึกษากระบวนการประกอบชุดหัวอ่านและขั้นตอนการประกอบลูกปืนของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกระบวนการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืน

3. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยทฤษฎีการศึกษาการทำงาน การจัดสมดุลสายการผลิต และประยุกต์ใช้ดัชนีความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

4. ศึกษารวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล และหาผลกระทบทั้งในเชิงของผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

5. ศึกษาเปรียบเทียบทฤษฎีและเทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

6. ออกแบบวิธีการคำนวณหาค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

7. ออกแบบวิธีการวัดผลและทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเพียงหนึ่งวิธี โดยเลือกจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

8. ประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบและนำเสนอแนวทางการตัดสินใจสำหรับเลือกการออกแบบลูกปืนสำหรับกระบวนการประกอบลูกปืนในกระบวนการผลิตและประกอบชุดหัวอ่านของผลิตภัณฑ์ x ในโรงงานกรณีศึกษา

9. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะกรอบความคิดสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

10. จัดทำรูปเล่มเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 การดำเนินงานการวิจัย

ตารางที่ 1.1 แสดงช่วงเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2551			ปี 2552									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง											
2. ศึกษาระบบการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภาในปัจจุบัน											
3. วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ระบบ											
4. ศึกษาและออกแบบการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภาแบบไร้กระดาษ											
5. ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภา											
6. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภา ณ ห้องปฏิบัติการ											
7. ทดสอบระบบการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภา											
8. ทดสอบระบบในสถานที่ใช้งานจริง											
9. ประเมินผลการใช้งานระบบการประชุมสภาผู้แทนราษฎรและวุฒิสภา											
10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์											

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้เป็นแนวทางของงานวิจัยนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม การศึกษางาน และดัชนีวัดประสิทธิภาพเครื่องจักร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบของการออกแบบและการเปลี่ยนแปลง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะศึกษาใน 4 เรื่องหลักๆ กล่าวคือ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย การวิเคราะห์ผลประโยชน์ตอบแทน การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน และการวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ ดังนี้

2.1.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย

ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของโครงการ [2] มักจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่อไปนี้

1. ค่าวิจัยและพัฒนา (R&D cost)

โครงการบางประเภทต้องอาศัยการวิจัยขั้นต้นก่อนจึงจะเริ่มทำโครงการนั้นๆได้ ค่าใช้จ่ายประเภทเป็นค่าใช้จ่ายจม หรือ ค่าใช้จ่ายในอดีต (Sunk cost) ซึ่งจะไม่นำมาพิจารณาในการคิดผลประโยชน์หรือค่าใช้จ่าย เพราะถือว่าการจ่ายเงินประเภทนี้ไม่มีผลต่อการตัดสินใจทำโครงการ ถ้าผลการวิเคราะห์เป็นที่พอใจ โครงการก็อาจดำเนินต่อไป หรือผลของการวิเคราะห์ไม่เป็นที่พอใจ ค่าใช้จ่ายจำนวนนั้นก็สูญเสียไป

2. ค่าลงทุน (Investment cost)

ค่าลงทุน เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความพร้อมที่จะดำเนินการผลิตได้ (แต่ยังไม่ผลิต) ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ประกอบด้วยค่าที่ดิน ค่าอาคาร และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ รั้ว ถนน ท่อระบาย เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องจักรและการติดตั้ง ค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าติดตั้งประปา ติดตั้งโทรศัพท์ ติดตั้งไฟฟ้า (ไม่รวมค่าน้ำ ค่าโทรศัพท์ และค่าไฟฟ้า) ค่าช่างผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและทดสอบเครื่องจักร ค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการจัดหาสูตรที่จะใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ (Technical know-how) ค่ายานพาหนะ ค่าติดตั้งระบบความปลอดภัย ฯลฯ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้มักเกิดในระยะต้นของโครงการ ถ้าเป็นโครงการเล็กอาจจะเกิดเฉพาะปีแรกของโครงการ แต่ถ้าเป็นโครงการขนาดใหญ่อาจจะเกิดระยะ 1-5 ปีของการทำโครงการ แต่บางครั้งค่าใช้จ่ายประเภทนี้อาจจะเกิดในระหว่างทำโครงการได้ เช่น การสร้างเขื่อนนั้นถือว่าอายุของโครงการคือ

อายุของเขื่อน แต่ก่อนที่เขื่อนจะหมดอายุ อาจมีเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์หลายประเภทหมดอายุลง จำเป็นต้องซื้อใหม่ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ก็อาจเกิดในระหว่างการทำโครงการได้

3. **ค่าดำเนินการ** (Operating cost)

ค่าดำเนินการเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ใช้จ่ายไปเพื่อดำเนินการผลิตหรือบริการ เริ่มตั้งแต่การออกแบบ การผลิต การตรวจสอบ การจัดเก็บ การขนส่ง จนพร้อมที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า [3] มักจะประกอบด้วยค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าล่วงเวลา ค่าเดินทาง ค่าที่พัก ค่าเลี้ยงรับรอง ดอกเบี้ย ค่าภาษี ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์ ค่าอุปกรณ์สำนักงาน ค่าถ่ายเอกสาร ค่าน้ำมัน ค่าเชื้อเพลิง หรือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักร ค่าขนส่ง การบรรจุหีบห่อ ค่าโฆษณาประชาสัมพันธ์ ค่าเก็บรักษา ค่านายหน้า ค่าเช่า ค่าประกันต่างๆ ค่าฝึกอบรม ค่าอะไหล่ ค่าที่ปรึกษา ฯลฯ

4. **ค่าบำรุงรักษา** (Maintenance cost)

ค่าใช้จ่ายที่สำคัญและมักถูกลืม คือ ค่าบำรุงรักษา ค่าชิ้นส่วนและอะไหล่ต่างๆ ของเครื่องจักร จึงทำให้อายุการใช้งานของอาคาร สิ่งก่อสร้าง เครื่องจักร และอุปกรณ์ หรือค่าลงทุนมีอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ บางโครงการเงินลงทุนต่ำแต่เงินค่าบำรุงรักษาสูง เช่น การขุดคลองส่งน้ำอาจลงทุนไม่สูงมากนัก แต่ค่าบำรุงรักษาไม่ให้ดินตามชายฝั่งพังทลาย และการบำรุงรักษาไม่ให้คลองตื้นเขินทำได้ยาก ดังนั้นในการทำโครงการทุกครั้งจะต้องรวมค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเข้าไว้ด้วย ซึ่งพบว่าคุ้มค่ากว่าการที่จะอนุมัติให้เฉพาะโครงการที่มีค่าลงทุนต่ำเพียงอย่างเดียว

5. **ค่าเสียโอกาส** (Opportunity cost)

ค่าเสียโอกาสหมายถึงการสูญเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อโครงการใดโครงการหนึ่ง ทรัพยากรนั้นจะสูญเสียหายหรือหมดไป ไม่สามารถนำทรัพยากรนั้นมาใช้เพื่อการอย่างอื่นได้ เช่น ใช้ 3 ชั่วโมง บรรยาย ณ แห่งหนึ่งจะสูญเสียโอกาส ใช้ 3 ชั่วโมงนั้นเพื่อการอื่น

2.1.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์

ผลประโยชน์ [2] แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. **ผลประโยชน์ทางตรง** (Direct benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนที่เกิดจากโครงการโดยตรง ซึ่งตรงตามเป้าหมายเบื้องต้นของการมีโครงการ

2. **ผลประโยชน์ทางอ้อม** (Indirect benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนที่เกิดจากผลกระทบในขั้นตอนต่อๆ ไปของโครงการ หรือผลที่ได้รับอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องจากการมีโครงการ

ไม่ว่าจะเป็นผลประโยชน์ทางตรงหรือทางอ้อม จะนำเฉพาะผลประโยชน์สุทธิ (Net benefit) ไปใช้เท่านั้น ตามปกติผลประโยชน์ตอบแทนอาจปรากฏออกมาอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น การเพิ่มคุณภาพของสินค้า การเพิ่มจำนวนงาน การยืดอายุของผลผลิต การเปลี่ยนรูปผลิตภัณฑ์ การลดต้นทุนการผลิต การลดต้นทุนการขนส่ง หรือลดอุบัติเหตุ

2.1.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน [4, 5, 6]

ก่อนที่จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์ ดังนี้

มูลค่าของเงินตามเวลา (Time value of money) ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์นั้น ค่าของเงินเปลี่ยนแปลงตามเวลา เนื่องจากอัตราดอกเบี้ยซึ่งดอกเบี้ยคือผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในการกำหนดอัตราดอกเบี้ย (Interest rate) หรือผลอัตราตอบแทนต่ำสุด (MARR: Minimum Attractive Rate of Return) หรืออัตราส่วนลด (Discount rate) เราจะต้องทราบก่อนว่าแหล่งของเงินทุนนั้นมาจากไหน ตามปกติแหล่งของเงินทุนนั้นจะมาจากสองแหล่งคือกู้และเงินส่วนตัว โดยที่การลงทุนแต่ละประเภทไม่จำเป็นต้องมีอัตราผลตอบแทนต่ำสุดเท่ากันด้วยเหตุผลดังนี้ คือ

1) สัดส่วนระหว่างเงินกู้และเงินส่วนตัวนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละการลงทุน

2) ดอกเบี้ยเงินกู้และผลตอบแทนของเงินส่วนตัวไม่เท่ากันเนื่องจากแหล่งของเงินกู้นั้นมีจำนวนมากแตกต่างกันในการกำหนดอัตราดอกเบี้ย

3) อัตราความเสี่ยงของแต่ละโครงการไม่เหมือนกัน

อัตราตอบแทนต่ำสุดเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงโอกาสของการลงทุน นั่นคือ ความสามารถที่เงินลงทุนในโครงการจะคืนทุนมาให้ผู้ลงทุนได้ เมื่อเทียบกับการนำเงินไปลงทุนในแหล่งต่างๆกัน หรือกล่าวได้ว่าผลอัตราตอบแทนต่ำสุดควรจะมีค่าอย่างน้อยที่สุดมากกว่าผลอัตราดอกเบี้ยที่ผู้ลงทุนคิดว่าถ้าได้ดอกเบี้ยเท่าจำนวนนี้ก็ไม่มีประโยชน์ที่จะลงทุนในโครงการ

จุดประสงค์สำคัญในการศึกษาด้านการเงิน คือ ต้องการทราบว่าโครงการลงทุนมีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร ผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลากี่ปี ฯลฯ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 4 เทคนิคด้วยกันคือ

1. **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้จากการนำค่ากระแสเงินสดสุทธิของแต่ละปี (ตลอดอายุโครงการ) มาเทียบให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยใช้อัตราผลตอบแทนที่กำหนดขึ้น กระแสเงินสด

สุทธิที่จะนำมาเทียบเป็นมูลค่าปัจจุบันจะคำนวณตั้งแต่ปีที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินการ โดยสามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ได้ดังสมการที่ (1) และ (2) ดังนี้

$$\text{NPV} = \sum_{k=0}^{N} A_k (1+i)^{-k} \quad (1)$$

หรือ

$$\text{NPV} = A_0(1+i)^0 + A_1(1+i)^{-1} + A_2(1+i)^{-2} + \ldots + A_N(1+i)^{-N} \quad (2)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

A_k = กระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ในปีที่ k

i = อัตราผลตอบแทน

N = อายุของโครงการ

เกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับโครงการของเทคนิคมูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะยอมรับในกรณีที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือจะรับโครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับเท่ากับหรือมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบแสดงว่าโครงการนั้นไม่คุ้มกับการลงทุน ทั้งนี้อัตราผลตอบแทนที่ใช้ต้องเป็นอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้

2. **อัตราผลตอบแทนการลงทุน** (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย หรือ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการลงทุน ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิจึงเท่ากับศูนย์

ขั้นตอนของการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) แสดงดังสมการที่ (3) เหมือนกับการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยเราจะใช้สมการในการคำนวณเหมือนเดิม แต่เราจะต้องหาอัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV เป็นศูนย์ แทนการกำหนดอัตราส่วนลด ซึ่งอัตราส่วนลดตัวนี้เรียกว่า IRR จะเป็นตัวเลขเปอร์เซ็นต์ที่บอกอัตราผลตอบแทนของโครงการ

$$\text{NPV} = \sum_{k=0}^{N} A_k (1+i^*)^{-k} = 0 \quad (3)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ
(ในกรณีการหา IRR จะกำหนด NPV ให้เป็นศูนย์)
A_k = กระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ในปีที่ k
i^* = อัตราผลตอบแทน (IRR)
N = อายุของโครงการ

เกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับโครงการโดยใช้เทคนิคอัตราผลตอบแทนการลงทุน ให้นำอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับการลงทุนได้ หรือ อัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้สูงกว่า ถือเป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุน เช่น ควรจะสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของบรรษัทเงินทุน หรือสถาบันการเงินต่างๆ หรือสูงกว่า หรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนการลงทุนตามที่กฎหมายกำหนดไว้

3. **อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย** (Benefit cost ratio)

อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเลือกโครงการ โดยคำนวณจากสมการ (4)

$$\mathrm{BC}(i) = \frac{B}{C} = \frac{B}{I + C'} \qquad (4)$$

โดยที่ $I + C' \rangle\ 0$;

B คือมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ของโครงการ
C คือมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายของโครงการ
I คือมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนตั้งต้นของโครงการ
C' คือมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายของโครงการ
i คืออัตราผลตอบแทน

เกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับโครงการของเทคนิคอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย จะพิจารณาจากค่าอัตราส่วนที่คำนวณได้ ในกรณีที่อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายมีค่ามากกว่า 1 จะตัดสินใจยอมรับโครงการ

4. **ระยะเวลาคืนทุน** (Payback period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ จำนวนปีในการดำเนินงาน ซึ่งทำให้มูลค่าปัจจุบันของการลงทุนสะสมเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนเงินสดสุทธิสะสม หรือ อาจกล่าวได้ว่า ระยะเวลาคืนทุน คือ จำนวนปีในการดำเนินการซึ่งทำให้ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกันแล้ว มีค่าเท่ากับจำนวนเงินลงทุน

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนมี 2 กรณีด้วยกัน [7] คือกรณีที่กระแสเงินสดสุทธิเท่ากันทุกงวดตลอดโครงการ จะมีวิธีคำนวณดังสมการ (5) และกรณีที่กระแสเงินสดรับแต่ละงวดไม่เท่ากัน จะมีวิธีคำนวณดังสมการ (6)

กรณีที่กรณีที่กระแสเงินสดสุทธิเท่ากันทุกงวดตลอดโครงการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนจากการลงทุนรายปี}} \quad (5)$$

กรณีที่กระแสเงินสดรับแต่ละงวดไม่เท่ากัน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \quad (6)$$

2.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ

ต้นทุนคุณภาพ [8] ที่ส่งผลต่อการจัดการคุณภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ แบ่งได้ 4 ประเภท คือ ต้นทุนการป้องกัน ต้นทุนการประเมิน ต้นทุนความผิดพลาดภายใน และต้นทุนความผิดพลาดภายนอก

1. **ต้นทุนการป้องกัน** (Prevention cost) หมายถึง ต้นทุนซึ่งเกิดจากการป้องกันไม่ให้สินค้าที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้น ได้แก่ ต้นทุนในการออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ เพื่อแก้ไขสาเหตุของคุณภาพที่ไม่ดี ต้นทุนการออกแบบสินค้าใหม่ให้ผลิตได้ง่ายขึ้น ต้นทุนการฝึกอบรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องให้แก่พนักงาน และต้นทุนการร่วมมือจัดหาวัตถุดิบเพื่อเพิ่มคุณภาพของวัตถุดิบหรือบริการ เป็นต้น เห็นได้ว่าธุรกิจจึงต้องลงทุนทั้งเงิน เวลาและความพยายามเพิ่มมากขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

2. **ต้นทุนการประเมิน** (Appraisal cost) หมายถึง ต้นทุนการประเมินคุณภาพสินค้าหรือบริการให้ถึงระดับคุณภาพที่กำหนด การตรวจสอบสินค้าช่วยค้นหาปัญหาคุณภาพ ธุรกิจที่มี

ต้นทุนการป้องกันสินค้าสูงจะเกิดต้นทุนการประเมินต่ำ เพราะมีการป้องกันการเกิดความบกพร่องในสินค้า และบริการแล้วดังนั้นธุรกิจจึงตรวจสอบสินค้าเพื่อหาสินค้าที่มีข้อบกพร่องน้อยลง

3. **ต้นทุนความผิดพลาดภายใน** (Internal failure cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการพบสินค้าที่มีข้อบกพร่องระหว่างการผลิตสินค้าหรือบริการซึ่งสามารถแบ่งได้สองประเภท ประเภทแรก คือ ค่าใช้จ่ายจากข้อบกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Yield loss) ประเภทที่สอง คือ ค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำ (Rework cost) ซึ่งเกิดเมื่อสินค้ามีข้อบกพร่องสามารถแก้ไขปรับปรุงได้

4. **ต้นทุนความผิดพลาดภายนอก** (External failure cost) หมายถึง ต้นทุนซึ่งเกิดเมื่อพบสินค้าที่มีข้อบกพร่องหลังจากลูกค้ารับสินค้าหรือบริการแล้ว ทำให้เกิดต้นทุน เช่น ค่าชดเชย รวมทั้งเสียโอกาสทำกำไรในอนาคตเพราะลูกค้าอาจไม่กลับไปใช้บริการหรือซื้อสินค้าอีก ซึ่งการแก้ไขสินค้าที่มีข้อบกพร่องหลังจากสินค้าอยู่ในมือของลูกค้าแล้วจะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการรับประกันสินค้าด้วย (Warranty) ดังนั้นการออกแบบสินค้าหรือบริการจึงควรพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการรับประกันเพราะเกี่ยวข้องกับความน่าเชื่อถือของสินค้าและบริการ

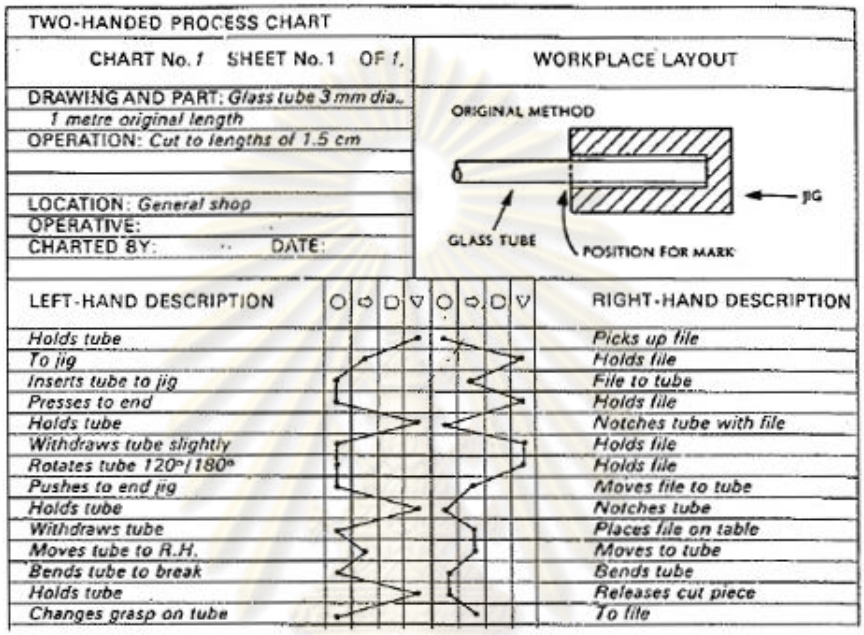
2.2 ทฤษฎีการศึกษาการทำงาน

การศึกษาการทำงาน [9] (Work study) เป็นคำที่ใช้แทนวิธีการต่างๆ จากการศึกษาวิธีการทำงาน (Method study) และการวัดผลงาน (Work measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษาอย่างมีระเบียบถึงการทำงานของคน และพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพและเศรษฐภาวะของการทำงานเพื่อการปรับปรุงการทำงานนั้นๆให้ดีขึ้น

2.2.1 การศึกษาวิธีการทำงาน (Method study)

การศึกษาวิธีการทำงาน [10,11] เป็นการเก็บบันทึกอย่างมีขั้นตอน และการตรวจตราแนวทางการทำงานที่มีอยู่แล้วและที่จะเสนอขึ้นมาใหม่อย่างถี่ถ้วน โดยเครื่องมือในการศึกษาวิธีการทำงานและการวิเคราะห์งานในการทำงานของคนงานหนึ่งคนประกอบด้วย แผนภูมิการปฏิบัติงาน (Operation chart) หรือเรียกว่าแผนภูมิขบวนการผลิตสำหรับสองมือ (Two-handed process chart) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 เป็นการศึกษาการทำงาน การเคลื่อนไหวและความสัมพันธ์ของสองมือระหว่างทำงาน ทำให้ทราบรายละเอียดการทำงานของมือซ้ายและมือขวา ซึ่งการบันทึกการทำงานจะใช้สัญลักษณ์ต่างๆเพื่อการวิเคราะห์ 4 ตัวด้วยกัน คือ

○	Operation	ใช้สำหรับการใช้มือจับ จัดตั้ง การปล่อยวัตถุออกจากมือ
⇨	Transportation	ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของมือ
▽	Hold	ใช้สำหรับการถือวัตถุในมือเพื่อการทำงาน
D	Delay	ใช้สำหรับการที่มืออยู่นิ่งเพื่อรอการปฏิบัติงาน



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนภูมิขบวนการผลิตสำหรับสองมือ [9]

2.2.2 **การวัดผลงาน** (Work measurement)

การวัดผลงาน [9] คือ การประยุกต์นำเอาเทคนิคที่ออกแบบไว้ไปหาเวลาทำงานหนึ่งชิ้นสำหรับคนงานที่ทำงานในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อเป็นการสังเกตการณ์และกำจัดเวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ อีกทั้งช่วยให้สามารถกำหนดเวลามาตรฐาน (Standard time) ของการทำงานแต่ละชิ้นได้ เทคนิคของการวัดผลงานมีหลายเทคนิคด้วยกัน เช่น การสุ่มงาน การหาเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลา การหาเวลาโดยพรีดีเทอร์มีน และข้อมูลมาตรฐาน โดยงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคเกี่ยวกับการหาเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลาหรือเรียกว่าการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลา (Time study) [10,11] เป็นเทคนิคของการวัดผลงานเพื่อหาเวลาและอัตราการทำงานของส่วนย่อยของงานชิ้นหนึ่งๆ ภายใต้สภาวะอันหนึ่ง โดยการจับเวลาจากพนักงานที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกเป็นอย่างดี ทั้งนี้ต้องเป็นพนักงานที่ทำงานนั้นๆจริง โดยใช้สถานที่ปกติ สถานการณ์ที่ปกติ ทั้งนี้ก็เพื่อหาเวลามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการทำงานชิ้นหนึ่งในระดับการทำงานที่เหมาะสม

การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct time study) เป็นวิธีการหนึ่งของการศึกษาเวลาซึ่งขั้นตอนในการศึกษาเวลาโดยตรงมีดังนี้คือ

1. หาข้อมูลเบื้องต้นของการทำงานที่จะศึกษาเวลา

2. แบ่งงานเป็นงานย่อยและบันทึก โดยงานย่อยหมายถึงงานที่เป็นส่วนประกอบของการทำงานหนึ่งๆ ในรอบการทำงานหนึ่งๆจะประกอบด้วยงานย่อยหลายๆงาน

3. สังเกตและจับเวลาการทำงานของพนักงาน

4. หาอัตราสมรรถนะการทำงาน (Performance rating)

5. เปลี่ยนเวลาที่จับได้เป็นเวลาปกติ (Normal time) ซึ่งคำนวณได้ตามสมการที่ (7)

6. พิจารณาเวลาเผื่อการทำงาน (Allowances)

7. หาเวลามาตรฐานสำหรับการทำงานนั้น

โดยเวลามาตรฐาน คือ เวลาทั้งหมดซึ่งควรจะทำงานชิ้นนั้นให้แล้วเสร็จด้วยความสามารถทำงานมาตรฐาน และจะคำนวณได้ตามสมการที่ (8) ดังนี้

$$NT = OT \times \frac{OR}{100} \tag{7}$$

$$ST = NT \times \left(1 + Allowances \right) \tag{8}$$

โดยที่ NT = เวลาปกติ (Normal time)

OT = เวลาจับได้ (Observed time)

OR = เลขประเมิน (Observed rating)

ST = เวลามาตรฐาน (Standard time)

$Allowances$ = เวลาเผื่อการทำงาน

ซึ่งเวลามาตรฐานจะใช้เป็นประโยชน์ในการหาจำนวนผลผลิตที่ผลิตได้ ตามสมการ (9)

$$\text{จำนวนผลผลิตที่ผลิตได้ต่อวัน} = \frac{\text{เวลาผลิตทั้งหมด (วินาทีต่อวัน)}}{\text{เวลามาตรฐาน (วินาทีต่อชิ้น)}} \tag{9}$$

ข้อควรระวังก่อนการทำการศึกษาเวลาจะต้องมั่นใจว่างานที่จะศึกษานั้นผลิตด้วยวิธีที่ดีที่สุด โดยมีตำแหน่งของเครื่องมือเครื่องจักรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม วัตถุดิบที่ใช้ทำงานเป็นไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตามคุณลักษณะที่ต้องการ สภาพการทำงานดี และปลอดภัย คุณภาพของชิ้นงานที่ผลิตเป็นไปตามต้องการ ความเร็วของเครื่องจักรเป็นไปตามที่ตั้งไว้ และคนงานมีความชำนาญ

2.2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line balancing) [11]

การจัดสมดุลสายการผลิตเป็นเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดงานเข้าสถานีงานโดยทำให้เวลาว่างงานของพนักงานมีน้อยที่สุด โดยต้องการให้ทุกๆสถานีงาน (Operation/Work station) มีการทำงานที่ตอบสนองต่อความต้องการในการผลิต เพื่อลดจำนวนสถานีงานลงให้เหมาะสมที่สุด และลดเวลาการรอคอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนของการจัดสมดุลสายการผลิต คือ การวิเคราะห์งานและกำหนดความสัมพันธ์ของงานย่อย เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่เหมาะสม และกำหนดงานย่อยให้แต่ละสถานีงาน สูตรที่ใช้ในการคำนวณจำนวนสถานีงานที่ต้องมีสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตเป็นดังสมการ (10) ดังนี้คือ

$$N = R \times \frac{\sum SM}{E} \tag{10}$$

โดยที่ N = จำนวนสถานีงานที่ต้องมี

R = อัตราการผลิตที่ต้องการ (ชิ้นต่อวินาที)

SM = เวลามาตรฐานของสถานีงาน (วินาที)

E = ประสิทธิภาพของสถานีงาน (เปอร์เซ็นต์)

ในการจัดสมดุลสายการผลิต จะพิจารณาอัตราการใช้งาน (Utilization) ร่วมด้วย ซึ่งอัตราการใช้งาน หมายถึงอัตราการใช้เครื่องจักร หรือ พื้นที่ หรือ แรงงานในปัจจุบัน โดยแสดงค่าในรูปของเปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้งานแสดงให้เห็นว่าธุรกิจต้องจัดหากำลังการผลิตเพิ่มเติม หรือ ลดกำลังการผลิตที่ใช้ไม่เต็มที่ออกไปเพื่อให้เหมาะสม ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการ (11)

$$Utilization = \frac{Average\ \ output\ \ rate \times 100\%}{Maximum\ \ capacity} \tag{11}$$

โดยที่ $Utilization$ = อัตราการใช้งาน

$Average\ \ output\ \ rate$ = อัตราผลผลิตเฉลี่ย

$Maximum\ \ capacity$ = กำลังการผลิตที่มากที่สุด

2.3 **ดัชนีวัดประสิทธิภาพเครื่องจักร**

1. **ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง** (Mean Time Between Failure: MTBF) [12] เป็นดัชนีที่ใช้แสดงความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร คือช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรทำงานจนกระทั่งพบการเสีย 1 ครั้ง โดยตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงว่าเครื่องจักรเกิดการชำรุดหรือเกิดเหตุขัดข้องบ่อย ระบบขาดความน่าเชื่อถือ ค่าช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องสามารถคำนวณได้จากสมการ (12)

$$MTBF = \frac{Total \quad productive \quad time}{Number \, of \, failures} \tag{12}$$

โดยที่ $MTBF$ = ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง

$Total \quad productive \quad time$ = เวลาเดินเครื่องจักร

$Number \, of \, failures$ = จำนวนครั้งที่เครื่องจักรเกิดการชำรุด

2. **ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม** (Mean Time To Repair: MTTR) [13] เป็นดัชนีที่ใช้แสดงความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และแสดงถึงความสามารถในการบำรุงรักษา ซึ่งก็คือค่าระยะเวลาเฉลี่ยของการเข้าไปซ่อมเครื่องจักรต่อครั้ง สามารถคำนวณได้จากสมการ (13)

$$MTTR = \frac{Total \quad repair \quad time}{Number \, of \, failures} \tag{13}$$

โดยที่ $MTTR$ = ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม

$Total \quad repair \quad time$ = เวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร

$Number \, of \, failures$ = จำนวนครั้งที่เครื่องจักรเกิดการชำรุด

การนำค่า MTBF และ MTTR มาพิจารณาร่วมกัน จะพบว่า

กรณีที่ MTBF น้อย MTTR มาก หมายความว่า เครื่องจักรเสียบ่อยและใช้เวลาในการซ่อมนาน

กรณีที่ MTBF น้อย MTTR น้อย หมายความว่า เครื่องจักรเสียบ่อยแต่ซ่อมได้อย่างรวดเร็ว

กรณีที่ MTBF มาก MTTR มาก หมายความว่า เครื่องจักรเสียน้อยแต่เสียแล้วซ่อมได้ยาก

กรณีที่ MTBF มาก MTTR น้อย หมายความว่า เครื่องจักรเสียน้อยเมื่อเสียก็ซ่อมได้เร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **ดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร** (Availability) เป็นดัชนีที่แสดงถึงโอกาสที่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้ตามเวลาที่ต้องการ และในกรณีเครื่องจักรมีปัญหาเราสามารถแก้ไขและเดินเครื่องจักรได้ตามเวลาที่ยอมรับได้ คำนวณได้จากสมการ (14)

$$Availability = \frac{MTBF \times 100\%}{(MTBF + MTTR)} \quad (14)$$

โดยที่ *Availability* คือดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

MTBF คือช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure)

MTTR คือช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

Yuan-Jye และคณะ [1] ได้ให้ความหมายของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขส่วนหนึ่งส่วนใดของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์หรืออาจจะเป็นการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ โดยการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของผลิตภัณฑ์เพียงแค่ชิ้นส่วนเดียวอาจมีผลทำให้ส่วนประกอบอื่นๆของผลิตภัณฑ์ต้องเปลี่ยนแปลงด้วย

งานวิจัยจำนวนมากในหลายปีที่ผ่านมาได้กล่าวถึงผลกระทบในด้านต่างๆของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ เพื่อนำเสนอเทคนิคและวิธีการสำหรับปรับปรุงกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ เช่น Mark และ Reidelach [14] ได้นำเสนอแนวทางสำหรับการวิเคราะห์และดำเนินการการบริหารการเปลี่ยนแปลงการออกแบบให้ประสบผลสำเร็จ Wanstrom และ Patrik [15] ทำการศึกษาและนำเสนอวิธีการสำหรับวางแผนวัตถุดิบในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม Wright [16] Kidd และ Thompson [17] และ Mckay และคณะ [18] ได้นำเสนอการออกแบบระบบคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารและควบคุมกระบวนการการเปลี่ยนแปลงการออกแบบตลอดจนวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบด้วย ซึ่งผลกระทบอาจจะเกิดขึ้นในหลายๆด้าน กล่าวคือ ผลกระทบต่อส่วนประกอบของชิ้นงานและส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต สถานี

งาน ต้นทุนในการดำเนินการ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ เวลาในการส่งมอบ และการทำงานของฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

Chrwan-jyh และ Jing [19] และ Sha และคณะ [20] ได้กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบทำให้ส่วนประกอบของชิ้นงานและส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ได้รับผลกระทบไปด้วย โดย Wanstrom และ Patrik [15] และ Yuan-Jye และคณะ [1] ได้อธิบายถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพในการจัดการสถานีงานและต้นทุนต่างๆ เช่น การเพิ่มงานหรือลดงานในกระบวนการผลิต การเพิ่มการทดสอบ ซึ่งต้องมีการลงทุนด้านเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิต เครื่องจักรในการทดสอบ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการฝึกอบรมพนักงาน ค่าใช้จ่ายสำหรับวัตถุดิบส่วนที่เพิ่มขึ้นหรืออาจมีการสูญเสียงบประมาณเนื่องจากจำเป็นต้องทิ้งชิ้นงานเดิมที่มีการสั่งซื้อไว้แล้วเป็นจำนวนมาก โดย Kidd และ Thompson [17] กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในช่วงที่เริ่มการผลิตแล้วจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในช่วงเริ่มต้นการออกแบบผลิตภัณฑ์

Wright [16] และ Mckay และคณะ [18] กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำสำหรับแก้ไขงานบกพร่อง หรือในกรณีที่มีของเสียเกิดขึ้น นอกจากนั้นยังส่งผลต่อความน่าเชื่อถือ (Reliability) และการส่งมอบของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการออกแบบยังส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการทำงานของทีมงานหลายฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ ฝ่ายผลิต ฝ่ายวางแผน ฝ่ายออกแบบเครื่องจักร ฝ่ายคงคลัง ฝ่ายจัดซื้อ ฯลฯ เช่น Wasilczyk [21] และ Mark และ Reidelbach [14] กล่าวว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงเอกสารต่างๆรวมไปถึงการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเลขหมายประจำชิ้นงาน (Serial number) รายการวัสดุต่างๆ (BOM) รวมไปถึงสัญญาต่างๆที่มีการทำไว้สำหรับงานสั่งผลิต (Made to order) ที่จำเป็นต้องมีการแก้ไขใหม่

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบของการออกแบบและการเปลี่ยนแปลง

Christoph และ คณะ [22] วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของคานรับน้ำหนัก โดยใช้เทคนิคต้นทุนการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (Design change costs) โดยจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ค่าใช้จ่ายต่างๆที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ จำนวนชิ้นงานที่ผลิต เพื่อนำมาคำนวณหากำไรที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยจะพิจารณาร่วมกันระหว่างต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงการ

ออกแบบ (Cost of the change) กำไรที่เพิ่มขึ้น (Profit) และความน่าจะเป็นในการแก้ไขข้อบกพร่องของคานได้สำเร็จ (Probability of success) ของทางเลือกในการออกแบบทั้งหมดเพื่อตัดสินใจเลือกการออกแบบที่เหมาะสมที่สุด

Rosy และคณะ [23] วิเคราะห์ต้นทุนกำไรของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยต้นทุนและกำไรจะคำนวณจากค่าวัตถุดิบและค่าดำเนินการที่เปลี่ยนแปลงไป และตัดสินใจเลือกการออกแบบกระบวนการจากการออกแบบทั้งหมดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break even point)

Jeremy [24] ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงและผลกระทบของนโยบายการปล่อยไอเสียเพื่อเลือกการออกแบบยานยนต์ที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคหลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุดและสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) เพื่อหาค่ากำไรสูงสุดจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิศวกรรม อุปสงค์ และต้นทุนการผลิต โดยพิจารณาร่วมกับกฎหมายข้อบังคับและนโยบายที่กำหนดในการตัดสินใจเลือกการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับยานยนต์

Chau และคณะ [25] วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของการเลือกวัสดุสำหรับเป็นเชื้อเพลิงหม้อน้ำด้วยเทคนิคมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนเครื่องจักร ต้นทุนวัตถุดิบและค่าดำเนินการรายปีในการคำนวณ

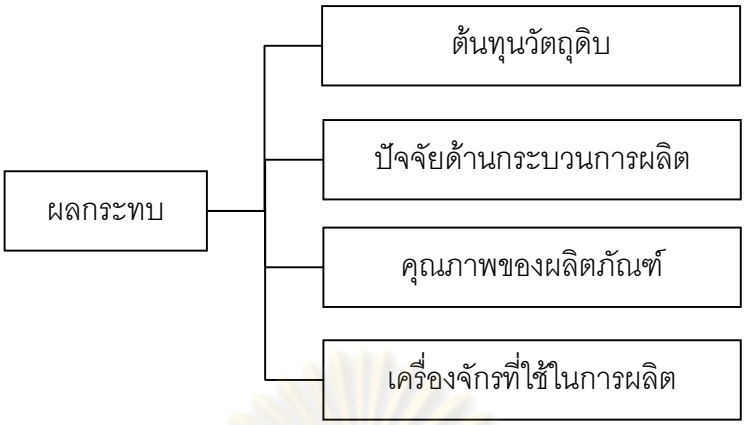
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
แนวความคิดของงานวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของบทที่ 2 พบว่ายังไม่มีงานวิจัยที่มองภาพรวมทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่งานวิจัยส่วนใหญ่นำมาประยุกต์ใช้ คือ การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Breakeven analysis) ร่วมกับการออกแบบสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่ากำไรสูงสุด ซึ่งการวิเคราะห์ความไว [26] เหมาะกับข้อมูลหรือปัจจัยที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งมีค่าไม่แน่นอน ส่วนการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน [26] เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรซึ่งผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต โดยผลของการวิเคราะห์จะช่วยให้สามารถวางแผนการผลิต กำหนดจำนวนขายและราคาขายที่เหมาะสมได้ ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในช่วงเริ่มต้นที่ยังไม่มีข้อมูลที่แน่นอนสำหรับการวิเคราะห์ แต่เนื่องจากกรณีศึกษานี้ได้ทดลองเปลี่ยนแปลงการออกแบบในขั้นเบื้องต้นแล้ว จึงทำให้มีข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเป็นสี่ด้าน กล่าวคือ ด้านต้นทุนวัตถุดิบ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อ QCD (Quality, Cost and Delivery) ที่นับว่าเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ทั้งนี้ได้นำผลกระทบดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) โดยงานวิจัยนี้จะเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดจากเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับเลือกการออกแบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3.1 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับ QCD

ผลกระทบของ การเปลี่ยนแปลงการออกแบบ	Quality	Cost	Delivery
1) วัตถุดิบ: ต้นทุนวัตถุดิบ		●	
2) ปัจจัยด้านการผลิต : ขั้นตอน รอบเวลา สถานีงาน และแรงงานในการผลิต		●	●
3) คุณภาพของผลิตภัณฑ์	●	●	
4) เครื่องจักรที่ใช้การผลิต : การซ่อมบำรุงและอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร		●	●

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แนวความคิดในการพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

รายละเอียดของแนวความคิดการพิจารณาผลกระทบด้านต่างๆ อธิบายได้ดังนี้

3.1.1. ด้านต้นทุนของวัตถุดิบ (Material cost)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการประกอบลูกปืน โดยส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในกรณีศึกษานี้คือลูกปืน ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิต โดยการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนี้ส่งผลกระทบในแง่ของราคาวัตถุดิบ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลต่างของราคาวัตถุดิบระหว่างการออกแบบเดิม และวัตถุดิบที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

3.1.2 **ด้านปัจจัยการผลิต**

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจะส่งผลกระทบต่อหลายส่วนในการผลิต ซึ่งผลกระทบในแต่ละส่วนจะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันในเรื่องต่างๆดังนี้

1) **กระบวนการผลิต** (Manufacturing process)

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนส่งผลให้ขั้นตอนการประกอบของกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงไป โดยจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์งาน (Operation analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของทฤษฎีการศึกษางานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกระบวนการผลิตว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และส่งผลกระทบต่อกระบวนการโดยรวมอย่างไร

2) **รอบเวลาในการผลิต** (Cycle time)

รอบเวลาในการผลิตเป็นผลกระทบซึ่งต้องวิเคราะห์ต่อเนื่องจากกระบวนการผลิตที่มีเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคการศึกษาเวลา (Time study) โดยการเก็บข้อมูลเวลาในแต่ละขั้นตอนย่อยของการประกอบชิ้นงานมาใช้ในการคำนวณ และนำรอบเวลามาคำนวณให้อยู่ในรูปของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง (Unit Per Hour หรือ UPH) เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงของกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

3) **จำนวนเครื่องจักรในการผลิต** (Machine)

จำนวนเครื่องจักรในการผลิต (Machine) เป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องพิจารณาเพื่อให้สายการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามจำนวนที่กำหนดไว้ โดยจำนวนเครื่องจักรในการผลิตเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง

4) **จำนวนสถานีงาน** (Work station)

จำนวนสถานีงาน (Work station) ของแต่ละขั้นตอนการประกอบจะคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาการทำงานมาทำการวิเคราะห์และออกแบบขั้นตอนการทำงานในแต่ละสถานีงานใหม่ให้เหมาะสมด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตทั้งนี้เพื่อให้สายการผลิตยังคงผลิตชิ้นงานตามจำนวนเป้าหมายที่ต้องการได้

5) **แรงงานในการผลิต** (Manpower)

ผลกระทบในด้านแรงงานการผลิตเป็นผลกระทบที่ต่อเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรในสายการผลิต เนื่องจากในแต่ละสถานีงานจำเป็นต้องมีพนักงานเพื่อทำหน้าที่ประกอบชิ้นงาน หรือควบคุมเครื่องจักรสำหรับประกอบชิ้นงาน

3.1.3 **คุณภาพของผลิตภัณฑ์** (Quality)

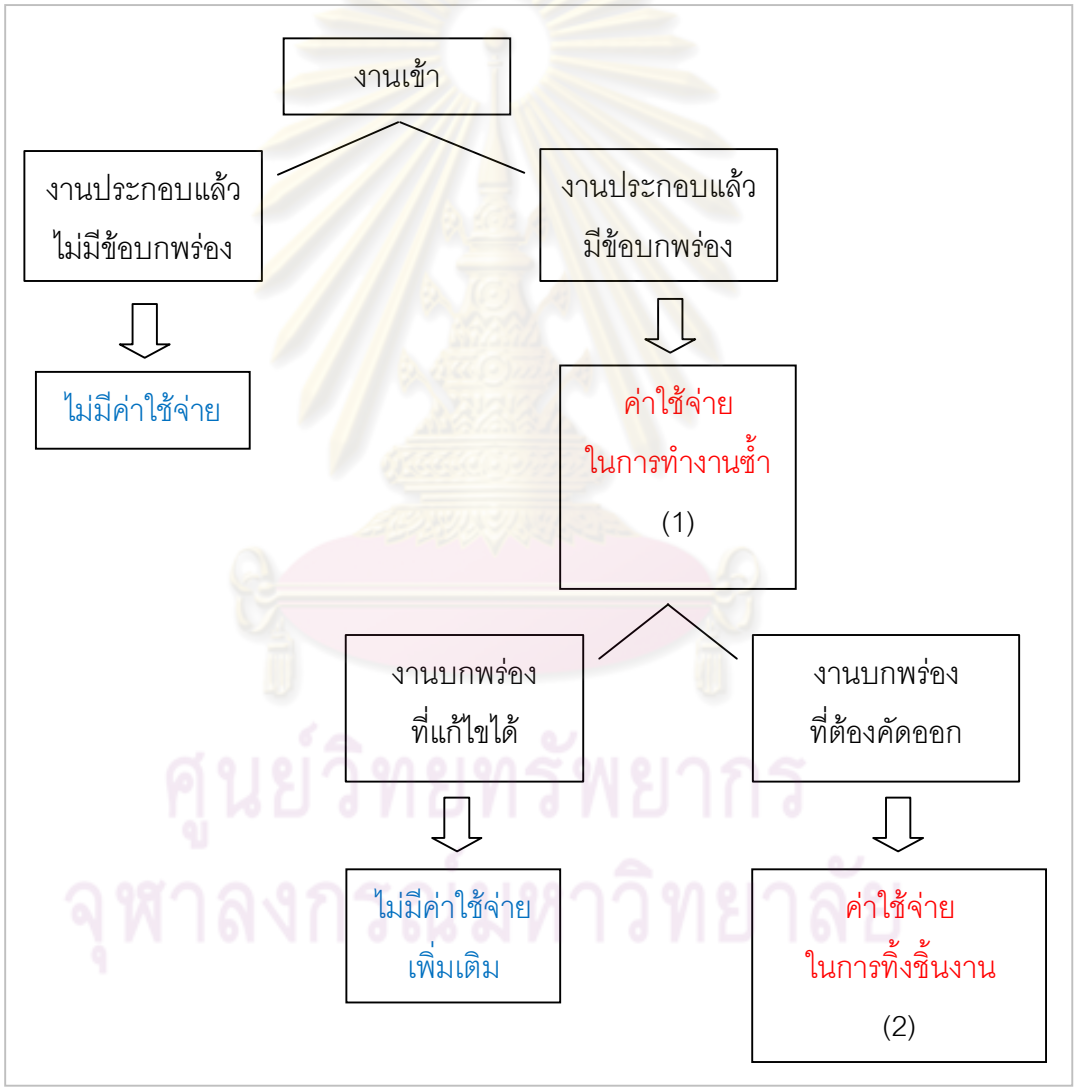
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนคุณภาพ ซึ่งจะเก็บข้อมูลด้านคุณภาพดังนี้

1) สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (%Failure)

ค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำ (Rework Cost) จะคิดโดยใช้สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณ ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.2 เนื่องจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานสามารถแก้ไขปรับปรุงได้

2) สัดส่วนของงานคัดออก (%Reject)

สัดส่วนของงานคัดออกจะถูกนำไปคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายจากข้อบกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.2 ซึ่งเรียกว่าค่าใช้จ่ายในการทิ้งชิ้นงาน (Scrap cost)



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนที่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 **ด้านเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต**

1) **ค่าส่วนประกอบใหม่ของเครื่องจักร** เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอาจมีผลทำให้ส่วนประกอบของเครื่องจักรต้องเปลี่ยนไปเพื่อให้สามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงการออกแบบได้ และนับได้ว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่เป็นเงินลงทุนที่เกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

2) **ค่าอะไหล่ของเครื่องจักร** เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีความเสียหายของอะไหล่ของส่วนประกอบของเครื่องจักรหรือของเครื่องจักร และต้องมีการเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้นเพื่อให้สามารถประกอบชิ้นงานได้ตามปกติ โดยจะเก็บข้อมูลอายุการใช้งานและราคาของอะไหล่มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย

3) **ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง** (Mean Time Between Failure: MTBF) **และช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม** (Mean Time To Repair: MTTR) งานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อนำมาวิเคราะห์ดัชนีวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่มีค่าแตกต่างกันอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

4) **ต้นทุนเสียโอกาส** (Opportunity cost) เป็นผลกระทบจากประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ลดลง โดยจะคำนวณจากความสัมพันธ์กันของช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) และช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair: MTTR) และนำไปวิเคราะห์ถึงมูลค่าต่างๆที่เป็นต้นทุนเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้ผลกระทบทั้งหมดที่จะนำมาพิจารณาไม่ได้รวมถึงผลกระทบต่อการทำงานของฝ่ายต่างๆ และเวลาในการส่งมอบ เนื่องจากปกติแล้วโรงงานกรณีศึกษามีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในหลายโครงการ งานวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบในด้านดังกล่าวไม่ใช่ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่มที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การศึกษาสภาพทั่วไปและปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษาในแง่ของภาพรวมการผลิต กระบวนการประกอบชิ้นงาน รายละเอียดของกระบวนการผลิตที่นำมาศึกษา และข้อมูลสภาวะปัญหาในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

4.1 ลักษณะการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตและประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard disk drive) ได้มีการแบ่งส่วนประกอบชิ้นงานในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1.ส่วนหัวอ่าน (Slider) 2.การส่วนประกอบชุดหัวอ่าน (Head Stack Assembly: HSA) 3.ส่วนประกอบไดรฟ์ (Drive) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ซึ่งในส่วนของกรณีศึกษานี้จะศึกษาในส่วนการประกอบย่อยของการประกอบชุดหัวอ่าน (Head Stack Assemble: HSA) เท่านั้น

รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [27]

4.2 **กระบวนการประกอบชุดหัวอ่าน** (Head Stack Assembly: HSA)

1) กระบวนการประกอบหัวอ่าน (HGA installation & Swage)

กระบวนการประกอบหัวอ่านเป็นการนำตัวงานประกอบหัวอ่าน (HGA) มาประกอบเข้ากับอาร์มคอยล์ (Arm coil assy) โดยจะมีการใช้เครื่องอัดลูกบอลสแตนเลสเพื่อขยายรูของตัวงานประกอบหัวอ่าน (HGA) ให้ติดกับรูของอาร์มคอยล์ (Arm coil assy)

2) กระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า (TGA preparation)

กระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าเป็นการจัดหางของตัวงานประกอบหัวอ่าน (HGA) ลงในร่องอาร์ม (Slot arm) และ Lead ให้ตรง PCC pad

3) กระบวนการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า (Reflow soldering)

กระบวนการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างหัวอ่านกับ PCC เป็นกระบวนการใช้เครื่อง Reflow ในการบัดกรี Flying lead ของตัวงานประกอบหัวอ่าน (HGA) ให้ติดกับตัว Solder pad ของ PCC

4) กระบวนการล้างชิ้นงาน (Solvent cleaning)

กระบวนการล้างชิ้นงาน เป็นการลำเลียงชิ้นงาน HSA ใส่ตะกร้า เพื่อนำไปเข้าเครื่องล้าง (Solvent cleaning machine)

5) กระบวนการประกอบลูกปืน (Bearing/Cartridge installation)

กระบวนการประกอบลูกปืนเป็นการใช้เครื่องในการประกอบลูกปืน (Cartridge) เข้ากับอาร์มคอยล์ (Arm coil assy) โดยใช้วงแหวนสแตนเลสเป็นตัวยึด และทำการประกอบยางหุ้ม PCC connector ที่เรียกว่า Gasket เข้ากับ PCC connector ของชิ้นงาน HSA

6) กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน (HSA visual inspection)

เป็นการตรวจสอบชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมทั้งทำความสะอาดชิ้นงานด้วยก้านสำลีชุบน้ำยา ในขั้นตอนนี้จะมีการเปลี่ยนถ่ายตัวชิ้นงาน HSA จากภาชนะในการบรรจุชิ้นงาน 8 ตัวเป็นภาชนะที่บรรจุชิ้นงานได้ 15 ตัว

7) กระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่าน (Head test)

เป็นการนำชิ้นงาน HSA เข้าเครื่องทดสอบค่าทางไฟฟ้า ทั้งนี้จะทำการทดสอบเกี่ยวกับการวัดค่าความเหนี่ยวนำ การต่อเนื่อง และการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าในตัว HSA และตรวจดูค่าการอ่านเขียนของหัวอ่าน และความจุของคอยล์ (Coil)

8) กระบวนการบันทึกข้อมูลตัวงาน HSA (Data collection RFID)

กระบวนการบันทึกข้อมูลตัวชิ้นงาน HSA เป็นกระบวนการที่ทำการบันทึกหมายเลขประจำชิ้นงาน (Serial number) และเก็บข้อมูลของชิ้นงาน HSA ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บเป็นข้อมูลสำหรับการตรวจสอบต่างๆ

9) กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Final product audit)

เป็นการกระบวนการสุ่มชิ้นงานเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ว่าได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ก่อนนำส่งให้ลูกค้า (ส่วนของการประกอบไดรฟ์)

10) กระบวนการบรรจุหีบห่อ (Packing)

เป็นกระบวนการบรรจุชิ้นงาน HSA ที่ทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว และทำการบรรจุหีบห่อด้วยเครื่องบรรจุหีบห่อก่อนการนำส่งลูกค้า (ส่วนของการประกอบไดรฟ์) ซึ่งกระบวนการนี้ยังคงต้องทำในคลีนรูม (Clean room)

กระบวนประกอบชุดหัวอ่าน (Head Stack Assembly: HSA) ทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 Process flow chart ของการประกอบชุดหัวอ่าน

4.3 ข้อมูลสภาวะปัญหาในปัจจุบัน

โรงงานกรณีศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืนที่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการประกอบลูกปืนซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนย่อยของกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบแล้วพบว่ามีผลกระทบเกิดขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ และแบ่งเป็น 4 ด้านด้วยกัน คือ ด้านต้นทุนวัตถุดิบ ด้านปัจจัยการผลิต ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และ ด้านเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 วัตถุดิบ

กระบวนการประกอบลูกปืน (Bearing/Cartridge installation) มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืน (Bearing/Cartridge) จากแบบที่มีบ่า (Flange) เป็นทรงกระบอก (Cylinder) ดังรูปที่ 4.3

ลูกปืนแบบมีบ่า ลูกปืนแบบทรงกระบอก

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงการออกแบบของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการประกอบลูกปืน

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาคาดว่าการเปลี่ยนแปลงนี้จะสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนี้ได้ 0.07 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

4.3.2 ปัจจัยด้านการผลิต

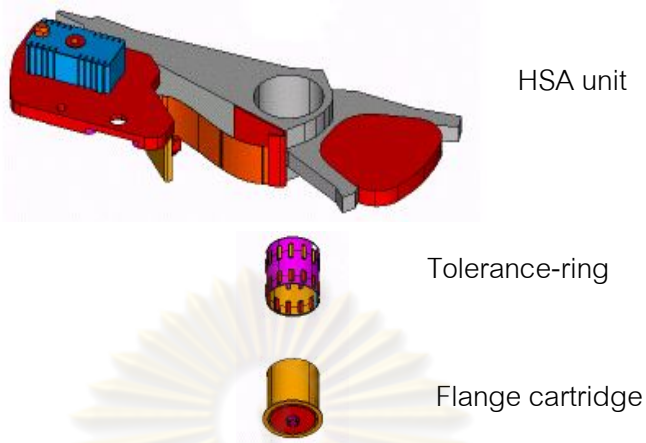
ในการศึกษาส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านการผลิตนั้น จะทำการศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนของกระบวนการผลิต รอบเวลาการผลิต จำนวนสถานีงานในการผลิต จำนวนเครื่องจักรสำหรับการผลิต และจำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิต โดยจะศึกษาและทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้านต่างๆว่าส่งผลกระทบต่อการผลิตอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการประกอบลูกปืน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานในกระบวนการประกอบลูกปืน (Bearing/Cartridge installation) และพบว่าการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ขั้นตอนการประกอบด้วยลูกปืนแบบใหม่ มีขั้นตอนเพิ่มขึ้นมากกว่าขั้นตอนการประกอบแบบเดิม 1 ขั้นตอน โดยจะอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการประกอบลูกปืนแบบเดิมและแบบที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ ดังนี้

1) กระบวนการประกอบลูกปืนแบบเดิม แสดงส่วนประกอบดังรูปที่ 4.4

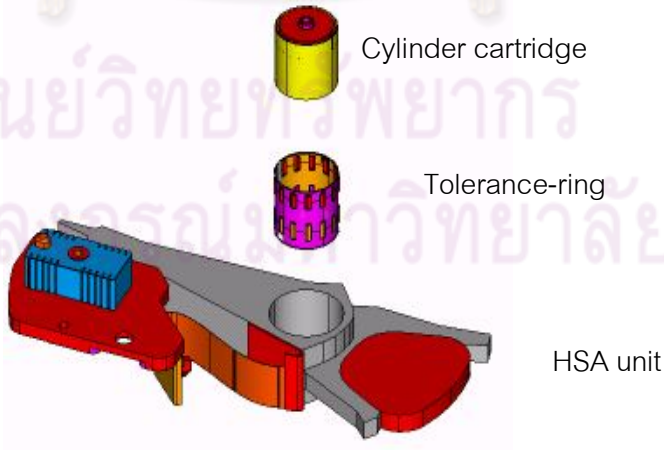
1. นำลูกปืน (Cartridge) ที่ประกอบด้วยวงแหวนสแตนเลส (Tolerance-ring) วางบนฐานรับชิ้นงาน (Receiverของฟิกเจอร์) ของเครื่องประกอบ
2. นำตัวงาน HSA มาวางบนลูกปืน (Cartridge) ที่ประกอบด้วยวงแหวนสแตนเลส (Tolerance-ring) แล้ว
3. กดปุ่มให้เครื่องประกอบทำงาน และประกอบ Gasket ที่ Connector ของ PCC
4. นำตัวงานที่ประกอบเสร็จแล้ววางบนถาดใส่ชิ้นงาน



รูปที่ 4.4 ส่วนประกอบของชิ้นงานกรณีการออกแบบเดิม

2) กระบวนการประกอบลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ แสดงส่วนประกอบดังรูปที่ 4.5

1. นำวงแหวนสแตนเลส (Tolerance-ring) ประกอบเข้ากับตัวงาน HSA
2. นำตัวงาน HSA วางบนฐานรับชิ้นงาน (Receiver ของฟิกเจอร์) ของเครื่องประกอบ
3. นำลูกปืน (Cartridge) มาวางบนตัวงาน HSA
4. กดปุ่มให้เครื่องประกอบทำงาน และประกอบ Gasket ที่ Connector ของ PCC
5. นำตัวงานที่ประกอบเสร็จแล้ววางบนถาดใส่ชิ้นงาน



รูปที่ 4.5 ส่วนประกอบของชิ้นงานกรณีการออกแบบที่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการประกอบลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบหรือแบบทรงกระบอก มีขั้นตอนการประกอบเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากลักษณะลูกปืนที่เป็นทรงกระบอกไม่สามารถประกอบวงแหวนสแตนเลส (Tolerance ring) กับตัวลูกปืน (Bearing/Cartridge) ก่อนที่จะนำเข้ามาประกอบในสายการผลิตในลักษณะเดียวกับลูกปืนแบบเดิมได้เนื่องจากวงแหวนสแตนเลส (Tolerance ring) จะหลุดออกจากตัวลูกปืน (Bearing/Cartridge) ในระหว่างการประกอบ จึงต้องมีการเปลี่ยนวิธีการประกอบโดยนำวงแหวนสแตนเลส (Tolerance ring) ประกอบเข้ากับตัว HSA ก่อน ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มขั้นตอนการประกอบเข้าไปในกระบวนการผลิต

4.3.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) ของกระบวนการประกอบลูกปืน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเวลาของกระบวนการประกอบลูกปืนทั้งในกระกวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยแสดงเวลาย่อยของแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 งานย่อยและรอบเวลาของกระบวนการประกอบลูกปืนแบบเดิม

งานย่อย (Element) ของกระบวนการประกอบลูกปืนแบบเดิม	**รอบเวลา (วินาที)**
1. เปิดถาดใส่ชิ้นงาน	0.46
2. นำลูกปืน Cartridge ที่ประกอบด้วยTolerance-ring วางบน Receiver ของฟิกเจอร์	4.43
3. นำตัวชิ้นงาน HSA มาวางบน Cartridge ที่ประกอบด้วย Tolerance-ring	
4. กดปุ่มให้เครื่องประกอบทำงาน และประกอบ Gasket ที่ Connector ของ PCC	8.36
5. นำตัวชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้ววางลงบนถาดใส่ชิ้นงาน	2.76
6. ปิดถาดใส่ชิ้นงาน	0.28
รอบเวลารวม (Cycle time)	16.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 งานย่อยและรอบเวลาของกระบวนการประกอบลูกปืน
ที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

งานย่อย (Element) **ของกระบวนการประกอบลูกปืน ที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ**	**รอบเวลา (วินาที)**
1. เปิดถาดใส่ชิ้นงาน	0.46
2. นำ Tolerance-ring ประกอบเข้ากับตัวชิ้นงาน HSA	3.40
3. นำตัวชิ้นงาน HSA วางบน Receiver ของ Fixture ของเครื่องประกอบ	4.43
4. นำ Cartridge มาวางบนชิ้นงาน HSA	
5. กดปุ่มให้เครื่องประกอบทำงาน และประกอบ Gasket ที่ Connector ของ PCC	8.36
6. นำตัวชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้ววางลงบนถาดใส่ชิ้นงาน	2.76
7. ปิดถาดใส่ชิ้นงาน	0.28
รอบเวลารวม (Cycle time)	19.69

จากการเก็บข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบส่งผลกระทบทำให้รอบเวลาในกระบวนการผลิตมีค่าสูงขึ้น จาก 16.29 วินาทีเป็น 19.69 วินาที

4.3.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนสถานีงาน (Work station) **ของกระบวนการประกอบลูกปืน**

จำนวนสถานีงาน (Work station) ของกระบวนการประกอบลูกปืนแบบเดิมจะมีทั้งหมด 1 สถานีงานต่อสายการผลิต สำหรับจำนวนสถานีงานของกระบวนการประกอบลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบต้องทำการวิเคราะห์ต่อเนื่องจากข้อมูลรอบเวลาในการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป

4.3.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเครื่องจักรในการผลิต (Machine) **ของกระบวนการประกอบลูกปืน**

จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสำหรับกระบวนการประกอบลูกปืนจะใช้ทั้งหมด 4 เครื่องต่อสายการผลิตเท่ากับจำนวนสถานีงาน แต่เนื่องจากรอบเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืน จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่งสำหรับคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้สำหรับการประกอบลูกปืนแบบที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ

4.3.2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับแรงงาน ในการผลิต (Manpower) **ของกระบวนการประกอบลูกปืน**

ข้อมูลเกี่ยวกับแรงงานในการผลิตสำหรับแต่ละขั้นตอนของการประกอบชิ้นงานชุดหัวอ่านแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนคนต่อสายการผลิตต่อ 1 กะ

ขั้นตอนในการประกอบชุดหัวอ่าน	จำนวนคน
1. กระบวนการประกอบหัวอ่าน	12
2. กระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า	5
3. กระบวนการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า	5
4. กระบวนการล้างชิ้นงาน	2
5. กระบวนการประกอบลูกปืน	4
6. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน	4
7. กระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่าน	1
8. กระบวนการบันทึกข้อมูลตัวงาน HSA	1
9. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์	1
10. กระบวนการบรรจุภัณฑ์	1
11. เตรียมและจ่ายวัตถุดิบในการผลิต	2
12. สุ่มชิ้นงานไปตรวจสอบค่าทางคุณภาพ	1
จำนวนคนรวม	39

4.3.3 **คุณภาพของผลิตภัณฑ์** (Quality)

ในการประกอบลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบพบว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการประกอบ เนื่องจากมีข้อบกพร่องของชิ้นงานเกิดขึ้นในลักษณะของการประกอบชิ้นงานแล้วลูกปืนไม่อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด โดยข้อบกพร่องนี้ไม่ได้เกิดขึ้นกับการประกอบชิ้นงานด้วยลูกปืนแบบเดิม และทางโรงงานกรณีศึกษาเรียกข้อบกพร่องดังกล่าวนี้ว่า Cartridge height failure (รายละเอียดจะอยู่ในภาคผนวก ก) ซึ่งข้อบกพร่องนี้มีงานบางส่วนที่แก้ไขได้ (Rework) และมีงานบางส่วนที่ต้องคัดออก (Reject) โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพมีรายละเอียดดังนี้

4.3.3.1 **สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์** (%Failure)

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่อง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (%Failure)

ครั้งที่	งานเข้า (ตัว)	งาน Fail (ตัว)	%Fail
1	15,637	244	1.56%
2	7,440	96	1.29%
3	13,155	166	1.26%
4	15,673	182	1.16%
5	15,803	159	1.01%
6	12,267	94	0.77%
7	12,022	163	1.36%

4.3.3.2 สัดส่วนของงานคัดออก (%Reject)

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานคัดออก ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนงานแก้ไขได้ (%Rework) และ สัดส่วนของงานคัดออก (%Reject)

ครั้งที่	งาน Fail (ตัว)	%งาน Rework	%งาน Reject
1	244	98%	2%
2	96	93%	7%
3	166	100%	0%
4	182	100%	0%
5	159	94%	6%
6	94	100%	0%
7	163	100%	0%

4.3.4 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

การเปลี่ยนแปลงการออกแบบส่งผลต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตในด้านการซ่อมบำรุงและอัตราการขัดข้องของเครื่องจักร โดยผู้วิจัยจะทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่มีความสัมพันธ์กันต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตดังนี้

4.3.4.1 ค่าฟิกเจอร์ใหม่สำหรับลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ

โดยกรณีศึกษานี้ส่วนประกอบใหม่ของเครื่องจักรจะเป็นส่วนของฟิกเจอร์ ซึ่งฟิกเจอร์คืออุปกรณ์ที่ใช้รองรับและจับยึดชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดในขณะที่ประกอบงาน เมื่อมีการ

เปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืนจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนฟิกเจอร์ใหม่ด้วย เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบลูกปืนจะมีฟิกเจอร์เพื่อรองรับชิ้นงานระหว่างการประกอบชิ้นงาน ซึ่งเครื่องจักรหนึ่งเครื่องจะติดตั้งกับฟิกเจอร์หนึ่งตัว โดยกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนจะต้องเปลี่ยนฟิกเจอร์ให้เข้ากับขนาดของลูกปืนแบบใหม่ ทั้งนี้ราคาฟิกเจอร์สำหรับกระบวนการที่มีการออกแบบใหม่มีราคา 530 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น (2,120 ดอลลาร์สหรัฐต่อสายการผลิต)

4.3.4.2 **ค่าอะไหล่ของฟิกเจอร์**

ฟิกเจอร์ที่ใช้สำหรับกระบวนการประกอบลูกปืนจะมีอายุการใช้งาน เมื่อฟิกเจอร์อยู่ในสภาพไม่ตรงตามลักษณะที่กำหนดไว้จะต้องมีการเปลี่ยนบางชิ้นส่วนโดยจะมีค่าอะไหล่และจำนวนที่ต้องเปลี่ยนต่อเดือน แสดงดังในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าอะไหล่ของฟิกเจอร์

อะไหล่ของฟิกเจอร์	**ราคาต่อหน่วย (บาท/ดอลลาร์)**	**จำนวนอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนต่อเดือน**
1.สำหรับลูกปืนแบบเดิม	4,800 (134)	4
2.สำหรับลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ	5,000 (139)	1.5

4.3.4.3 **ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง** (Mean Time Between Failure: MTBF) **และช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม** (Mean Time To Repair: MTTR)

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลของเครื่องประกอบลูกปืนในสายการผลิตของการออกแบบเดิม และสายการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ จำนวนสายการผลิตละ 4 เครื่อง แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่า MTBF ของประกอบลูกปืน ในช่วงเดือน พ.ค. 2551 ถึง พ.ย. 2551

เดือน	Mean Time Between Failure: MTBF (นาที)	
	การออกแบบเดิม	การออกแบบใหม่
พ.ค.	126.26	119.54
มิ.ย.	120.45	118.12
ก.ค.	125.18	121.45
ส.ค.	129.23	117.32
ก.ย.	124.57	120.05
ต.ค.	128.37	122.65
พ.ย.	124.65	115.57

ตารางที่ 4.8 ค่า MTTR ของประกอบลูกปืน ในช่วงเดือน พ.ค. 2551 ถึง พ.ย. 2551

เดือน	Mean Time To Repair: MTTR (นาที)	
	การออกแบบเดิม	การออกแบบใหม่
พ.ค.	11.5	16.7
มิ.ย.	12.2	17.3
ก.ค.	12.8	15.9
ส.ค.	10.7	18.7
ก.ย.	11.3	17.5
ต.ค.	11.1	18.5
พ.ย.	12.5	17.2

4.3.4.4 **ต้นทุนเสียโอกาส** (Opportunity cost) จะคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆที่ได้ทำการเก็บข้อมูลของผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

บทที่ 5
แบบจำลองการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

บทนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่นำเสนอ โดยจะเริ่มจากการวิเคราะห์เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และเลือกเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแบบจำลองที่นำเสนอสำหรับวิเคราะห์ผลกระทบด้านต่างๆที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

5.1 **เทคนิคในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์** [13]

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ดังนั้นการเลือกเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์จะพิจารณาจากเทคนิคที่มีความเหมาะสมกับกรณีศึกษา ทั้งนี้จะเป็นลักษณะของการพิจารณาเลือกหนึ่งโครงการจากสองโครงการ

การประเมินการลงทุนด้วยวิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะบอกได้ว่าการลงทุนจะให้ผลตอบแทนมากน้อยเท่าใดในรูปของมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน แต่จำเป็นต้องมีการกำหนดอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Minimum Attractive Rate of Return, MARR:i) สำหรับการคำนวณด้วย

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) จะใช้เป็นตัวแสดงถึงผลตอบแทนหรือกำไรในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยเกณฑ์การตัดสินใจจะต้องพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้

เทคนิคการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) เป็นอีกเทคนิคที่มีความสะดวกในการพิจารณาการลงทุน ซึ่งการคำนวณจะอาศัยหลักการเดียวกับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แต่ในกรณีที่โครงการมีค่าใช้จ่ายและการลงทุนมีค่าเป็นศูนย์จะไม่สามารถคำนวณได้ และจะพิจารณาเลือกโครงการที่จะได้รับผลประโยชน์มากที่สุดทันที

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เป็นเทคนิคเบื้องต้นที่ใช้คัดกรองการลงทุนที่มีหลายโครงการ ทั้งนี้จะช่วยลดเวลาในการหาข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โดยตัดโครงการที่ไม่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาอย่างชัดเจนออก วิธีนี้จะเหมาะสมกับบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ในการตั้งระยะเวลาคืนทุนที่จำกัดตามการล้าสมัยอันรวดเร็วของเทคโนโลยี แต่ข้อเสียคือไม่สามารถวัดความสามารถในการทำกำไรของการลงทุนได้

จากที่กล่าวมาแต่ละเทคนิคสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธการลงทุนได้ แต่ความสามารถในการวัดการทำกำไรของการลงทุนจะอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้จะเลือกใช้เทคนิคการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้สามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับตัดสินใจยอมรับการออกแบบที่คุ้มค่ากับการลงทุน และทำให้ทราบความสามารถในการทำกำไรเนื่องด้วยมีวิธีการคำนวณที่ครอบคลุมเทคนิคการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และมีรายละเอียดการคำนวณที่ทำให้มองเห็นภาพทั้งในแง่ของผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน

5.2 แบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งศึกษาผลกระทบสี่ด้านจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบดังนี้

5.2.1 ผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบ (CI_m)

กรณีที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบวัตถุดิบแล้วต้องใช้เนื้อวัสดุมากขึ้นหรือทำให้กระบวนการผลิตวัตถุดิบนั้นยากหรือซับซ้อนขึ้นจะเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นด้านต้นทุนราคาวัตถุดิบ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าเปลี่ยนแปลงการออกแบบแล้วทำให้เนื้อวัสดุลดลงหรือทำให้วัตถุดิบนั้นมีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายขึ้นจะเรียกผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบนั้นว่าผลประโยชน์ ซึ่งจะถือว่าราคาวัตถุดิบต่อชิ้นที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยผลกระทบด้านนี้จะคิดจากผลต่างของราคาวัตถุดิบ ดังสมการ (15)

$$CI_m = C_O - C_C \tag{15}$$

โดยที่ CI_m คือ ผลกระทบหรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

C_O คือ ราคาวัตถุดิบเดิมต่อชิ้น (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

C_C คือ ราคาวัตถุดิบต่อชิ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

ในกรณีที่ CI_m มีค่าเป็นบวกจะถือว่าเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น และ

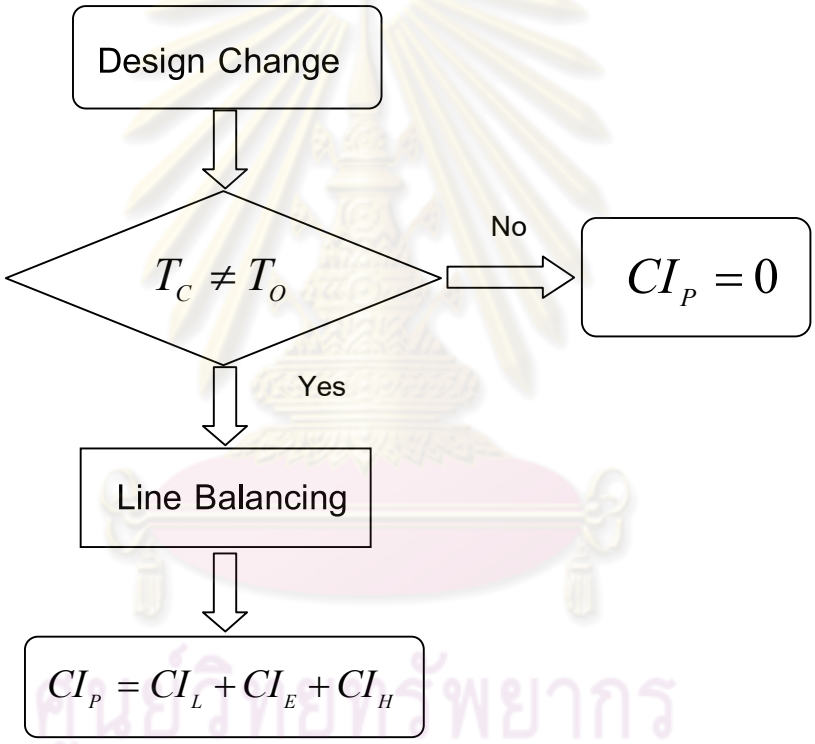
CI_m มีค่าเป็นลบจะถือว่าเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้น

5.2.2 ผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต (CI_P)

การเปลี่ยนแปลงการออกแบบอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิตหลายปัจจัยด้วยกันกล่าวคือ ขั้นตอนการผลิต รอบเวลาการผลิต กำลังการผลิต สถานีงาน จำนวนเครื่องจักรและแรงงานที่ใช้ในการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนการพิจารณาผลกระทบด้านปัจจัยการผลิตดังนี้ เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบให้พิจารณารอบเวลา (Cycle time; T) ในการผลิตว่าแตกต่างจากเดิมหรือไม่ ในกรณีที่รอบเวลาเท่าเดิมจะถือว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบไม่มีผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต ถ้ารอบเวลาเปลี่ยนไปจากเดิมจะต้องจัดสมดุลสายการผลิตใหม่โดยกำลังการผลิตอาจเท่าเดิมหรือมากกว่าเดิมซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อจำนวนแรงงาน (CI_H) และเครื่องจักรในการผลิต (CI_E) หรือถ้าจัดสมดุลการสายผลิตแล้วกำลังการผลิตลดลงจะถือว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิต (CI_L) ด้วย ซึ่งขั้นตอนการพิจารณาผลกระทบสรุปดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การพิจารณาผลกระทบด้านปัจจัยการผลิต

โดยที่ T_O คือ รอบเวลาการผลิตเดิม (วินาที)

T_C คือ รอบเวลาการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (วินาที)

CI_P คือ ผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

CI_L คือ ผลกระทบต่อกำลังการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

CI_E คือ ผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรในการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

CI_H คือ ผลกระทบต่อแรงงานในการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต (CI_P) เป็นการรวมผลกระทบด้านกำลังการผลิต จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และแรงงานที่ใช้ในการผลิต โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (16) – (19) ดังนี้

$$CI_P = CI_L + CI_E + CI_H \tag{16}$$

โดยที่ CI_P คือ ผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต

CI_L คือ ผลกระทบต่อกำลังการผลิต

CI_E คือ ผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรในการผลิต

CI_H คือ ผลกระทบต่อแรงงานในการผลิต

ทุกตัวแปรมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

อันดับแรกจะกล่าวถึงผลกระทบต่อกำลังการผลิต (CI_L) โดยจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเสียโอกาสในการทำกำไรเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบแล้วจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้น้อยลงจากที่ควรจะผลิตได้ หรือเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มโอกาสในการทำกำไรจากการผลิตชิ้นงานได้จำนวนมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งผลกระทบจะเกิดขึ้นในกรณีที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบแล้วกำลังการผลิตของสายการผลิตมีค่ามากขึ้นหรือลดลง โดยจะคิดผลกระทบจากการหาผลต่างระหว่างกำลังการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับกำลังการผลิตเดิมแล้วนำไปหารด้วยกำลังการผลิตเดิมที่สายการผลิตเคยทำได้ จะได้ค่าสัดส่วนผลกระทบของกำลังการผลิต จากนั้นนำไปคูณด้วยกำไรในการประกอบชิ้นงานหนึ่งหน่วย โดยผลกระทบต่อกำลังการผลิตจะอยู่ในหน่วยของดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงถึงมูลค่าการสูญเสียกำไรหรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ คำนวณดังสมการ (17)

$$CI_L = \frac{(L_C - L_O)}{L_O} \times P_U \tag{17}$$

โดยที่ CI_L คือ ผลกระทบต่อกำลังการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

L_O คือ กำลังการผลิตเดิมต่อวัน (ชิ้น)

L_C คือ กำลังการผลิตต่อวันเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

P_U คือ กำไรในการประกอบชิ้นงานหนึ่งหน่วย (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

ผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต (CI_E) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้จำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ หรือเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องจักรจำนวนน้อยลงในการผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่ต้องการ ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรอบเวลาการผลิตหลังเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และจากความต้องการที่จะรักษากำลังการผลิตของสายการผลิตให้เท่าเดิมหรือมากว่าเดิมจึงมีการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับสายการผลิต โดยผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรเกิดจากจำนวนเครื่องจักรที่ต้องมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิม ทั้งนี้หลักการคิดผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต จะเป็นการนำผลต่างระหว่างสัดส่วนของจำนวนเครื่องจักรต่อกำลังการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับการผลิตเดิม มาคูณด้วยต้นทุนรวมค่าเครื่องจักรหนึ่งเครื่อง ทั้งนี้จะได้ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ผลิตในหน่วยของดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นงานซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นด้านจำนวนเครื่องจักรในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ คำนวณดังสมการ (18)

$$CI_E = \left(\frac{E_O}{L_O} - \frac{E_C}{L_C} \right) \times P_E \qquad (18)$$

โดยที่ CI_E คือ ผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรในการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

E_O คือ จำนวนเครื่องจักรเดิม (เครื่องต่อสายการผลิต)

E_C คือ จำนวนเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (เครื่องต่อสายการผลิต)

L_O คือ กำลังการผลิตเดิมต่อวัน (ชิ้น)

L_C คือ กำลังการผลิตต่อวันเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

P_E คือ ต้นทุนรวมค่าเครื่องจักรต่อหนึ่งเครื่อง (ดอลลาร์สหรัฐต่อเครื่อง)

ผลกระทบต่อแรงงานในการผลิต (CI_H) เป็นค่าใช้จ่ายค่าแรงงานที่สูงขึ้นจากการใช้จำนวนแรงงานในการผลิตมากขึ้นสำหรับผลิตชิ้นงานตามกำลังการผลิตที่วางไว้ หรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้จำนวนแรงงานลดลงเพื่อผลิตจำนวนชิ้นงานที่ต้องการ โดยเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรในการผลิต ซึ่งต้องอาศัยคนในการผลิตหรือควบคุมเครื่องจักร ทั้งนี้หลักการคำนวณก็มีความคล้ายคลึงกับการหาค่าผลกระทบต่อจำนวนเครื่องจักรในการผลิต โดยคิดจากผลต่างระหว่างสัดส่วนของจำนวนแรงงานต่อกำลังการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบกับการผลิตเดิม แล้วนำมาคูณด้วยค่าแรงงานของพนักงาน จะได้ผล

กระทบต่อแรงงานในการผลิตในหน่วยดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นและเป็นค่าที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นด้านแรงงานในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นดังสมการ (19)

$$CI_H = \left(\frac{H_O}{L_O} - \frac{H_C}{L_C} \right) \times P_H \qquad (19)$$

โดยที่ CI_H คือ ผลกระทบต่อแรงงานในการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

H_O คือ จำนวนแรงงานเดิม (คนต่อสายการผลิตต่อวัน)

H_C คือ จำนวนแรงงานเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (คนต่อสายการผลิตต่อวัน)

L_O คือ กำลังการผลิตเดิมต่อวัน (ชิ้น)

L_C คือ กำลังการผลิตต่อวันเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

P_H คือ ค่าแรงงานของพนักงาน (ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อวัน)

5.2.3 ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (CI_Q)

การเปลี่ยนแปลงการออกแบบอาจมีผลทำให้ผลิตผลของการผลิต (Yield) เปลี่ยนแปลงและอาจทำให้ต้องทิ้งชิ้นงาน (Scrap) ในกรณีที่มีข้อบกพร่อง (Failure) ที่ไม่สามารถแก้ไขได้เกิดขึ้น ซึ่งจะถือว่าเป็นผลกระทบต่อต้นทุนคุณภาพในแง่ของต้นทุนความผิดพลาดภายใน

1) ผลกระทบในการทำงานซ้ำ (CI_{QR})

กรณีที่มีชิ้นงานดีจำนวนมากขึ้นจะนับเป็นผลประโยชน์และทำให้สามารถทำกำไรได้มากขึ้น แต่ในกรณีที่มีชิ้นงานเสียจำนวนมากขึ้นต้องพิจารณาว่าข้อบกพร่องนั้นแก้ไขได้หรือไม่ ซึ่งถ้าแก้ไขได้จะต้องพิจารณาหาผลกระทบในแง่ของการเสียโอกาสในการทำกำไรเนื่องจากการทำงานซ้ำ (Rework) โดยหลักการคำนวณจะคิดจากสัดส่วนจำนวนชิ้นงานที่จะสามารถผลิตได้ในช่วงเวลาที่สูญเสียไปในการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงาน โดยจะคิดจากผลต่างระหว่างผลิตผลการผลิตเดิมกับเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบแล้วนำไปคูณด้วยสัดส่วนระหว่างเวลาในการแก้ไขชิ้นงานกับเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น ซึ่งถ้าผลิตผลการผลิตหลังเปลี่ยนแปลงการออกแบบมีค่าลดลงจะหมายถึงจะมีชิ้นงานจำนวนมากขึ้นที่ต้องแก้ไขหรือทำงานซ้ำ และถ้าใช้เวลาในการแก้ไขงานนานขึ้นก็จะยิ่งเป็นการเสียโอกาสในการผลิตชิ้นงานมากขึ้น เนื่องจากเครื่องจักรจะถูกใช้ในแก้ไขชิ้นงานแทนที่จะถูกใช้เพื่อการผลิตงานชิ้นใหม่ โดยผลกระทบในแง่ของมูลค่าการเสียโอกาสในการทำกำไรเนื่องจากการทำงานซ้ำจะหมายถึงการเสียโอกาสในการทำกำไรจากการผลิตหรือประกอบชิ้นงานนั่นเอง ซึ่งผลกระทบในการทำงานซ้ำจะคิดจากการ

นำค่าสัดส่วนจำนวนชิ้นงานที่จะสามารถผลิตได้ในช่วงเวลาที่สูญเสียไปในการทำงานซ้ำที่คำนวณไว้ข้างต้นมาคูณด้วยกำไรในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้น และจากแนวคิดทั้งหมดแสดงการคำนวณดังสมการ (20)

$$CI_{QR} = (Y_C - Y_O) \times \frac{T_2}{T_1} \times P_U \qquad (20)$$

โดยที่ CI_{QR} คือ ผลกระทบในการทำงานซ้ำ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)
Y_C คือ ผลิตผลการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (%)
Y_O คือ ผลิตผลการผลิตเดิม (%)
T_1 คือ เวลามาตรฐานในการผลิตหนึ่งชิ้นงาน (วินาที)
T_2 คือ เวลามาตรฐานในการประกอบชิ้นงานครั้งที่ 2 (วินาที)
n คือ จำนวนครั้งที่ยอมให้มีการประกอบชิ้นงาน (ครั้ง)
P_U คือ กำไรในการประกอบชิ้นงานหนึ่งหน่วย (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

2) ผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ (CI_{QS})

เมื่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นไม่สามารถแก้ไขได้ จะเกิดค่าใช้จ่ายในการทิ้งชิ้นงานที่ต้องคัดออก (Scrap cost) โดยผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานหมายถึงการมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากการทิ้งชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่มีชิ้นงานที่ต้องคัดออกจำนวนมากขึ้น หรือเป็นผลประโยชน์เมื่อจำนวนชิ้นงานที่ต้องคัดออกมีจำนวนลดลง โดยผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานนี้จะคิดจากมูลค่าต้นทุนรวมในการประกอบชิ้นงานตามสัดส่วนของงานที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (สัดส่วนของงานที่ไม่สามารถแก้ไขได้ คือ สัดส่วนข้อบกพร่องที่นำมาแก้ไขหรือทำงานซ้ำแล้วไม่ผ่านข้อกำหนดด้านคุณภาพและจำเป็นต้องคัดออก) ซึ่งจะคำนวณโดยนำผลคูณระหว่างสัดส่วนข้อบกพร่อง (100 - Y) กับสัดส่วนงานที่ต้องคัดออก มาหาผลต่างระหว่างกระบวนการผลิตเดิมกับกระบวนการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ จะได้ผลต่างของสัดส่วนของงานที่ไม่สามารถแก้ไขได้ และนำไปคูณกับต้นทุนรวมของชิ้นงานที่ประกอบแล้วต่อชิ้น ดังสมการ (21) เพื่อแสดงให้เห็นถึงค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์จากการมีชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้เกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

$$CI_{QS} = [(100 - Y_O)R_O - (100 - Y_C)R_C] \times \mathrm{C_A} \qquad (21)$$

โดยที่ CI_{QS} คือ ผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้

(ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

Y_O คือ ผลิตผลการผลิตเดิม (%)

Y_C คือ ผลิตผลการผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (%)

R_O คือ สัดส่วนชิ้นงานที่ต้องคัดออกเดิม (%)

R_C คือ สัดส่วนชิ้นงานที่ต้องคัดออกเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (%)

C_A คือ ต้นทุนรวมของชิ้นงานที่ประกอบแล้วต่อชิ้น (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

ดังนั้นผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (CI_Q) จะเป็นผลรวมระหว่างผลกระทบในการทำงานซ้ำ (CI_{QR}) และผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ (CI_{QS}) โดยจะคำนวณได้ดังสมการ (22)

$$CI_Q = CI_{QR} + CI_{QS} \tag{22}$$

โดยที่ CI_Q คือ ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

CI_{QR} คือ ผลกระทบในการทำงานซ้ำ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

CI_{QS} คือ ผลกระทบในการทิ้งชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

5.2.4 ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต (CI_M)

ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจะเป็นผลรวมของกระทบในแง่ของการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และการว่างงานของพนักงานคุมเครื่องจักร โดยจะคำนวณตามสมการ (23) ดังนี้

$$CI_M = CI_{MM} + CI_{MR} + CI_{MI} \tag{23}$$

โดยที่ CI_M คือ ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

CI_{MM} คือ ผลกระทบในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

CI_{MR} คือ ผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

CI_{MI} คือ ผลกระทบต่อการว่างงานของพนักงานคุมเครื่องจักร

ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นและอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1) ผลกระทบในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบอาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายลงทุนตั้งต้นในการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร (CI_I) นอกจากนี้จะมีค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองของการใช้อะไหล่ในการซ่อมบำรุง (CI_{MM}) เพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมสำหรับการประกอบหรือผลิตชิ้นงานตลอดช่วงเวลาการผลิต โดยผลกระทบด้านการซ่อมบำรุงเครื่องจักรจะคิดจากค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอันเนื่องมาจากจำนวนอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนเพื่อให้เครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่ต้องการได้ ซึ่งจะคำนวณโดยการนำผลคูณของค่าอะไหล่และจำนวนอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนในแต่ละเดือนหารด้วยจำนวนชิ้นงานที่ควรผลิตได้ในแต่ละเดือนแล้วนำค่าที่ได้มาหาผลต่างระหว่างกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพื่อการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้น ดังแสดงในสมการ (24)

$$CI_{MM} = \frac{(F_O \times U_O)}{L_{OM}} - \frac{(F_C \times U_C)}{L_{CM}} \tag{24}$$

โดยที่ CI_{MM} คือ ผลกระทบในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

F_O คือ ค่าอะไหล่เดิม (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

F_C คือ ค่าอะไหล่เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

U_O คือ จำนวนอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนต่อเดือนเดิม (ชิ้น)

U_C คือ จำนวนอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนต่อเดือนเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

L_{OM} คือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตต่อเดือนของการผลิตเดิม (ชิ้น)

L_{CM} คือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตต่อเดือนเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

2) ผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (CI_{MR})

เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบจะส่งผลต่อดัชนีความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ซึ่งจะพิจารณาจากดัชนีสามตัวด้วยกันคือ ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair: MTTR) และดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Availability) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามสมการ (14) ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 2

โดยดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Availability) จะเป็นโอกาสที่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้ตามเวลาที่ต้องการ ซึ่งใช้เป็นตัวแปรสำหรับคำนวณหาค่ากำลังการผลิตของ

เครื่องจักร (M_C) เพื่อแสดงถึงผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (CI_{MR}) คำนวณดังสมการ (25) และ (26) ตามลำดับ

$$M_C = Availability \times \frac{T_D}{T_S} \tag{25}$$

โดยที่ M_C คือ กำลังการผลิตของเครื่องจักรต่อวัน (ชิ้น)

$Availability$ คือ ดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (%)

T_D คือ เวลาการผลิตต่อวัน (วินาที)

T_S คือ เวลามาตรฐานในการผลิตหนึ่งชิ้นงาน (วินาทีต่อชิ้น)

เมื่อได้ค่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรจากการคำนวณข้างต้นที่ได้รวมผลกระทบที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรซึ่งประกอบไปด้วยช่วงระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) และช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair: MTTR) แล้ว ผลกระทบที่เกิดขึ้นด้านนี้จะคิดเป็นมูลค่าที่ได้หรือสูญเสียโอกาสในการทำกำไรจากการประกอบหรือผลิตชิ้นงาน หมายความว่าถ้าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรได้รับผลกระทบแล้วจะมีผลทำให้ผลิตชิ้นงานได้จำนวนน้อยกว่าหรือมากกว่าที่ควรจะผลิตได้ โดยการคิดผลกระทบจะเริ่มจากการนำกำลังการผลิตมาคูณกับจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้เพื่อหากำลังการผลิตของทั้งสายการผลิตแล้วนำมาหาสัดส่วนของกำลังการผลิตที่เปลี่ยนไป และนำค่าที่ได้ไปคูณด้วยกำไรต่อการประกอบชิ้นงานหนึ่งหน่วย ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาอาจจะอยู่ในรูปของผลประโยชน์หรือค่าใช้จ่ายที่แสดงถึงการได้หรือเสียโอกาสในการทำกำไรเมื่อดัชนีต่างๆที่เกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรมีค่าเปลี่ยนไปหลังการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยคำนวณดังสมการ (26)

$$CI_{MR} = \frac{(M_{CC} \times E_C) - (M_{CO} \times E_O)}{(M_{CO} \times E_O)} \times P_U \tag{26}$$

โดยที่ CI_{MR} คือ ผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

M_{CC} คือ กำลังการผลิตของเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้นต่อเครื่องต่อวัน)

M_{CO} คือ กำลังการผลิตของเครื่องจักรเดิม (ชิ้นต่อเครื่องต่อวัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E_C คือ จำนวนเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (เครื่องต่อสายการผลิต)

E_O คือ จำนวนเครื่องจักรเดิม (เครื่องต่อสายการผลิต)

P_U คือ กำไรต่อการประกอบชิ้นงานหนึ่งหน่วย (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

3) ผลกระทบต่อการว่างงานของพนักงานคุมเครื่องจักร (CI_{MI})

เมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องหรือได้รับผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือแล้ว เครื่องจักรเหล่านั้นจะต้องหยุดเพื่อซ่อม หรือทำให้กลับมาอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้ตามปกติ โดยช่วงเวลาระหว่างที่เครื่องจักรหยุดจะมีผลกระทบต่อการว่างงานของพนักงานเกิดขึ้น หลักการคำนวณจะคิดจากสัดส่วนของช่วงเวลาที่สูญเสียโอกาสในการประกอบชิ้นงาน โดยคิดจากผลต่างของอัตราที่เครื่องจักรไม่พร้อมใช้งานหารด้วยจำนวนชิ้นงานที่จะผลิตต่อวัน จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคูณด้วยเวลาที่ทำการผลิตต่อวัน ผลลัพธ์เบื้องต้นนี้จะหมายถึงช่วงเวลาที่สูญเสียโอกาสในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นที่เป็นผลจากเครื่องจักรขัดข้องและในขณะเดียวกันพนักงานคุมเครื่องจักรจะว่างงานจึงนำค่าแรงต่อชั่วโมงของพนักงานมาคูณ และสรุปได้เป็นผลกระทบที่เกิดจากการว่างงานของพนักงานคุมเครื่องจักรต่อการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้น สามารถคำนวณดังสมการ (27)

$$CI_{MI} = \left[\frac{(1 - A_O)}{L_O} - \frac{(1 - A_C)}{L_C} \right] \times T_{DH} \times P_h \qquad (27)$$

โดยที่ CI_{MI} คือ ผลกระทบต่อการว่างงานของพนักงานคุมเครื่องจักร (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

A_O คือ ดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเดิม (%)

A_C คือ ดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (%)

L_O คือ กำลังการผลิตเดิมต่อวัน (ชิ้น)

L_C คือ กำลังการผลิตต่อวันเมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ชิ้น)

T_{DH} คือ เวลาในการผลิต (ชั่วโมงต่อวัน)

P_h คือ ค่าแรงของพนักงาน (ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมง)

5.3 สรุปแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

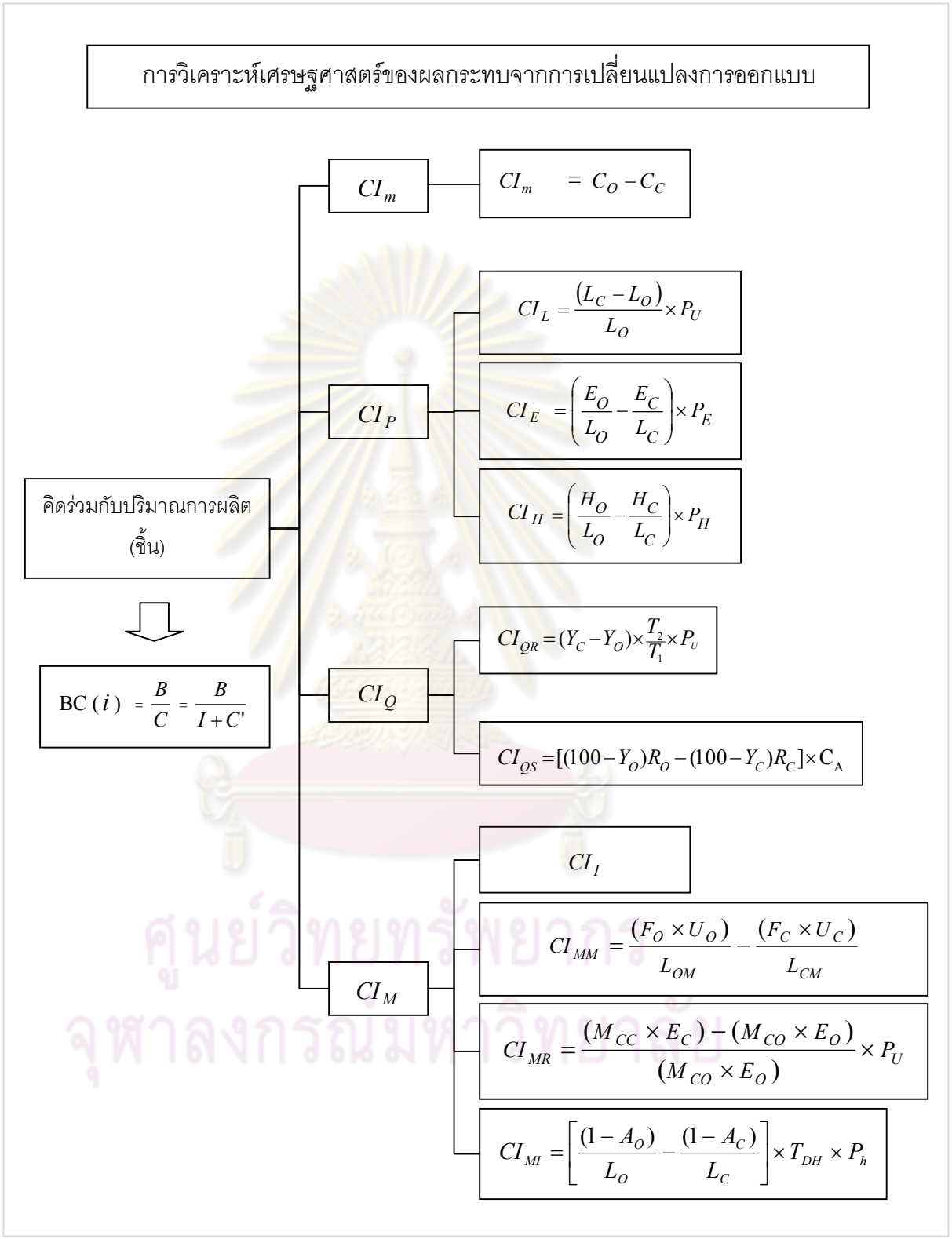
เมื่อคำนวณค่าต่างๆตามแบบจำลองที่นำเสนอ โดยสรุปได้ดังรูปที่ 5.2 จะได้ผลลัพธ์อยู่ในรูปผลกระทบทั้งสี่ด้าน (CI_m CI_P CI_Q และ CI_M) ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งตัวแปรทุกตัวมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นงานและมีเครื่องหมายกำกับกล่าวคือ กรณีที่เป็นลบจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และกรณีที่เป็นบวกจะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงการ

ออกแบบก่อให้เกิดผลประโยชน์ขึ้น ยกเว้นค่าใช้จ่ายตั้งต้นในการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (CI_I) จะมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐและถือว่าเป็นเงินลงทุนของโครงการ

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรหลักของผลกระทบทั้งสี่ด้านจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ตัวแปร	**คำอธิบาย**
CI_I	เงินลงทุนของโครงการ
CI_m	ผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบ
CI_P	ผลกระทบด้านปัจจัยการผลิต
CI_Q	ผลกระทบด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์
CI_M	ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แบบจำลองการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

บทที่ 6

การประยุกต์แบบจำลองกับกรณีศึกษา

บทนี้จะเป็นการประยุกต์แบบจำลองการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่ได้นำเสนอในบทที่ 5 กับกรณีศึกษาตามที่ได้เก็บข้อมูลและแสดงรายละเอียดในบทที่ 4

6.1 ผลกระทบด้านต้นทุนวัตถุดิบ

เมื่อเปลี่ยนแปลงการออกแบบทำให้วัตถุดิบมีเนื้อวัสดุลดลง ราคาต่อชิ้นจึงลดลง เมื่อคำนวณตามสมการ (15) ของบทที่ 5 จะได้ผลกระทบในรูปของผลประโยชน์ คือ CI_m = 0.07 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

6.2 ผลกระทบต่อปัจจัยด้านการผลิต

เมื่อวิเคราะห์กรณีศึกษาตามขั้นตอนการพิจารณาผลกระทบด้านปัจจัยการผลิตตามแผนผังในรูปที่ 5.1 ของบทที่ 5 พบว่าข้อมูลรอบเวลาของการผลิตเปลี่ยนแปลงไปหลังจากเปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืน และจากการวิเคราะห์พบว่ากระบวนประกอบลูกปืนไม่สามารถทำตามขั้นตอนการผลิตเดิมได้ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มขั้นตอนในการประกอบหนึ่งขั้นตอน ดังแสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ของบทที่ 4 จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบส่งผลกระทบทำให้รอบเวลาในกระบวนการผลิตมีค่าสูงขึ้น จาก 16.29 วินาทีเป็น 19.69 วินาที ทำให้เวลามาตรฐานในการผลิตเปลี่ยนแปลงและส่งผลต่อปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ กล่าวคือ กำลังการผลิตต่อเครื่องต่อวันลดลง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6.1 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่ากำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการประกอบลูกปืน จากสมการ (9)

ตารางที่ 6.1 กำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการประกอบลูกปืน 1 สถานีงาน

กระบวนการผลิต	Cycle Time (Sec)	เวลามาตรฐาน [Allowance 8%] (Sec)	กำลังการผลิตต่อชั่วโมง (Unit per Hour)	กำลังผลิตต่อวัน (Unit per Day)
แบบเดิม	16.29	17.59	3600/17.59 = 205	75600/17.59 = 4,297
เปลี่ยนแปลงการออกแบบ	19.69	21.27	3600/21.27 = 169	75600/21.27 = 3,555

หมายเหตุ : สายการประกอบใช้เวลาผลิตทั้งหมดต่อวัน 21 ชั่วโมง (75,600 วินาที)

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ จะทำให้กำลังการผลิตของสถานีงานลดลงจาก 4,297 เป็น 3,555 ชิ้นต่อวันต่อเครื่อง ซึ่งคิดเป็นผลกระทบต่อกำลังการผลิตเท่ากับ 17%

จากการคำนวณในตารางที่ 6.1 สามารถนำมาคิดผลกระทบต่อกำลังการผลิตได้ดังสมการที่ (17) โดยกำหนดให้

CI_L = ผลกระทบต่อกำลังการผลิต (ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น)

L_O = 4,297 ชิ้นต่อวัน

L_C = 3,555 ชิ้นต่อวัน

P_U = 1.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

จะสามารถคำนวณค่าผลกระทบต่อกำลังการผลิตหรือ CI_L = -0.179586 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

แต่ถ้าวิเคราะห์ตามหลักการพิจารณาผลกระทบในรูปที่ 5.1 แล้ว จะต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) ใหม่ก่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการทำให้เห็นผลกระทบที่แท้จริงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยจะทำการจัดสมดุลการผลิตใหม่ และคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้ในกระบวนการประกอบลูกปืนว่าจำเป็นต้องมีการเพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งจะคำนวณจากสมการ (10) ดังแสดงค่าในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 จำนวนเครื่องจักรของกระบวนการประกอบลูกปืน

กระบวนการผลิต	จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการประกอบลูกปืน (เครื่อง)	
	การคำนวณ	ค่าผลลัพธ์
แบบเดิม	16000/4,297	4
เปลี่ยนแปลงการออกแบบ	16000/3,555	5

หมายเหตุ : ปริมาณการผลิตต่อวันของสายการประกอบของโรงงานกรณีศึกษา คือ 16,000 ชิ้น

จากผลการคำนวณตามตารางที่ 6.2 พบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่จะต้องเพิ่มจำนวนเครื่องประกอบลูกปืนจาก 4 เครื่องเป็น 5 เครื่อง

ตารางที่ 6.3 อัตราการใช้งานของเครื่องจักรในกระบวนการประกอบลูกปืน

กระบวนการผลิต	อัตราการใช้งาน (%Utilization)	
	การคำนวณ	ค่าผลลัพธ์
แบบเดิม	16000/(4,297X4)	93%
เปลี่ยนแปลงการออกแบบ	16000/(3,555X5)	90%

หมายเหตุ : ปริมาณการผลิตต่อวันของสายการประกอบของโรงงานกรณีศึกษา คือ 16,000 ชิ้น

แต่เมื่อพิจารณาอัตราการใช้งาน (Utilization) ร่วมด้วยแล้วพบว่าอัตราการใช้งานของเครื่องประกอบลูกปืนมีค่าลดลง 3% (จาก 93% ลดลงเหลือ 90%) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (11) และดังแสดงการคำนวณในตารางที่ 6.3

ในกระบวนการผลิตลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ ถ้ารวมขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน (นำวงแหวนสแตนเลส Tolerance-ring ประกอบเข้ากับตัวงาน HSA) และขั้นตอนการประกอบลูกปืนไว้ที่สถานีงานประกอบลูกปืน จะส่งผลกระทบให้ต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจักรของกระบวนการประกอบลูกปืนเพิ่มขึ้น 1 เครื่อง (ผลจากการคำนวณในตารางที่ 6.2) ซึ่งถ้าเราไม่พิจารณาสายการผลิตอย่างละเอียด จะถือว่าการเพิ่มเครื่องจักรนี้เป็นผลกระทบต่อเครื่องจักรของสายการผลิต แต่จะไม่ใช่ผลกระทบที่แท้จริง ดังนั้นจึงควรจัดสมดุลการผลิตให้ดีเพื่อให้เห็นผลกระทบที่แท้จริงจากการจัดสายการผลิตด้วยวิธีที่เหมาะสมที่สุดแล้ว

ดังนั้นจะพิจารณาการจัดสมดุลการผลิตอีกครั้ง โดยการพิจารณาการจัดสถานีงานให้เหมาะสม โดยพิจารณาขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบซึ่งก็คือกระบวนการเตรียมชิ้นงาน (นำ Tolerance-ring ประกอบเข้ากับตัวงาน HSA) ว่าควรจัดอยู่ในสถานีงานการประกอบลูกปืนเหมือนเดิมหรือควรจะแยกขั้นตอนนี้ออกเป็นอีกสถานีงาน โดยจะเริ่มพิจารณาจากการคิดกำลังการผลิตของขั้นตอนนี้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 กำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการประกอบลูกปืน 1 สถานีงาน

กระบวนการผลิต	Cycle Time (Sec)	เวลามาตรฐาน (Allowance 8%)	กำลังการผลิตต่อชั่วโมง (Units per Hour)	กำลังผลิตต่อวัน (Units per Day)
กระบวนการเตรียมชิ้นงาน	3.40	3.67	3600/3.67 = 980	75600/3.67 = 20,588

จะเห็นว่ากำลังการผลิตต่อวันของกระบวนการเตรียมชิ้นงาน (20,588 ชิ้น) เพียงพอสำหรับปริมาณการผลิตที่ต้องการต่อวันของสายการผลิต (16,000 ชิ้น) เพราะฉะนั้นถ้าแยกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานออกจากกระบวนการประกอบลูกปืน จะไม่ส่งผลกระทบต่อรอบเวลาและกระบวนการผลิตของสถานีงานการประกอบลูกปืน ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตของสายการผลิต (CI_L = 0) และจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตด้วย (CI_E = 0) แต่จะส่งผลให้ต้องมีการเพิ่มสถานีงานใหม่ขึ้น 1 สถานีงานเพื่อรองรับกระบวนการเตรียมชิ้นงานสำหรับประกอบกับลูกปืน และจะสามารถสรุปจำนวนพนักงานสำหรับหนึ่งสายการผลิตได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ข้อมูลเกี่ยวกับแรงงานในการผลิตสำหรับแต่ละขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

ขั้นตอนในการประกอบชุดหัวอ่าน	**จำนวนคน**	**จำนวนคน***	**จำนวนคน****
	แบบเดิม	เปลี่ยนแปลงการออกแบบ	
1. กระบวนการประกอบหัวอ่าน	12	12	12
2.กระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า	5	5	5
3. กระบวนการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า	5	5	5
4. กระบวนการล้างชิ้นงาน	2	2	2
*** กระบวนการเตรียมชิ้นงานสำหรับประกอบกับลูกปืน	-	-	1
5. กระบวนการประกอบลูกปืน	4	5	4
6. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน	4	4	4
7. กระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่าน	1	1	1
8. กระบวนการบันทึกข้อมูลตัวงาน HSA	1	1	1
9. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์	1	1	1
10. กระบวนการบรรจุภัณฑ์	1	1	1
11. เตรียมและจ่ายวัตถุดิบในการผลิต	2	2	2
12. สุ่มชิ้นงานไปตรวจสอบค่าทางคุณภาพ	1	1	1
จำนวนคนรวม	39	40	40

*กรณีที่ไม่แยกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานออกจากกระบวนการประกอบลูกปืน
**กรณีที่แยกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานออกจากกระบวนการประกอบลูกปืน
***กระบวนการที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนการออกแบบลูกปืน

จากตารางที่ 6.5 พบว่าการผลิตแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบทำให้ต้องใช้แรงงานคนเพิ่มมากขึ้น 2 คน (1 คนต่อกะ) แต่ในกรณีที่ไม่แยกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานออกจากกระบวนการประกอบลูกปืนนอกจากจะต้องเพิ่มแรงงานมากขึ้นแล้วยังต้องเพิ่มเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1 เครื่องด้วย ดังนั้นการจัดสมดุลการผลิตที่เหมาะสมที่สุดจะเลือกการผลิตแบบแยกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานออกจากกระบวนการประกอบลูกปืน เพื่อให้สามารถใช้จำนวนเครื่องจักรเท่ากับสายการผลิตเดิม

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ปัจจัยด้านการผลิตมีผลกระทบเกิดขึ้นในลักษณะต่อเนื่องกัน เริ่มต้นจากกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้รอบเวลาที่ใช้ในการผลิตมีค่ามากขึ้น และส่งผลต่อกำลังการผลิตลดลง แต่เมื่อทำการศึกษางานและจัดสายการผลิตอย่างเหมาะสมพบว่าควรมีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานของสถานีงาน โดยแยกขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นออกเป็นอีกหนึ่งสถานีงาน และให้จำนวนเครื่องประกอบลูกปืนมีจำนวน 4 เครื่องเท่าเดิม หลังจากจัดสมดุลสายการผลิตแล้วพบว่ามีผลต่อแรงงานของสายการประกอบชุดหัวอ่าน โดยต้องเพิ่มคนงานจาก 39 คนเป็น 40 คนต่อกะ (หนึ่งวันทำงานสองกะ)

ดังนั้นผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในด้านปัจจัยการผลิต จะอยู่ในแง่ของค่าใช้จ่ายและสามารถคำนวณได้ดังสมการ (16) ดังนี้

$$CI_P = CI_L + CI_E + CI_H$$

เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นมีเฉพาะด้านแรงงานเท่านั้น ทำให้ CI_L และ CI_E มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $CI_P = CI_H$ และตัวแปรอื่นๆจากกรณีศึกษามีค่าดังนี้

H_O = 78 คนต่อสายการผลิตต่อวัน

H_C = 80 คนต่อสายการผลิตต่อวัน

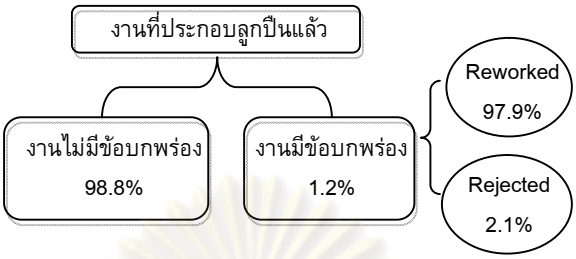
$L_O = L_C$ = 16,000 ชิ้นต่อวัน

P_H = 18.9 ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อวัน

เมื่อคำนวณตามสมการ (16) จะได้ $CI_P = CI_H = -0.00236$ ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

6.3 ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

จากการเก็บข้อมูลของบทที่ 4 ในตารางที่ 4.4 และ 4.5 สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ข้อบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

โดยจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำ (Cost of rework) ก่อนจะทำการคำนวณค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ จะขออธิบายกระบวนการจัดการกับงานเมื่อมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น กระบวนการประกอบลูกปืนเมื่อกดเครื่องให้เครื่องทำการประกอบแล้วจะมีสัญญาณไฟแสดงว่างานมีข้อบกพร่อง หรือ งานสามารถส่งไปกระบวนการถัดไปได้ เมื่อมีข้อบกพร่อง (Cartridge height failure) เกิดขึ้น จะมีขั้นตอนในการแก้ไขงาน โดยการกดปุ่มให้เครื่องทำการประกอบงานซ้ำอีกครั้ง ถ้าตัวงานประกอบเข้ากับลูกปืนที่ได้ตามข้อกำหนดและเครื่องมีสัญญาณไฟแสดงว่างานผ่าน จะถือว่าเป็นงานบกพร่องที่แก้ไขได้ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำในกรณีนี้จะคิดเป็นต้นทุนเสียโอกาสในการผลิตชิ้นงาน เนื่องจากใช้เครื่องจักรและพนักงานเดิมในการทำงานซ้ำ

2. ค่าใช้จ่ายสำหรับการทิ้งชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องที่แก้ไขไม่ได้ (งานที่ต้องคัดออก)

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบเกิดขึ้นทั้งด้านการทำงานซ้ำและการทิ้งชิ้นงานที่ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้

โดยกำหนด Y_C = 98.8%,

Y_O = 100% (เนื่องจากไม่เคยมีข้อบกพร่องดังกล่าวเกิดขึ้น)

T_1 = 17.59 วินาที

T_2 = 8.36 วินาที

n = 2 ครั้ง

P_U = 1.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

R_O = 0%

R_C = 2.1%

C_A = 11.68 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

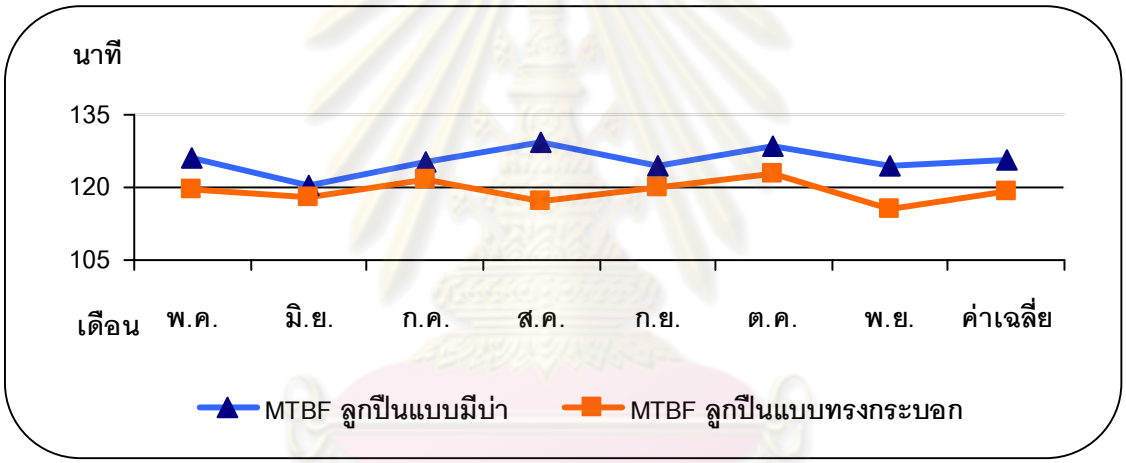
ซึ่งนำมาคำนวณหาผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามสมการ (20), (21) และ (22) จะได้ $CI_Q = -0.00887$ ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

6.4 ผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

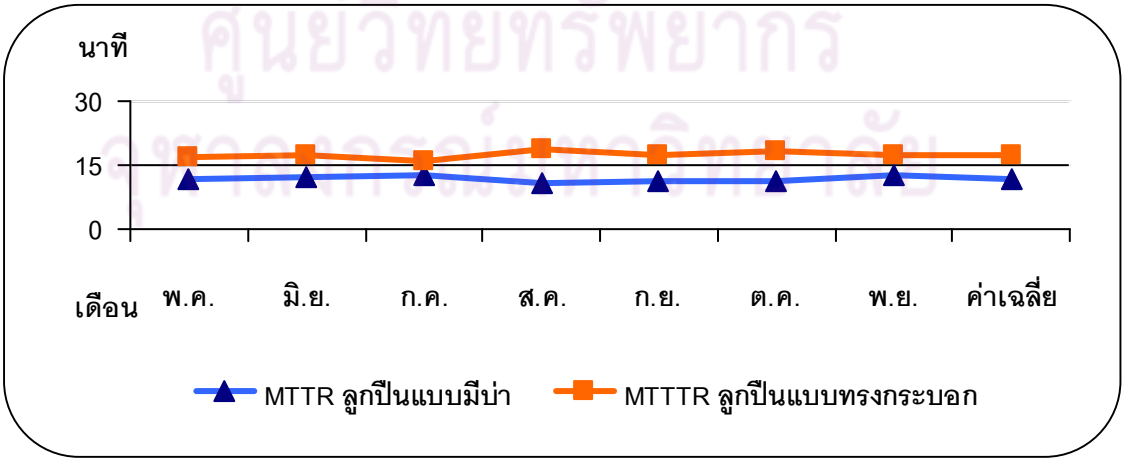
เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบลูกปืนจะมีฟิกเจอร์เพื่อรองรับชิ้นงานระหว่างการประกอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจะต้องมีการลงทุนเริ่มต้นจำนวน 2,120 ดอลลาร์สหรัฐสำหรับการเปลี่ยนฟิกเจอร์ใหม่ต่อหนึ่งสายการประกอบดังนั้น CI_I = -2,120 ดอลลาร์สหรัฐ

จากข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องจักร พบว่าจำนวนฟิกเจอร์ที่ต้องเปลี่ยนเมื่อมีสภาพไม่ตรงตามที่กำหนดเป็นไปตามตารางที่ 4.6 ของบทที่ 4

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการออกแบบมีผลทำให้ดัชนีความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรเปลี่ยนไปดังแสดงในรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.2 MTBF ของลูกปืนสองแบบในช่วงเดือน พ.ค. – พ.ย 2551



รูปที่ 6.3 MTTR ของลูกปืนสองแบบในช่วงเดือน พ.ค. – พ.ย. 2551

จากกราฟในรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าการประกอบลูกปืนแบบมีบ่าจะมีค่า MTBF สูงกว่าและค่า MTTR ต่ำกว่าตามลำดับ เมื่อเทียบกับการประกอบลูกปืนแบบทรงกระบอก แสดงให้เห็นว่าค่า Availability จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยสามารถสรุปค่า Availability ได้ดังตารางที่ 6.6 ซึ่งคำนวณจากสมการ (14)

ตารางที่ 6.6 สรุปค่าดัชนีด้านความน่าเชื่อถือของกระบวนการประกอบลูกปืน

Index	การออกแบบเดิม	การออกแบบที่เปลี่ยนแปลง
MTBF	125.53	119.24
MTTR	11.73	17.40
Availability	A_O =91.5%	A_C =87.3%

โดย A_O = 91.5%,

A_C = 87.3%

E_C = E_O = 4 เครื่อง (จากการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่)

L_O = L_C = 16,000 ชิ้น

T_D = 75,600 วินาที

T_S = 17.59 วินาที

T_{DH} = 21 ชั่วโมง

P_U = 1.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น และ

P_h = 1.8 ดอลลาร์สหรัฐต่อคนต่อชั่วโมง

และคำนวณค่าผลกระทบต่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจากสมการ (23) ได้ $CI_M = -0.04715$ ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น

6.5 สรุปค่าผลกระทบ

จากการคำนวณผลกระทบในแต่ละด้านจะสรุปได้ดังตารางที่ 6.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืน แบบมีบ่าเป็นทรงกระบอก		
1. ต้นทุนด้านวัตถุดิบ		
ราคาของลูกปืนที่ลดลง 0.07 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ผลประโยชน์	ผลกระทบทางตรง
2. ด้านปัจจัยการผลิต		
ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้น 0.00236 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ค่าใช้จ่าย	ผลกระทบทางอ้อม
3.ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์		
ค่าใช้จ่ายในการทำงานซ้ำ 0.00593 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ค่าใช้จ่าย	ผลกระทบทางอ้อม
ค่าใช้จ่ายในการทิ้งชิ้นงาน 0.00294 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ค่าใช้จ่าย	ผลกระทบทางอ้อม
4. ด้านเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต		
ค่าลงทุนฟิกเจอร์ใหม่ 2,120 ดอลลาร์สหรัฐ	เงินลงทุน	ผลกระทบทางตรง
ค่าบำรุงรักษา (อะไหล่) 0.00068 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ผลประโยชน์	ผลกระทบทางตรง
ความน่าเชื่อถือและต้นทุนเสียโอกาส 0.04784 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น	ค่าใช้จ่าย	ผลกระทบทางอ้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.6 ข้อควรระวังในการวิเคราะห์ผลกระทบ

การวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบมีข้อควรระวังในการหาข้อมูลสำหรับนำมาใช้กับแบบจำลอง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อการวิเคราะห์ผลกระทบด้านปัจจัยการผลิตในหัวข้อที่ 6.2 ว่าการจัดสมดุลสายการผลิตเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากการจัดสมดุลสายการผลิตเป็นการกำหนดจำนวนเครื่องจักร จำนวนสถานีงาน จำนวนแรงงานและกำลังการผลิตของสายการผลิต ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์มีผลต่อการตัดสินใจในการที่จะเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์คือจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้หลังเปลี่ยนแปลงการออกแบบเนื่องจาก

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีค่าค่อนข้างสูงจากมูลค่าของต้นทุนรวมค่าเครื่องจักรที่ถูกรวมเข้าไปในการวิเคราะห์หาค่าผลกระทบ ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจึงควรจัดสายการผลิตให้เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เห็นค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอย่างแท้จริง และทำให้ได้ค่าการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ

แต่ในกรณีศึกษาได้ทำการวิเคราะห์และจัดสมดุลสายการผลิตโดยยังคงจำนวนเครื่องจักรและกำลังการผลิตของสายการผลิตไว้เท่าเดิม ดังนั้นปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในการเก็บข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ผลกระทบรองลงมาจากจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้หลังการเปลี่ยนแปลงการออกแบบคือ ดัชนีความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรและสัดส่วนผลิตผลการผลิตหลังการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบโดยตรงต่อกำลังการผลิตของสายการผลิตโดยจะทำให้สูญเสียโอกาสในการทำกำไรจากชิ้นงานที่ควรจะผลิตได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบค่อนข้างสูงต่อการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในขั้นตอนต่อไป

6.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบ

ตารางที่ 6.8 สรุปผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนในรูปของตัวเงิน

ผลกระทบในแง่ของผลประโยชน์ (ดอลลาร์ต่อชิ้น) Benefit	**ผลกระทบในแง่ของค่าใช้จ่าย (ดอลลาร์ต่อชิ้น)** Cost
0.07068	0.05907

จากการวิเคราะห์ผลกระทบทั้งหมดสามารถรวมผลประโยชน์ทั้งหมดได้เป็น 0.07068 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้น และค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้เป็น 0.05907 ดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นดังสรุปในตารางที่ 6.8 เนื่องจากข้อมูลมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐต่อชิ้นจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่จะผลิตเพื่อคำนวณค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายให้เป็นหน่วยดอลลาร์สหรัฐ โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 6.9 ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการพยากรณ์การผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.9 ข้อมูลพยากรณ์การผลิตชิ้นงานของโรงงานกรณีศึกษา

ไตรมาส	จำนวนชิ้นงานที่ผลิต (ชิ้น)
Q3 ‘09	1,758,000
Q4 ’09	547,000
Q1 ’10	477,000
Q2 ’10	469,000
Q3 ‘10	356,000
Q4 ’10	157,000

เมื่อคำนวณข้อมูลของผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายร่วมกับข้อมูลในตารางที่ 6.9 จะสามารถกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อการคำนวณหาค่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) ได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 ตัวแปรและพารามิเตอร์ในการคำนวณ

ตัวแปร		ค่าพารามิเตอร์
B	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ดอลลาร์สหรัฐ)	252,699
C'	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (ดอลลาร์สหรัฐ)	211,190
I	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน (ดอลลาร์สหรัฐ)	2,120
i	อัตราผลตอบแทน (MARR, %)	17%*
N	อายุของโครงการ (ปี)	1.5

*เป็นอัตราผลตอบแทนที่โรงงานกรณีศึกษากำหนด

จากการแทนค่าในสมการ (4) จะได้ค่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) ของการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบลูกปืนของกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านเท่ากับ 1.18 โดยคำนวณได้ดังนี้

จาก $\mathrm{BC}(i)$ = $\frac{B}{I+C'}$

= 252,699 / (2,120+211,190)

= 1.18

โดยเทคนิคนี้มีเกณฑ์การยอมรับโครงการเมื่อค่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย หรือ BC Ratio มากกว่า 1 ดังนั้นเกณฑ์ในการตัดสินใจจะสรุปได้ว่า

ถ้า B/C > 1 เลือกการออกแบบลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ถ้า B/C < 1 เลือกการออกแบบลูกปืนแบบเดิม

ซึ่งจากผลลัพธ์นี้โรงงานกรณีศึกษาควรตัดสินใจยอมรับการเปลี่ยนแปลงการออกแบบของลูกปืนจากแบบมีบ่าเป็นแบบทรงกระบอกและนำไปใช้กับสายการประกอบทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ได้รับผลประโยชน์เป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันเท่ากับ 39,389 ดอลลาร์สหรัฐ ในช่วงเวลา 1.5 ปีที่เหลือของโครงการ ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ค

สำหรับราบละเอียดในการหาค่ามูลค่าปัจจุบันของค่า B และ C ด้วยโปรแกรม Excel จะแสดงในภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงผลของการนำแบบจำลองที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาพร้อมทั้งจะกล่าวถึงข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยต่อไป

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ โดยคำนึงถึงผลกระทบทั้งในแง่ของผลประโยชน์ ค่าใช้จ่ายและเงินลงทุนของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งครอบคลุมผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบซึ่งแบ่งออกเป็นสี่ด้านด้วยกัน กล่าวคือด้านต้นทุนวัตถุดิบ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลกระทบ จะทำให้ได้ข้อมูลสำหรับนำไปใช้คำนวณเพื่อทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกเทคนิคการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเพื่อใช้เป็นตัววัดผลของกรณีศึกษาในงานวิจัย

7.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการใช้เทคนิคทางเศรษฐศาสตร์โดยการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio) ร่วมกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่นำเสนอในกรณีศึกษาการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ จะได้ค่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.18 ทำให้สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการออกแบบมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และควรนำการออกแบบใหม่ซึ่งคือการเปลี่ยนการออกแบบของลูกปืนจากแบบมีบ่าเป็นแบบทรงกระบอกไปใช้กับสายการประกอบทั้งหมด ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงการออกแบบยังทำให้ได้รับผลประโยชน์เป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันเท่ากับ 39,389 ดอลลาร์สหรัฐ ในช่วงเวลา 1.5 ปีที่เหลือของโครงการ

นอกจากนี้แบบจำลองที่นำเสนอยังสามารถนำไปใช้เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการออกแบบในปัญหาอื่นๆเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมครอบคลุมปัจจัยการผลิตทุกด้านและมีประสิทธิภาพสูงสุด

7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ศึกษากรณีของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่เกิดในช่วงที่ผลิตภัณฑ์เริ่มการผลิตแล้วและมีการทดลองเปลี่ยนแปลงการออกแบบในขั้นเบื้องต้น จึงทำให้มี

ข้อมูลค่อนข้างละเอียดในการนำมาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ดังนั้น กรณีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอื่นๆ ที่อยู่ในขั้นเริ่มต้นอาจจะมีข้อจำกัดในการหาข้อมูลเพื่อนำมาใช้กับแบบจำลองที่นำเสนอของงานวิจัยนี้ในการนำมาพิจารณาวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของแบบจำลองยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์และประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในเรื่องของการศึกษางานและการจัดสมดุลสายการผลิตด้วย แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดังกล่าวอย่างเหมาะสมแล้ว แบบจำลองที่นำเสนอจะมีความง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากมีการกำหนดตัวแปรต่างๆและวิธีการคำนวณไว้อย่างชัดเจน แต่มีข้อควรระวังในการใช้แบบจำลองจะต้องใช้ตัวแปรที่มีหน่วยการวิเคราะห์ตามที่กำหนดเพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ในการคำนวณ

7.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจากการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมการผลิต ดังนั้นการนำไปประยุกต์ใช้จึงค่อนข้างจะเหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตและประกอบ แต่ถ้าแบบจำลองนี้นำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการบริการ อาจจะยังมีส่วนที่แบบจำลองไม่ครอบคลุมถึงและต้องทำการวิเคราะห์เพื่อออกแบบวิธีการวัดผลเพิ่มเติมทั้งนี้เพื่อให้แบบจำลองสามารถวัดได้ตรงตามเป้าหมายมากขึ้น

แบบจำลองที่นำเสนอประกอบด้วยการคำนวณและตัวแปรเป็นจำนวนมาก ถ้ามีการนำแบบจำลองไปประยุกต์และพัฒนาเป็นโปรแกรมสำหรับการพิจารณาและวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจะทำให้สามารถลดความผิดพลาดในการคำนวณและช่วยให้การวิเคราะห์สามารถกระทำได้รวดเร็วขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Yuan-Jye Tseng, Yu-Wen Kao and Feng-Yi Huang. 2008. A model for evaluating a design change and the distributed manufacturing operations in a collaborative manufacturing environment. Computers in Industry v59 i8 : 798-807.

[2] วีรพล สุวรรณนันต์. 2524. ความรู้เบื้องต้นในการจัดเตรียมแผนและโครงการ ตอน การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของแผนและโครงการ. กรุงเทพมหานคร : สำนักฝึกอบรม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[3] บรรจง จันทมาส. 2546. การบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[4] คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551. การจัดการทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. 2545. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Park Chan S. 2004. Fundamentals of Engineering Economics. Pearson Education,

[7] Horngren Charles T., Datar Spikant M. and Foster George. 2004. Cost Accounting A Managerial Emphasis. 12th edition. Pearson International Education.

[8] Ritzman Larry P. and Krajewski Lee J. 2548. หลักการจัดการการผลิต. แปลโดย ฐิติมา ไชยะกุล. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด.

[9] วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ. 2545. การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2552. การศึกษาวิธีการทำงาน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://course.eau.ac.th/course/Download/0130606/Class%205%20Time%20Study.ppt [29 มกราคม 2552]

[11] Niebel Benjamin and Freivalds Andris. 2003. Methods standards and work design. 11th edition. Singapore : McGraw-Hill.

[12] Christopher Conley and Daniel D. Mootz. 2007. Lowering cost of ownership through predictive maintenance. Proceedings of the advanced semiconductor manufacturing conference June 11-12, 2007 : 313-319.

[13] Nahmias Steven. 2005. Production and Operation Analysis. 5th International edition. Singapore : McGraw-Hill.

[14] A. Mark and P.E. Reidelbach. 1991. Engineering change management for long-lead-time production environment. Production and inventory management journal 2 : 84–88.

[15] Wanstrom Carl and Patrik Jonsson. 2006. The impact of engineering changes on materials planning. Integrated Manufacturing Systems v17 i5 : 561-584.

[16] I. C. Wright. 1997. A review of research into engineering change management: implications for product design. Design Studies v18 i1 : 33-42.

[17] M.W. Kidd and G. Thompson. 2000. Engineering design change management. Integrated Manufacturing Systems v11 i1 : 74-77.

[18] Mckay, Kr, Bramall, Dg, Rogers, Bc, Chapman, P., Cheung, Wm and Maropoulos, Pg. 2003. Design change impact analysis during early design specification. International Journal of Computer Integrated Manufacturing v16 i7 : 598-604.

[19] Chrwan-Jyh Ho and Jing Li. 1997. Progressive engineering changes in multi-level product structures. Omega. International Journal of Management Science v25 i5 : 585-594.

[20] Sha Ma, Song Bin, Wen Feng Lu and Cheng Feng Zhu. 2003. A Knowledge-Supported System for Engineering Change Impact Analysis. Proceedings of the ASME 2003 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, Illinois, USA September 2–6 : 439-447.

[21] Wasilczyk T J. 1983. Controlling the model number-part number interface. Proceedings of the 26th Annual International Conference of the American Production and Inventory Control Society, Toronto, Canada October, 1983 : 300--303.

[22] Christoph Roser, David Kazmer and James Rinderle. 2003. An economic design change method. Journal of Mechanical Design v125 i2 : 233-239.

[23] Rosy Wei Chen, Dundee Navin-Chandra, and Fritz B. Prinz. 1994. A cost-benefit analysis model of product design for recyclability and its application. IEEE transactions on components, packaging, and manufacturing technology-part A December 1994 v17 i4 : 502-507.

[24] Jeremy Michalek J. 2004. A Study of Fuel Efficiency and Emission Policy Impact on Optimal Vehicle Design Decisions. Journal of Mechanical Design v126 : 1062-1070.

[25] Chau J., Sowlati T., Sokhansanj S., Preto F., Melin S. and Bi X. 2008. Techno-economic analysis of wood biomass boilers for the greenhouse industry. Applied Energy v86 i3 : 364-371.

[26] Blank, L. and A. Tarquin. 2005. Engineering Economy. 6th edition. McGraw-Hill.

[27] สุเทพ เชยหอม. 2552. BuyCOMs [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.buycoms.com/upload/guide/Hdd/hdd.htm [29 มกราคม 2552]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

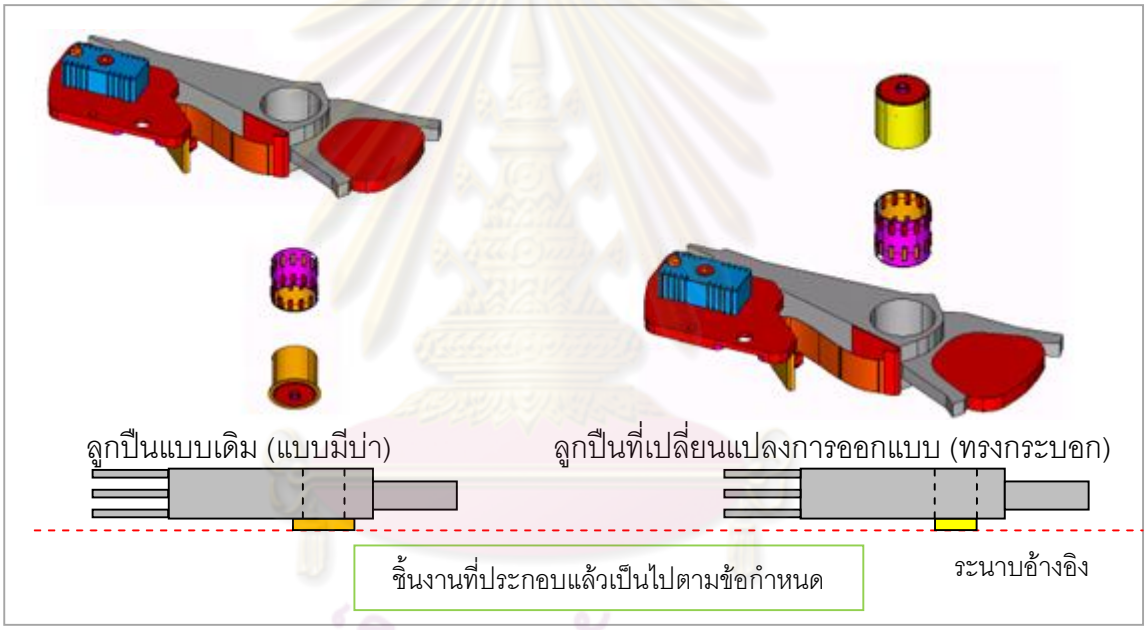
ภาคผนวก ก

ข้อบกพร่องของชิ้นงาน Cartridge height failure

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อบกพร่องของชิ้นงาน Cartridge height failure ของการประกอบลูกปืน โดยปกติการประกอบชิ้นงานจะมีการกำหนดตำแหน่งและความสูงของลูกปืน ถ้าชิ้นงานประกอบแล้วเป็นไปตามข้อกำหนด จะสามารถส่งต่อชิ้นงานไปผลิตยังขั้นตอนต่อไปได้ ดังแสดงในรูป ก-1

แต่กรณีที่ประกอบลูกปืนแล้วเกิดข้อบกพร่องขึ้น เนื่องจากความสูงของลูกปืนไม่อยู่ในระดับความสูงที่กำหนด จะเรียกข้อบกพร่องชิ้นงานนี้ว่า Cartridge height failure ดังแสดงในรูปที่ ก-2 ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขให้ความสูงของลูกปืนอยู่ในระดับความสูงที่กำหนด และถ้าไม่สามารถแก้ไขให้อยู่ในลักษณะที่กำหนดได้จะทำการคัดชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องนั้นออก โดยจากที่ผ่านมาการประกอบด้วยลูกปืนแบบเดิมไม่มีข้อบกพร่องนี้เกิดขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีในการประกอบที่ทำให้ตัวงานแนบสนิทกับลูกปืนและเมื่อประกอบงานแล้วบ่าของลูกปืนจะอยู่ที่ระนาบอ้างอิงพอดี



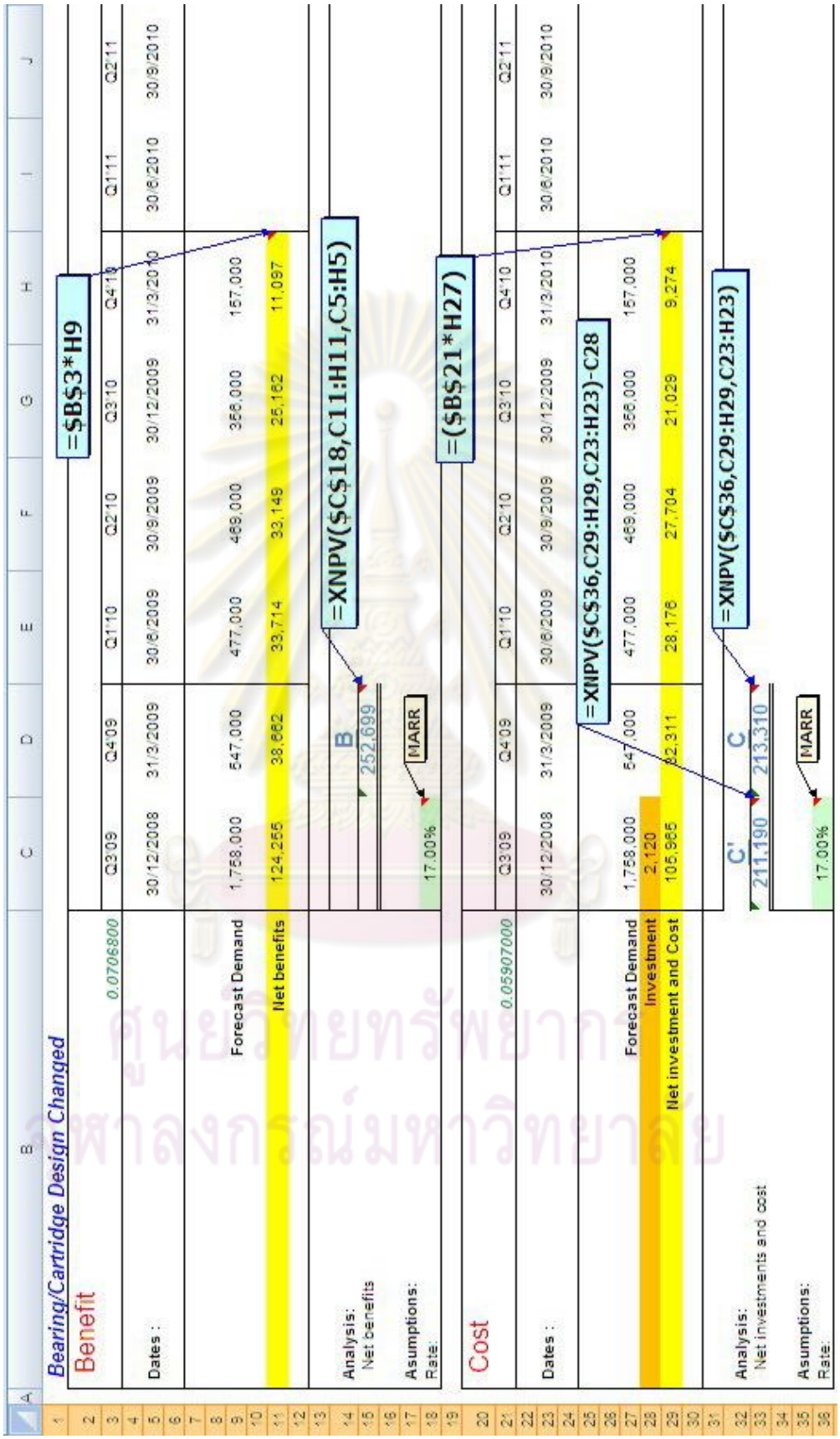
รูป ก-1 ชิ้นงานที่ประกอบแล้วเป็นไปตามข้อกำหนด
ของลูกปืนแบบเดิมและแบบที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ

รูป ก-2 ชิ้นงานที่ประกอบแล้วมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น
ของลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
การคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และค่าใช้จ่าย

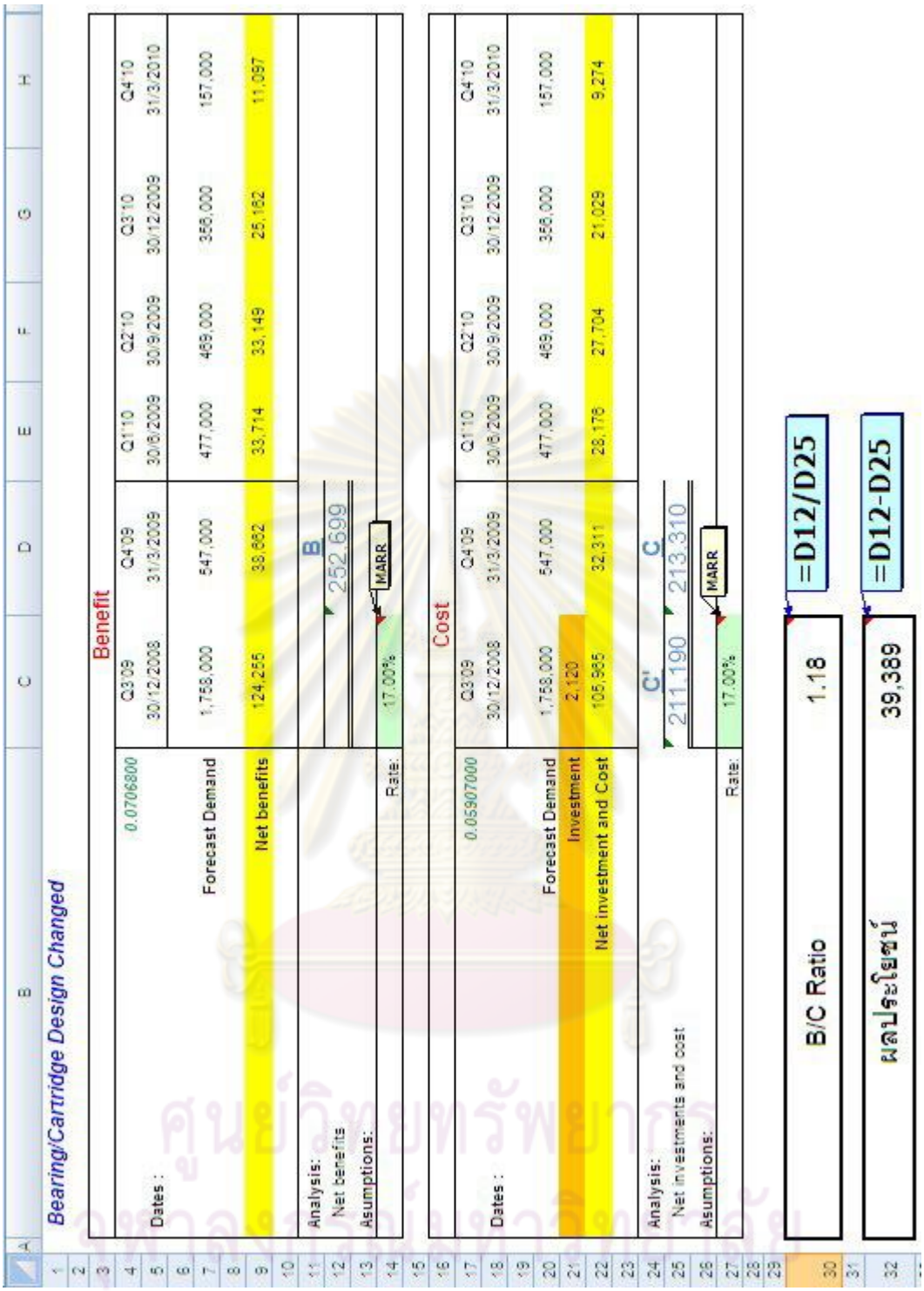
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ข-1 วิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และค่าใช้จ่าย

ภาคผนวก ค
การคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันผลประโยชน์สุทธิของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ค-1 แสดงวิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรพีพร ศรีบัวรอด เกิดวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีในปีการศึกษา 2549 และเมื่อปีการศึกษา 2550 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคนอกเวลาราชการ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย