การประยุกต์โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับธุรกิจประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์

โดย
นางสาวกฤติญา แก่นจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การประยุกต์โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับธุรกิจประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์

โดย
นางสาวกฤติญา แก่นจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

AN APPLICATION OF DISASSEMBLY PLANNING PROGRAM FOR ELECTRONIC WASTE BIDDING BUSINESS

By

MISS Krittiya KAENCHAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Engineering ENGINEERING MANAGEMENT

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การประยุกต์โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับธุรกิจประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นางสาวกฤติญา แก่นจันทร์
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย (ผู้รักษาการแทน)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต นิรัติศัย)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท่ง ทองลิ่ม)

61405303 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ขยะอิเล็กทรอนิกส์, การวางแผนถอดแยกชิ้นส่วน, ธุรกิจการประมูล

นางสาว กฤติญา แก่นจันทร์: การประยุกต์โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับธุรกิจประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ นับเป็นปัญหาสำคัญที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ อัตราการเพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีสาเหตุมาจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ส่งผลให้อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการประยุกต์โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับธุรกิจประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ผลกำไรสูงสุด และสร้างขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ให้เกิดผลกำไรสูงสุดสำหรับการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ อิเล็กทรอนิกส์จากการทดสอบพบว่า ขยะอิเล็กทรอนิกส์มีขั้นตอนในการถอดแยกก่อน - หลัง ผลคำตอบจากการประมวลด้วยโปรแกรมเพื่อหาลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกรณีศึกษา 2 กรณี ได้แก่ มอเตอร์ และเครื่องเล่นดีวีดี พบว่าลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนของมอเตอร์ที่ให้ผลกำไรสูงสุด คือ [1,2,3,4] จะได้ผลกำไร 1,789.99 บาท และลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนของเครื่องเล่นดีวีดีที่ให้ผลกำไรสูงสุด คือ [1,2,3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,15,16,17] จะได้ผลกำไร 58.03 บาท ในการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้กับการถอดแยกกับมอเตอร์หรือชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ที่มีความซับซ้อน เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับเข้าร่วมการประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเกิดขึ้นในครั้งถัดไป

61405303 : Major ENGINEERING MANAGEMENT
Keyword : Disassembly Planning, Electronic Waste, Action Business

MISS KRITTIYA KAENCHAN : AN APPLICATION OF DISASSEMBLY PLANNING PROGRAM FOR ELECTRONIC WASTE BIDDING BUSINESS THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR DR. CHOOSAK PORNSING

Electronic waste is a major problem facing Thailand. The increasing rate of e-waste is due to the advancement of technology and industry, which has resulted in the rapid growth of the electrical and electronic industries. This research presents the application of a disassembly planning program for the electronic waste auction business. The objective is to make the most profitable e-waste auction and create the most profitable e-waste disassembly process that will occur when participating in the e-waste auction. E-waste has a pre- and post-disassembly procedure. The answer results from the program to determine the sequence of disassembly of electronic waste with two case studies: motor and DVD player. The most profitable motor disassembly sequence [1, 2, 3, 4] generated a profit of 1,789.99 baht, while the most profitable DVD player disassembly sequence [1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] generated a profit of 58.03 baht. This research shows that the program can be applied to the disassembly of motors or other complex e-waste components to aid decision making for participation in the upcoming e-waste auction.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ คอยให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย เสนอประเด็นต่าง ๆ อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่ช่วยสรุปประเด็นสำคัญและให้คำแนะนำในจุดที่บกพร่องเพื่อให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ พี่น้อง และทุกคน ที่เป็นกำลังใจ คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือเสมอมา จนสามารถทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นางสาว กฤติญา แก่นจันทร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย 2
1.5 สมมติฐานในการวิจัย 2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.7 นิยามศัพท์ 3
บทที่ 2 4
2.1 ชนิดและโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า 4
2.1.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 4
2.1.2 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 5
2.1.3 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 13
2.1.4 โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์ 15
2.2 การประมูล 16

2.3 รูปแบบของการประมูล 17
2.4 ชนิดของการประมูลอิเล็กทรอนิกส์ 18
2.5 ขั้นตอนในการประมูลอิเล็กทรอนิกส์ 19
2.6 การยื่นซองประมูล 20
2.7 ประวัติของสายงานการประกอบและถอดแยกชิ้นส่วน 22
2.8 การถอดแยกชิ้นส่วน 25
2.9 สายงานการประกอบ 31
2.10 การศึกษาเวลา 32
2.11 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ 32
2.12 ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ 33
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
บทที่ 3 35
3.1 ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาศึกษา 36
3.2 การศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ 37
3.2.1 เวลามาตรฐาน 37
3.2.2 การวิเคราะห์ราคาขายชิ้นส่วนในแต่ละขั้นตอน 37
3.3 ออกแบบการจัดเรียงลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม 37
3.3.1 ป้อนข้อมูลและการกำหนดความสัมพันธ์งานก่อน-หลังการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ 38
3.3.2 การประมวลผล 38
3.3.3 แสดงผล 38
3.4 การนำไปประยุกต์ใช้ในการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ 38
3.4.1 โรงงานกรณีศึกษา 38
บทที่ 4 39

4.1 การใช้งานโปรแกรมวางแผนลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม 40
4.2 กรณีศึกษาตัวอย่าง 45
4.2.1 การจัดเตรียมข้อมูลของกรณีศึกษา 45
4.3 การวิเคราะห์ผลจากกรณีศึกษา 48
บทที่ 5 51
5.1 สรุปผลการวิจัย 51
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
ภาคผนวก ก 52
ภาคผนวก ข 58
ภาคผนวก ค 67
ภาคผนวก ง 71
รายการอ้างอิง 74
ประวัติผู้เขียน 78

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวอย่างราคารับซื้อวัสดุเพื่อแปรใช้ใหม่ ของวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2565 28

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานแต่ละขั้นตอนของมอเตอร์ 46

ตารางที่ 3 เวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนของเครื่องเล่นดีวีดี 46

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนมอเตอร์ ระหว่างลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผนกับลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม 50

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องเล่นดีวีดี ระหว่างลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผนกับลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม 50

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย 2
ภาพที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส และ3 เฟส 4
ภาพที่ 3 ลักษณะแท่งตัวนำทีฝังอยู่ในโรเตอร์ 6
ภาพที่ 4 ลักษณะของร่องสลอตและขดลวดที่พันอยู่ในร่องสลอต 6
ภาพที่ 5 คาปาซิเตอร์มอเตอร์ที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ 8
ภาพที่ 6 โครงสร้างส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ 8
ภาพที่ 7 เซ็ดเดดโพลมอเตอร์ที่นำมาใช้เป็นพัดลมขนาดเล็ก 9
ภาพที่ 8 โครงสร้างของเซ็ดเดดโพลมอเตอร์ 9
ภาพที่ 9 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ที่นำมาใช้เป็นสว่านไฟฟ้า 10
ภาพที่ 10 โครงสร้างภายในของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ 10
ภาพที่ 11 รีพัลชั่นมอเตอร์ที่ใช้แปรงถ่านในการควบคุมความเร็ว 11
ภาพที่ 12 โครงสร้างของโรเตอร์ที่มีตัวนำกรงกระรอกซ่อนไว้ภายใน 12
ภาพที่ 13 โครงสร้างของรีพัลชั่นมอเตอร์ชนิดยกแปรงถ่าน 12
ภาพที่ 14 โครงสร้างภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก 13
ภาพที่ 15 โรเตอร์แบบพันขดลวด 14
ภาพที่ 16 โครงสร้างภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวด 15
ภาพที่ 17 ซิงโครนัสมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส 15
ภาพที่ 18 โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์ 16
ภาพที่ 19 ขั้นตอนการดำเนินงาน 36
ภาพที่ 20 การป้อนจำนวนงานและตำแหน่งปุ่ม Next 40
ภาพที่ 21 ตารางความสัมพันธ์ลำดับก่อน-หลัง ของงานบนโปรแกรม 41

ภาพที่ 22 ตำแหน่งปุ่ม Confirm บนหน้าจอ 41
ภาพที่ 23 ตารางวัสดุที่ปรากฏขึ้นเท่ากับจำนวนที่ผู้ใช้งานป้อน 42
ภาพที่ 24 การเลือกลำดับของวัสดุ 42
ภาพที่ 25 ป้อนรายละเอียดของวัสดุ 43
ภาพที่ 26 ป้อนเวลาของงาน 43
ภาพที่ 27 ป้อนข้อมูลต้นทุนและค่าพารามิเตอร์ 44
ภาพที่ 28 ตำแหน่งปุ่ม Calculate 44
ภาพที่ 29 คำตอบจากการคำนวณของโปรแกรม 45
ภาพที่ 30 การถอดแยกขยะมอเตอร์ 46
ภาพที่ 31 ชิ้นส่วนจากการถอดแยกมอเตอร์ 47
ภาพที่ 32 ชิ้นส่วนจากการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี 48
ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์ลำดับการถอดแยกมอเตอร์ 49
ภาพที่ 34 ผลการวิเคราะห์ลำดับการถอดเครื่องเล่นดีวีดี 49

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Waste: E-Waste) นับเป็นปัญหาสำคัญที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ โดยจากการคาดการณ์ของ Word Economic Forum รายงานว่า ในปี 2562 มีซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เกิดขึ้นประมาณ 50 ล้านตัน และอาจเพิ่มขึ้นเป็น 120 ล้านตัน ในปี 2593 ปัจจุบันทั่วโลกมีการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ถูกต้องตามกฎหมายเพียงร้อยละ 20 เท่านั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) อัตราการเพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีสาเหตุมาจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ส่งผลให้อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เมื่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหมดอายุหรือเสื่อมสภาพการใช้งานแล้วกลายเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นั่นหมายถึงปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน โดยซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จัดเป็นวัตถุอันตรายประเภทที่ 3 ตามประกาศกระทรางอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2546 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

ปัจจุบันมีธุรกิจการรับซื้อของเก่า การแยกชิ้นส่วนหรือรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับโรงงานอุตสาหกรรมในหลายภูมิภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นธุรกิจที่สามารถสร้างรายได้และผลกำไรได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้มีการนำขยะอิเล็กทรอนิกส์มาเปิดประมูล เพื่อให้ผู้รับประมูลนำไปคัดแยกส่วนประกอบต่างๆ เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลอย่างถูกวิธี ทำให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ เพื่อเพิ่มมูลค่า และยังเป็นการช่วยลดการเกิดมลพิษได้ในระยะยาวได้อีกด้วย ในการเข้าร่วมการแข่งขันราคาของงานประมูลต่างๆที่จัดขึ้นนั้น จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย รายได้และผลกำไรที่จะได้รับจากการประมูล จึงจะสามารถเข้าร่วมการแข่งขันราคาของงานประมูลได้

โดยผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการทำงานเพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้ผลกำไรที่ได้รับลดลง นั้นคือในขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับมาจากการเข้าร่วมงานประมูล ไม่มีขั้นตอนและแบบแผนที่แน่ชัด ทำให้ผู้ถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ใช้วิธีการที่แตกต่างกันไปบางขั้นตอนเกิดความล้าช้า ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาความรู้ วิธีการและทฤษฎีต่างๆเพื่อนำมาช่วยในการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยการกำหนดลำดับขั้นตอนในการถอดแยกชิ้นส่วนให้มีความเหมาะสมและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์และคำนวณ เพื่อเป็น

แนวทางในการคำนวณผลกำไรที่ได้รับจากขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ และนำผลกำไรที่ได้ไปวิเคราะห์หาต้นทุนในการทำงานเพื่อเข้าร่วมประมูลงานขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเกิดขึ้นว่าควรเข้าร่วมหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ผลกำไรสูงสุด

1.2.2 เพื่อสร้างขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้เกิดผลกำไรสูงสุด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 คิดต้นทุนค่าแรงงานขั้นต่ำที่ 330 บาท/คน/วัน

1.3.2 คิดรายได้จากราคารับซื้อวัสดุชิ้นงานสุดท้ายโดยอ้างอิงราคาจาก บริษัท วงษ์พานิชย์ จำกัด

1.3.3 ศึกษาเฉพาะการถอดแยกชิ้นส่วน

1.3.4 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการถอดแบบไม่ทำลาย

1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

1.5 สมมติฐานในการวิจัย

1.5.1 ผลกำไรที่ได้สามารถนำไปคิดต้นทุนการเข้าร่วมงานประมูลชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้

1.5.2 ขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้เกิดผลกำไรมากกว่าเดิม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 แนวทางการคิดราคาในการเข้าร่วมงานประมูลชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

1.6.2 ขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ของเสียหรือซากผลิตภัณฑ์จากเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไม่สามารถใช้งานได้หรือผู้ใช้งานไม่ต้องการ เช่น โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า

1.7.2 ขั้นตอนวิธีการ หมายถึง กระบวนการที่นำหลักเหตุผลและคณิตศาสตร์ มาช่วยเลือกขั้นตอนการดาเนินงานต่อไปจนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งลำดับหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาต้องเป็นขั้นตอนและชัดเจน

1.7.3 การถอดแยกชิ้นส่วน หมายถึง การแยกผลิตภัณฑ์จากชิ้นหนึ่งให้เป็น ชิ้นย่อย ๆ ออกจากกัน

1.7.4 เวลาการถอดแยกชิ้นส่วน หมายถึง เวลาที่ใช้ในการถอดแยกชิ้นส่วน เริ่มตั้งแต่ชิ้นงานในลำดับก่อนหน้าเสร็จ จนกระทั่งถอดแยกชิ้นส่วนในขั้นตอนนั้น ๆ เสร็จ

1.7.5 ลำดับการทำงานในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผน หมายถึง ลำดับการถอดแยกที่เกิดขึ้นโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ถอดแยก

1.7.6 ลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม หมายถึง ลำดับการถอดแยก ที่เกิดขึ้นโดยการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์ลำดับการถอดแยกโดยใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม

1.7.7 การประมูล หมายถึง วิธีการขายทรัพย์สินโดยการเปิดโอกาสให้มีการแข่งขันราคา อย่างเปิดเผย อาจจะขายเป็นรายการไป ตั้งแต่ 1 รายการ ขึ้นไปจนถึงมากกว่า 1000 รายการ (จัดเป็นรายการเฉพาะ)

1.7.8 การแปรใช้ใหม่ หมายถึง การนำสิ่งที่ไม่สามารถจะใช้ซ้ำได้แล้วกลับเข้า กระบวนการแปรรูปให้เป็นวัตถุดิบโดยอาจจะใช้วิธีหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำเศษแก้ว ที่ไม่ต้องการไปหลอมและผ่านกระบวนการเป็นขั้นตอนแล้วผลิตภาชนะแก้วขึ้นใหม่ที่อาจไม่ได้อยู่ใน รูปลักษณ์เดิม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดและโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า

ปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้แทนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแปรงถ่าน ซึ่งสามารถที่จะหาซื้อได้ในท้องตลาดมีทั้งชนิด 1 เฟส และ3 เฟส การพิจารณาเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อใช้งาน ควรพิจารณาทั้งขนาดและโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า ลักษณะการใช้งาน พื้นที่ในการติดตั้ง ที่สำคัญมีระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่สามารถรองรับได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความคุ้มค่าในการใช้งาน บำรุงรักษาง่ายและมีความปลอดภัย

2.1.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งตามระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ 2 ชนิดคือมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส (Single Phase Motor) ใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ และสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (Three Phase Motor) ใช้กับระบบไฟฟ้า 380 โวลต์

ภาพที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส และ3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส

มอเตอร์ 1 เฟส นิยมใช้ในครัวเรือน หรือกิจการขนาดเล็กและมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีลักษณะการใช้งานต่าง ๆ (ภัทรา กุลเดชชัยชาญ, 2551) ดังนี้

สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายขนาดแรงม้าต่ำ มีความเร็วคงที่ใช้งานสะดวก บำรุงรักษาง่าย

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีหลักการทำงานและโครงสร้างเหมือนกับสปลิตเฟสมอเตอร์ ต่างกันตรงที่มีการนำคาปาซิเตอร์หรือตัวเก็บประจุมาต่อเพิ่มเข้าไปในวงจรการต่อขดลวด ทำให้มีแรงบิดเริ่มหมุนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสปลิตเฟสมอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน

เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ทนทาน ราคาถูกและใช้งานได้สะดวก

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีแรงบิดและความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงตามงานที่ใช้ สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้ เรียกอีกชื่อว่า “ซีรีส์มอเตอร์” (Series Motor)เนื่องจากเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบสูงในขณะไม่มีโหลด ดังนั้นแกนเพลาของมอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องต่อกับโหลดตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดภายในเกิดความเสียหาย

รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor) มีทั้งแบบยกแปรงถ่าน และแบบแปรงถ่านสัมผัส การปรับความเร็วรอบและกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถทำได้โดยวิธีการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน

มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Three Phase Squirrel Cage RotorInduction Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม ผลิตง่าย บำรุงรักษาน้อย คงทนและมีราคาถูก

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสโรเตอร์แบบพันขดลวด (Three Phase Wound Rotor InductionMotor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมหนัก ใช้ในการขับลูกกลิ้ง ลูกรีดโรงงานถลุงเหล็กและแปรรูปเหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส

มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส 1 เฟส (นายช่างมาแชร์, 2564) (Single Phase Synchronous Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน หรือความเร็วเต็มพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่คำนวณได้ไม่มีค่าสลิปเกิดขึ้นในมอเตอร์ไฟฟ้าและสามารถต่อเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกไปใช้งานได้

มอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟส (Three Phase Synchronous Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีลักษณะเดียวกัน ต่างกันที่ระบบไฟฟ้า นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมหนักและยังใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้า สามารถต่อให้เป็นได้ทั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.2 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส

เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน(โรงงาน), 2561) ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสะดวกในการ

นำมอเตอร์ไฟฟ้าไปใช้ให้ถูกกับประเภทของงาน สำหรับโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของสปลิตเฟสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ที่มีรายละเอียดเนื้อหาปฏิบัติการพันขดลวดให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัย รวมถึงการบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าอย่างถูกวิธี

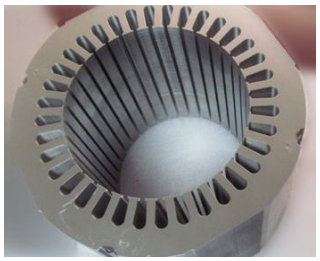
สปลิตเฟสมอเตอร์ ภายในของมอเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนที่หมุน หรือที่เรียกว่า “โรเตอร์” (Rotor) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ (Laminate Sheet Steal) นำมาอัดเรียงซ้อนกันเป็นแกนและมีเพลาร้อยทะลุแกนเหล็กเพื่อยึดให้แน่น บริเวณรอบ ๆ ของโรเตอร์จะมีร่องไปตามทางยาว ในร่องนี้จะมีทองแดงหรืออลูมิเนียมเส้นโต ๆ ฝังอยู่โดยรอบ ซึ่งปลายของทองแดงหรืออลูมิเนียมจะเชื่อมติดอยู่กับวงแหวนทองแดงหรืออลูมิเนียม มีลักษณะเหมือนกับกรงกระรอก

โรเตอร์

แท่งตัวนำกรงกระรอก

ภาพที่ 3 ลักษณะแท่งตัวนำทีฝังอยู่ในโรเตอร์

ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า “สเตเตอร์” (Stator) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ เรียงอัดซ้อนกันมีร่องสำเร็จไว้สำหรับพันขดลวดเรียกว่า ร่องสลอต (Slot) อยู่ภายในโครง (Frame) และโครงจะทำด้วยเหล็กหล่อ (Cast iron) หรือเหล็กเหนียว (Steel)



ร่องสลอต

ขดลวดรันและขดลวดสตาร์ที่พันในร่องสลอต

ภาพที่ 4 ลักษณะของร่องสลอตและขดลวดที่พันอยู่ในร่องสลอต

สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าจะมีขดลวดพันไว้จำนวน 2 ชุดประกอบด้วยขดลวดชุดรัน (Running Winding) กับขดลวดชุดสตาร์ท (Starting Winding) โดยพันขดลวดห่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Magnetic Field) เหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลภายในตัวนำของโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Winding) ซึ่งกระแสไฟฟ้าส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์เกิดแรงบิดเริ่มหมุน และโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุด สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดชุดสตาร์ทออกจากวงจรภายใน โดยทำงานเฉพาะตอนสตาร์ทเท่านั้น ส่วนขดลวดชุดรันจะทำงานตลอดตั้งแต่มอเตอร์ไฟฟ้าเริ่มหมุนจนหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า ขดลวดชุดรันจะพันด้วยลวดทองแดงเส้นใหญ่จำนวนรอบมาก มีค่าของความต้านทานต่ำ แต่ค่ารีแอกแตนซ์สูง ภายในขดลวดชุดรันยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นการเริ่มสตาร์ทหรือทำงานปกติสำหรับขดลวดชุดที่สองเป็นขดลวดที่ช่วยในการเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า คือขดลวดชุดสตาร์ท ลักษณะพันด้วยลวดทองแดงเส้นเล็กจำนวนรอบน้อยกว่าขดลวดชุดรันมีค่าความต้านทานสูง แต่ค่ารีแอกแตนซ์ต่ำ

สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จะทำหน้าที่ตัดวงจรสตาร์ออกจางวงจร มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือส่วนที่หมุน (Rotating part) ส่วนที่ติดอยู่กับเพลาของโรเตอร์ สำหรับส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Part) จะประกอบติดอยู่กับฝาปิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) หรือหน้าที่องขาวอยู่ 2อัน การทำงานของสวิตช์แรงเหวี่ยงจะทำให้ส่วนที่ติดอยู่กับแกนเพลาของโรเตอร์ผลักส่วนที่ติดอยู่กับฝาปิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันตัดวงจรขดลวดชุดสตาร์ทโดยอัตโนมัติทำให้ขดลวดชุดสตาร์ทไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเนื่องจากขดลวดต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

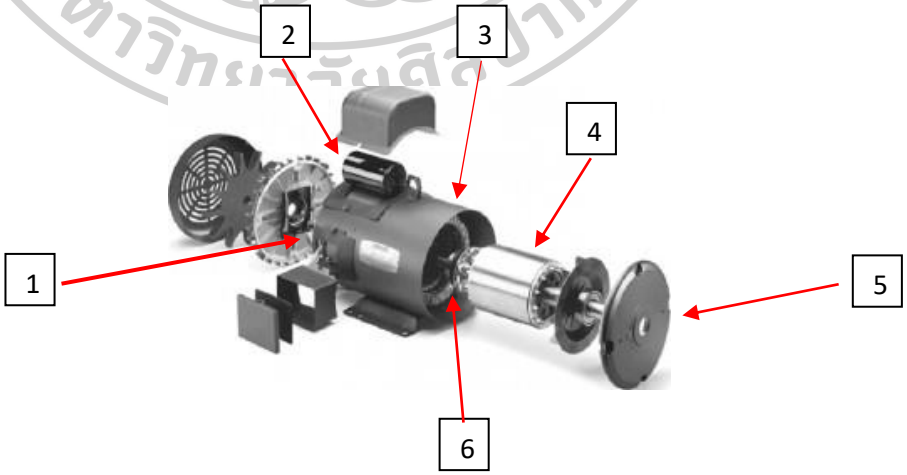
สำหรับส่วนที่เป็นโรเตอร์ของมอเตอร์สปลิตเฟส ที่แกนเพลาของโรเตอร์จะมีส่วนหนึ่งของสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางติดตั้งอยู่ และส่วนที่เป็นสเตเตอร์จะประกอบด้วยฝาปิดของมอเตอร์ไฟฟ้าทั้ง 2 ด้าน เป็นส่วนที่ติดตั้งของตลับลูกปืนเพื่อรองรับแกนเพลาให้หมุนได้อย่างอิสระ และภายในฝาปิดยังเป็นส่วนที่ติดตั้งหน้าสัมผัสของสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อตัดวงจรขดลวดชุดสตาร์ทได้ด้วย

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ ภายในโครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์มีส่วนประกอบเหมือนกับสปลิตเฟสมอเตอร์เกือบทุกประการแต่จะแตกต่างกันตรงที่มีการนำตัวเก็บประจุ มาต่อเพิ่มเข้าไปในวงจรการต่อขดลวด ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้คาปาซิเตอร์มอเตอร์มีแรงบิดเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากขดลวดทองแดงที่พันลงในสเตเตอร์ ทำให้มีค่ารีแอกแตนซ์สูง ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าล้าหลัง

(Lagging) แรงดันไฟฟ้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง ดังนั้นการนำตัวเก็บประจุมาต่อในวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าจะช่วยให้ค่ารีแอกแตนซ์ ต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 5 คาปาซิเตอร์มอเตอร์ที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ

โรเตอร์มีลักษณะเป็นแบบกรงกระรอก ภายในสเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวดจำนวน 2 ชุด คือขดลวดชุดรันและขดลวดชุดสตาร์ท ฝาปิดหัวท้ายประกอบด้วยปลอกทองเหลือง บูช (Bush) หรือตลับลูกปืนสำหรับรองรับแกนเพลา ภายในของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้ทั้งขดลวดชุดรันและขดลวดชุดสตาร์ทโดยมีการนำตัวเก็บประจุมาต่อเพิ่มและใช้สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดวงจรสตาร์ทโดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 6 โครงสร้างส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

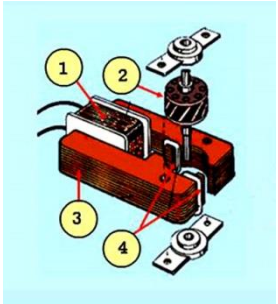
โครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

1. สายป้อนไฟเข้า (Conductor)
2. ตัวเก็บประจุ (Capacitor)
3. โครงเหล็กมอเตอร์ (Frame)
4. โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor)
5. ฝาปิดมอเตอร์ (End Plate)
6. สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Switch)

เช็ดเดดโพลมอเตอร์ ภายในโครงสร้างของเช็ดเดดโพลมอเตอร์จะมีขดลวดจำนวน 2 ชุด คือขดลวดสนามแม่เหล็กและชุดวงแหวนทองแดง มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกและแกนเหล็กสเตอร์ทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ นำมาอัดเรียงซ้อนกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current Loss)

ภาพที่ 7 เช็ดเดดโพลมอเตอร์ที่นำมาใช้เป็นพัดลมขนาดเล็ก

ในส่วนของวงแหวนทองแดง มีขนาดเส้นลวดโต นำมาพันไว้ที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วแม่เหล็กยื่น ซึ่งวงแหวนนี้จะสวมอยู่ที่ขั้วแม่เหล็ก มีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในโรเตอร์และสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา



ภาพที่ 8 โครงสร้างของเช็ดเดดโพลมอเตอร์

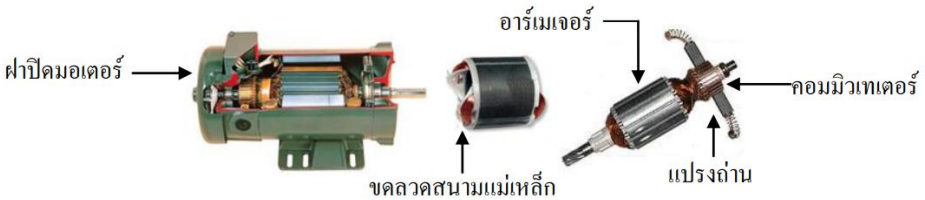
โครงสร้างของเช็ดเดดโพลมอเตอร์

1. ขดลวดสนามแม่เหล็ก จะพันอยู่รอบ ๆ แกนของตัวสเตเตอร์
2. โรเตอร์(ตัวหมุน) มีลักษณะเป็นโรเตอร์ แบบกรงกระรอก
3. สเตเตอร์ เป็นแผ่นเหล็กบางวางอัดซ้อนกัน บริเวณขั้วสนามม่เหล็กแต่ละด้านแบ่ง 2 ส่วน ส่วนที่เล็กกว่าจะมีวงแหวนทองแดงพันอยู่รอบ ๆ
4. วงแหวนทองแดง (Shaded Coil)วงแหวนทองแดง

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ ภายในโครงสร้างของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์มีคอมมิวเทเตอร์ทำหน้าที่รับและเรียบเรียงกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกไปสู่วงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งบริเวณผิวของคอมมิวเทเตอร์จะสัมผัสกับแปรงถ่านตลอดเวลา มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator Current ; AC)และไฟฟ้ากระสตรง (Direct Current ; DC)

ภาพที่ 9 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ที่นำมาใช้เป็นสว่านไฟฟ้า

ในส่วนของขดลวดที่พันอยู่ภายในยูนิเวอร์แซลมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กทำหน้าที่สร้างขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ และขดลวดอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่สร้างขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ การหมุนของอาร์เมเจอร์จึงเกิดจากการผลักกันของขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์และโรเตอร์



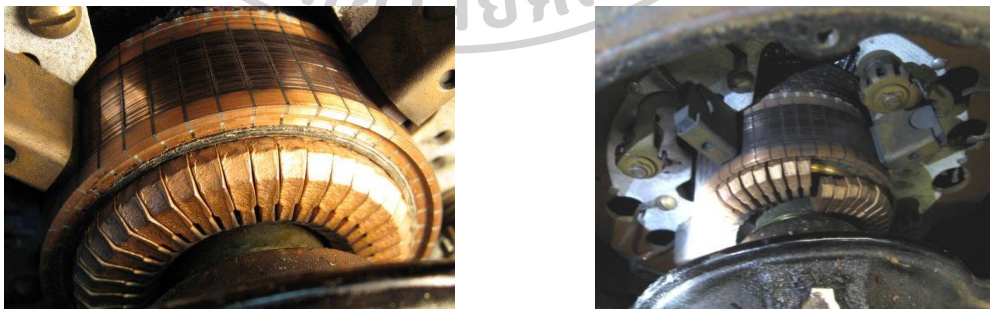
ภาพที่ 10 โครงสร้างภายในของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

โครงสร้างของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

1. ฝาปิดมอเตอร์ (End Plate) ภายในมีตลับลูกปืนรองรับเพลาทั้งสองด้าน
2. อาร์เมเจอร์ (Armature) ส่วนที่หมุนเซาะร่องไว้สำหรับพันขดลวดอาเมเจอร์
3. คอมมิวเทเตอร์ (Commutator) จะสัมผัสกับแปรงถ่าน โดยมีสปริงกดให้แน่นอยู่กับผิวของซี่คอมมิวเทเตอร์เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า
4. แปรงถ่าน (Brush) ส่วนที่รับและส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปในขดลวดอาเมเจอร์
5. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) พันอยู่ไว้ที่แกนขั้วแม่เหล็กสเตเตอร์

รีพัลชั่นมอเตอร์ ภายในโครงสร้างของรีพัลชั่นมอเตอร์ลักษณะของโรเตอร์จะคล้ายกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับสเตเตอร์มีขดลวดชุดรัน หรือขดลวดเมน (Main Winding) เพียงชุดเดียวเหมือนกับสปลิตเฟสมอเตอร์ ภายในโรเตอร์จะประกอบด้วยคอมมิวเทเตอร์ที่มีหลาย ๆ ซี่และบริเวณผิวของคอมมิวเทเตอร์จะสัมผัสอยู่กับแปรงถ่าน การควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนมีทั้งชนิดควบคุมด้วยการปรับเลื่อตำแหน่งนิ่งแปรงถ่าน มอเตอร์ไฟฟ้าบางชนิดออกแบบให้หมุนความเร็วรอบที่ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อุปกรณ์หรือกลไกที่ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ควบคุมการทำงานชนิดยกแปรงถ่านและชนิดไม่ยกแปรงถ่านเพื่อลัดวงจรคอมมิวเทเตอร์และในมอเตอร์ไฟฟ้าบางรุ่นจะไม่ใช้อุปกรณ์ทางกลเพื่อทำหน้าที่ลัดวงจรคอมมิวเทเตอร์ ทำให้แปรงถ่านสัมผัสตลอดเวลา แต่ออกแบบให้มีการพันขดลวดชดเชยเข้าไปที่ร่องสลอตของโรเตอร์ส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น

ในส่วนของโรเตอร์ที่เป็นแบบยกแปรงถ่าน เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนด้วยความเร็วเต็มพิกัดแปรงถ่านจะถูกยกออกจากคอมมิวเทเตอร์



ชนิดยกแปรงถ่าน ชนิดแปรงถ่านสัมผัส

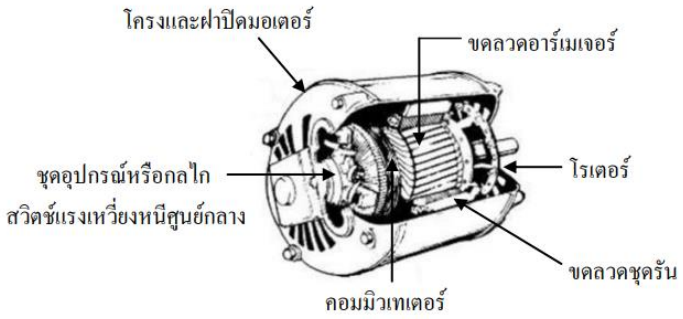
ภาพที่ 11 รีพัลชั่นมอเตอร์ที่ใช้แปรงถ่านในการควบคุมความเร็ว

ชนิดแปรงถ่านสัมผัสภายในอุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำหน้าที่ลัดวงจรที่คอมมิวเทเตอร์ โดยแปรงถ่านยังคงสัมผัสอยู่กับผิวของคอมมิวเทเตอร์ตลอดเวลา จะทำให้คอมมิวเทเตอร์สึกหรอง่าย แต่ให้แรงบิดสูง และรีพัลชั่นมอเตอร์ที่มีคันโยกเพื่อใช้ปรับตำแหน่งของแปรงถ่านที่สัมผัสกับผิวของคอมมิวเทเตอร์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลภายในโรเตอร์และสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นมาสอดคล้องกับขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์หรือสร้างขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน เกิดแรงผลักกันทำให้โรเตอร์ หมุนไปได้

เมื่อพิจารณาถึงโรเตอร์อีกแบบหนึ่งที่แตกต่างจากโรเตอร์ที่ประกอบอยู่ในรีพัลชั่นมอเตอร์ภายในมีตัวนำกรงกระรอกซ่อนไว้อีกชุด 1 ชุด อาศัยหลักการของรีพัลชั่นมอเตอร์และสปลิตเฟสมอเตอร์ มาผสมผสานกัน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ดีที่สุดตั้งแต่เริ่มหมุนจนถึงความเร็วรอบเต็มพิกัด

ภาพที่ 12 โครงสร้างของโรเตอร์ที่มีตัวนำกรงกระรอกซ่อนไว้ภายใน

เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนไปด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วเต็มพิกัดและแปรงถ่านถูกยกออกทั้งหมดแต่รีพัลชั่นมอเตอร์ก็หมุนต่อไปตามปกติ คือหมุนไปอย่างสปลิตเฟสมอเตอร์และหากพิจารณาถึงโครงสร้างของรีพัลชั่นมอเตอร์ทุกชนิดจะมีแปรงถ่านติดตั้งไว้ภายในเสมอ



ภาพที่ 13 โครงสร้างของรีพัลชั่นมอเตอร์ชนิดยกแปรงถ่าน

โครงสร้างของรีพัลชั่นมอเตอร์

1. โครงและฝาปิดมอเตอร์มีช่องระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิในขณะใช้งาน
2. ขดลวดอาร์เมเจอร์พันอยู่ในร่องสลอตของโรเตอร์สร้างสนามแม่เหล็กส่วนที่หมุน
3. โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบที่ 75 เปอร์เซ็นต์ จะทำงานคล้ายกับโรเตอร์กรงกระรอก
4. ขดลวดชุดรันที่พันลงในสเตเตอร์มีเพียงชุดเดียวสร้างสนามแม่เหล็กส่วนที่อยู่กับที่
5. คอมมิวเทเตอร์จะสัมผัสกับแปรงถ่านโดยมีสปริงกด
6. ชุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า

2.1.3 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (PST Group, 2017) มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและบำรุงรักษาง่าย นิยมนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ภายในโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้า ถ้าแบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือโรเตอร์แบบกรงกระรอก(Squirrel Cage Rotor) และโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) เมื่อพิจารณามอเตอร์ไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดจะมีส่วนประกอบที่เหมือนกัน คือส่วนที่อยู่กับที่และมีส่วนที่แตกต่างกัน คือส่วนที่หมุน สำหรับโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีรายละเอียดเนื้อหาปฏิบัติการพันขดลวด การใช้งานได้อย่างปลอดภัย รวมถึงการบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าอย่างถูกวิธี

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก ภายในโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบสปลิตเฟส แต่การพันขดลวดลงในร่องสล๊อตและการต่อปลายสายของขดลวดจะแตกต่างกันรวมถึงไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางการเริ่มหมุนทำได้ไม่ยากและมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่

ภาพที่ 14 โครงสร้างภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

1. ฝาปิดมอเตอร์มีช่องระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิในขณะใช้งาน
2. ใบพัดระบายความร้อน (Cooling Fan) ระบายความร้อนขณะมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนเต็มพิกัด
3. โครงเหล็กมอเตอร์รองรับขดลวดที่พันอยู่ในร่องสลอตและในส่วนที่หมุน
4. โรเตอร์แบบกรงกระรอกมีครีบช่วยในการระบายความร้อน
5. แกนเพลา (Shaft) เป็นส่วนที่หมุนยึดติดอยู่กับแท่งแกนเหล็กและตัวนำกรงกระรอ
6. ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) พันในร่องสลอตแบ่งเป็น 3 ชุด ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 380โวลต์
7. สายป้อนไฟเข้ารับแรงดันไฟฟ้าเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำทำให้โรเตอร์หมุน

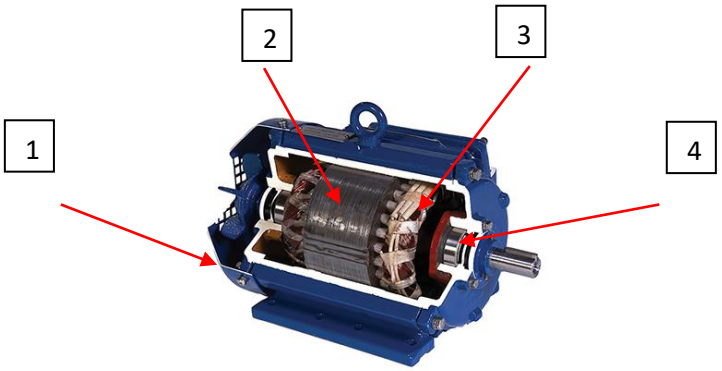
มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

โรเตอร์แบบพันขดลวดภายในโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบพันขดลวด (ศุภชัย อรุณพันธ์, 2550) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “วาวด์โรเตอร์” (Wound Rotor) ที่โรเตอร์มีขดลวดพันไว้จำนวน 3 ชุด ส่วนปลายสายขดลวดนำมาต่อเข้ากับวงแหวนสลิปริงทั้ง 3 วง และต่อเข้ากับรีโอสแตต มีหลักการทำงานเหมือนกับโรเตอร์แบบกรงกระรอก เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าเริ่มหมุนไปจนถึงความเร็วสูงสุด

ภาพที่ 15 โรเตอร์แบบพันขดลวด

ลักษณะโรเตอร์แบบพันขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อพิจารณาถึงส่วนที่หมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส บริเวณผิวของวงแหวนทั้ง 3 วงจะสัมผัสกับแปรงถ่านตลอดเวลาเพื่อต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมภายนอก ในทางเทคนิคจึงมีการเรียกชื่อของมอเตอร์ไฟฟ้า ตามวงแหวนว่า “สลิปริงมอเตอร์” (Slip Ring Motor)



ภาพที่ 16 โครงสร้างภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวด

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวด

1. โครงทำด้วยเหล็กหล่อขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกกลวงมีฐานเป็นขาตั้งรองรับน้ำหนัก
2. วาวด์โรเตอร์ถูกออกแบบให้มีครีบช่วยในการระบายความร้อน
3. ขดลวดสเตเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้โรเตอร์หมุน
4. วงแหวนสลิปริงส่งผ่านกระแสไฟฟ้าและควบคุมความเร็วรอบของโรเตอร์

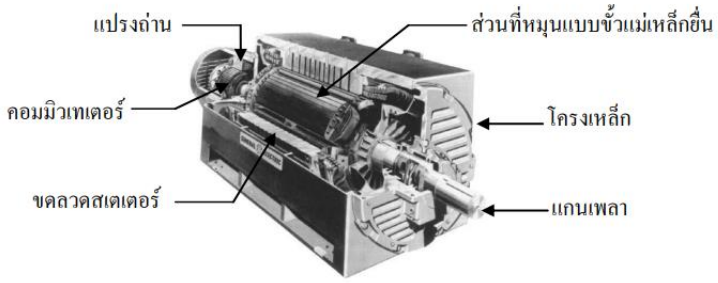
2.1.4 โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์

เมื่อกล่าวถึงซิงโครนัสมอเตอร์เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่สามารถต่อให้เป็นได้ทั้งมอเตอร์ไฟฟ้า (สุชิน เสื้อช้อย, 2563) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเนื่องจากมีโครงสร้างและส่วนประกอบภายในเหมือนกัน โดยเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในมอเตอร์ไฟฟ้า โรเตอร์สามารถหมุนได้ด้วยความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed ; Ns) จัดเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าเพียงชนิดเดียวที่มีความเร็วรอบเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน และมีความเร็วรอบเต็มพิกัด เมื่อนำมาสร้างเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กถูกออกแบบให้แกนหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนช้าลงด้วยวิธีการทดรอบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ซิงโครนัสมอเตอร์ 1 เฟส ซิงโครนัสมอเตอร์ขนาดเล็ก

ภาพที่ 17 ซิงโครนัสมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส

ซิงโครนัสมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ส่วนมากเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่มีโครงสร้างที่สำคัญประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่หมุนและส่วนที่อยู่กับที่สำหรับส่วนที่หมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Poles) และมีขดลวดพันข้าง ๆ ขั้วแม่เหล็กยื่น โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันรอบขั้วแม่เหล็กยื่นจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก เพื่อสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์



ภาพที่ 18 โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์

โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส

1.ขดลวดสเตเตอร์จำนวน 3 ชุด รับแรงดันไฟฟ้าและสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้โรเตอร์หมุน

2. คอมมิวเทเตอร์จะสัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้ามายังขดลวด

3. แปรงถ่านสัมผัสกับชี่ของคอมมิวเทเตอร์เพื่อนำกระแสไฟฟ้า

4. ส่วนที่หมุนเป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่นต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก

5. โครงเหล็กขึ้นรูปมีฐานรองรับน้ำหนัก

6. แกนเพลาเป็นส่วนที่หมุนยึดติดอยู่กับแท่งแกนเหล็กและขดลวดสนามแม่เหล็ก

2.2 การประมูล

ด้วยความจำเป็นที่ภาคธุรกิจต้องมีการพัฒนารูปแบบการตลาดให้มีความหลากหลายและเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภค โดยเฉพาะธุรกิจที่ต้องการความรวดเร็วในการขายสินค้า จึงทำให้มีการนำเอาระบบการประมูลเข้ามาใช้ในธุรกิจมากยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการและนักลงทุนที่เห็นช่องทางในการเป็นตัวแทนการประมูลซื้อ-ขายสินค้าที่กำลังเป็นที่นิยมและความสนใจจากผู้บริโภค จึงทำให้ปัจจุบันนี้มีธุรกิจประเภทประมูลเกิดขึ้นหลายแห่งด้วยกัน ในจำนวนนี้มีทั้งหน่วยงานราชการที่นำเอารูปแบบการประมูลมาใช้ในการขายทอดตลาด หรือแม้แต่บริษัท ที่ขายสินค้าด้วยการประมูลโดยตรง และบริษัทที่เป็นโบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนการประมูลให้กับผู้ประกอบการทั่วไป

การประมูลคือวิธีการขายทรัพย์สินโดยการเปิดโอกาสให้มีการแข่งขันราคา อย่างเปิดเผย อาจจะขายเป็นรายการไป ตั้งแต่ 1 รายการ ขึ้นไปจนถึงมากกว่า 1000 รายการ (จัดเป็นรายการเฉพาะ)

การประมูลเป็นการขายทรัพย์สินโดยวิธีการขายทรัพย์สินให้แก่ผู้ที่เสนอราคาสูงสุด (ผู้ซื้อ) ผ่านกลไกการแข่งขันอย่างเปิดเผยในตลาด ที่มีเวลาที่จำกัด การประมูลเป็นหนทางที่ทุกคนทำได้ กำหนดความต้องการ การแข่งขันในสาธารณะ ในแต่ละรายการต้องได้ราคาที่สูงกว่าราคามูลค่าตลาด

การประมูลเป็นการสร้างให้เกิดการแข่งขันราคามากที่สุด การประมูลจะเกิดประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีทรัพย์สินจำนวนให้ขายมากและผู้ซื้อสนใจจำนวนมาก ทั้งนี้ผู้ดำเนินการประมูลควรทราบว่าการทำตลาดทั่วโลกเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้เกิดการแข่งขัน กล่าวคือ การที่สามารถจะดึงดูดผู้ซื้อให้มากขึ้นจะทำให้ราคาขายได้ราคามากขึ้นด้วย

2.3 รูปแบบของการประมูล

การประมูล(Auction) (ประภาพร บุญปลอด, 2556) หมายถึง การเสนอซื้อเสนอขายสินค้าหรือบริการระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายเข้ามาแข่งขันกันเสนอราคาในช่วงเวลาที่กำหนด

การประมูลอิเล็กทรอนิกส์ (E- Auction) การเสนอซื้อเสนอขายสินค้าหรือบริการผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายเข้ามาแข่งขันกันเสนอราคาในช่วงเวลาที่กำหนด บางครั้งเรียกว่า “การประมูลออนไลน์”

การประมูลสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

1. การประมูลแบบดั้งเดิม (Traditional Auction) หรือเรียกอย่างหนึ่งว่า “Offline” เห็นได้ในภาครัฐและเอกชนโดยผู้ซื้อและผู้ขายจะต้องมาพร้อมกันเพื่อเสนอราคาสินค้าแข่งขันกันจนกระทั่งได้ผู้ชนะการประมูล

ข้อจำกัดของการประมูลแบบดั้งเดิม

- ต้องเดินทางมาร่วมการประมูลทำให้ไม่สะดวกต่อผู้ที่อยู่ต่างจังหวัด
- ให้เวลาแก่ผู้ซื้อน้อยเกินไปในการเสนอราคาเพื่อประมูลสินค้าทำให้ผู้ซื้อมีเวลาในการตัดสินใจน้อย
- เสียค่าใช้จ่ายสูงในการค่านายหน้า ค่าเช่าสถานที่การประมูล ค่าโฆษณา

2. การประมูลอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Auction) หรือเรียกอย่างว่าการประมูลแบบ Online เป็นการประมูลโดยอาศัยสื่อโดยอาศัยเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยไม่จำกัดอาคารสถานที่ เช่น Internet

ข้อดีของการประมูลอิเล็กทรอนิกส์

- ไม่ต้องเดินทางมาพบกัน

- มีความโปร่งใส กล่าวคือสามารถทราบข้อมูลการแข่งขันได้
- เสนอราคาได้หลายครั้ง (Dynamic Pricing)
- มีการยืดหยุ่นเนื่องจากมีการประมูลหลายรูปแบบ
- ลดต้นทุนในการทำเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนต้นทุนที่เกิดจากการเช่าสถานที่

2.4 ชนิดของการประมูลอิเล็กทรอนิกส์

Forward Auction (การประมูลขาย) (Urania Malissa, 2014) เป็นการประมูลที่เริ่มขึ้นตามความประสงค์ของผู้ต้องการขายสินค้าโดยผู้ขายกำหนดความต้องการ ให้ผู้ซื้อตั้งราคาแข่งขันกัน ผู้ซื้อที่เสนอราคาสูงสุดจะเป็นผู้ชนะการประมูลและได้รับสินค้าไป

Reverse Auction (การประมูลซื้อ) เป็นการประมูลที่เริ่มขึ้นตามความประสงค์ของผู้ต้องการซื้อสินค้า โดยผู้ซื้อกำหนดความต้องการซื้อสินค้าให้ผู้ขายตั้งราคาแข่งขันกันผู้ขายที่เสนอราคาต่ำสุดจะเป็นผู้ชนะการประมูลผู้ซื้อจะต้องซื้อสินค้าจากผู้ขายที่ชนะการประมูลในครั้งนั้น

One Knock Auction เป็นการประมูลที่ผู้ขายต้องการขายสินค้าอย่างเร่งด่วน กล่าวคือเมื่อผู้ขายเปิดประมูลเพื่อขายสินค้าหากผู้ซื้อที่เข้าร่วมการประมูลรายใดรายหนึ่งเสนอราคามา การประมูลจะสิ้นสุดลง

Dutch Auction เป็นการที่เริ่มต้นด้วยผู้ขายเสนอราคาสินค้าที่สูงมากจากนั้นจะลดราคาลงเรื่อยๆ จนเหลือระดับราคาที่ผู้ซื้อจ่ายในราคาระดับนั้นได้และผู้ซื้อที่ยอมรับในระดับดังกล่าวก็จะเป็นผู้ชนะการประมูล

English Auction (การประมูลไล่ราคาแบบอังกฤษ) เป็นการประมูลที่ผู้เข้าร่วมประมูลสามารถเสนอราคาได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง โดยสามารถเห็นราคาสุดท้ายของผู้ประมูลรายอื่น แต่จะไม่ทราบว่าเป็นของผู้ร่วมประมูลรายใด ทั้งนี้ระบบจะแสดงเครื่องหมายรูป “ค้อน” ที่หน้าจอของผู้ประมูลที่มีราคานำอยู่เท่านั้น

Yankee Auction (การประมูลไล่ราคาแบบกำหนดปริมาณ) เหมาะสำหรับผู้ซื้อมีความจำเป็นต้องซื้อสินค้าชนิดเดียวจากผู้ค้าหลายราย เช่น เพื่อป้องกันความเสี่ยงในการขาดแคลนสินค้ากรณีผู้ค้ารายใดรายหนึ่งหยุดผลิต สินค้าไป หรือกรณีที่ต้องการซื้อสินค้าจำนวนมากโดยไม่มีผู้ขายรายใดสามารถตอบสนองได้ ทั้งหมด หรืออาจจะเพียงเพื่อรักษาความสัมพันธ์อันดีอย่างต่อเนื่องกับผู้ค้าหลายราย ทำให้บรรลุความต้องการข้างต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Sealed Bid Auction (การประมูลแบบปิด) เป็นรูปแบบการประมูลที่ไม่แสดงราคาและข้อมูลใดๆ ของผู้ประมูลรายอื่น โดยระบบจะแสดงเครื่องหมายรูป “ค้อน” บนหน้าจอของผู้ร่วมประมูลที่เสนอราคาดีที่สุด ผู้ร่วมประมูลสามารถเสนอราคาได้ไม่จำกัดครั้ง และจะต้องเสนอราคาที่ดีกว่าราคาเดิมของตนเอง ในกรณีที่มีการเสนอราคาประมูลเท่ากัน ผู้ประมูลที่เสนอราคาเข้าสู่ระบบก่อนจะมี

เครื่องหมายรูปค้อนปรากฏที่หน้าจอ ของตน เหมาะสำหรับงานประมูลที่ไม่ต้องการเปิดเผยราคาต่ำสุด / สูงสุด (Leading Bid) ของการประมูล ต้องการผู้ชนะเพียงรายเดียว มีผู้เข้าร่วมประมูลน้อยราย ซึ่งสินค้าหรือบริการที่จะดำเนินการประมูลมีระดับมาตรฐานเดียวกัน

Multi-Variable Bidding Auction (การประมูลแบบหลายตัวแปร) เหมาะสำหรับผู้ริเริ่มการประมูลต้องการคัดเลือกผู้ชนะการประมูลจากการ พิจารณามากกว่า 1 ปัจจัย โดยนำนำหลักการของ Price Per Performance (PPP) มาประยุกต์ใช้กับการประมูลที่ผู้ริเริ่มการประมูลเป็นผู้กำหนดขึ้น ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ระบบจะทำการคำนวณค่า PPP ออกมาให้อัตโนมัติ ผลที่ได้คือผู้ริเริ่มการประมูลจะได้รับสินค้าที่มีราคาเหมาะสมกับคุณภาพ

Multi - item Auction (การประมูลแบบกลุ่มหลายรายการ) เหมาะสำหรับผู้ริเริ่มการประมูลที่ต้องการจัดงานประมูลแบบหลายรายการในเวลา เดียวกัน ผู้ขายสามารถแข่งขันราคา โดยผู้ขายไม่จำเป็นต้องเป็นกลุ่มเดียวกัน รูปแบบในการประมูลนี้ สามารถเปิดประมูลได้พร้อมกันทั้ง แบบเปิดและแบบปิด ผลที่ได้ คือ การแข่งขันราคาจะจบในเวลาอันรวดเร็ว ผู้ริเริ่มการประมูลสามารถเห็นผู้ชนะได้มากกว่า 1 ราย

2.5 ขั้นตอนในการประมูลอิเล็กทรอนิกส์

การประมูลโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ (สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ, 2563) คือประมูลขาย และประมูลซื้อ ซึ่งผู้ซื้อ/ขาย อาจจะเป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลได้ โดยสามารถเข้าร่วมการประมูลกับเว็บไซต์ที่เป็นตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป แต่หากจะประมูลกับภาครัฐจะต้องทำการลงทะเบียนที่เว็บไซต์ตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการคัดเลือกและประกาศให้เป็นตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์อย่างเป็นทางการเท่านั้น

ขั้นตอนในการประมูล

1. การเตรียมตัวก่อนเข้าร่วมประมูล เป็นการเตรียมพร้อมหรือการค้นหาและสืบค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประมูลอิเล็คทรอนิกส์ให้ได้มากที่สุดเนื่องจากเว็บไซต์ผู้ให้บริการตลาดกลางการประมูลเว็บไซต์ของบริษัทผู้ซื้อ/ขายสินค้ามีอยู่มากมายจำเป็นต้องมีเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เช่น เงื่อนไขในการประมูล กฎเกณฑ์ กฎหมาย วิธีเข้าร่วมการประมูล เวลาในการประมูล ราคาสินค้าและบริการ เป็นต้น

2. ขั้นตอนในระหว่างการประมูล มีดังนี้

2.1 ไปเว็บไซต์ผู้ให้บริการตลาดกลาง ลงทะเบียนสมัครสมาชิก เพื่อขอรับชื่อสมาชิก (User Name) และ รหัสผ่าน (Password) ในการเข้าสู่ระบบประมูล

2.2 กำหนดรายละเอียดสินค้าที่ต้องการขาย (สำหรับผู้ขาย) และราคาสินค้าขั้นต่ำ (กรณีเป็นการประมูลชนิดต้องมี Reverse Price) สำหรับผู้ซื้อให้กรอกรายละเอียดสินค้าที่ต้องการซื้อและราคาที่เสนอ

2.3 ตลาดกลางจัดส่งอีเมล์ไปยังสมาชิกรายอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติตรงกันเพื่อขอเชิญเข้าร่วมประมูล

2.4 ชี้แจงรายละเอียดในการประมูล

2.5 ตลาดกลางจัดการอบรมซักซ้อมความเข้าใจ ชี้แจ้งรายละเอียด ชนิดของการประมูล กฎเกณฑ์และเงื่อนไขต่าง ๆ

2.6 เมื่อถึงวันนัดหมายการประมูล ผู้เข้าร่วมประมูลไปเว็บไซต์ตลาดกลางป้อนชื่อสมาชิกและรหัสผ่านเพื่อเริ่มเข้าสู่ระบบทำการประมูลโดยผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2.7 ผู้ซื้อ/ผู้ขายเป็นผู้ยื่นความประสงค์ให้เปิดประมูลและตลาดกลางตัดสินหาผู้ชนะการประมูลและส่งอีเมล์ไปยังผู้เข้าร่วมการประมูลทุกราย

2.8 ผู้เข้าร่วมการประมูลที่ชนะการประมูลในครั้งนั้น ติดต่อกับผู้ซื้อ/ผู้ขายที่เป็นผู้ยื่นความประสงค์ให้ปิดทำการประมูลทำการลงนามสัญญาซื้อ-ขาย

2.9 จัดส่งสินค้าและชำระเงิน

3. ขั้นตอนหลังการประมูล

3.1 การจัดส่งสินค้า

3.2 รูปแบบการชำระเงิน ชำระผ่านบัตรเครดิต การโอนเงินผ่านธนาคารหรือชำระผ่านตลาดกลาง

3.3 เว็บไซต์ของตลาดกลางบางแห่งได้จัดให้มี การส่งอีการ์ด (E-Cards) เพื่อแสดงความขอบคุณที่เข้ามาใช้บริการ

3.4 การจัดส่งเอกสารต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายสินค้า เช่น ใบส่งสินค้า ใบกำกับภาษี ใบแจ้งหนี้ ใบเสร็จรับเงิน เป็นต้น

2.6 การยื่นซองประมูล

การยื่นซองประมูลงานหรือที่เรียกกันว่าการประกวดราคา (INCquity, 2014) มีความสำคัญมากสำหรับการทำธุรกิจ และมีหลายบริษัทที่ความอยู่รอดของกิจการขึ้นอยู่กับชัยชนะของการยื่นซองประมูล และเพราะเป็นการแข่งขันเสรีจึงทำให้มีหลายบริษัทก้าวลงสนามมาต่อสู้บนสังเวียนการ

ประมูลดังกล่าว แต่ท้ายที่สุดก็จะมีผู้ชนะเพียงบริษัทเดียว การเตรียมความพร้อมก่อนการยื่นซองประมูลงานจึงเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญและเรียนรู้วิธีเอาไว้ เพื่อจะได้นำเทคนิคเหล่านั้นไปปรับใช้ในการยื่นซองประมูลงานครั้งต่อๆ ไป

1. หาข้อมูลเรื่องงานที่เปิดประมูล การหาข้อมูลงานที่เปิดประมูลคือสิ่งแรกที่ผู้ประกอบการต้องทำ การศึกษาหาข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการที่เปิดประมูลควรลงรายละเอียดดังต่อไปนี้ หน่วยงานที่เปิดการประมูลต้องการให้จัดซื้อจัดจ้างเรื่องอะไร ทำการก่อสร้างรูปแบบไหน มีข้อมูลเฉพาะในเรื่องวัสดุก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์สินค้าว่ากำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นอย่างไร ระยะเวลาการส่งมอบงาน และที่สำคัญคือเรื่องราคากลางที่หน่วยงานผู้เปิดประมูลต้องแจ้งให้ทราบอย่างชัดเจน เพราะถือเป็นกุญแจสำคัญที่จะนำมาใช้วิเคราะห์และช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถเอาชนะคู่แข่งการประมูลได้ในที่สุด ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ทางหน่วยงานผู้เปิดประมูลจะกำหนดไว้แล้ว ผู้ประกอบการต้องเก็บข้อมูลทุกอย่างแบบละเอียดยิบไม่ให้ขาดตกบกพร่องเป็นอันขาด ต้องตีโจทย์ให้แตกว่าเจ้าของโครงการการประมูลต้องการอะไรมากที่สุด เพราะข้อมูลเหล่านี้เปรียบได้กับพิมพ์เขียวในการทำโครงการนี้เลยทีเดียว

2. ตรวจสอบคู่แข่งการประมูล การตรวจสอบคู่แข่งการประมูลสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ แบบตรวจสอบทั่วไปซึ่งหมายถึงการตรวจสอบข้อมูลพื้นฐานโดยทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคอะไรมากมาย โดยเริ่มดูจากว่ามีผู้ประกอบการสนใจประมูลกี่บริษัท มีบริษัทอะไรบ้าง ใครเป็นผู้บริหาร มีผลประกอบการเป็นอย่างไร จุดเด่นอยู่ตรงไหน ฯลฯ ส่วนอีกลักษณะคือการตรวจสอบข้อมูลในเชิงลึกของบริษัทคู่แข่งซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลที่มีความยากกว่าลักษณะแบบแรกมาก โดยข้อมูลที่ต้องการได้จากการหาข้อมูลลักษณะนี้จะต้องเป็นข้อมูลที่เป็นความลับของคู่แข่งขันที่จะนำมาใช้ในการประมูลงาน เช่น กลยุทธ์แผนการดำเนินงาน แบบแปลนก่อสร้าง วัสดุผลิตภัณฑ์ที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือราคาของโครงการที่คู่ต่อสู้ต้องการนำเสนอ ซึ่งถ้าผู้ประกอบการสามารถล่วงรู้ความลับเรื่องดังกล่าวได้เท่ากับว่าเป็นผู้ได้เปรียบอยู่และมีโอกาสที่จะชนะการแข่งขันการประมูลค่อนข้างสูง

3. ยื่นประมูลด้วยข้อเสนอที่ดีกว่า หลังจากที่ได้รับทราบข้อมูลทั้งในส่วนรายละเอียดโครงการและข้อมูลคู่แข่งแล้ว ลำดับต่อมาก็คือการออกแบบโครงการซึ่งต้องทำออกมาให้ดียิ่งกว่าที่เจ้าของโครงการผู้จัดการประมูลต้องการได้รับและดีมากขึ้นไปอีกเมื่อเทียบกับของคู่แข่งการประมูล ซึ่งการจะสร้างข้อเสนอให้ออกมาดีและเป็นที่น่าพอใจได้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่กล่าวมาในทั้ง 2 ข้อก่อนหน้านี้เป็นแกนสำคัญในการพัฒนา ซึ่งข้อเสนอในการยื่นประมูลงานที่ดีจนสามารถชนะการแข่งขันได้มักเป็นข้อเสนอที่ตรงกับความต้องการเบื้องต้นของเจ้าของงานประมูล ทั้งเรื่องสเป็คงานหรือผลิตภัณฑ์ที่จัดซื้อจัดจ้าง ส่งงานได้ตรงตามกำหนดเวลา และมีราคาเหมาะสม ไม่จำเป็นต้องมีราคาถูกกว่าของคู่แข่งเสมอไป แต่ต้องคำนึงถึงความสามารถและศักยภาพของทางบริษัทที่จะสามารถตอบสนองในรายละเอียดของเนื้องานตามที่ได้นำเสนอเป็นหลัก

4. สร้างความสัมพันธ์กับเจ้าของโครงการประมูล สิ่งนี้คือสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ผู้ประกอบการควรลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ไม่ควรให้พนักงานดำเนินการแทนเป็นอันขาด เพื่อเป็นการแสดงถึงความเคารพและให้เกียรติซึ่งกันและกัน การเชื่อมความสัมพันธ์นี้มักทำให้ผู้ประกอบการเข้าใจถึงความต้องการที่แท้จริงซึ่งอาจไม่ได้ระบุเป็นตัวหนังสือในเอกสารที่ได้รับแจกมาตอนเปิดประมูลงาน อันจะนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์จำนวนมากและสามารถนำมาใช้พัฒนาข้อเสนอการประมูลให้น่าสนใจยิ่งขึ้น อีกทั้งความสัมพันธ์ที่ดีมักพัฒนาไปสู่ความน่าเชื่อถือในที่สุด จึงอาจทำให้งานของผู้ประกอบการได้รับการพิจารณาก่อนเป็นอันดับแรกก็ได้ โดยวิธีการสร้างความสัมพันธ์มีมากมายหลายวิธี เช่น การเลี้ยงอาหาร

5. เตรียมเอกสารข้อมูลการประมูลให้น่าสนใจ ผู้ประกอบการควรเตรียมความพร้อมเรื่องข้อมูลและวิธีการนำเสนอให้น่าสนใจ โดยควรให้รายละเอียดครอบคลุมทุกด้าน สามารถตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้องานที่นำมาเสนอได้เป็นอย่างดี มีเอกสารประกอบการนำเสนองานพร้อมทั้งการใช้สื่อช่วยอธิบายให้เข้าใจง่ายก็จะเป็นการดี และที่สำคัญควรซักซ้อมก่อนนำเสนองานจริง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่อาจยังมีหลงเหลืออยู่

6. รบนอกแบบ วิธีการนี้เป็นเทคนิคเฉพาะที่สามารถสร้างสรรค์ได้ตามความต้องการโดยต้องขึ้นอยู่กับสถานการณ์ตอนนั้นด้วย โดยอาจทำการตกลงในทางลับกับเจ้าของโครงการการประมูลว่าจะให้สิทธิพิเศษเรื่องอะไรบ้าง หรืออาจลองให้ข้อมูลที่เป็นจุดด้อยของบริษัทคู่แข่งให้เจ้าของโครงการได้รับทราบ แต่ข้อมูลนั้นต้องสามารถพิสูจน์ได้จริงไม่เช่นนั้นจะเป็นผลเสียกับทางบริษัทผู้ประกอบการเอง และสุดท้ายควรพิจารณาพูดคุยตกลงกับบริษัทของคู่แข่งที่ยื่นประมูลงานเดียวกันเพื่อช่วยให้ผลประโยชน์ของทั้ง 2 สามารถไปด้วยกันได้ เรียกว่าชนะด้วยกันทั้ง 2 ฝ่ายนั่นเอง

การเกิดขึ้นของระบบการยื่นซองประมูลงานเป็นผลกระทบในเชิงบวกที่ได้รับจากเศรษฐกิจทุนนิยมเสรีโดยตรงที่ก่อให้เกิดการแข่งขันและแรงผลักดันในการทำธุรกิจเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหลักวิธีการคิดที่ดีที่สุดที่อยากขอแนะนำเพื่อเอามาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเมื่อทำการแข่งขันยื่นซองประมูลงานคือ คิดอยู่เสมอว่าบริษัทของผู้ประกอบการเป็นผู้ให้ ไม่ได้มาเป็นผู้รับผลประโยชน์แต่เพียงฝ่ายเดียว โดยการให้นี้ควรเป็นการให้ในสิ่งที่ดีที่สุดบนพื้นฐานความเหมาะสมของปัจจัยต่างๆ หากคิดและปฏิบัติได้ดังนี้แล้วรับรองว่ามีชัยชนะในการประมูลไปกว่าครึ่งแน่นอน

2.7 ประวัติของสายงานการประกอบและถอดแยกชิ้นส่วน

สำหรับประวัติความเป็นมาของการถอดแยกชิ้นส่วนนั้นมีต้นกำเนิดเดียวกับประวัติของสายงานการประกอบ จะเห็นได้ว่าทั้งสองกระบวนการกระทำบนชิ้นงานเดียวกัน และเทคนิคที่ใช้แก้ไขปัญหาของทั้งสองกระบวนการก็ได้รับอิทธิพลมาคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ตามหลักฐานยังทำให้ทราบอีกว่า

การถอดแยกชิ้นส่วนนั้นได้มีการริเริ่มการศึกษามาก่อนการศึกษาการประกอบ โดยตัวอย่างการค้นพบ คือ การแยกชิ้นส่วนของโรงฆ่าสัตว์ ในช่วงศตวรรษที่ 19

โดยจุดกำเนิดของสายงานประกอบธรรมดา มาจากหลักพื้นฐาน 2 หลักด้วยกัน คือ

1. การแบ่งงาน เป็นเรื่องที่เขียนโดย Adam Smith ในหนังสือ The Wealth Of Nations โดยได้ยกตัวอย่างการแบ่งงานในโรงงานผลิตหมุด อธิบายไว้ว่า ให้พนักงาน 10 คน ผลิตหมุดให้ได้ 48,000 ตัวภายใน 1 วันทำงาน และต้องทำงานที่ แตกต่างกัน จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับการผลิตหมุด 2 ถึง 3 ตัว โดยพนักงาน เพียงคนเดียวในทุกขั้นตอน

2. ชิ้นส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนกันได้ เกิดจากการทดลองของ Eli Whitney และบุคคลอื่นในช่วงต้นของยุคศตวรรษที่ 19 โดย Whitney ได้รับคำสั่งจาก รัฐบาลสหรัฐอเมริกาให้ผลิตปืน 10,000 กระบอก โดยในยุคนั้นการผลิตปืนจะผลิตทีละ ชิ้นส่วนแล้วนำมาประกอบกัน ทำให้ปืนแต่ละกระบอกจะมีลักษณะเฉพาะเจาะจง แต่ Whitney ได้ประยุกต์ความคิดในการผลิตชิ้นส่วนทีละมาก ๆ โดยกำหนดค่าความเผื่อ ทางวิศวกรรมไว้ (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2549) และต้องสามารถ นำมาประกอบเข้าด้วยกันทีหลังได้ เมื่อผลิตสำเร็จ Whitney ได้ไปสาธิตหลักการของเขา โดยการหยิบชิ้นส่วนด้วยการสุ่มมาทั้งหมด 10 ชิ้น แล้วนำมาประกอบซึ่งพบว่าปืนสามารถ ใช้การได้ปกติทำให้วงการอุตสาหกรรมในยุคนั้นได้รับการปฏิวัติด้วยหลักการของ Whitney

จากหลักฐานทำให้ทราบว่าการถอดประกอบนั้นได้มีการริเริ่มศึกษาก่อนการประกอบ ซึ่งหลักฐานแรกที่มี การค้นพบคือการแยกชิ้นส่วนของโรงฆ่าสัตว์ ในช่วงศตวรรษที่ 19 มาจากการที่ William "Pa" Klann ไป เยี่ยมชมการทำงานภายในโรงฆ่าสัตว์เมืองชิคาโกและเขาพบว่าคนงานจะยืนอยู่ ณ สถานีงานจากนั้นระบบ รอกจะนำเนื้อสัตว์มาให้แล้วคนงานจึงเริ่มการแยกชิ้นส่วน ซึ่งการทำงานซ้ำ ๆ ของคนงานทำให้เขาพบว่าการทำงานในลักษณะดังกล่าวช่วยให้ประสิทธิภาพการท างานดีขึ้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1913 Henry Ford เจ้าของอุตสาหกรรมรถยนต์ในสหรัฐอเมริกาและผู้ร่วมงานได้นำแนวคิดในโรงฆ่าสัตว์ไปออกแบบสายงานประกอบการผลิต ซึ่งทำให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า และจากความสำเร็จ Ford ได้ใช้เทคนิคการประกอบนี้กับสายการผลิตโครงเครื่อง โดยมีการใช้สายพาน ที่ขับเคลื่อนด้วยโซ่ มีการแบ่งสถานีงานให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้นจึงทำให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่าเมื่อเทียบกับการมีสถานีงานเพียงสถานีเดียว ด้วยผลการพัฒนาการดำเนินงาน และงานอื่น ๆ ทำให้เขาสามารถลดต้นทุนการผลิตและยังทำให้ประชาชนชาวอเมริกามีกำลังพอที่จะซื้อ รถยนต์ได้เนื่องจากต้นทุนที่ลดลง จากเหตุการณ์เหล่านี้จึงเกิดแรงกระตุ้นให้มีการพัฒนาและการขยายตัวของแนวคิดการผลิตแบบสายงานการประกอบแพร่หลายไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นถือได้ว่าสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศแรกที่มีการเริ่มใช้สายงานการประกอบแบบธรรมดา

ในการผลิตแบบผลิตครั้งละมาก ๆ ก็ได้นำแนวคิดการใช้ชิ้นส่วนที่สามารถ แลกเปลี่ยนกันได้มาเป็นองค์ความรู้ ทำให้เกิดการนำเสนออุตสาหกรรมใหม่ในช่วงศตวรรษที่ 19 อาทิ เครื่องจักรเย็บผ้า

เครื่องจักรทางการเกษตร จักรยาน และเครื่องพิมพ์ดีด เป็นต้น และแนวความคิดนี้ถูกนำไปปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นทั้งทางครัวเรือนและอุตสาหกรรม สำหรับการถอดแยกชิ้นส่วนในสมัยนั้นมักถูกใช้ในงานบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ เครื่องจักร หรือแยกส่วนขยะที่หมดอายุการใช้งาน

อย่างไรก็ตามประวัติศาสตร์ของการถอดแยกชิ้นงานด้วยวิธีการอย่างเป็นระบบนั้น ในบางงานวิจัยระบุว่าพึ่งเริ่มขึ้นในช่วงราว 40 ปีที่ผ่านมานี้และจากที่ได้กล่าวในข้างต้นว่าการถอดแยกชิ้นส่วนเป็นกระบวนการผลิตกระบวนการหนึ่งภายในโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านมาเป็นเวลามากกว่า 1 ศตวรรษแล้วแสดงถึงความขัดแย้งกันในเวลาที่เกิดการศึกษาการถอดแยกเป็นครั้งแรก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่แสดงถึงความขัดแย้งกันในด้านเวลาที่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าการศึกษาการถอดแยกกำเนิดขึ้น ในเวลาใด

มีการค้นพบเอกสารในเรื่องการจัดสมดุลสายการถอดแยกชิ้นส่วนในโรงงานฆ่าสัตว์ที่เกิดขึ้นประมาณ 35 ปีที่ผ่านมา (D.C. Dornan & Makan K., 1983) ซึ่งมีมาก่อนการศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วน ที่หมดอายุแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง

นอกจากนี้การถอดแยกชิ้นส่วนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อซ่อมแซมหรือบำรุงรักษานั้น ได้รับการศึกษามาเป็นระยะเวลานานแล้วเช่นกัน มีงานวิจัยหลายฉบับให้ความสนใจการถอดแยกชิ้นส่วนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อบำรุงรักษาในสภาพแวดล้อมที่ไม่เป็นมิตร เช่น ในโรงพลังงานนิวเคลียร์ เครื่องปฏิกรณ์ฟิวชั่นและสถานีอวกาศ ในกรณีนี้ต้องมีการออกแบบให้การถอดแยกชิ้นส่วนหรือการประกอบกลับอีกครั้ง สามารถทำได้อัตโนมัติด้วยการสั่งงานทางไกล และหนึ่งในความท้าทายคือ การเปลี่ยนชิ้นส่วน ที่เสียหายโดยจะต้องถอดชิ้นส่วนที่ใช้งานได้ปกติให้น้อยที่สุด ในเวลาที่น้อยที่สุด ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับ การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานและการวางแผนการถอดแยกโครงสร้าง ผลิตภัณฑ์ไว้ล่วงหน้า

A. Bourjault (1984) เป็นบุคคลแรกที่พยายามศึกษาและกำหนดรูปแบบการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการอย่างเป็นระบบในวิทยานิพนธ์ของเขาและในเวลาต่อมาไม่นาน Dornan ได้ประพันธ์บทความกรณีศึกษาของเขาในเรื่องการวางแผนการถอดแยกชิ้นส่วนโดยอัตโนมัติเป็นครั้งแรกของโลก โดยการศึกษาของเขามีพื้นฐานมาจากงานวิจัยของ Bourjault จากนั้นในปี ค.ศ.1990 และ 1991 Homem de Mello และ Sanderson ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีการสำหรับการค้นหาลำดับการประกอบและถอดแยกชิ้นส่วน ขั้นตอนวิธีการที่ประกอบด้วยกลุ่มของข้อจำกัดซึ่งถูกควบคุมด้วยความสัมพันธ์ก่อนหน้าที่ทำให้ไม่สามารถถอดแยกชิ้นส่วนบางชิ้นได้โดยตรง และในเวลาต่อมา De Fazio Whitney และ Baldwin ได้ออกมายืนยันความสำคัญในเรื่องความสัมพันธ์กับขั้นตอนก่อนหน้าของชิ้นงาน

ทฤษฎีการถอดแยกชิ้นส่วนไม่ได้ถูกจำกัดอยู่เฉพาะกับการศึกษากระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงประเด็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการถอดแยกชิ้นส่วน ซึ่งเป็น

ส่วนที่ศึกษาเพิ่มเติมมาจากการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการประกอบ ชิ้นส่วน อันเป็นประเด็นที่ได้มีการศึกษาตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 โดยผู้คิดค้น คนแรก คือ Dewhorst ในเวลาเดียวกันก็ได้มีการศึกษาปัญหาการถอดแยกชิ้นส่วนของหุ่นยนต์เพื่อนำไปแปรใช้ใหม่ โดยชาวเยอรมันนี ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ทำให้ในโรงงานการถอดแยกชิ้นส่วนในภาคอุตสาหกรรม มีความคิดที่จะนำระบบอัตโนมัติขั้นสูงนี้มาใช้ จากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้สิ่งเหล่านี้ มากขึ้น ทำให้มีผู้วิจัยจำนวนมากให้ความสนใจกับประเด็นกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วน

2.8 การถอดแยกชิ้นส่วน

การถอดแยกชิ้นส่วน คือ การนำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมาแยกออกเป็นชิ้นส่วนและหรือเป็นชิ้นส่วนย่อยอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดจากการแยกด้วยวิธีกึ่งทำลายหรือไม่ทำลายบางชิ้นส่วนก็ได้ การถอดประกอบชิ้นส่วนนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามวิธีการถอด ดังนี้

1. กระบวนการการถอดแบบไม่ทำลาย คือ การแยกส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ที่ชิ้นส่วนจะไม่ได้รับความเสียการจากการดำเนินการ โดยไม่ได้ เป็นการแยกชิ้นส่วนออกจากกันทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภท คือ

1.1 การดำเนินงานแบบย้อนกลับ คือ การดำเนินงานที่ ไม่ทำลายชิ้นส่วน ซึ่งสามารถทำได้ง่าย เช่น การขันเกลียวและการคลายเกลียว เป็นต้น

1.2 การดำเนินงานแบบกึ่งย้อนกลับ เป็นการดำเนินงานที่ไม่ทำลายชิ้นส่วน แต่วิธีการถอดแยกชิ้นส่วนจะค่อนข้างยากกว่าการดำเนินงานแบบย้อนกลับ ยกตัวอย่าง การใช้วิธีการเข้าล็อค ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายในการประกอบ แต่ค่อนข้างยากสำหรับ การถอดแยกชิ้นส่วน

2. กระบวนการถอดแบบกึ่งทำลาย เป็น การดำเนินงานแบบกึ่งย้อนกลับจะไม่ได้ส่วนประกอบที่สมบูรณ์ครบถ้วน เนื่องจากจะมี การทำลายจุดที่ยึดกันของวัตถุ อาทิ การตัดรอยพับ การทำลาย ซึ่งชิ้นส่วนนั้นจะไม่เกิดความเสียหายหรือมีความเสียหายที่ค่อนข้างน้อย

อย่างไรก็ตามการถอดแบบทำลาย จะไม่ได้รับ การยอมรับให้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วน เนื่องจาก ตามความหมายของการถอดแบบทำลาย หมายถึง การถอดแยกชิ้นส่วนที่ไม่สามารถนำชิ้นส่วน ของผลิตภัณฑ์ไปใช้งานต่อได้

นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งการถอดประกอบชิ้นส่วนตามความต้องการในการใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. กระบวนการถอดแบบสมบูรณ์ คือ การแยกส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งทุกชิ้นส่วนจะถูกแยกออกจากกัน

2. กระบวนการถอดแบบไม่สมบูรณ์ คือ การแยกส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่ได้แยกออกจากกันทุกชิ้นส่วน จะต้องมีการคำนึงถึงขอบเขตของการแยกชิ้นส่วน ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ ในส่วนมากมักใช้ความคุ้มค่าเป็นตัววัดขอบเขตสิ้นสุด ของการแยกส่วนประกอบควรสิ้นสุดที่ขั้นใดหรือชิ้นส่วนใด

ด้วยเหตุนี้ทำให้เห็นได้ว่าการถอดประกอบชิ้นส่วนไม่ได้เป็นกระบวนการย้อนกลับ ของการประกอบ อันเนื่องมาจากการประกอบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ แต่การถอดแยกชิ้นส่วนอาจไม่ได้มีการตัดสินใจให้แยกผลิตภัณฑ์ออกมาทุกชิ้นส่วน

ความคุ้มทุนในการถอดประกอบ

1. ต้นทุน สำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการถอดแยกชิ้นส่วนมักขึ้นอยู่กับเวลา การทางานของพนักงานและกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วน (Y. Asiedu & Gu P., 1998) ซึ่งวิธีการและสูตรที่ใช้ในการคำนวณเวลาถอดแยกส่วนประกอบ จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ โดยเวลาสามารถแยกได้ ตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1.1 เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นส่วนออก

1.2 เวลาที่ใช้ในการถอดตัวยึดชิ้นส่วนแบบไม่ทำลาย เช่น การถอดสกรู นอต

1.3 เวลาที่ใช้ในการถอดตัวยึดชิ้นส่วนแบบทำลาย เช่น การเชื่อมจุดยึดชิ้นส่วน

ซึ่งสามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการถอดประกอบได้ดังสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$t_D = \sum_{i=1}^{N} t_i + \sum_{k=1}^{n} \left(\sum_{f=1}^{F} (n_f \times t_f)_k + \sum_{p=1}^{P} (n_p \times t_p)_k \right)$$

เมื่อ t_D คือ เวลาที่ใช้ในการถอดประกอบ

t_i คือ เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นส่วน i ออก

t_f คือ เวลาที่ใช้ในการถอดตัวยึดชิ้นส่วนแบบไม่ทำลาย

t_p คือ เวลาที่ใช้ในการถอดตัวยึดชิ้นส่วนแบบทำลาย

n_p คือ จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

n คือ จำนวนจุดยึดทั้งหมดของชิ้นงาน

n_f คือ จำนวนส่วนประกอบที่ถูกยึดแบบไม่ทำลาย

n_p คือ จำนวนส่วนประกอบที่ถูกยึดแบบทำลาย

f คือ จำนวนจุดยึดส่วนประกอบแบบไม่ทำลาย

P คือ จำนวนจุดยึดส่วนประกอบแบบทำลาย

เนื่องจากการถอดแยกชิ้นส่วนในแต่ละชิ้นจะใช้เวลาในการถอดที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ค่าใช้จ่ายในการถอดแยกจะเป็นต้นทุนแบบแปรผัน อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าใช้จ่ายในการถอดแยกชิ้นส่วนนั้นก็ยังมีส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ โดยเขียนออกมา ในรูปสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$C_f = C_H + \frac{C_G}{v}$$

เมื่อ C_f คือ ต้นทุนคงที่ต่อชิ้น

C_H คือ ต้นทุนถือครองชิ้นส่วนหนึ่งชิ้น ทั้งผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน ประกอบ

C_G คือ ค่าใช้จ่ายทั่วไปในหนึ่งปี เช่น ค่าใช้จ่ายในการบริหาร

v คือ จำนวนชิ้นงานที่สามารถแยกได้ในหนึ่งปี

และต้นทุนแปรผัน สามารถเขียนออกมาในรูปสมการดังสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ได้ดังนี้

$$C_v t = \frac{1}{N}\left[C_D + \frac{C_I}{v} + \frac{1}{hdT}(C_E + C_B \propto A)\right] t$$

เมื่อ C_v คือ ต้นทุนแปรผันต่อชั่วโมงต่อชิ้น

t คือ เวลาที่ใช้ในการถอดแยกชิ้นส่วนหน่วยชั่วโมง

d คือ จำนวนวันทำงานในหนึ่งปี

h คือ จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน

N คือ จำนวนชิ้นงานที่สามารถแยกได้ในหนึ่งชั่วโมง

C_E คือ ค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์สำหรับการถอดแยกชิ้นส่วนในหนึ่งปี

C_B คือ ค่าใช้จ่ายด้านอาคารต่อหน่วยพื้นที่ในหนึ่งปี

C_I คือ ค่าใช้จ่ายหัวหน้าพนักงานต่อชั่วโมง

C_D คือ ค่าแรงงานพนักงานต่อชั่วโมง

v คือ จำนวนพนักงานต่อหนึ่งหัวหน้างานหนึ่งคน

t คือ เวลาทำงานที่เสื่อมในหนึ่งปี

A คือ พื้นที่การทำงานในการถอดแยกชิ้นส่วน

$\propto$ คือ ตัวประกอบที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายวัสดุ

และสามารถหาต้นทุนรวมในการถอดแยกชิ้นส่วน ได้จากสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$C = C_v t + C_f$$

2. รายได้ รายได้จากการถอดแยกชิ้นส่วนที่หมดอายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และองค์ประกอบของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ การประมาณรายได้ควรทราบราคาของส่วนประกอบหรือวัสดุต่าง ๆ แต่ละชนิดซึ่งสามารถศึกษาได้จากราคาตลาด นอกจากนี้ ราคาอาจจะถูกปรับให้ลดลงหากมีสิ่งปนเปื้อนหรือเจือปนในวัสดุ และในบางครั้งอาจต้องมีค่าใช้จ่ายในการกาจัดวัสดุบางชนิดด้วย ซึ่งถือเป็นรายได้เชิงลบ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างราคารับซื้อวัสดุเพื่อแปรใช้ใหม่ ของวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2565

ประเภทเศษเหล็ก			
ชนิดสินค้า	**ราคา**	**ชนิดสินค้า**	**ราคา**
เหล็กหนาพิเศษซอยสั้น	8.00	เหล็กเส้น 1 นิ้ว (ยาว 1.20 ม. ขึ้นไป)	8.00
เหล็กหนาซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 80 ซม.)	8.00	เหล็กเส้นยุ่งๆ	5.50
เหล็กหนาไม่ซอย	5.00	เหล็กบางไม่ซอย	2.20
เหล็กย่อยซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 50 ซม.)	7.20	สังกะสี	2.50
เหล็กย่อยไม่ซอย	4.70	เหล็กเส้น 6 หุน (ยาว 2.50 ม. ขึ้นไป)	7.70
เหล็กโช๊คอัพ	2.50	ทีบาร์,เมทัลชีท	2.50
ลวดสลิง (มัดมา)	5.50	เหล็กขึ้กลึง (ดำ,สวย,ฟู)	2.00
ลวดสลิง (ยุ่งๆ,ไม่มัดมา)	3.50	เหล็กรถเก๋ง,ปิคอัพทั้งคัน	4.20
No.1 เหล็กหล่อชิ้นเล็ก	7.50	เหล็กตะปู	7.20
No.2 เหล็กหล่อชิ้นใหญ่ (นน.ไม่เกิน 500 กก.)	5.30	กระป๋อง	3.50

ตารางที่ 1 ตัวอย่างราคารับซื้อวัสดุเพื่อแปรใช้ใหม่ ของวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2565 (ต่อ)

ประเภทเศษเหล็ก

ชนิดสินค้า	ราคา	ชนิดสินค้า	ราคา
No.3 เหล็กหล่อชิ้นใหญ่ (นน. 500-1,500 กก.)	4.10	เหล็กบางซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 50 ซม.)	7.20
No.4 เหล็กหล่อติดเครื่องข้อเหวี่ยง	4.90		
ประเภทโลหะที่มีค่าสูง			
หม้อน้ำไส้ทองแดง 1-2 ชั้น	135.00	ทองแดงเส้นใหญ่ปลอกสวย	259.00
หม้อน้ำไส้ทองแดง 3 ชั้นขึ้นไป	124.00	ทองแดงซ๊อตเส้นใหญ่	243.00
ทองแดงเส้นเล็ก (จากอุปกรณ์ไฟฟ้า,มอเตอร์)	227.00	ทองแดงเส้นเล็ก (เคลือบขาว)	217.00
ทองแดงท่อแอร์ใหม่	247.00	ทองแดงท่อแอร์เก่า	233.00
ทองแดงสะพานไฟ	235.00	ทองแดงไส้หมูใหญ่ (ใหม่)	233.00
ทองแดงไส้หมูใหญ่ (เก่า)	227.00	ขี้กลึงทองเหลือง	25.00
ทองเหลืองหนา	163.00	ทองเหลืองบาง	153.00
ทองเหลืองหม้อน้ำ	129.00	ตะกั่วอ่อน	51.00
ตะกั่วแข็ง	50.00		
ประเภทพลาสติก			
เปลือกสาย PVC ใหญ่ (ดำ)	3.50	เปลือกสาย PVC เล็ก (ดำ)	2.50
เปลือกสาย PVC รวมสี	1.50	พลาสติกรวมสี	3.00
พลาสติกแผ่น VCD	12.00	พลาสติกแผ่น DVD	6.00
พลาสติกสีดำทุกชนิด	1.00	พลาสติกแผ่นป้ายอะคีลิค	4.00
พลาสติก กรอบจม (ชิ้นใหญ่)	0.50	พลาสติก PS ใส กล่อง CD	1.00
สายรัด PP ลอยน้ำ (รวมสี)	1.50	สายรัด PET (สีเขียวใส)	1.00
ท่อเอสล่อน PVC สีฟ้า	5.50	ท่อเอสล่อน PVC สีเหลือง	2.00
ท่อเอสล่อน PVC สีเทา	0.50	พลาสติกจุกน้ำปลา	3.00
แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (สี)	2.00	แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (ดำ)	1.00
โฟม (สะอาด)	1.50		

ตารางที่ 1 ตัวอย่างราคารับซื้อวัสดุเพื่อแปรใช้ใหม่ ของวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2565 (ต่อ)

ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า			
ชนิดสินค้า	**ราคา**	**ชนิดสินค้า**	**ราคา**

เตารีดไฟฟ้า	4.00	เครื่องเล่นเสียง	0.50
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	4.00	โทรศัพท์	1.00
ตู้เย็น	4.00	เตาอบ,เตาไมโครเวฟ	2.00
เครื่องดูดฝุ่น	2.00	เครื่องกรองน้ำไฟฟ้า	1.00
เครื่องทำน้ำเย็น	5.00	เครื่องกรองอากาศ	2.00
กระติกน้ำร้อน	2.00	พัดลม	5.00
เครื่องซักผ้า	4.00	กระทะไฟฟ้า	4.00
เครื่องปั้มน้ำ	5.00	ทีวีเก่า (จอแก้ว)	1.00
พัดลมดูดอากาศ	2.00	ทีวีเก่า (จอLED)	1.00
เครื่องทำน้ำอุ่น	2.00	เตาไฟฟ้า	6.00
แอร์คอนดิชั่น+คอมเพรสเซอร์	14.00	แผงวงจร No.1	150.00
แผงวงจร No.2	50.00	แผงวงจร No.3	2.00
แผงวงจร No.4	1.00		

3. กำไร ในหัวข้อนี้จะนำต้นทุนและรายได้มาใช้ประเมินร่วมกันสำหรับกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างต้นทุนและรายได้ เพื่อให้เกิดกำไรสูงสุด รวมทั้ง เพื่อประเมินขั้นตอนที่ควรถอดที่เหมาะสมที่สุด โดยสมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณสมการกำไร (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$P = R - C$$

เมื่อ P คือ กำไร

R คือ รายได้

C คือ ต้นทุน

ซึ่งกำไรสำหรับกระบวนถอดแยกชิ้นส่วนจะขึ้นกับสองค่าพารามิเตอร์ คือ ลำดับขั้นตอนสุดท้ายที่ควรถอดเป็นขั้นตอนที่ถูกประเมินให้เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการถอดแยกชิ้นส่วนเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด และพารามิเตอร์ที่สองคือ ลำดับการถอดแยกชิ้นส่วน จะเป็นส่วนที่แสดงลำดับการปฏิบัติการถอดแยกชิ้นส่วน ทั้งสองพารามิเตอร์ยังคงเป็นส่วนที่นำมาคำนวณต้นทุน

นอกจากผลกำไรที่ผู้ประกอบการจำเป็นต้องคำนึงถึงแล้ว ผู้ประกอบการจำเป็นต้องคำนึงถึงผลตอบแทนจากการลงทุนและอัตรากำไร ซึ่งผลตอบแทนจากการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$ROI_{S,qs} = \frac{P_{S,qs}}{C_{q,s} - C_0}$$

เมื่อ $ROI_{S,qs}$ คือ ผลตอบแทนจากการลงทุน

$P_{S,qs}$ คือ ผลกำไรของขั้นตอนการถอด S

$C_{q,s}$ คือ ต้นทุนการถอดถึงขั้นตอนการถอด S

C_0 คือ ต้นทุนเริ่มต้น

และอัตรากำไร สามารถคำนวณได้จากสมการ (A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta, 2005) ดังนี้

$$U_{S,qs} = \frac{P_{S,qs}}{T_{S,qs}}$$

เมื่อ $U_{S,qs}$ คือ อัตรากำไร

$P_{S,qs}$ คือ ผลกำไรของขั้นตอนการถอด S

$T_{S,qs}$ คือ เวลาที่ใช้ถึงขั้นตอนการถอด S

2.9 สายงานการประกอบ

การประกอบ คือ การนำชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนไปตามแต่ละสถานีงาน ซึ่งในแต่ละสถานีงานจะมีการประกอบชิ้นส่วนเพิ่ม เพื่อให้เกิดเป็นรูปลักษณะใหม่ขึ้นมาจนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์ตามต้องการ สายงานการประกอบ เป็นการจัดรูปแบบของผังการประกอบซึ่งประกอบด้วยหน่วยการผลิตต่าง ๆ ที่เรียกว่า สถานีงาน ในระบบสายการประกอบแบบต่อเนื่องนั้นชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่นำมาประกอบ เคลื่อนย้ายไปตามสถานีงานต่างๆ

สายงานการประกอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. สายงานประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดี่ยว เป็นสายการประกอบที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเดียวทั้งสายการประกอบ

2. สายงานประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เป็นชุดเป็นสายการประกอบที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นมีความคล้ายกัน และสามารถผลิตบนสายงานประกอบเดียวกันได้โดยในการประกอบจะทำทีละชุดผลิตภัณฑ์ และในระหว่างการเปลี่ยนแปลง

ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้เวลาก่อนการดำเนินงาน เช่น เวลาในการตั้งค่าเครื่องจักรใหม่ เวลาการเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใหม่

3. สายงานประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์ผสมเป็นสายการ ประกอบที่เหมาะกับการมีผลิตภัณฑ์มากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป โดยผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าสายการประกอบ เป็นรูปแบบผสมผลิตภัณฑ์และไม่มีเวลาก่อนการดำเนินงานในระหว่างการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์

2.10 การศึกษาเวลา

การศึกษาเวลาเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้วัดผลงานเป็นกระบวนการเพื่อกำหนดเวลาในการทำงาน โดยคนงานที่เหมาะสมปฏิบัติงานในอัตราที่ปกติภายใต้เงื่อนไขการวัดมาตรฐานผลงาน ซึ่งผลลัพธ์ของการทำงานเรียกว่า “เวลามาตรฐาน” การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงานจะประกอบไปด้วยเวลา ที่บันทึกจากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาทำงานหรือ “ค่าเวลาที่เลือก” เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานและมีการปรับค่า การประเมินแล้วจะได้ค่าเป็น ค่าเวลาปกติ และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับ ความเมื่อยล้าจะได้ค่าเวลาเป็น “เวลามาตรฐาน โดยมีหลักการคำนวณหา เวลามาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. เวลามาตรฐาน คือ เวลาปกติ + (เวลาปกติ x ร้อยละเวลาเผื่อ)
2. เวลาปกติ คือ เวลาที่เลือก x (ค่าสเกล) /100
3. เวลาเผื่อ สาหรับงานทั่วไป กำหนดเวลาเผื่อไว้ประมาณ ร้อยละ 4

2.11 ขยะอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Waste หรือ E-waste) (คัดคณัฐ ชื่นวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย, 2564) ประกอบด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสียหรือไม่มีคนต้องการแล้ว ขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นประเด็นวิตกกังวล เนื่องจากชิ้นส่วนหลายชิ้นในอุปกรณ์เหล่านั้น ถือว่าเป็นพิษและไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ หลายประเทศโดยเฉพาะแถบยุโรปตะวันตกถึงกับออกกฎหมายออกมารองรับกรณีดังกล่าวนี้ โดยให้บริษัทผู้ผลิตที่จะวางตลาดในผลิตภัณฑ์ด้านคอนซูเมอร์อิเล็กทรอนิกส์ต้องจัดเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปกำจัดก่อนถึงจะวางใหม่ได้ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งมาตรการสำคัญที่ถูกนำออกมาใช้เพื่อแก้ปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นขยะพิษ ขณะเดียวกันด้วยพฤติกรรมการบริโภคที่มีลักษณะใช้แล้วทิ้งที่เกิดขึ้นทั่วโลก ส่งผลกระทบไม่เพียงแค่ในขอบข่ายของขยะอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น บรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ก็ถูกทิ้งลงถังขยะมากมายจนล้นเกิน หลาย ๆ ประเทศต้องสูญเสียงบประมาณเพื่อทำการจัดเก็บและทำลายขยะแต่ละปีเป็นมูลค่ามหาศาล ซึ่งพฤติกรรมการใช้แล้วทิ้งที่เกิดขึ้นทั่วโลกนี้ หากยังไม่สามารถพัฒนาวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย หรือประเภทใช้แล้วสามารถนำมารีไซเคิลใหม่ได้ อาจก่อให้เกิดปัญหาขยะล้นโลกได้

2.12 ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์สามารถจำแนกออกเป็น 10 ประเภท

1.เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดใหญ่ เช่น ตู้เย็น เครื่องทำความเย็น เครื่องซักผ้า เครื่องล้างจาน ฯลฯ

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดเล็ก เช่น เครื่องดูดฝุ่น เตารีด เครื่องปิ้งขนมปัง มีดโกนไฟฟ้า ฯลฯ

3. อุปกรณ์ IT เช่น คอมพิวเตอร์ เมนเฟรม โน้ตบุค เครื่องสแกนภาพ เครื่องโทรสาร/โทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ

4. เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค เช่น วิทยุ โทรทัศน์ กล้องและเครื่องบันทึกวีดีโอ เครื่องดนตรีที่ใช้ไฟฟ้า ฯลฯ

5. อุปกรณ์ให้แสงสว่าง เช่น หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ หลอดโซเดียม ฯลฯ

6. ระบบอุปกรณ์เครื่องมือการแพทย์

7. เครื่องมือวัดหรือควบคุมต่างๆ เช่น เครื่องจับควัน เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ฯลฯ

8. ของเล่น เช่น เกมส์บอยส์ ของเล่นที่ใช้ไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

9. เครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สว่าน เลื่อยไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

10. เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ เช่น เครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ ฯลฯ

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yaping Ren, et al. (2018) ได้ออกแบบขั้นตอนวิธีการของปัญหา การวางแผนการถอดแยกชิ้นส่วนแบบอะซิงโคนัสขนาน (Asynchronous Parallel Disassembly Planning: aPDP) โดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการจัดลาดับการถอดแยกชิ้นส่วนและคำนวณจานวนพนักงาน ที่เหมาะสมที่ทำให้เวลาในการถอดแยกน้อยที่สุด โดยสร้างเมทริกซ์ความสำคัญของลำดับ ก่อนหน้า และเมทริกซ์การชนกันของพนักงานในพื้นที่ทางานเพื่อใช้สร้างลำดับการถอดแยกชิ้นส่วน ที่เป็นไปได้สาหรับปัญหาแบบ aPDP อีกทั้งมีการใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ในการนำเสนอกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนแบบอะซิงโคนัสขนาน ซึ่งจะถูกนามาใช้ประกอบกับการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ด้วยการสร้างขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยคณะวิจัยได้ทดสอบวิธีการนี้กับผลิตภัณฑ์ที่มี ความซับซ้อนต่างกัน 4 ชนิด และพบว่าวิธีการเชิงพันธุกรรมที่ได้สร้างขึ้นให้คำตอบที่ดีในเวลา ที่เหมาะสม แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้พิจารณารวมถึงปัจจัยอื่น ๆ อาทิ ค่าใช้จ่ายในการถอดแยกชิ้นงาน ผลกำไร เวลาว่างงาน

Hideyuki N. & Yoshitaka T. (2017) ได้เสนอวิธีจัดลำดับการถอดแยกชิ้นส่วน โดยการใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ตารางการจัดลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนมีความเหมาะสมที่สุดโดยความเหมาะสมนี้ประกอบไปด้วยการใช้เวลาน้อยที่สุดของกระบวนการถอด

แยกชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิดและการใช้เวลาน้อยที่สุดสำหรับกระบวนการ ในขั้นสุดท้าย (Post Processing) ก่อนการนำชิ้นส่วนที่ได้มาแปรใช้ใหม่และนำกลับมาใช้ใหม่ (กระบวนการในขั้นสุดท้าย อาทิ การทำความสะอาดหรือการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ถูกถอดแยกก่อน การนำชิ้นส่วนที่ได้มาแปรใช้ใหม่หรือนำกลับมาใช้ใหม่)

สุพัตรา กฤษวัฒนากรณ์ (2558) ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมในการจัดสถานีงาน ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงการจัดเรียงเครื่องจักรตามขั้นตอนในการผลิตและพื้นที่ ของเครื่องจักรแต่ละชนิดเพื่อลดต้นทุนของการเคลื่อนที่ของวัสดุ โดยเขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel และนำเสนอแนวคิดในการสลับสายพันธุ์ อีกทั้งได้ทำการทดลองกับปัญหากรณีตัวอย่างในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งพบว่าสามารถหาค่ารูปแบบของการจัดเรียงสถานีงานที่เหมาะสมได้

สงกรานต์ มหาวัน และเสรี พิจิตรศิริ (2554) ได้ทำความเข้าใจกับระบบการทุจริตในการประมูลงาน ก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ข้อมูลที่ใช้ได้จากการสังเกตและการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง และข้าราชการ พบว่าการทุจริตในการประมูลงานก่อสร้าง เริ่มตั้งแต่การเข้าไปยื่นซองประกวดราคา จะมีผู้มาทาบทามขอส่วนแบ่งเป็นเปอร์เซ็นต์จากเงินที่จะได้จากสัญญาที่จะทำกับหน่วยงาน มีการเรียกร้องค่าตอบแทนที่ ผู้ชนะการประกวดราคาจะต้องให้ ผู้ชนะการประมูลมักจะเป็นกลุ่มบุคคลที่คุ้นเคยกับนักการเมือง มีน้อยรายที่ผู้ชนะการประมูลเป็นผู้รับเหมาเป็นกลุ่มคนหน้า ใหม่ หรือมาจากพื้นที่อื่น

เอกพงษ์ ภักดีสมัย (2553) ได้ประยุกต์ใช้ Technology Acceptance Model และการเพิ่มปัจจัยอื่นๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อการยอมรับและตั้งใจใช้ระบบประมูลราคาผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและใช้งานระบบประมูลราคาผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มี 2 ปัจจัยคือประสบการณ์ในการใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ดังนั้นควรพิจารณาให้มีโครงการฝึกอบรมพนักงาน รวมถึงการประชาสัมพันธ์เพื่อให้ความรู้และความเข้าใจต่อวิธีการใช้งานของระบบประมูลราคาผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

Wang H., Xiang D., & Duan G. (2008) เสนอการใช้ Disassembly Feasibility Information Graph (DFIG) สำหรับกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วน ลำดับการถอดแยกชิ้นส่วน และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน ดังนั้นปัญหาของการวางแผนลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนนั้นจึงถูกนำมา ใช้งานคู่กับ DFIG เพื่อหาลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนที่ดีที่สุด โดยผู้จัดทำได้ใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม มาประยุกต์หาลำดับการถอดชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ลำดับที่ดีที่สุด ซึ่งผู้จัดทำเปลี่ยนปัญหาของการวางแผนลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนเป็นปัญหาในการค้นหาลำดับที่เหมาะสมบนกราฟที่มีข้อมูลเพิ่มขึ้น และสามารถทำได้ง่ายขึ้นโดยการใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อค้นหาลำดับการถอดแยกที่ดีที่สุด

พนิดา ทรัพย์อุดม (2548) ได้ศึกษาเรื่องการจัดซื้อจัดจ้างทางอิเล็กทรอนิกส์ ของฝ่ายพัสดุการท่าเรือแห่งประเทศไทย โดยมีข้อสรุปดังนี้ ปัญหาของระบบจัดซื้อจัดจ้างทางอิเล็กทรอนิกส์คือการใช้เวลาดำเนินงานเพิ่มขึ้นจากเดิม และผู้ซื้อได้ของที่ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ เพราะผู้ค้าที่เป็นผู้ชนะการประมูลในราคาต่ำอาจประสบปัญหาการขาดทุน ทำให้ลดต้นทุน วัตถุดิบในการผลิตลง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพสินค้าที่ส่งมอบหรือผู้ค้าอาจทิ้งงานได้

คมสันต์ สุวรรณมานะศิลป์ (2547) ได้ศึกษาถึงข้อดีข้อเสียของการประมูลงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ในมุมมองของทั้งผู้จัดการประมูลและผู้เข้าร่วมประมูล พบว่าผลลัพธ์จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องทั้งสองฝ่ายเป็นไปในทางบวก คือแนวโน้มที่จะจัดการประมูลด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้น เนื่องจากเหตุผลสามประการ ได้แก่ ความโปรงใส ความรวดเร็ว และราคาซื้อขายที่ยุติธรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบวิธีการจัดลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ที่ทำให้เกิดผลกำไรสูงที่สุด เพื่อนำมาคำนวณต้นทุนและผลกำไรที่จะเกิดขึ้นในการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

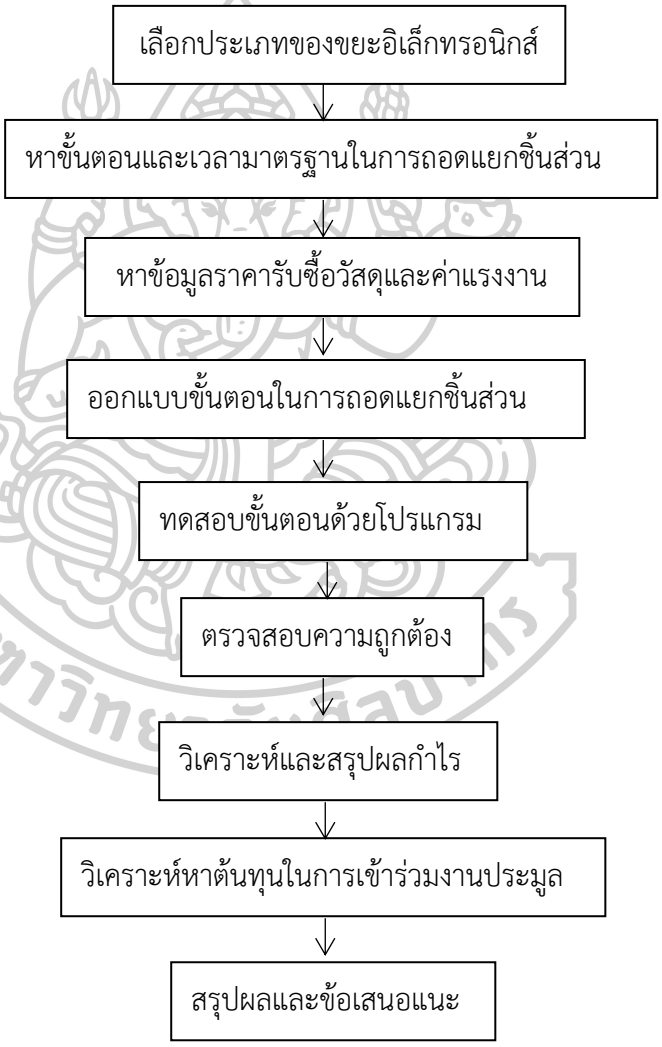
3.1 ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาศึกษา

3.2 การศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.3 ออกแบบการจัดเรียงลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.4 การนำไปประยุกต์ใช้ในการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์

จากขั้นตอนข้างต้นสามารถสรุปเป็นแผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานได้ ดังนี้



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ได้แก่ มอเตอร์ และเครื่องเล่นดีวีดี เนื่องจากมอเตอร์เป็นขยะเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่ติดมาในเครื่องจักรกลที่ไม่สามารถใช้งานหรือ

เสื่อมสภาพแล้ว และส่วนประกอบภายในของมอเตอร์ประกอบไปด้วยทองแดงเป็นหลัก โดยการประมูลแค่ละครั้งจะมีมอเตอร์ทุกชนิดรวมกันไม่น้อยกว่า 1,000 ตันต่อครั้ง หรือ 150 ตัวต่อครั้ง ซึ่งทองแดงถือเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีมูลค่าสูง ในการเข้าร่วมงานประมูล ในส่วนของเครื่องเล่นดีวีดีปัจจุบันมีการนำมาขายทิ้งมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น

3.2 การศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.2.1 เวลามาตรฐาน

1) ศึกษากระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เพื่อทำให้เกิดขั้นตอนมาตรฐาน จากนั้นบันทึกขั้นตอนที่เป็นมาตรฐานอย่างละเอียดรวมถึงอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

2) คำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสม เพื่อเป็นมาตรฐานของเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

3) บันทึกเวลาในกระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนแต่ละขั้นตอนของผู้ปฏิบัติ โดยนำวิธีของ Westinghouse มาใช้ในการประเมิน เนื่องจากมีการพิจารณาปัจจัยถึง 4 ด้าน คือ ทักษะ ความพยายาม ความสม่ำเสมอ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

4) กำหนดเวลาเผื่อในกระบวนการ เพื่อเพิ่มค่าของเวลามาตรฐาน คือ เวลาสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว ความเมื่อยล้า การเปลี่ยนท่าทางการทำงาน

5) คำนวณหาเวลามาตรฐาน

5.1) หาค่าเฉลี่ยจากเวลาที่บันทึกไว้

5.2) หาค่าเวลาโดยปกติ

เวลาปกติ = เวลาเฉลี่ย × %ค่าประเมินความเร็ว

5.3) หาค่าเวลามาตรฐาน

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + ค่าเผื่อ

5.4) สรุปผลลงในใบสรุปข้อมูลเวลาเพื่อนำไปใช้งาน

3.2.2 การวิเคราะห์ราคาขายชิ้นส่วนในแต่ละขั้นตอน

หลังจากถอดแยกชิ้นส่วนเสร็จ จะนำชิ้นส่วนที่ถอดแยกได้ทั้งหมดวิเคราะห์ราคาขายซึ่งจะใช้ข้อมูลราคาจากร้านรับซื้อวัสดุแปรใช้ใหม่ โดยอ้างอิงราคาจาก บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด

3.3 ออกแบบการจัดเรียงลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม

หาลำดับการถอดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จะถูกออกแบบด้วยการใช้โปรแกรม Visual Studio Enterprise โดยจะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล เพื่อหาลำดับการถอดแยกชิ้นส่วน ที่ให้กำไรได้สูงที่สุด และนำมาปรับใช้ในขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนต่อไป

3.3.1 ป้อนข้อมูลและการกำหนดความสัมพันธ์งานก่อน-หลังการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบหน้าจอเพื่อป้อนข้อมูลและเงื่อนไขลงในโปรแกรมวางแผนลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์นี้ มีข้อมูลที่จำเป็นต้องใส่ 5 ส่วนได้แก่

1) จำนวนงาน

2) ความสัมพันธ์การทำงานก่อน-หลัง

3) รายละเอียดของงาน ได้แก่ เวลาที่ใช้ในงานแต่ละขั้น ส่วนประกอบย่อย หรือชิ้นส่วนที่ได้ในแต่ละขั้นตอน ราคาขายชิ้นส่วน ราคากำจัด น้ำหนัก หรือจำนวนของชิ้นส่วน

4) ต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนแรงงานและค่าโสหุ้ย

5) ค่าพารามิเตอร์สำหรับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนรอบการทำงาน ความน่าจะเป็นในการผสมโดยการข้ามฟาก และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์

3.3.2 การประมวลผล

ส่วนของการประมวลผลเป็นส่วนของการค้นหาคำตอบลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถให้ผลตอบแทนกำไรได้สูง โดยเมื่อป้อนข้อมูลทั้งหมดใส่ลงไปให้เลือกคำสั่ง “Calculate” โปรแกรมจะทำการประมวลผลด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อเริ่มค้นหาคำตอบให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3.3.3 แสดงผล

ส่วนการแสดงผลเป็นส่วนแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งจะแสดงผลทั้งลำดับการถอดแยก กำไรที่ได้รับ และเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

3.4 การนำไปประยุกต์ใช้ในการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.4.1 โรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นโรงงานรับซื้อและประมูลสินค้า เกี่ยวกับเศษเหล็ก อลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง งานเหมาทำลาย งานรื้อโครงสร้าง โดยโรงงานตั้งอยู่ที่ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม มีเนื้อที่ประมาน 13 ไร่ คนงานประมาณ 40 คน มีเครื่องทุ่นแรงขนาดใหญ่และเล็ก ในการเข้าทำงานตามสถานที่ต่างๆ เมื่อทางโรงงานรับซื้อสินค้าหรือชนะการประมูลสินค้าได้แล้วนั้น จะนำสินค้าแต่ละชนิดมาย่อยให้มีขนาดเล็กลง และแยกประเภทของโลหะต่าง ๆ เพื่อนำไปขายให้ผู้รับซื้อหรือโรงหลอม

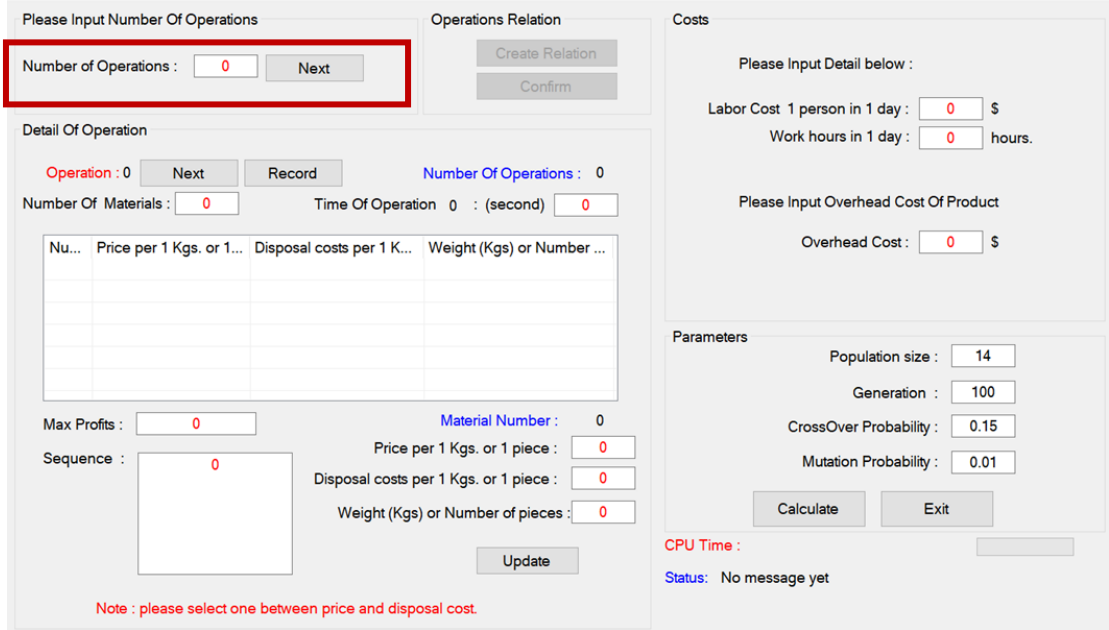
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมวางแผนถอดแยกชิ้นส่วน เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ผล

กำไรสูงสุด ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์แบบไม่มีการวางแผนและลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้โปรแกรมมากยิ่งขึ้น จึงได้อธิบายขั้นตอนการใช้โปรแกรมในการวางแผนลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

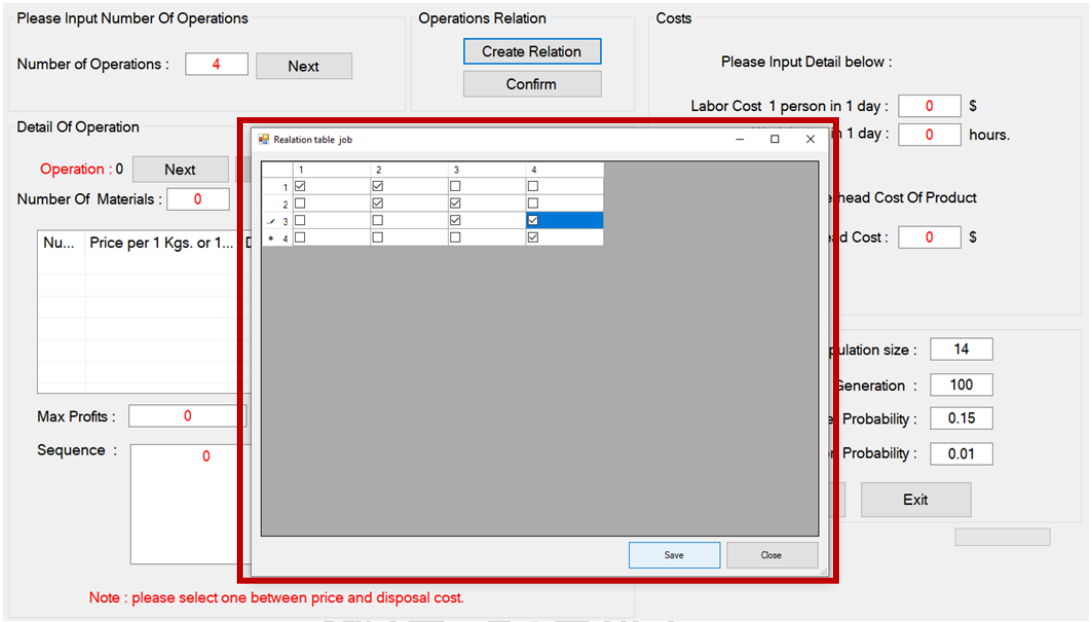
4.1 การใช้งานโปรแกรมวางแผนลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม

1) ทำการป้อนจำนวนงานแล้วคลิกปุ่ม Next



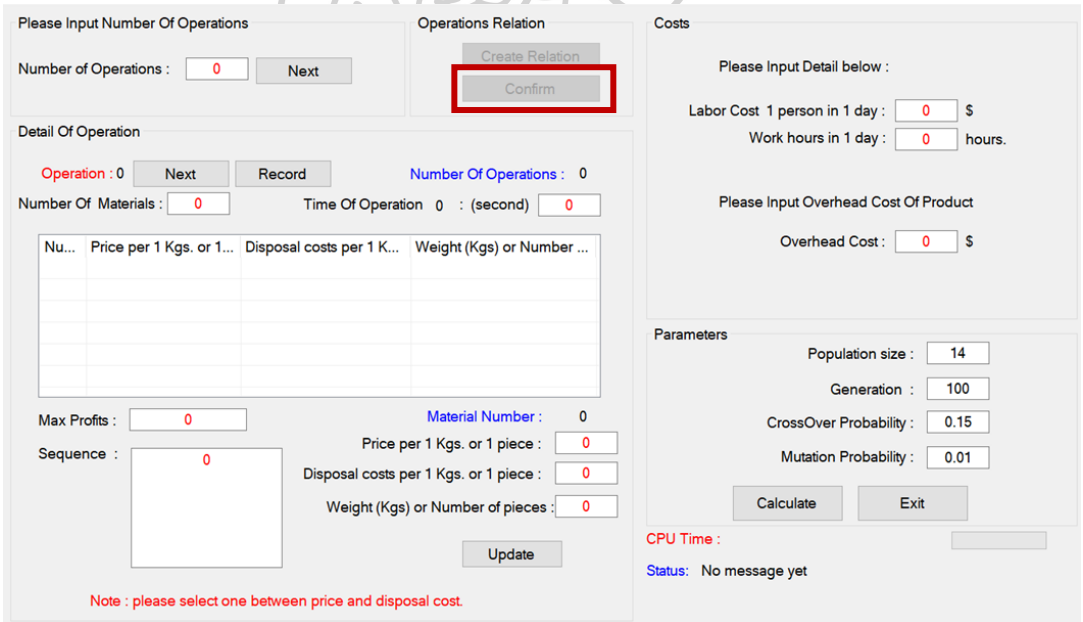
ภาพที่ 20 การป้อนจำนวนงานและตำแหน่งปุ่ม Next

2) กดปุ่ม Create Relation โดยผู้ใช้งานจะต้องทำเลือกลำดับงานที่สัมพันธ์กันเลขกำกับ ในแกนนอนหมายถึงงานที่สนใจ แกนตั้งจะหมายถึงงานที่ตามหลัง เช่นงานที่ 2 ตามหลังงานที่ 1 ผู้ใช้งานจะต้องเลือกทำเครื่องหมายลงบนช่องของ แถวที่ 1 หลักที่ 2 เมื่อเสร็จเรียบร้อยกดปุ่ม save



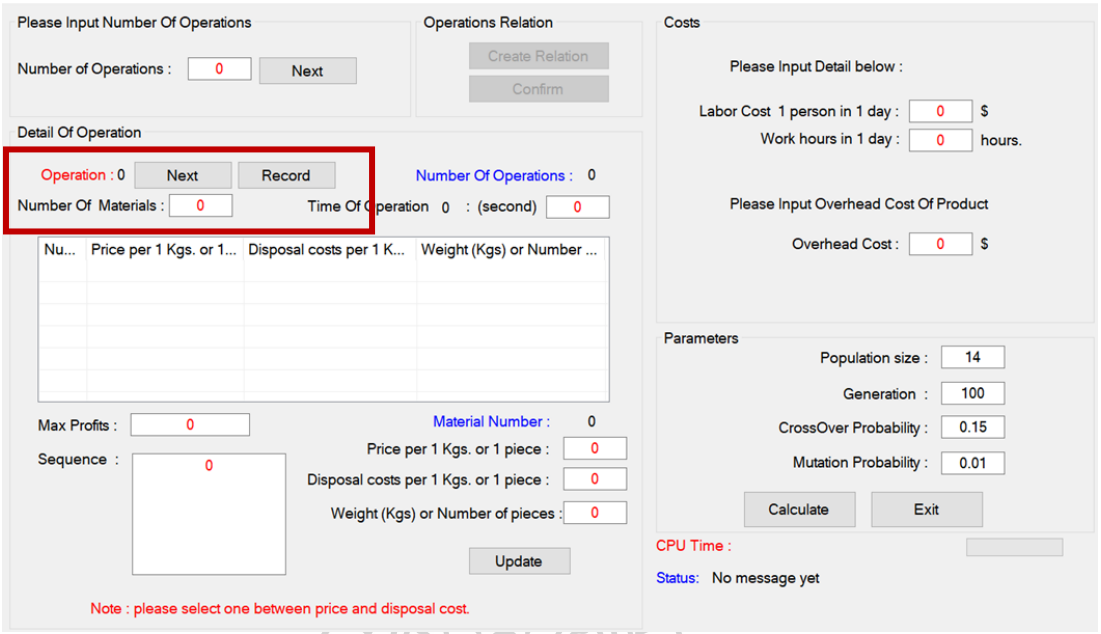
ภาพที่ 21 ตารางความสัมพันธ์ลำดับก่อน-หลัง ของงานบนโปรแกรม

3) ทำการกดปุ่ม confirm เพื่อยืนยันข้อมูลข้างต้น



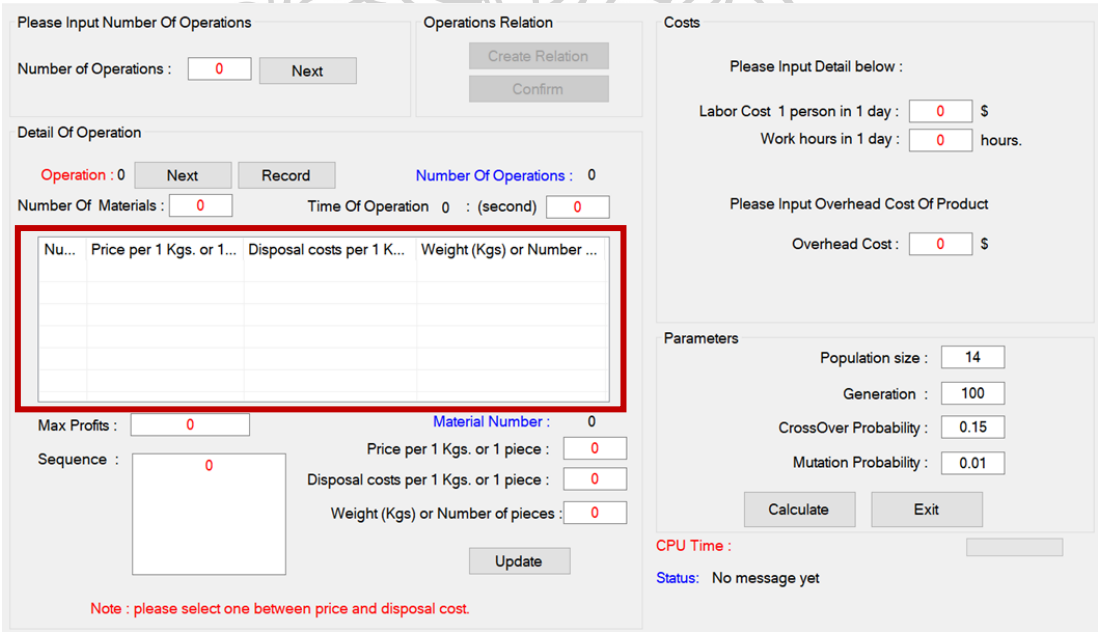
ภาพที่ 22 ตำแหน่งปุ่ม Confirm บนหน้าจอ

4) ทำการใส่จำนวนวัสดุสำหรับงานที่เลือก กดปุ่ม next โปรแกรมจะปรากฏตารางด้านล่างตามจำนวนที่ผู้ใช้ป้อน

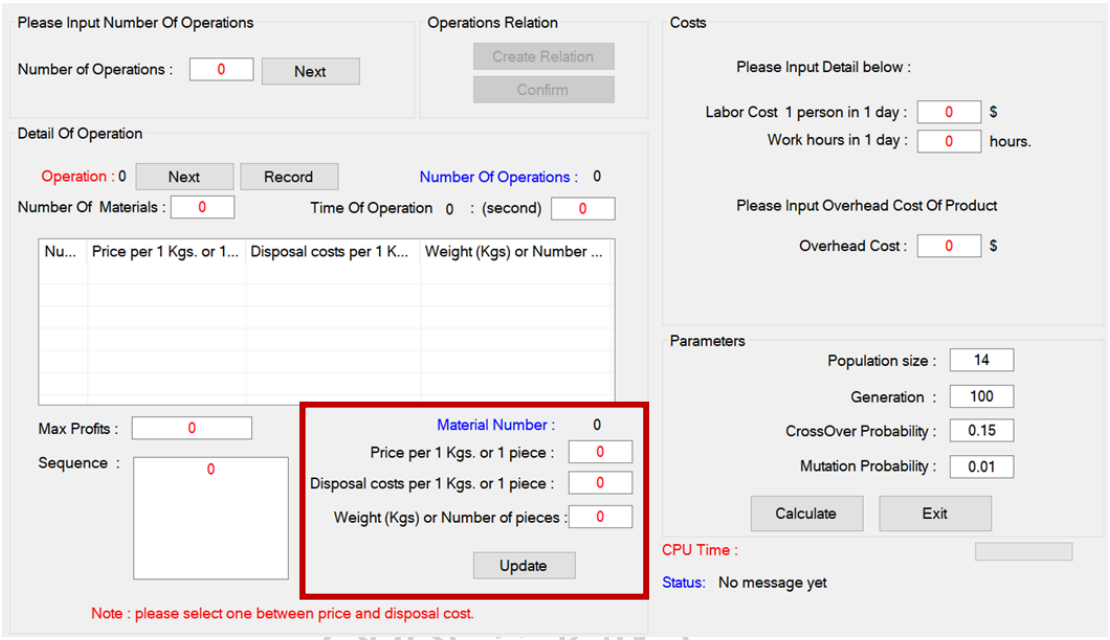


ภาพที่ 23 ตารางวัสดุที่ปรากฏขึ้นเท่ากับจำนวนที่ผู้ใช้งานป้อน

5) ทำการเลือกลำดับวัสดุ แล้วป้อนข้อมูลในส่วนด้านล่าง เมื่อเสร็จทำการกด update จากนั้นคลิกเลือกลำดับวัสดุอื่น ทำซ้ำเช่นเดิมจนครบทุกวัสดุ

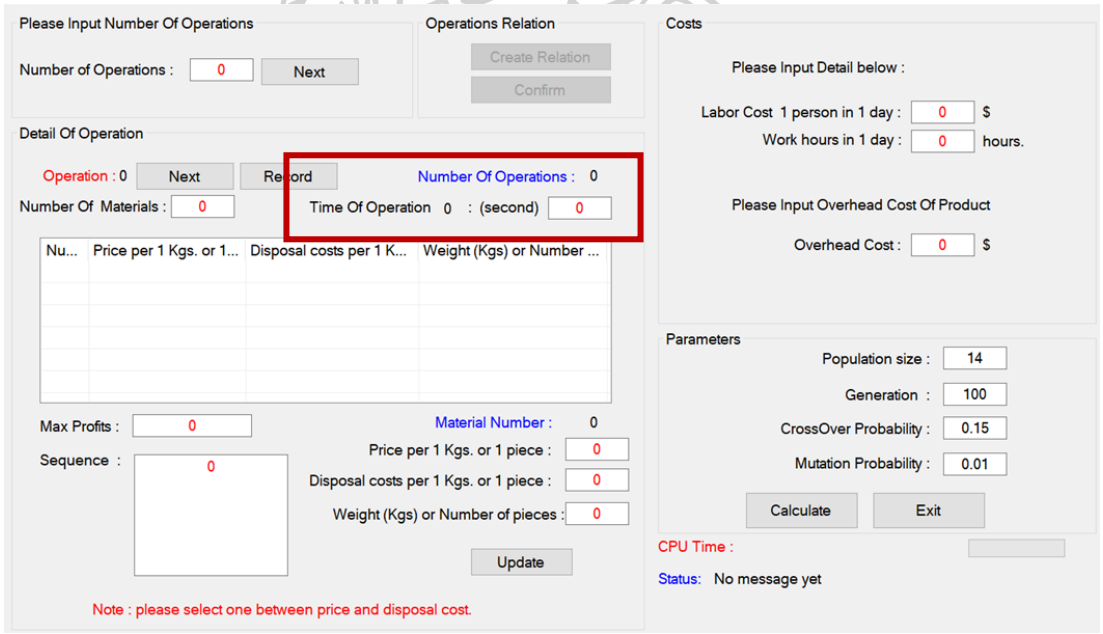


ภาพที่ 24 การเลือกลำดับของวัสดุ



ภาพที่ 25 ป้อนรายละเอียดของวัสดุ

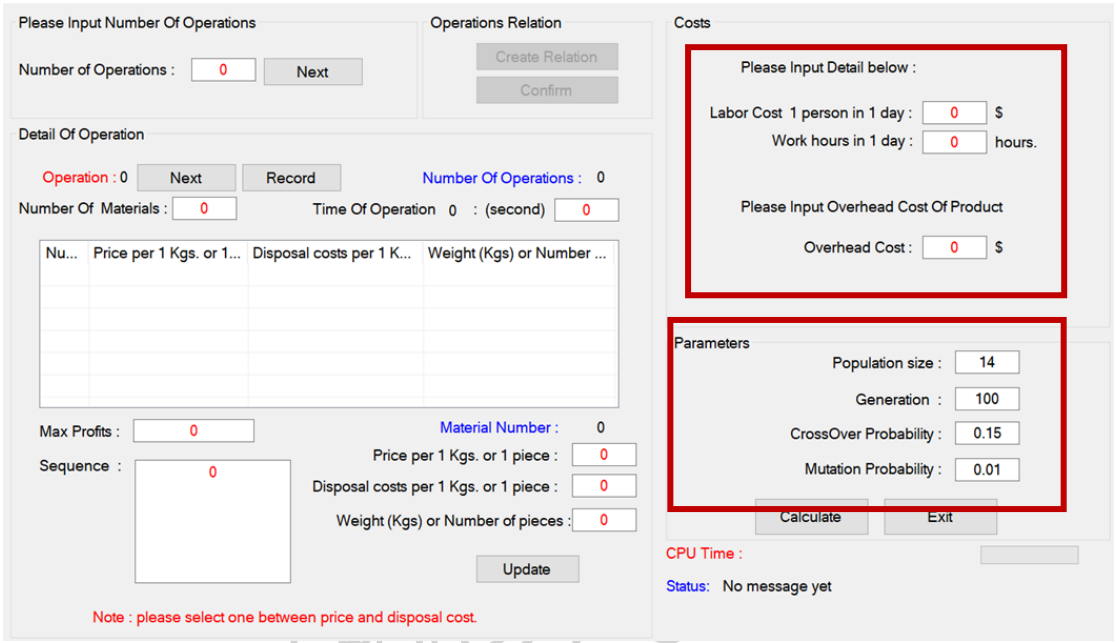
6) ทำการป้อนเวลาสำหรับงานที่เลือก จากนั้นกดปุ่ม Record



ภาพที่ 26 ป้อนเวลาของงาน

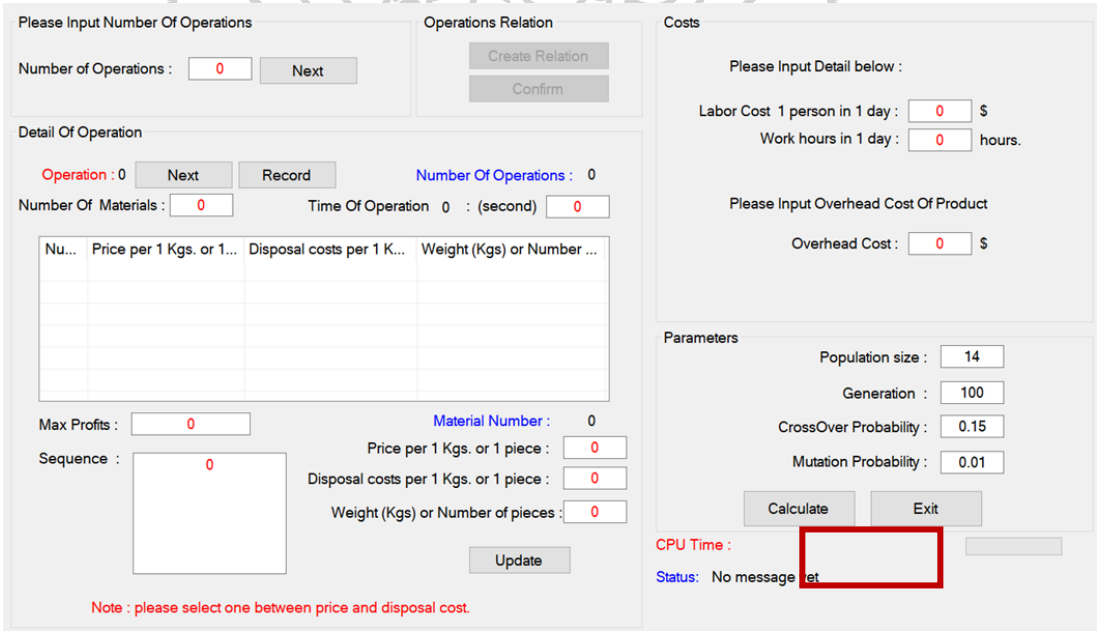
7) ทำซ้ำข้อที่ 4 ถึง 6 จนกระทั่งครบทุกงาน

8) ทำการป้อนค่าแรงงานในช่อง จำนวนชั่วโมงการทำงานในช่อง ค่าโสหุ้ยในช่อง และกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้านล่าง

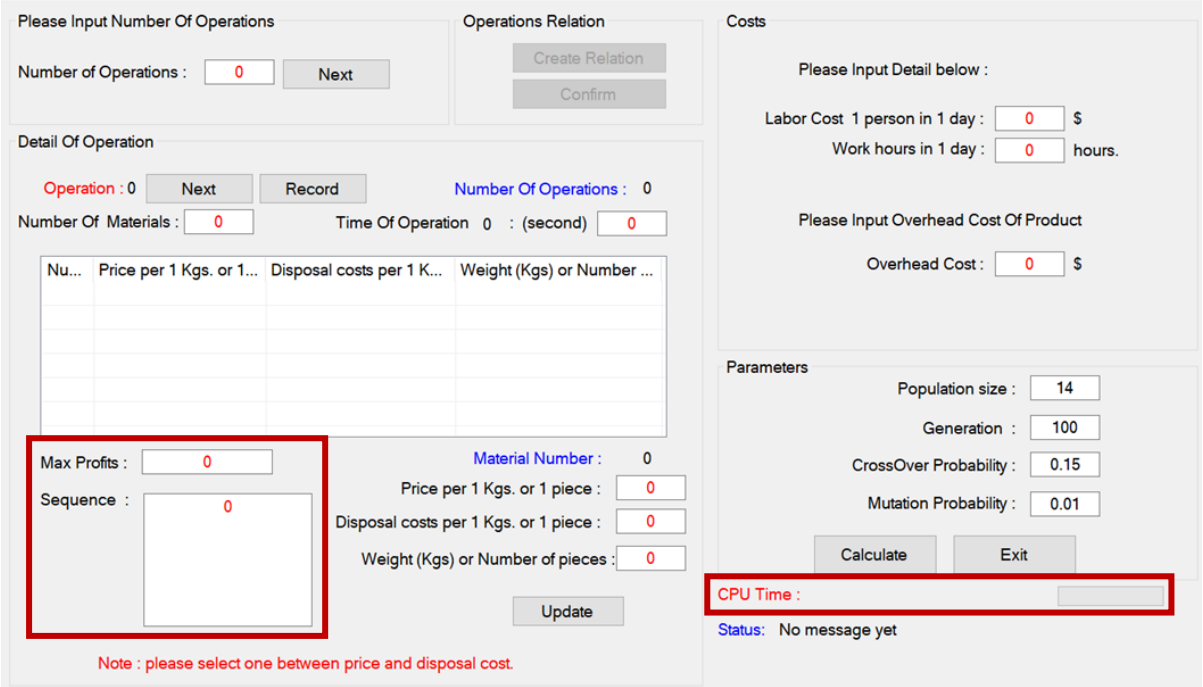


ภาพที่ 27 ป้อนข้อมูลต้นทุนและค่าพารามิเตอร์

9) กดปุ่ม calculate เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จ โปรแกรมจะแสดงคำตอบลำดับการทำงานและผลกำไรที่ได้จากการทำงานตามลำดับดังกล่าว



ภาพที่ 28 ตำแหน่งปุ่ม Calculate



ภาพที่ 29 คำตอบจากการคำนวณของโปรแกรม

4.2 กรณีศึกษาตัวอย่าง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำกรณีศึกษาตัวอย่างมาทดสอบกับโปรแกรม Visual Studio Enterprise โดยผู้วิจัยได้เลือกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาทดสอบเป็นกรณีศึกษาตัวอย่างทั้งหมด 2 กรณี ได้แก่ มอเตอร์ และเครื่องเล่นดีวีดี

4.2.1 การจัดเตรียมข้อมูลของกรณีศึกษา

การจัดเตรียมข้อมูลของกรณีศึกษา เป็นการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการถอดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยข้อมูลนั้นจะถูกนำมาใช้ในโปรแกรม Visual Studio Enterprise

4.2.1.1 เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

เวลาที่ใช้ในการถอดแยกชิ้นส่วนของแต่ละขั้นตอนเป็นเวลามาตรฐาน ซึ่งได้จากการศึกษาเวลาการถอดแยกชิ้นส่วนโดยผู้วิจัย รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก และ ข ผลการศึกษาการถอดแยกชิ้นส่วนของมอเตอร์และเครื่องเล่นดีวีดี มีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ดังนี้

กรณีศึกษาตัวอย่างมอเตอร์ มีขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนทั้งหมด 3 ขั้นตอน โดยมีเวลามาตรฐานในการถอดแยกชิ้นส่วน 25.28 นาที

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานแต่ละขั้นตอนของมอเตอร์

ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	216.05
2	219.03
3	436.04
4	645.02

ภาพที่ 30 การถอดแยกขยะมอเตอร์

กรณีศึกษาตัวอย่างเครื่องเล่นดีวีดี มีขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนทั้งหมด 17 ขั้นตอน โดยมีเวลามาตรฐานในการถอดแยกชิ้นส่วน 17.63 นาที

ตารางที่ 3 เวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนของเครื่องเล่นดีวีดี

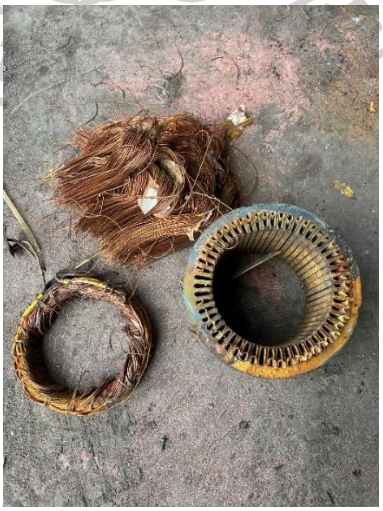
ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	75.91
2	18.66
3	67.17
4	132.60
5	63.63

ตารางที่ 3 เวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนของเครื่องเล่นดีวีดี (ต่อ)

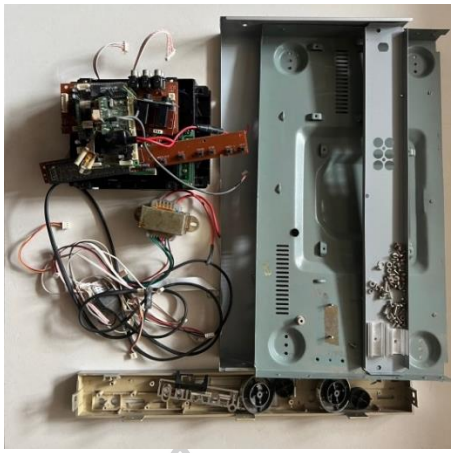
ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (วินาที)
6	63.22
7	92.36
8	144.76
9	14.06
10	31.63
11	37.41
12	78.36
13	91.48
14	33.15
15	45.83
16	21.87
17	45.75

4.2.1.2 ราคารับซื้อชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ (มอเตอร์)

ราคารับซื้อชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ถอดแยกได้ในแต่ละขั้นตอนอ้างอิงราคารับซื้อจากบริษัท วงษ์พาณิชย์ อินเตอร์เนชั่นเนล จำกัด วันที่ 1 สิงหาคม 2565 ซึ่งแสดงรายละเอียดของราคาที่สำรวจดังกล่าวในภาคผนวก ค และ ภาคผนวก ง



ภาพที่ 31 ชิ้นส่วนจากการถอดแยกมอเตอร์



ภาพที่ 32 ชิ้นส่วนจากการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี

4.2.1.3 ต้นทุนแรงงานของกรณีศึกษา

สถานประกอบการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ (มอเตอร์) ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครปฐม โดยมีอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ 331 บาท ต่อการทำงาน 1 วัน ตามประกาศของคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 10) มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562

ระยะเวลาในการทำงานของแรงงาน คือ 8 ชั่วโมงต่อการทำงาน 1 วัน เนื่องจากการทำงานดังกล่าวเกี่ยวข้องกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น อันตรายจากสารเคมีบางชนิด ที่เป็นองค์ประกอบภายในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หรืออันตรายจากประจุไฟฟ้าที่ยังหลงเหลืออยู่ภายในตัวเก็บประจุบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541

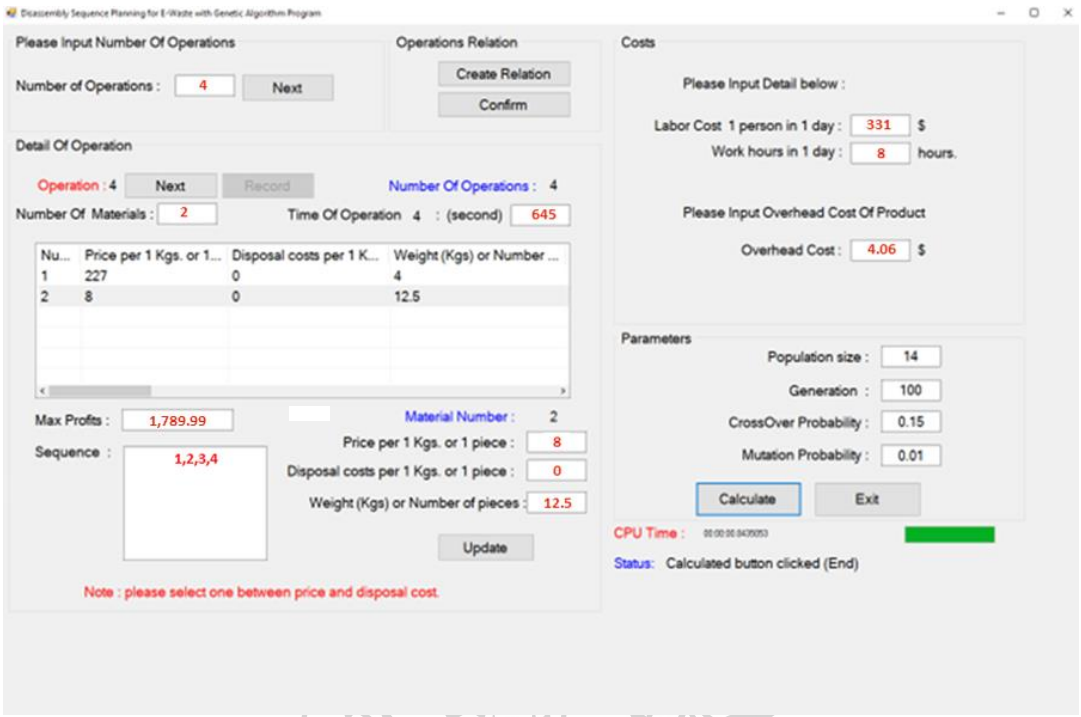
ดังนั้น ต้นทุนแรงงานในการถอดแยกชิ้นส่วนสำหรับกรณีศึกษามีค่า 331 บาทต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง ใน 1 วัน หรือคิดเป็น 0.0118 บาทต่อวินาที

4.2.1.4 ค่าโสหุ้ยของกรณีศึกษา

ค่าโสหุ้ยของบริษัทกรณีศึกษา คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการถอดแยกชิ้นส่วน เป็นต้นทุนแฝงที่ผู้ประกอบการใช่จ่ายในการดำเนินการ มอเตอร์มีต้นทุนโสหุ้ยในการถอดแยกชิ้นละ 4.06 บาท และเครื่องเล่นดีวีดีมีต้นทุนโสหุ้ยในการถอดแยกชิ้นละ 1.27 บาท

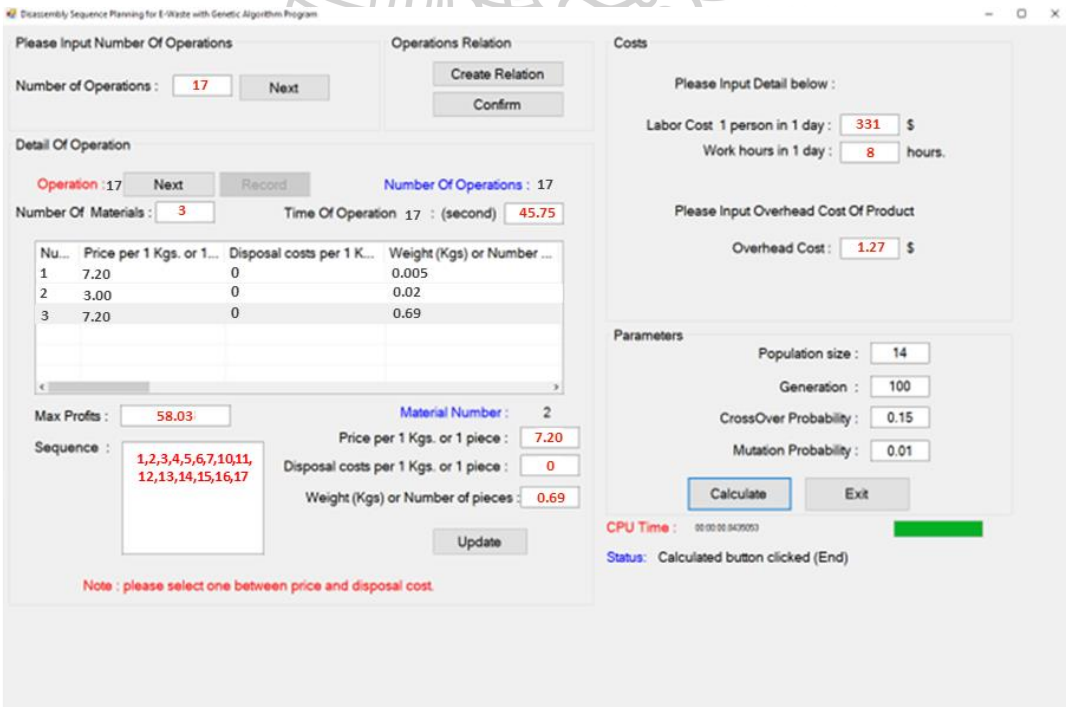
4.3 การวิเคราะห์ผลจากกรณีศึกษา

เมื่อรวบรวมข้อมูลดังกล่าวในข้อ 4.2 แล้วให้นำข้อมูลดังกล่าวป้อนลงในโปรแกรม จากนั้นประมวลผลด้วยโปรแกรม Visual Studio Enterprise



ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์ลำดับการถอดแยกมอเตอร์

จากรูปที่ 33 โปรแกรมได้ประมวลผลลำดับขั้นตอนในการถอดแยกชิ้นส่วนมอเตอร์ ได้ดังนี้ [1,2,3,4] จะได้ผลกำไร 1,789.99 บาท ซึ่งสามารถนำลำดับการถอดแยกดังกล่าวถูกต้องตามหลักความสัมพันธ์การทำงานก่อน – หลัง



ภาพที่ 34 ผลการวิเคราะห์ลำดับการถอดเครื่องเล่นดีวีดี

จากรูปที่ 34 โปรแกรมได้ประมวลผลลำดับขั้นตอนในการถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องเล่นดีวีดี ได้ดังนี้ [1,2,3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,15,16,17] จะได้ผลกำไร 58.03 บาท ซึ่งสามารถนำลำดับการถอดแยกดังกล่าวถูกต้องตามหลักความสัมพันธ์การทำงานก่อน – หลัง

เมื่อเปรียบเทียบการทำงาน ระหว่างลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผนกับลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนมอเตอร์ ระหว่างลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผนกับลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม

รายละเอียด	**ลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผน**	**ลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม**
จำนวนขั้นตอนที่ถอดแยกได้	4 ขั้นตอน	4 ขั้นตอน
กำไร	1,788.94 บาท	1,789.99 บาท

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ลำดับการถอดแยกมอเตอร์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม ส่งผลให้ในการทำงาน 1 ชิ้น มีกำไรเพิ่มขึ้น 1,789.99 – 1,788.94 = 1.05บาท

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องเล่นดีวีดี ระหว่างลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผนกับลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม

รายละเอียด	**ลำดับการถอดแยกในรูปแบบที่ไม่มีการวางแผน**	**ลำดับการถอดแยกที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม**
จำนวนขั้นตอนที่ถอดแยกได้	17 ขั้นตอน	15 ขั้นตอน
กำไร	56.53 บาท	58.03 บาท

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ลำดับการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดีที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม ส่งผลให้ในการทำงาน 1 ชิ้น มีกำไรเพิ่มขึ้น 58.03 – 56.53 = 1.50 บาท

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบวิธีการจัดลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ผลกำไรสูงสุด และสร้างขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้เกิดผลกำไรสูงสุดที่จะเกิดขึ้นในการเข้าร่วมงานประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์มีขั้นตอนในการถอดแยกก่อน - หลัง ผลคำตอบจากการประมวลด้วยโปรแกรมเพื่อหาลำดับการถอดแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกรณีศึกษา 2 กรณีได้แก่ มอเตอร์และเครื่องเล่นดีวีดี พบว่าลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนของมอเตอร์ที่ให้ผลกำไรสูงสุด คือ [1,2,3,4] จะได้ผลกำไร 1,789.99 บาท และลำดับขั้นตอนการถอดแยกชิ้นส่วนของเครื่องเล่นดีวีดีที่ให้ผลกำไรสูงสุด คือ [1,2,3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,15,16,17] จะได้ผลกำไร 58.03 บาท

ในการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้กับการถอดแยกกับมอเตอร์หรือชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ที่มีความซับซ้อน เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับเข้าร่วมการประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเกิดขึ้นในครั้งถัดไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ราคารับซื้อในงานวิจัยนี้เป็นราคารับซื้อ จากบริษัท วงษ์พาณิชย์ อินเตอร์เนชั่นเนล จำกัด วันที่ 1 สิงหาคม 2565 หากต้องการนำข้อมูลไปใช้ ควรปรับให้เป็นราคาปัจจุบัน และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของอันตรายแฝงที่อยู่ในชิ้นส่วนของขยะอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนทำการถอดแยกชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ภาคผนวก ก

การศึกษาเวลา กรณีศึกษามอเตอร์

ในการถอดแยกมอเตอร์มีกระบวนการถอดแยกทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 ขั้นตอนการถอดแยกมอเตอร์

ลำดับ	งานย่อย	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	วัสดุที่ได้
1	ถอดฝาปิด	หัวตัด ลม แก๊ส		เศษเหล็กส่วน แกน
2	ถอดฝาครอบ	ค้อน		เศษเหล็กส่วนฝา ครอบ
3	ตัดสายทองแดง	เครื่องเจียร์		ทองแดงส่วน ปลาย
4	คีบสายทองแดง	คีม		ทองแดงส่วนติด เหล็ก เหล็กส่วนติด ทองแดง

ผู้วิจัยได้ทำการถอดแยกมอเตอร์ 10 ครั้งและจับเวลา จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบที่ต้องการแล้วเก็บข้อมูลเพิ่ม ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าจากตาราง Maytag พบว่าต้องการข้อมูล 30 รอบ ผู้วิจัย จึงได้ทำการถอดแยกมอเตอร์และจับเวลาเพิ่มอีก 20 ครั้ง และทำการประเมินค่าเผื่อ ดังตารางที่ ก- 2

ตารางที่ ก-2 การเผื่อของการทำงาน กรณีศึกษาการถอดแยกมอเตอร์

รายละเอียด	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์ที่ประเมินได้
1. เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว		
1.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว	5	5
1.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น	4	4
2. เวลาส่วนเผื่อแปรผัน		
2.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับการยืน	2	2
2.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับท่าทางที่ผิดปกติ		2
2.2.1 ชนิดเบา	0	
2.2.2 ต้องงอตัวหรือแอ่น	2	
2.2.3 ต้องนอนลง ยืดตัว	7	
2.3 ใช้แรง กล้ามเนื้อ เกี่ยวกับน้ำหนัก (ยก ลาก ผลัก)		9
5 ปอนด์	0	
10 ปอนด์	1	
15 ปอนด์	2	
20 ปอนด์	3	
25 ปอนด์	4	
30 ปอนด์	5	
35 ปอนด์	7	
40 ปอนด์	9	
45 ปอนด์	11	
50 ปอนด์	13	
60 ปอนด์	17	
70 ปอนด์	22	
2.4 แสงสว่าง		0
2.4.1 สลัวน้อยต่ำกว่ากำหนด	0	
2.4.2 สลัวมาก	0	
2.4.3 ไม่เพียงพอ	5	
2.5 สภาพอากาศร้อน และชื้น แปรปรวนมาก	0-10	2
2.6 งานที่ต้องการความเอาใจใส่		2
2.6.1 เล็กน้อยมาก	0	
2.6.2 ปานกลาง	2	
2.6.3 ต้องการมาก	5	

รายละเอียด	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์ที่ประเมินได้
2.7 ระดับเสียง		2
2.7.1 เบา และต่อเนื่องอยู่ในระดับเดียวกัน	0	
2.7.2 ดัง และเป็นจังหวะช่วง	2	
2.7.3 ดังมาก และเป็นจังหวะช่อง	5	
2.7.4 เสียงดังมาก และรุนแรง	5	
2.8 สภาพความตึงเครียดทางจิตใจ		1
2.8.1 งานเบาและซับซ้อนเล็กน้อย	1	
2.8.2 งานซับซ้อนและต้องการความเอาใจใส่มาก	4	
2.8.3 งานยุ่งยากซับซ้อนมาก	8	
2.9 ความซ้ำซาก		1
2.9.1 น้อย	0	
2.9.2 ปานกลาง	1	
2.9.3 มาก	4	
2.10 ความน่าเบื่อ		0
2.10.1 ค่อนข้างน่าเบื่อ	0	
2.10.2 น่าเบื่อหน่าย	2	
2.10.3 น่าเบื่อหน่ายมาก	5	
2.11 การใช้สายตา		2
2.11.1 ปกติกับงานไม่ยุ่งยาก	0	
2.11.2 ปกติกับงานที่ยุ่งยาก	2	
2.11.3 เพ่งสายตากับงานปกติไม่ยุ่งยาก	4	
2.11.3 เพ่งสายตากับงานปกติไม่ยุ่งยาก	10	
2.12 เครื่องป้องกันอันตราย		3
2.12.1 ไม่มีหรือมีแต่ผ้ากันเปื้อน	0	
2.12.2 ถุงมือ	1-3	
2.12.3 ชุดปฏิบัติการที่มีน้ำหนักมาก	10-20	
2.12.4 หน้ากาก	10-20	

ตารางที่ ก-3 สรุปผลการเผื่อของการทำงาน กรณีศึกษาการถอดแยกมอเตอร์

รายละเอียด		เปอร์เซ็นต์
1	เวลาส่วนเผื่อคงที่	
	เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว	5
	เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น	4
2	เวลาส่วนเผื่อแปรผัน	26
3	เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า	5
4	อื่น ๆ	0
รวมค่าเผื่อทั้งหมด		**40**

ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ใช้ค่าเผื่อในการทำงาน 40 % ในการหาเวลามาตรฐานสำหรับขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในการถอดแยกมอเตอร์ เมื่อทำการจับเวลาในการถอดแยกครบ 30 รอบ ผู้วิจัยได้ทำการหาเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ ก-4

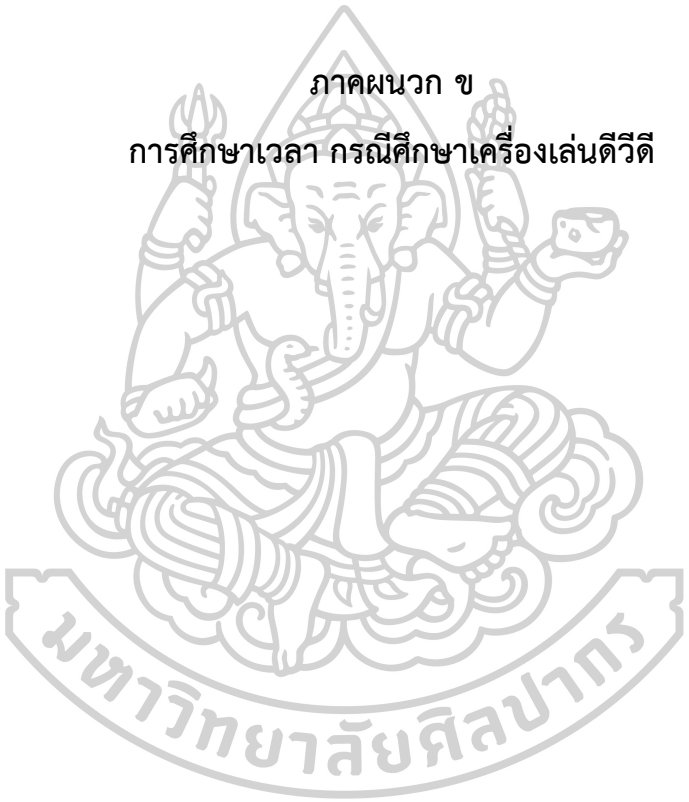
ตารางที่ ก-4 การจับเวลาและสรุปผลการศึกษาเวลามาตรฐานการถอดแยกมอเตอร์

รอบที่	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4
1	1.30	1.30	4.00	6.30
2	1.34	1.30	4.05	6.27
3	1.35	1.32	4.02	6.26
4	1.31	1.35	3.57	6.32
5	1.29	1.29	3.59	6.32
6	1.35	1.28	3.57	6.33
7	1.35	1.29	3.56	6.27
8	1.30	1.33	4.00	6.29
9	1.32	1.31	4.00	6.26
10	1.27	1.32	4.06	6.33
11	1.28	1.30	4.03	6.32
12	1.29	1.30	4.02	6.34
13	1.29	1.34	4.05	6.35
14	1.31	1.35	4.04	6.35
15	1.32	1.30	4.03	6.30
16	1.30	1.33	4.05	6.30
17	1.34	1.30	4.06	6.26
18	1.33	1.30	4.00	6.29
19	1.26	1.26	4.01	6.29

รอบที่	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4
20	1.27	1.27	4.58	6.30
21	1.28	1.29	4.00	6.34
22	1.30	1.30	3.59	6.33
23	1.30	1.26	3.59	6.31
24	1.33	1.27	4.00	6.27
25	1.35	1.28	4.05	6.29
26	1.32	1.33	4.04	6.32
27	1.31	1.30	3.57	6.30
28	1.33	1.30	4.01	6.31
29	1.33	1.35	4.03	6.33
30	1.34	1.30	3.58	6.30
เฉลี่ย	1.312	1.304	3.925	6.305
Rating	1.09	1.12	1.19	1.16
เวลาปกติ	2.40	2.42	5.12	7.47
ค่าเผื่อ	0.96	0.97	2.05	2.99
เวลามาตรฐาน (นาที)	3.36	3.39	7.16	10.45

มหาวิทยาลัยศิลปากร

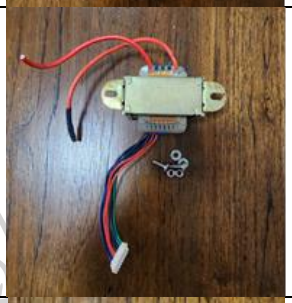
ภาคผนวก ข
การศึกษาเวลา กรณีศึกษาเครื่องเล่นดีวีดี

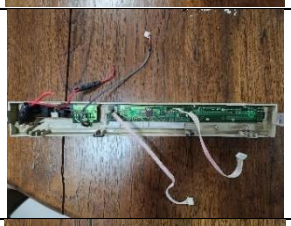


ในการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดีมีกระบวนการถอดแยกทั้งหมด 17 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดัง ตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 ขั้นตอนการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี

ลำดับ	งานย่อย	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	วัสดุที่ได้
1	ถอดน็อต	ไขควง		น็อต
2	ถอดฝาครอบ	-		ฝาครอบ
3	ถอดสายไฟ	-		สายไฟ
4	ถอดแผงวงจร1	ไขควง		น็อต แผงวงจร
5	ถอดแผงวงจร2	ไขควง		น็อต แผงวงจร

ลำดับ	งานย่อย	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	วัสดุที่ได้
6	ถอดหัวอ่าน	ไขควง		น็อต หัวอ่าน
7	ถอดมอเตอร์	ไขควง		น็อต มอเตอร์
8	ถอดขายึด1	ไขควง		น็อต ขายึด
9	ถอดขายึด2	ไขควง		น็อต ขายึด
10	ถอดฝาครอบหลัง	ไขควง		น็อต
11	ถอดสายไฟฟ้าหลัง	คีม		สายไฟ ฝาครอบหลัง

ลำดับ	งานย่อย	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	วัสดุที่ได้
12	ถอดฝาครอบหน้า	ไขควง		น็อต
13	ถอดแผงวงจร3	ไขควง		น็อต แผงวงจร
14	ถอดแผงวงจร4	ไขควง		น็อต แผงวงจร
15	ถอดปุ่มเปิดปิด	ไขควง		น็อต ปุ่มเปิดปิด
16	ถอดช่องเสียบไมโครโฟน	ไขควง	 	น็อต ช่องเสียบไมโครโฟน ฝาครอบหน้า
17	ถอดขาตั้ง	ไขควง		น็อต ขาตั้ง ฝาครอบล่าง

ผู้วิจัยได้ทำการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี 10 ครั้งและจับเวลา จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบที่ต้องการแล้วเก็บข้อมูลเพิ่ม ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าจากตาราง Maytag พบว่าต้องการข้อมูล 30 รอบ ผู้วิจัย จึงได้ทำการถอดแยกมอเตอร์และจับเวลาเพิ่มอีก 20 ครั้ง และทำการประเมินค่าเผื่อ ดังตารางที่ ข- 2

ตารางที่ ข-2 การเผื่อของการทำงาน กรณีศึกษาการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี

รายละเอียด	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์ที่ประเมินได้
1. เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว		
1.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว	5	5
1.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น	4	4
2. เวลาส่วนเผื่อแปรผัน		
2.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับการยืน	2	2
2.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับท่าทางที่ผิดปกติ		0
2.2.1 ชนิดเบา	0	
2.2.2 ต้องงอตัวหรือแอ่น	2	
2.2.3 ต้องนอนลง ยืดตัว	7	
2.3 ใช้แรง กล้ามเนื้อ เกี่ยวกับน้ำหนัก (ยก ลาก ผลัก)		5
5 ปอนด์	0	
10 ปอนด์	1	
15 ปอนด์	2	
20 ปอนด์	3	
25 ปอนด์	4	
30 ปอนด์	5	
35 ปอนด์	7	
40 ปอนด์	9	
45 ปอนด์	11	
50 ปอนด์	13	
60 ปอนด์	17	
70 ปอนด์	22	
2.4 แสงสว่าง		0
2.4.1 สลัวน้อยต่ำกว่ากำหนด	0	
2.4.2 สลัวมาก	0	
2.4.3 ไม่เพียงพอ	5	
2.5 สภาพอากาศร้อน และชื้น แปรปรวนมาก	0-10	2
2.6 งานที่ต้องการความเอาใจใส่		0
2.6.1 เล็กน้อยมาก	0	
2.6.2 ปานกลาง	2	
2.6.3 ต้องการมาก	5	

รายละเอียด	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์ที่ประเมินได้
2.7 ระดับเสียง		0
2.7.1 เบา และต่อเนื่องอยู่ในระดับเดียวกัน	0	
2.7.2 ดัง และเป็นจังหวะช่วง	2	
2.7.3 ดังมาก และเป็นจังหวะช่อง	5	
2.7.4 เสียงดังมาก และรุนแรง	5	
2.8 สภาพความตึงเครียดทางจิตใจ		2
2.8.1 งานเบาและซับซ้อนเล็กน้อย	1	
2.8.2 งานซับซ้อนและต้องการความเอาใจใส่มาก	4	
2.8.3 งานยุ่งยากซับซ้อนมาก	8	
2.9 ความซ้ำซาก		1
2.9.1 น้อย	0	
2.9.2 ปานกลาง	1	
2.9.3 มาก	4	
2.10 ความน่าเบื่อ		0
2.10.1 ค่อนข้างน่าเบื่อ	0	
2.10.2 น่าเบื่อหน่าย	2	
2.10.3 น่าเบื่อหน่ายมาก	5	
2.11 การใช้สายตา		2
2.11.1 ปกติกับงานไม่ยุ่งยาก	0	
2.11.2 ปกติกับงานที่ยุ่งยาก	2	
2.11.3 เพ่งสายตากับงานปกติไม่ยุ่งยาก	4	
2.11.3 เพ่งสายตากับงานปกติไม่ยุ่งยาก	10	
2.12 เครื่องป้องกันอันตราย		2
2.12.1 ไม่มีหรือมีแต่ผ้ากันเปื้อน	0	
2.12.2 ถุงมือ	1-3	
2.12.3 ชุดปฏิบัติการที่มีน้ำหนักมาก	10-20	
2.12.4 หน้ากาก	10-20	

ตารางที่ ข-3 สรุปผลการเผื่อของการทำงาน กรณีศึกษาการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี

รายละเอียด		เปอร์เซ็นต์
1	เวลาส่วนเผื่อคงที่	
	เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจกรรมส่วนตัว	5
	เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น	4
2	เวลาส่วนเผื่อแปรผัน	16
3	เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า	5
4	อื่น ๆ	0
รวมค่าเผื่อทั้งหมด		**30**

ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ใช้ค่าเผื่อในการทำงาน 30 % ในการหาเวลามาตรฐานสำหรับขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี เมื่อทำการจับเวลาในการถอดแยกครบ 30 รอบ ผู้วิจัยได้ทำการหาเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ ข-4

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ ข-4 การจับเวลาและสรุปผลการศึกษาเวลามาตรฐานการถอดแยกเครื่องเล่นดีวีดี

รอบที่	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4	งานที่ 5	งานที่ 6	งานที่ 7	งานที่ 8	งานที่ 9	งานที่ 10	งานที่ 11	งานที่ 12	งานที่ 13	งานที่ 14	งานที่ 15	งานที่ 16	งานที่ 17
1	54	12	49	100	47	45	70	110	10	24	28	60	70	24	35	16	35
2	56	15	50	102	46	40	75	109	8	24	30	64	71	20	32	17	33
3	60	14	50	104	48	41	74	106	12	22	23	55	68	24	31	15	37
4	54	16	51	103	53	53	71	114	11	22	32	63	69	26	32	13	31
5	56	14	53	100	45	54	75	113	9	25	29	62	72	27	38	19	37
6	59	12	53	100	50	49	70	114	9	22	31	62	66	25	32	17	31
7	58	11	46	98	50	41	67	111	10	23	28	62	66	27	37	18	35
8	59	12	52	101	54	50	70	113	11	28	30	56	66	21	38	19	31
9	60	15	54	102	52	55	70	110	8	23	26	57	66	20	30	16	37
10	61	16	53	98	45	49	75	106	12	28	30	58	66	25	35	12	34
11	58	11	46	101	45	54	71	108	12	19	29	59	74	26	33	14	35
12	59	16	49	100	46	43	71	115	8	24	22	61	70	27	31	19	33
13	56	15	46	104	53	43	66	112	10	19	28	58	67	20	38	18	36
14	54	15	48	97	43	45	68	110	9	19	30	63	70	25	35	15	31
15	59	10	54	105	46	46	74	111	10	22	25	59	66	25	37	17	35
16	57	12	48	102	45	42	74	113	12	25	26	62	68	27	32	14	36
17	56	15	51	103	44	51	68	115	11	25	32	56	70	24	37	11	37
18	59	14	52	98	52	47	70	113	12	25	27	61	73	25	38	16	34
19	60	14	48	100	52	47	65	114	10	19	22	56	70	25	37	11	35
20	55	13	52	98	43	49	66	109	10	26	26	61	74	26	37	13	36
21	58	10	52	98	47	43	74	106	10	22	23	63	70	21	37	20	37
22	59	13	54	98	50	54	65	111	9	21	31	57	74	26	32	20	31
23	56	10	53	100	42	41	75	115	9	27	28	56	66	22	30	11	31
24	54	16	54	102	50	53	68	109	9	27	27	55	66	25	36	18	34
25	56	16	50	105	52	48	69	112	12	22	31	57	74	23	30	16	37
26	59	13	50	102	43	53	66	107	9	20	33	58	70	27	32	11	37

รอบที่	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4	งานที่ 5	งานที่ 6	งานที่ 7	งานที่ 8	งานที่ 9	งานที่ 10	งานที่ 11	งานที่ 12	งานที่ 13	งานที่ 14	งานที่ 15	งานที่ 16	งานที่ 17
27	59	13	52	102	52	53	73	106	9	24	25	58	69	25	31	19	36
28	60	15	53	103	52	42	68	112	8	25	27	60	73	27	31	19	32
29	54	14	48	102	43	42	71	107	9	28	27	63	67	25	37	16	32
30	54	11	52	102	45	55	66	105	11	22	28	58	70	25	38	16	34
เฉลี่ย	57.3	13.43	50.77	101	47.83	47.6	70.17	110.53	9.97	23.4	27.8	59.33	69.37	24.5	34.3	15.87	34.33
Rating	1.09	0.92	0.90	1.00	1.11	1.03	0.88	0.82	0.85	0.93	0.98	0.94	1.00	1.00	0.95	0.96	0.86
เวลาปกติ	58.39	14.35	51.67	102.00	48.94	48.63	71.05	111.35	10.82	24.33	28.78	60.27	70.37	25.50	35.25	16.83	35.19
ค่าเผื่อ	17.52	4.31	15.50	30.60	14.68	14.59	21.31	33.41	3.25	7.30	8.63	18.08	21.11	7.65	10.58	5.05	10.56
เวลามาตรฐาน (วินาที)	75.91	18.66	67.17	132.60	63.63	63.22	92.36	144.76	14.06	31.63	37.41	78.36	91.48	33.15	45.83	21.87	45.75

ภาคผนวก ค

ราคารับซื้อวัสดุที่ใช้ในกรณีศึกษา

ตาราง ราคารับซื้อวัสดุบริษัท วงษ์พาณิชย์ อินเตอร์เนชั่นเนล จำกัด

วันที่ 1 สิงหาคม 2565

ลำดับ	ประเภท	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
1	เศษเหล็ก	เหล็กหนาพิเศษซอยสั้น	กิโลกรัม	8.00
2		เหล็กหนาซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 80ซม.)		8.00
3		เหล็กหนาไม่ซอย		5.00
4		เหล็กย่อยซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 50ซม.)		7.20
5		เหล็กย่อยไม่ซอย		4.70
6		เหล็กโช๊คอัพ		2.50
7		เหล็กตะปู		7.20
8		เหล็กบางซอยสั้น (ยาวไม่เกิน 50ซม.)		7.20
9		เหล็กหล่อชิ้นเล็ก		7.50
10		เหล็กหล่อชิ้นใหญ่ (นน. ไม่เกิน 500กก.)		5.30
11		เหล็กหล่อชิ้นใหญ่ (นน. 500-1,500กก.)		4.10
12		เหล็กหล่อติดเครื่องข้อเหวี่ยง		4.90
13		เหล็กเส้น 1 นิ้ว (ยาว 1.20ม. ขึ้นไป)		8.00
14		เหล็กรถเก๋ง,ปิคอัพทั้งคัน		4.20
15		ทีบาร์,เมทัลชีท		2.50
16		เหล็กเส้น 6 หุน (ยาว 2.50ม. ขึ้นไป)		7.70
17		สังกะสี		2.50
18		เหล็กบางไม่ซอย		2.20
19		เหล็กเส้น (ยุ่งๆ)		5.50
20		กระป๋อง		3.50
21		เหล็กขี้กลึง (ดำ,สวย,ฟู)		2.00
22		ลวดสลิง (มัดมา)		5.50
23		ลวดสลิง (ไม่มัดมา,ยุ่งๆ)		3.50
24	โลหะที่มีค่าสูง	หม้อน้ำไส้ทองแดง (1-2 ชั้น)		135.00
25		หม้อน้ำไส้ทองแดง (3 ชั้นขึ้นไป)		124.00
26		ทองแดงเส้นใหญ่ปลอกสวย		259.00

ลำดับ	ประเภท	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
27		ทองแดงข๊อตเส้นใหญ่ปลอก		243.00
28		ทองแดงเส้นเล็ก (แกะ,ถอดจากมอเตอร์)		227.00
29		ทองแดงเส้นเล็ก (เคลือบขาว)		217.00
30		ทองแดงท่อแอร์ใหม่		247.00
31		ทองแดงท่อแอร์เก่า		233.00
32		ทองแดงสะพานไฟ		235.00
33		ทองแดงไส้หมูใหญ่ (ใหม่)		233.00
34		ทองแดงไส้หมูใหญ่ (เก่า)		227.00
35		ตะกั่วอ่อน		51.00
36		ตะกั่วแข็ง		50.00
37	พลาสติก	เปลือกสาย PVC ใหญ่ (ดำ)		3.50
38		เปลือกสาย PVC รวมสี		1.50
39		พลาสติกแผ่น VCD		12.00
40		พลาสติกสีดำทุกชนิด		1.00
41		พลาสติก กรอบจม (ชิ้นใหญ่)		0.50
42		สายรัด PP ลอยน้ำ (รวมสี)		1.50
43		ท่อเอสล่อน PVC สีฟ้า		5.50
44		ท่อเอสล่อน PVC สีเทา		0.50
45		แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (สี)		2.00
46		โฟม (สะอาด)		1.50
47		เปลือกสาย PVC เล็ก (ดำ)		2.50
48		พลาสติกรวมสี		3.00
49		พลาสติกแผ่น DVD		6.00
50		พลาสติกแผ่นป้ายอะคีลิค		4.00
51		พลาสติก PS ใส กล่อง CD		1.00
52		สายรัด PET (สีเขียวใส)		1.00
53		ท่อเอสล่อน PVC สีเหลือง		2.00

ลำดับ	ประเภท	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
54		พลาสติกจุกน้ำปลา		3.00
55		แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (ดำ)		1.00
56	เครื่องใช้ไฟฟ้า	เตารีดไฟฟ้า		4.00
57		หม้อหุงข้าวไฟฟ้า		4.00
58		ตู้เย็น		4.00
59		เครื่องดูดฝุ่น		2.00
60		เครื่องทำน้ำเย็น		5.00
61		กระติกน้ำร้อน		2.00
62		เครื่องซักผ้า		4.00
63		เครื่องปั้มน้ำ		5.00
64		พัดลมดูดอากาศ		2.00
65		เครื่องทำน้ำอุ่น		2.00
66		แอร์คอนดิชั่น+คอมเพรสเซอร์		14.00
67		แผงวงจร No.2		50.00
68		แผงวงจร No.4		1.00
69		เครื่องเล่นเสียง		0.50
70		โทรศัพท์		1.00
71		เตาอบ,เตาไมโครเวฟ		2.00
72		เครื่องกรองน้ำไฟฟ้า		1.00
73		เครื่องกรองอากาศ		2.00
74		พัดลม		5.00
75		กระทะไฟฟ้า		4.00
76		ทีวีเก่า (จอแก้ว)		1.00
77		ทีวีเก่า (จอLED)		1.00
78		เตาไฟฟ้า		6.00
79		แผงวงจร No.1		150.00
80		แผงวงจร No.3		2.00

ภาคผนวก ง

รายละเอียดวัสดุมอเตอร์ – เครื่องเล่นดีวีดี และราคารับซื้อวัสดุ

ตาราง ง-1 รายการวัสดุที่ถอดแยกจากมอเตอร์

รายการวัสดุ มอเตอร์					
ลำดับ	**ชื่อวัสดุ**	**รูป**	**น้ำหนัก (กิโลกรัม)**	**ราคารับซื้อวัสดุ**	**ราคาสุทธิ (บาท)**
				บาทต่อกิโลกรัม	**รวม**
1	ทองแดง		5.00	227.00	1,135.00
2	เหล็กหนา ซอยสั้น		84.5	8.00	676.00

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตาราง ง-2 รายการวัสดุที่ถอดแยกจากเครื่องเล่นดีวีดี

รายการวัสดุ มอเตอร์					
ลำดับ	**ชื่อวัสดุ**	**รูป**	**น้ำหนัก (กิโลกรัม)**	**ราคารับซื้อวัสดุ**	**ราคาสุทธิ (บาท)**
				บาทต่อกิโลกรัม	**รวม**
1	เหล็กบางซอยสั้น		1.50	7.20	10.80
2	พลาสติกรวมสี		0.16	3.00	0.50
3	สายไฟเล็กไม่ปอก		0.05	50	2.50
4	แผงวงจร No.2		0.62	50	31.00
5	มอเตอร์เล็ก		0.51	50	25.50

รายการอ้างอิง

A. Bourjault. (1984). *Contribution à une approche méthodologique de l'assemblage automatisé: elaboration automatique des séquences opératoires, (Contribution to a systematic approach of automatic assembly: automatic determination of operation sequences).* (Ph.D. Thesis, Besançon). Université de Franche-Comté, France,

A.J.D. Fred Lambert & Surenda M. Gupta. (2005). *Disassembly Modeling for Assembly Maintenance, Reuse, and Recycling*: New York Washington D.C.: CRC Press.

D.C. Dornan & Makan K. (1983). A status report: artificial intelligence. *Production,* 99(4), 46-50.

Hideyuki Nonomiya & Yoshitaka Tanimizu. (2017). Optimal Disassembly Scheduling with a Genetic Algorithm. *Procedia CIRP* 2017, 61, 218-222.

INCquity. (2014). เคล็ดลับยื่นซองประมูลงานให้ชนะ. Retrieved from https://blog.sogoodweb.com/Article/Detail/10558/เคล็ดลับยื่นซองประมูลงานให้ชนะ

PST Group. (2017). มอร์เตอร์ไฟฟ้าคืออะไร? Retrieved from https://pstgroup.biz/en/articles/752/?ELEMENT_ID=752&URLSlug=

Urania Malissa. (2014). บทที่ 10 การประมูลอิเล็กทรอนิกส์. Retrieved from https://www.slideserve.com/urania/10

Wang Hui, X. D., & Duan Guanghong. (2008). A genetic algorithm for product disassembly sequence planning. *Neurocomputing August* 2008, 71(13–15), 2720-2726.

Y. Asiedu & Gu P. (1998). Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International Journal of Production Research,* 36(4), 883-908.

Yaping Ren, C. Z., Fu Zhao, Huajun Xiao & Guangdong Tian,. (2018). An asynchronous parallel disassembly planning based on genetic algorithm. *European Journal of Operational Research,* 269(2), 647-660.

เอกพงษ์ ภักดีสมัย. (2553). การยอมรับและความตั้งใจใช้ระบบประมูลราคาผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง. ภาคนิพนธ์วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). ยุทธศาสตร์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการ. Retrieved from https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-

2020-05-25_03-30-42_898296.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). คู่มือแนวทางการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (กรณีไม่เข้าข่ายโรงงาน). Retrieved from https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/10/pcdnew-2021-10-11_07-38-13_178135.pdf

คมสันต์ สุวรรณมานะศิลป์. (2547). การประมูลด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (*e-Auction):* กรณีศึกษาการจัดซื้อจัดจ้างสำหรับบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมในภาคเอกชน. กรุงเทพฯ: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

คัดคณัฐ ชื่นวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย. (2564). ขยะอิเล็กทรอนิกส์ เศษซากจากความเจริญรุ่งเรือง. . Retrieved from https://ngthai.com/science/33111/e-waste/

คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน(โรงงาน). (2561). บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า(Energy Conservation for Motor). Retrieved from https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/Document/Part_2_Chapter_4_ปี_2561.pdf?v=202012190947

นายช่างมาแชร์. (2564). มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส (AC Motor ,Synchronous Motor). Retrieved from https://naichangmashare.com/2021/06/19/electric-motor-ep-2/

ประภาพร บุญปลอด. (2556). วิชาพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. Retrieved from https://www.slideshare.net/drprapaporn/chapter8-28754216

พนิดา ทรัพย์อุดม. (2548). การจัดซื้อจัดจ้างทางอิเล็กทรอนิกส์ ของฝ่ายพัสดุการท่าเรือแห่งประเทศไทย: สหบรรณานุกรมห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาไทย.

ภัทรา กุลเดชชัยชาญ. (2551). ศึกษาการจำลองระบบควบคุมมอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา,

ศุภชัย อรุณพันธ์. (2550). การศึกษาความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ-3 เฟส ด้วยการวิเคราะห์สัญญาณกระแส. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต). วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,

สงกรานต์ มหาวัน และเสรี พิจิตรศิริ. (2554). การทุจริตในการประมูลงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. วารสารการบริหารท้องถิ่น (มกราคม –มีนาคม 2554), 4(1), 40-47.

สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ. (2563). คู่มือวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Bidding : e-bidding) กลุ่มงานมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์. Retrieved from http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER4/DRAWER052/GENERAL/DATA0000/00000353.PDF

สุชิน เสื้อช้อย. (2563). ซิงคโครนัสมอเตอร์คืออะไร? Retrieved from http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=2481

สุพัตรา กฤษวัฒนากรณ์. (2558). การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีงานในกระบวนการผลิต.

(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กฤติญา แก่นจันทร์
วัน เดือน ปี เกิด	7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2535
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์
วุฒิการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยรังสิต
ที่อยู่ปัจจุบัน	27/3 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าพระยา อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-

มหาวิทยาลัยศิลปากร