การกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วด้วยการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์

DETERMINATION OF MACHINE MAINTENANCE PLANNING IN GLASS CONTAINER PRODUCTION PROCESS USING SIMULATION TECHNIQUE

พิมพิชา โสภณมณี

PIMPICHA SOPHONMANEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-EN-M-217-207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETERMINATION OF MACHINE MAINTENANCE PLANNING IN GLASS CONTAINER PRODUCTION PROCESS USING SIMULATION TECHNIQUE

PIMPICHA SOPHONMANEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2024

KMITL-2024-EN-M-217-207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วด้วยการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์
นักศึกษา	นางสาวพิมพิชา โสภณมณี
รหัสประจำตัว	64601101
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ Take Out Arm เป็นแขนกลสำหรับตัวคีบขวดของเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว (Forming) ของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งยังไม่มีการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time-Based Maintenance) แต่ใช้วิธีการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) เมื่ออุปกรณ์ Take Out Arm เสีย พนักงานจะเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นใหม่ อนึ่งการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time-Based Maintenance) เป็นอีกหนึ่งวิธีในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้มุ่งจำลองสถานการณ์การทำงานจนชำรุดและการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้ง 6 รุ่น ซึ่งมีพฤติกรรมแบบไม่แน่นอนภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็น (Stochastic Probability Distributions) ภายใต้วิธีการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time-Based Maintenance) ขั้นแรกเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดรูปแบบการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ (Distribution Analysis) (เช่น การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution), การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution), การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution) เป็นต้น) จากนั้นออกแบบแผนการทดลองและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยการสุ่มค่าเวลาจากการแจกแจงข้อมูลทางสถิติที่ถูกกำหนดขึ้น งานวิจัยฉบับนี้พิจารณาต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ผลการวิจัยบนพื้นฐานของต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมที่ต่ำที่สุด แนะนำให้เปลี่ยนมาใช้วิธีการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time-Based Maintenance) สำหรับอุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 4 รุ่น และใช้วิธีการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) ตามเดิม สำหรับอีก 2 รุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Determination of Machine Maintenance Planning in Glass Container Production Process Using Simulation Technique
Student	Ms. Pimpicha Sophonmanee
Student ID.	64601101
Degree	Master Degree of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2024
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr. Kittiwat Sirikasemsuk

ABSTRACT

The take-out arm device, crucial for bottle clamping in the case study company's glass bottle forming machinery, previously lacked time-based maintenance, relying on breakdown maintenance. When the take-out arm device failed, employees swiftly replaced it with new units. It was noted that time-based maintenance presents an alternative strategy for preventive maintenance. Thus, this research simulated the failure and repair scenarios of six models of the take-out arm device, exhibiting uncertain behavior under stochastic probability distributions, within the time-based maintenance (preventive maintenance) framework. The first step involved analyzing the data and determining the statistical distribution model (e.g., Weibull distribution, Lognormal distribution, Exponential distribution, etc.). Next, an experimental plan was designed, and a simulation model was created using random time values from the specified statistical distribution data. This research considered overall maintenance costs, encompassing both unplanned and planned costs. The research outcomes, grounded in the goal of minimizing overall maintenance costs, advocated for the adoption of time-based maintenance for four of the take-out arm device models while endorsing the continuation of the original breakdown maintenance methodology for the remaining two models.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบคุณบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) (Thai Glass Industries Public Co., Ltd.) ที่อนุญาตให้เข้าไปทำการศึกษางานวิจัย แก้ไขกระบวนการผลิตและคอยให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางการออกแบบและทำการทดลอง

คุณสุพรชัย สมบูรณ์ภัทรกิจ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการฝ่ายปฏิบัติการ

คุณนพรัฐ แก้วประหลาด ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักรขึ้นรูป

คุณรัฐูปกรณ์ แสงสาย ตำแหน่ง วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักรขึ้นรูป

คุณภูริวัฒน์ วิภาสธวัช ตำแหน่ง วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักรขึ้นรูป

สุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโทสำหรับคำปรึกษาเล็กๆน้อยๆและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอของข้าพเจ้า สำหรับคำปรึกษาเล็ก ๆ น้อย ๆ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอของข้าพเจ้า

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

พิมพิชา โสภณมณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.5 ขั้นตอนของการวิจัย	5
1.6 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้	6
1.7 คำนิยามศัพท์	7
1.8 กรอบการวิจัย	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร	9
2.2 ทฤษฎีเส้นกราฟโค้งรูปอ่างน้ำ	12
2.3 เทคนิคการจำลองสถานการณ์ การทวนสอบ และการตรวจสอบ	13
2.4 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	14
2.5 การคำนวณต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	26
3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา	27
3.1.1 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา	28
3.1.2 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วของบริษัทกรณีศึกษา	29
3.1.3 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.4 การบำรุงรักษาเครื่องจักรภาพรวม	36
3.2 ข้อความแห่งปัญหาของงานวิจัย	38
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ Take Out Arm	45
3.3.1 ลักษณะและรุ่นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ Take Out Arm และหน้าที่	45
3.3.2 ข้อมูลอัตราการผลิตที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ Take Out Arm	48
3.3.3 กระบวนการของการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) กับฝ่ายไอเอส (IS)	49
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ	51
3.4.1 ตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	51
3.4.2 ตัวอย่างการทดสอบและการแจกแจงของอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1	57
3.4.3 ตัวอย่างการทดสอบและกำหนดการแจกแจงของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของรุ่น 210-431-1	60
3.4.4 การกำหนดเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	62
3.4.5 สรุปผลรูปแบบการแจกแจงข้อมูลของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 รุ่น	63
3.5 การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	65
3.5.1 โครงสร้างของต้นทุน	65
3.5.2 การคำนวณหามูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม	67
3.5.3 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1	68
3.6 การออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6.1 การสร้าง (หรือการสุ่ม) และการจำลองอายุการใช้งาน.....	76
3.6.2 การสร้าง (หรือการสุ่ม) และการจำลองเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	77
3.6.3 การสร้างและจำลองเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน.....	78
3.6.4 การตัดสินใจระหว่างการบำรุงรักษาเมื่อเสียกับการบำรุงรักษาแบบป้องกัน.....	79
3.6.5 การสร้างการบันทึกจำนวนครั้งและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียและแบบป้องกัน.....	82
3.6.6 การสร้างการตรวจสอบจำนวนวันเพื่อให้ครบ 4 ปี.....	83
3.6.7 การสร้างการคำนวณข้อมูลขาออก (ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและแบบป้องกัน).....	85
3.6.8 การคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเมื่อเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน.....	86
3.7 การทวนสอบและการตรวจสอบ (Verification and Validation).....	88
3.7.1 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ (Verification Model).....	88
3.7.2 การตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ (Validation Model).....	101
3.7.2.1 ข้อมูลการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1.....	102
3.7.2.2 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐานอุปกรณ์ รุ่น 210-431-1.....	104
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย.....	113
4.1 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1....	116
4.2 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006.....	121
4.3 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22.....	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm
รุ่น OIS-03530 GR05..... 131
4.5 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm
รุ่น OIS-03697 GR01..... 136
4.6 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm
รุ่น OIS-03697 GR05..... 141
4.7 สรุปผลในการเลือกทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือการบำรุงรักษา
เมื่อเสีย..... 146
4.7.1 การเปรียบเทียบต้นทุนของการบำรุงรักษาโดยรวมจากการจำลอง
สถานการณ์..... 146
4.7.2 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับค่า
ปัจจุบัน..... 147
4.7.3 ผลการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ได้จากการ
หารือจากโรงงาน..... 152
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... 153
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 154
5.2 การเปรียบเทียบโมเดลต้นทุนการบำรุงรักษา..... 156
5.3 ปัญหาและอุปสรรคของการทำวิจัย..... 158
5.4 ข้อเสนอแนะ..... 158
บรรณานุกรม..... 159
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของอุปกรณ์ T/O arm 166
ภาคผนวก ข การทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าสำหรับอายุการใช้งานและเวลา
การบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์อื่นๆ..... 181
ภาคผนวก ค ข้อมูลนำเข้าของอุปกรณ์ Take Out Arm แต่ละอุปกรณ์..... 205
ภาคผนวก ง การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียต้นทุนการบำรุง
รักษาโดยรวมและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียกับการตรวจสอบ
แบบจำลองสถานการณ์..... 208
ภาคผนวก จ อัตราการผลิตจริงเฉลี่ยของรุ่น Take Out Arm..... 219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ การทดสอบค่า Anderson-Darling	221
ภาคผนวก ช ใบขออนุญาตเข้าศึกษาดูโรงงานเพื่อทำการวิจัย	224
ภาคผนวก ซ บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	226
ประวัติผู้เขียน	235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ตั้งแต่ พ.ศ. 2562 – 2565..... 2
ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ถูกใช้ในงานวิจัย..... 6
ตารางที่ 1.3 คำนิยามศัพท์ที่ถูกใช้ในงานวิจัย..... 7
ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา..... 22
ตารางที่ 2.2 หนังสือที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา..... 23
ตารางที่ 2.3 เหตุผลที่ไม่ใช้ตัวแปรต้นทุนบางตัวแปรในงานวิจัย..... 25
ตารางที่ 3.1 ต้นทุนการบำรุงรักษา (หน่วย : บาท) ปี พ.ศ. 2562 – 2565..... 39
ตารางที่ 3.2 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดหลักของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น..... 40
ตารางที่ 3.3 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหา..... 41
ตารางที่ 3.4 อุปกรณ์ Take Out Arm และเครื่องจักรที่นำชิ้นส่วนแต่ละรุ่นไปใช้งาน..... 47
ตารางที่ 3.5 เครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรที่ทำการผลิตขวดภายในกระบวนการผลิตและอัตราการผลิตเฉลี่ยของขวด..... 48
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 210-431-1..... 54
ตารางที่ 3.7 การทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Tong Head... 63
ตารางที่ 3.8 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของอุปกรณ์ Take Out Arm.. 64
ตารางที่ 3.9 สรุปมูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม 68
ตารางที่ 3.10 ข้อมูลนำเข้า (Input) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1..... 72
ตารางที่ 3.11 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์กรณีต่าง ๆ..... 89
ตารางที่ 3.12 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 1 และการสมมติค่าตัวแปร..... 89
ตารางที่ 3.13 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 และการสมมติค่าตัวแปร..... 92
ตารางที่ 3.14 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 3 และการสมมติค่าตัวแปร..... 99
ตารางที่ 3.15 ค่าเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียจากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ..... 102
ตารางที่ 3.16 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมจากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ..... 103
ตารางที่ 3.17 จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ..... 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.18 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมทั้งหมด 6 อุปกรณ์..... 107
ตารางที่ 3.19 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด 6 อุปกรณ์..... 109
ตารางที่ 3.20 การทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด 6 อุปกรณ์..... 111
ตารางที่ 4.1 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติและต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 อุปกรณ์..... 114
ตารางที่ 4.2 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1..... 116
ตารางที่ 4.3 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 210-431-1..... 117
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1..... 119
ตารางที่ 4.5 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006..... 121
ตารางที่ 4.6 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 2213200006..... 122
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น 2213200006..... 124
ตารางที่ 4.8 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22..... 126
ตารางที่ 4.9 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03218 GR22..... 127
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03218 GR22..... 129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05..... 131
ตารางที่ 4.12 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03530 GR05..... 132
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03530 GR05..... 134
ตารางที่ 4.14 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01..... 136
ตารางที่ 4.15 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR01..... 137
ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03697 GR01..... 139
ตารางที่ 4.17 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05..... 141
ตารางที่ 4.18 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR05..... 142
ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ค่าบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03697 GR05..... 144
ตารางที่ 4.20 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของอุปกรณ์ Take Out Arm จากการจำลองสถานการณ์และข้อแนะนำ..... 146
ตารางที่ 4.21 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น..... 149
ตารางที่ 4.22 แผนการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 4 รุ่น เมื่อปรับตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา..... 152
ตารางที่ 5.1 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จำนวน 4 รุ่น..... 155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.2 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จำนวน 2 รุ่น..... 155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภูมิแท่งต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักร..... 3
รูปที่ 1.2 กรอบการวิจัยการจำลองสถานการณ์..... 8
รูปที่ 2.1 ประเภทการบำรุงรักษาเครื่องจักร..... 11
รูปที่ 2.2 เส้นกราฟโค้งรูปอ่างน้ำ (Bathtub Curve)..... 12
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาในการทำงานตามแผนกับต้นทุนการ
บำรุงรักษา..... 17
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 26
รูปที่ 3.2 บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)..... 28
รูปที่ 3.3 ลักษณะฝาต่าง ๆ ที่ทางโรงงานผลิต..... 28
รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว..... 29
รูปที่ 3.5 วัตถุดิบที่ให้ในการผสมสำหรับการผลิตขวดแก้ว..... 30
รูปที่ 3.6 การผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องโม่..... 30
รูปที่ 3.7 แผนภูมิโครงสร้างเครื่องจักรกระบวนการหลอม และกระบวนการขึ้นรูป..... 31
รูปที่ 3.8 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว..... 32
รูปที่ 3.9 กระบวนการอบขวด..... 33
รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความสามารถในการรับความดันภายในขวดแก้ว..... 33
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของเครื่องจักรขึ้นรูปขวดและจำนวน Section..... 34
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างจำนวน Section ภายในเครื่องจักรขึ้นรูปขวด BP23..... 35
รูปที่ 3.13 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายฟีดเดอร์..... 37
รูปที่ 3.14 อุปกรณ์เครื่องจักรขึ้นรูปขวดในความรับผิดชอบของฝ่ายไอเอส..... 37
รูปที่ 3.15 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายสายพาน..... 38
รูปที่ 3.16 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายเตรียมหน้าแปลนและจัดส่ง..... 38
รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ Take Out Arm ในสายการผลิตขวด..... 46
รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ Take Out Arm..... 46
รูปที่ 3.19 แผนภูมิวงกลม (Pie Chart) อัตราการผลิตจริงเฉลี่ยแต่ละเครื่องจักร..... 48
รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตและอัตราการผลิตเฉลี่ยของขวด..... 49
รูปที่ 3.21 กระบวนการขึ้นรูปขวดทั้งหมด 10 Section..... 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการทำงานของฝ่ายไอเอสเมื่อมีการบำรุงรักษาเมื่อเสีย..... 50
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างข้อมูลดิบของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1..... 53
รูปที่ 3.24 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1..... 58
รูปที่ 3.25 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1..... 59
รูปที่ 3.26 การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1..... 60
รูปที่ 3.27 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1..... 61
รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการทำซ้ำอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1..... 65
รูปที่ 3.29 ข้อมูลขาเข้า (Input) เมื่อใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 10 วัน..... 68
รูปที่ 3.30 ข้อมูลขาออก (Output) เมื่อใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 10 วัน..... 69
รูปที่ 3.31 หน้าแสดงผลต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียของอุปกรณ์ รุ่น 210-431-1..... 70
รูปที่ 3.32 ไดอะแกรมการไหลของข้อมูลการจำลองสถานการณ์ 73
รูปที่ 3.33 ป้อนข้อมูลขาเข้าที่เกี่ยวข้องกับต้นทุน..... 74
รูปที่ 3.34 การสร้างและการจำลองอายุการใช้งาน..... 76
รูปที่ 3.35 การสร้างและการจำลองเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย..... 77
รูปที่ 3.36 การสร้างและจำลองเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน..... 78
รูปที่ 3.37 เงื่อนไขแบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน..... 80
รูปที่ 3.38 เงื่อนไขแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสีย..... 81
รูปที่ 3.39 การสร้างการบันทึกจำนวนครั้งและเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย..... 83
รูปที่ 3.40 การสร้างการตรวจสอบจำนวนวันเพื่อให้ครบ 4 ปี..... 84
รูปที่ 3.41 การสร้างการคำนวณข้อมูลขาออก..... 86
รูปที่ 3.42 การคำนวณต้นทุนในการบำรุงรักษาโดยรวมเมื่อเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน..... 87
รูปที่ 3.43 การทวนสอบกรณีที่ 1.1 (T_{PM}= 30 วัน) 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.44 การทวนสอบกรณีที่ 1.2 (T_{PM}= 80 วัน) 91
รูปที่ 3.45 การทวนสอบกรณีที่ 2.1 (T_{PM} = 9 วัน) 93
รูปที่ 3.46 การทวนสอบกรณีที่ 2.2 (T_{PM} = 21 วัน) 95
รูปที่ 3.47 การทวนสอบกรณีที่ 2.3 (T_{PM} = 15 วัน) 97
รูปที่ 3.48 จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียเทียบกับคาบระยะเวลาบำรุงรักษา..... 98
รูปที่ 3.49 ต้นทุนการบำรุงรักษาแต่ละคาบระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน..... 99
รูปที่ 3.50 การทวนสอบกรณีที่ 3.1 (T_{PM} = 80 วัน) 100
รูปที่ 3.51 การทวนสอบกรณีที่ 3.2 (T_{PM} = 380 วัน) 101
รูปที่ 3.52 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1..... 104
รูปที่ 3.53 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น 210-431-1..... 105
รูปที่ 3.54 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น 210-431-1..... 105
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ 210-431-1..... 120
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ 2213200006..... 125
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03218 GR22..... 130
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03530 GR05..... 135
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03697 GR01..... 140
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03697 GR05..... 145
รูปที่ 5.1 โมเดลต้นทุนการบำรุงรักษากรณีต่าง ๆ..... 157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหันมาให้ความสำคัญกับการพัฒนาและการวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรมากขึ้น โดยอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้านั้น ได้ประสบกับแรงกดดันด้านการผลิต และการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นจากการแปรรูป ซึ่งเป็นผลมาจากโลกาภิวัตน์ และความเป็นปัจเจกจากบุคคลภายในอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพนั้น จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรนั้นมีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพในการทำงานที่เหมาะสม โดยในการบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากส่งผลต่อความปลอดภัยของระบบ ความพึงพอใจของผู้ใช้และความไว้วางใจของลูกค้าหรือผู้ใช้งาน อีกทั้งยังเป็นการเตรียมอุปกรณ์หรือเครื่องจักรให้พร้อมสำหรับการผลิต

การบำรุงรักษาป้องกัน (Preventive Maintenance) ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นเป็นเรื่องที่โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องให้ความสำคัญ ซึ่งถ้าไม่ทราบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ทำการบำรุงรักษาบ่อยจนเกินไปก็อาจทำให้เกิดต้นทุนที่มากเกินความจำเป็น หรือถ้าทำการบำรุงรักษาจนน้อยเกินไป ก็อาจทำให้เครื่องจักรหรือชิ้นงานนั้นเกิดการเสียหายได้บ่อย ส่งผลให้กระบวนการผลิตอาจต้องหยุดการทำงาน เป็นต้น โดยควรมีการวางแผนร่วมกันของการควบคุมคุณภาพ การควบคุมสินค้าคงคลัง และการจัดการการบำรุงรักษาจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการผลิต (Lopes, 2018)

บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) ทำธุรกิจด้านบรรจุภัณฑ์แก้วที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตของกระบวนการ ซึ่งแผนกซ่อมบำรุงรักษาของทางบริษัท จะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา เนื่องจากการบำรุงรักษามีผลอย่างมากต่อต้นทุนและระบบการผลิต เพื่อจะได้ผลิตสินค้าให้ได้ตามเป้าหมาย และเกิดผลประโยชน์สูงสุด รวมถึงลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการขัดข้องและอื่น ๆ ภายในกระบวนการ โดยทางบริษัทมีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance (PM)) และแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance (BM)) แต่ทางบริษัทมีข้อสงสัยในเรื่องถ้าไม่มีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และมีแต่การบำรุงรักษาเมื่อเสีย จะส่งผลกระทบอย่างไรต่อกระบวนการผลิต หรือถ้ามีการบำรุงรักษาป้องกันที่ไม่เหมาะสมนั้น เช่น มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่สั้นเกินไป หรือมีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ยาวเกินไปจะส่งผลกระทบอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางผู้วิจัยจะทำการศึกษาอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่สำคัญภายในกระบวนการผลิตขวดแก้ว ทั้งหมด 8 อุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

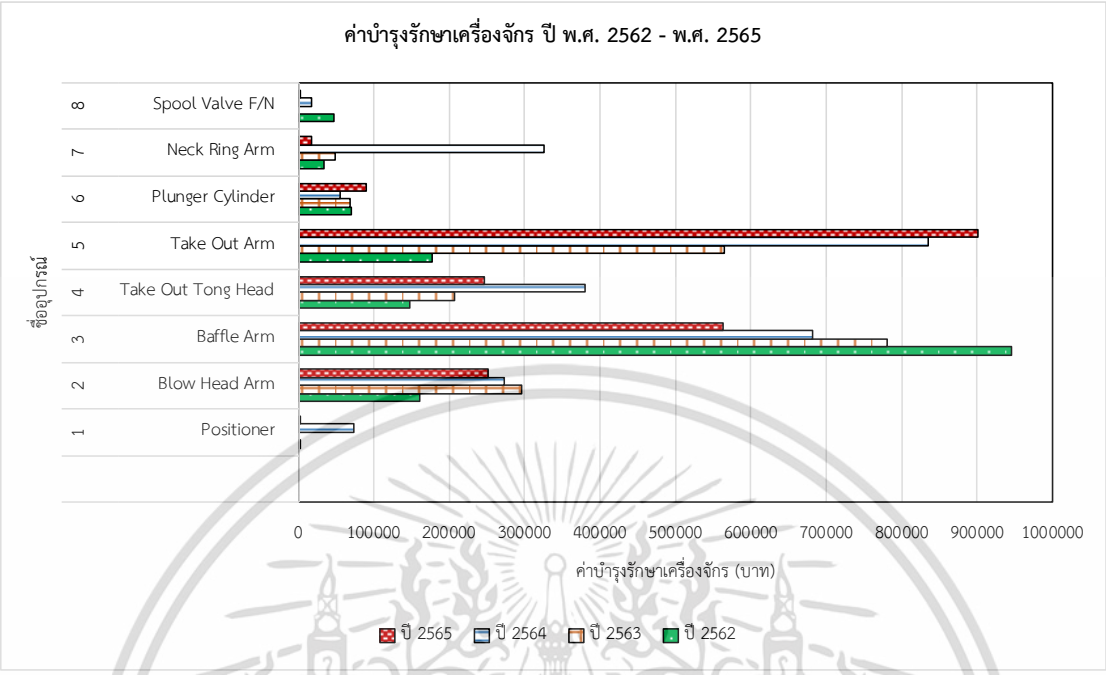
1. Positioner
2. Blow Head Arm
3. Baffle Arm
4. Take Out Tong Head
5. Take Out Arm
6. Plunger Cylinder
7. Neck Ring Arm
8. Spool Value F/N

โดยมีต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรของแต่ละอุปกรณ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2565 ดังตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ตั้งแต่ พ.ศ. 2562 – 2565

อันดับ	อุปกรณ์	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565	รวมต้นทุน (บาท)	ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/ปี)
1	Positioner	32.00	0.00	74,016.19	1,301.00	75,349.19	**18,837.30**
2	Blow Head Arm	160,562.56	296,699.66	273,458.60	251,265.52	981,986.34	**245,496.59**
3	Baffle Arm	946,125.46	781,489.45	681,423.45	563,714.10	2,972,752.46	**743,188.12**
4	Take Out Tong Head	148,235.45	206,452.56	380,265.46	246,496.91	981,450.38	**245,362.60**
5	**Take Out Arm**	**176,452.13**	**564,156.46**	**835,126.78**	**902,137.81**	**2,477,873.18**	**619,468.30**
6	Plunger Cylinder	69,584.46	68,965.56	54,569.88	90,534.89	283,654.79	**70,913.70**
7	Neck Ring Arm	34,562.46	48,564.66	325,645.56	16,686.55	425,459.23	**106,364.81**
8	Spool Valve F/N	46,685.75	0.00	17,680.07	120.00	64,485.82	**16,121.46**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แผนภูมิแท่งต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักร

จากรูปที่ 1.1 และตารางที่ 1.1 พบว่า ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในการบำรุงรักษาอุปกรณ์สูงสุดสามอันดับแรก ได้แก่ อันดับหนึ่ง คือ อุปกรณ์ Baffle Arm มีมูลค่า 743,188.12 บาท หรือคิดเป็น 38.13% อันดับสอง คือ อุปกรณ์ Take Out Arm มีมูลค่า 619,468.30 บาท หรือคิดเป็น 28.75 % อันดับสาม คือ อุปกรณ์ Blow Head Arm มีมูลค่า 245,496.59 บาท หรือคิดเป็น 11.93 % แต่อุปกรณ์ Baffle Arm มีแนวโน้มลดลงได้อย่างต่อเนื่องมาจนถึงปี พ.ศ. 2565

ในทางตรงกันข้าม พบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm ในปี พ.ศ. 2562 มีต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 176,452.13 บาท และยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2565 มูลค่า 902,137.81 บาท ซึ่งคิดเป็น 28.75 % ของต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2565 ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์

ณ ปัจจุบันอุปกรณ์ Take Out Arm ยังไม่มีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือเรียกอีกอย่างว่า การบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time-Based Maintenance) โดยจะเป็นแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) กล่าวคือ จะรอให้อุปกรณ์ Take Out Arm เสียแล้วพนักงานจึงเข้าไปเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นใหม่ นั่นคือ ไม่มีการบำรุงรักษาโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามรอบระยะเวลา ดังนั้นข้อความแห่งปัญหา (Statement of Problem) คือ ทางโรงงานไม่ทราบว่าควรทำการบำรุงรักษาประเภทใดระหว่างการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) และการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) แล้วถ้าควรทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) จะทำที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่าใดจึงจะให้ต้นทุนในการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาและจำลองสถานการณ์การทำงานและการเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อคำนวณหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมภายใต้อายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียแบบไม่แน่นอน (Stochastic Process)

2. วิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีนอกแผน (Unplanned Maintenance Cost)) และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีตามแผน (Planned Maintenance Cost)) ที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลอง เพื่อคำนวณหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่นำไปสู่ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาในส่วนของแผนกการซ่อมบำรุงรักษา เฉพาะกระบวนการขึ้นรูปขวดเท่านั้น โดยศึกษาเฉพาะอุปกรณ์ Take Out Arm เท่านั้น จำนวน 6 รุ่น คือ

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05

2. ฐานข้อมูลบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2565

3. อัตราค่าแรงขั้นต่ำ 417 บาทต่อวัน ซึ่งต้นทุนขวด และอัตราการผลิตจริงคิดจากค่าเฉลี่ยโดยอัตราการผลิตจริงคำนวณตลอด 24 ชั่วโมง

4. จำลองสถานการณ์การบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยมีขอบเขต 4 ปี ในการจำลองสถานการณ์ 1 รอบ

5. งานวิจัยฉบับนี้สนใจศึกษาเฉพาะการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time Based Maintenance) โดยเฉพาะขวดโซดาและขวดเบียร์เท่านั้น โดยไม่รวมถึงการบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance)

6. ในงานวิจัยฉบับนี้พิจารณาต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (บาทต่อ 4 ปี) ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนด้านการบำรุงรักษา 2 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance Cost) หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีนอกแผน (Unplanned Maintenance Cost)

- ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance Cost) หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีตามแผน (Planned Maintenance Cost)

7. กำหนดระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 ตลอดงานวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมของการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องจักร
2. ลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในกระบวนการการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องจักร
3. สามารถจัดตารางหมวดหมู่การบำรุงรักษาของอุปกรณ์ Take Out Arm ร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ ได้ และสามารถทำการบำรุงรักษาพร้อมกันในระยะเวลาใกล้เคียงกันได้

1.5 ขั้นตอนของการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยฉบับนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์
2. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา
4. การวิเคราะห์เพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ (Distribution Analysis)
5. การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance Cost) และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance Cost)
6. การออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์
7. การทวนสอบ (Verification) และตรวจสอบ (Validation) แบบจำลองสถานการณ์ที่ศึกษา
8. การทดลองและเก็บข้อมูลการทดลอง
9. การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล
10. สรุปผลการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ที่ถูกใช้ในงานวิจัยฉบับนี้จะแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ถูกใช้ในงานวิจัย

สัญลักษณ์	ความหมาย
C_{total}	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (บาทต่อ 4 ปี)
$C_{unplanned}$	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีนอกแผน (บาทต่อ 4 ปี)
$C_{planned}$	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน หรือต้นทุนการซ่อมบำรุงกรณีตามแผน (บาทต่อ 4 ปี)
$N_{unplanned}$	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย หรือจำนวนครั้งการบำรุงรักษากรณีนอกแผน (ครั้งต่อ 4 ปี)
$N_{planned}$	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน หรือจำนวนครั้งการบำรุงรักษากรณีตามแผน (ครั้งต่อ 4 ปี)
$T_{unplanned}$	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย หรือเวลาการบำรุงรักษากรณีนอกแผน (วัน)
$T_{planned}$	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน หรือเวลาการบำรุงรักษากรณีตามแผน (วัน)
C_E	มูลค่าอุปกรณ์ (บาทต่อชิ้น)
LPC	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (บาทต่อวัน) โดยที่ LPC มาจากคำว่า Lost Production Cost
LC	ค่าแรงงานในการซ่อม (บาทต่อวัน) โดยที่ LC มาจากคำว่า Labour Cost
T_{PM}	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 คำนิยามศัพท์

ในงานวิจัยฉบับนี้จะมีการใช้คำศัพท์เฉพาะอุปกรณ์ Take Out Arm ซึ่งจำเป็นต้องทำการนิยามคำศัพท์เพื่อให้เข้าใจถึงความหมาย ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 คำนิยามศัพท์ที่ถูกใช้ในงานวิจัย

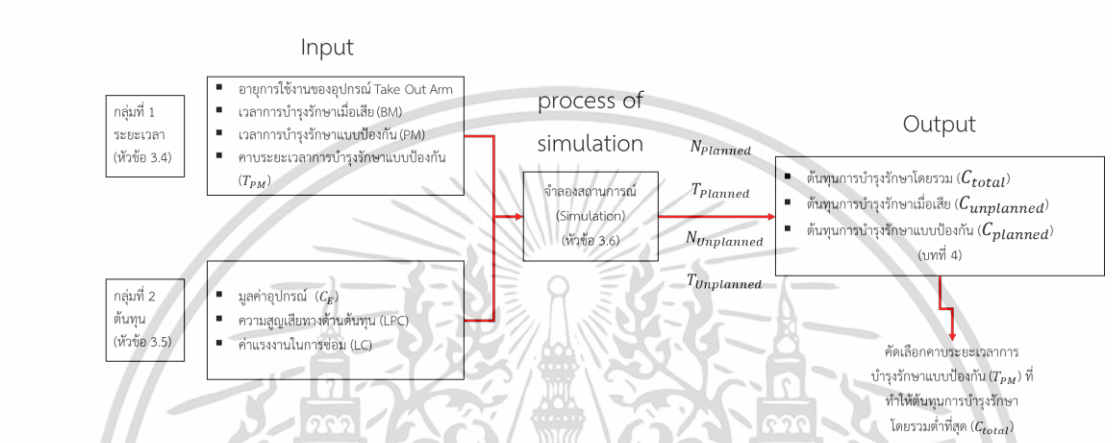
คำศัพท์	รายละเอียดคำนิยาม
การบำรุงรักษาเครื่องจักร (Maintenance) (วัฒนา เชียงกุล และคณะ, 2553)	การพยายามรักษาสภาพของเครื่องมือ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรต่างๆ ให้มีสภาพการใช้งานที่พร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา และเกิดประสิทธิผล สามารถใช้งานได้เต็มกำลัง
การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance (PM)) หรือการบำรุงรักษากรณีตามแผน (Planned Maintenance) (วัฒนา เชียงกุล และคณะ, 2553)	การบำรุงรักษาโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นรอบระยะเวลา และทำการเปลี่ยนทุกอุปกรณ์เมื่อถึงระยะเวลาเปลี่ยน หรือโดยปกติเรียกว่าการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time Based Maintenance)
การบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance (BM)) หรือการบำรุงรักษากรณีนอกแผน (Unplanned Maintenance) (วัฒนา เชียงกุล และคณะ, 2553)	การบำรุงรักษาแบบเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุดหรือขัดข้อง โดยมีอายุการใช้งานที่ไม่แน่นอน เมื่ออุปกรณ์เสียหายจะทำการนำอุปกรณ์ชิ้นนั้นออกและนำอะไหล่สำรองเข้ามาเปลี่ยนทดแทนที่เดิม ซึ่งอยู่นอกแผนที่วางไว้
การซ่อมแซมครั้งใหญ่หรือการยกเครื่อง (Overhaul) (Thai Glass Industries Public Company Limited, 2011)	การซ่อมแซม ยกเครื่องครั้งใหญ่ ทางโรงงานจะทำทุก ๆ 10 ปี เช่น การทำความสะอาดเครื่อง ตรวจสอบอุปกรณ์ ซ่อมแซมเปลี่ยนอะไหล่ที่ชำรุด โดยถอดอุปกรณ์ออกมาจนเหลือแต่เครื่องเปล่าๆ
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (Thai Glass Industries Public Company Limited, 2011)	เวลาที่เครื่องจักรไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) หรือถูกการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) โดยรวมทั้งเวลาในการซ่อม เวลาในการรออะไหล่ และเวลาในการรอพนักงาน
การบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance) (Thai Glass Industries Public Company Limited, 2011)	การบำรุงรักษาเบื้องต้นเพื่อช่วยรักษาสภาพเครื่องมือให้มีลักษณะที่ดีเป็นประจำวัน โดยจัดว่าเป็นการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) เช่น การทำความสะอาด การเติมน้ำมัน การตรวจสอบระยะห่างเป็นครั้งคราว

หมายเหตุ งานวิจัยฉบับนี้ ไม่รวมถึงการบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 กรอบการวิจัย

ความสัมพันธ์ของข้อมูลขาเข้า (Input) และข้อมูลขาออก (Output) ของการจำลองสถานการณ์การบำรุงรักษาของงานวิจัยฉบับนี้ สามารถถูกระบุออกมาเป็นกรอบการวิจัยได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 กรอบการวิจัยการจำลองสถานการณ์

ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อเข้าสู่การจำลองสถานการณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ระยะเวลา โดยมีตัวแปรด้านระยะเวลาที่เป็นอุปกรณ์ Take Out Arm ของแต่รุ่น ได้แก่

1. อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm
2. เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($T_{planned}$)
3. เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($T_{planned}$)
4. คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM})

อายุการใช้งาน เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะถูกอธิบายไว้ในหัวข้อนี้ (3.4)

ประเภทที่ 2 ต้นทุน โดยมีตัวแปรด้านต้นทุนที่เป็นอุปกรณ์ Take Out Arm ของแต่รุ่น ได้แก่

1. มูลค่าอุปกรณ์ (C_E)
2. ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (LPC)
3. ค่าแรงงานในการซ่อม (LC)

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องนี้ จะถูกอธิบายไว้ในหัวข้อ (3.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่บทขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย และแนวทางในการดำเนินงานวิจัยที่ถูกต้องและเหมาะสม ทางผู้วิจัยได้กล่าวถึงองค์ความรู้ ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร

2.2 ทฤษฎีเส้นกราฟโค้งรูปอ่างน้ำ

2.3 เทคนิคการจำลองสถานการณ์ การทวนสอบ และการตรวจสอบ

2.4 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

2.5 การคำนวณต้นทุนที่เกี่ยวข้องของการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร

Zhen et al. (2021) ได้กล่าวไว้ว่า การบำรุงรักษา (Maintenance) คือ การบำรุงรักษาเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่สามารถพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา รวมไปถึงการซ่อมแซมอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรด้วย เพื่อให้เครื่องจักรเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน และไม่เสียเวลาโดยสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต ในกระบวนการผลิตไม่สามารถหลีกเลี่ยงการบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ เพราะเป็นหนึ่งในการผลิตสินค้าให้ออกมาตามระบบและเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากมุมมองของความเสี่ยงในการบำรุงรักษา มีการระบุว่า การบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ไม่บ่อยอาจส่งผลให้อุปสรรคสำคัญด้านความปลอดภัยไม่พร้อมเพิ่มขึ้นและการหยุดทำงานโดยไม่คาดคิด ในขณะที่การบำรุงรักษาแบบป้องกันบ่อยครั้งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อบุคลากรและความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน โดย Nakajima and Shirase (1992) กล่าวไว้ว่า สามารถแบ่งการบำรุงรักษาได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ มีการบำรุงรักษากรณีตามแผน (Planned Maintenance) และการบำรุงรักษากรณีนอกแผน (Unplanned Maintenance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การบำรุงรักษากรณีตามแผน (Planned Maintenance)

(1) การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาที่ช่วยยืดอายุการใช้งานรวมถึงการปรับเปลี่ยนการทำความสะอาด การหล่อลื่น การซ่อมแซมและการเปลี่ยน โดยมีการวางแผนเปลี่ยนให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานมากขึ้น และยังทำให้ลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิตให้มีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

- การบำรุงรักษาแบบคงที่ (Fixed) จะมีแยกย่อย 2 ประเภทหลัก ๆ คือ การบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time Based Maintenance) ซึ่งเมื่อถึงรอบระยะเวลาการบำรุงรักษาจะสามารถทำการบำรุงรักษาได้ตามรอบนั้น ๆ และการบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance) คือ การบำรุงรักษาเบื้องต้นเพื่อช่วยรักษาสภาพเครื่องมือให้มีลักษณะที่ดีเป็นประจำวัน เช่น การทำความสะอาด การเติมน้ำมัน การตรวจสอบระยะห่างเป็นครั้งคราว แต่การบำรุงรักษาแบบคงที่ต้องการการบำรุงรักษาที่ต่อเนื่องเป็นประจำ จึงมีต้นทุนสูง

- การบำรุงรักษาแบบเชิงคาดคะเน (Predictive) จะมีแยกย่อย 1 ประเภทหลัก ๆ คือ การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance) จะเป็นการเน้นวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ในเวลาที่กำหนดหรือตามความจำเป็น เช่น การวัดอุณหภูมิ การตรวจสอบระยะเวลาการทำงาน แรงดันไฟฟ้า เป็นต้น โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อตรวจจับปัญหา และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (Mansor et al., 2012)

2. การบำรุงรักษากรณีนอกแผน (Unplanned Maintenance)

(1) การบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) การบำรุงรักษาประเภทนี้เป็นการรักษาที่เก่าแก่ที่สุด โดยจะเริ่มการบำรุงรักษาก็ต่อเมื่อเครื่องจักรนั้นมีการรายงานว่าชำรุด พนักงานจึงจะเข้าไปทำการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย โดยการเสียหายประเภทนี้จะไม่มีสัญญาณเตือนล่วงหน้าเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุด และทำให้ในบางครั้งไม่สามารถบรรลุเป้าหมายในการปฏิบัติตามแผนการผลิตได้

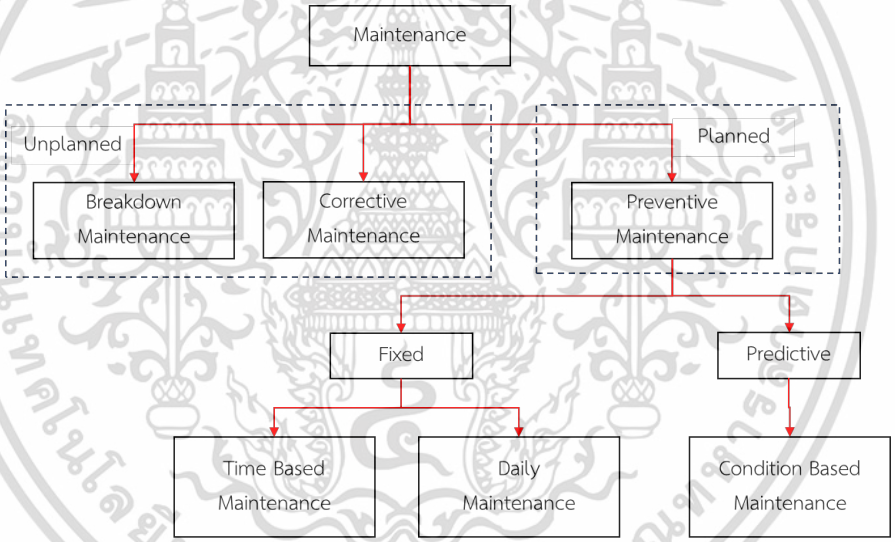
(2) การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ไขปัญหาที่ระบุ เน้นการปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบ ความสามารถในการบำรุงรักษา รวมกระทั่งความปลอดภัยของเครื่องมือ รวมถึงการปรับปรุงปัญหาของเครื่องมือเพื่อลดความเสียหายและการชำรุด การเพิ่มระยะเวลาระหว่างการเสีย (Meantime Between Failure (MTBF)) และการลดระยะเวลาในการซ่อมแซม (Meantime to Repair (MTTR) ของเครื่องมือ แต่มักถูกดำเนินบนเครื่องมือที่มีรอบเวลาการบำรุงรักษาที่สั้น ชำรุดบ่อย ต้นทุนในการซ่อมแซมสูง (Mansor et al., 2012)

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความอยู่รอดก็มีความสำคัญกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเป็นสาขาเฉพาะทางของสถิติทางคณิตศาสตร์ และได้รับการพัฒนาเพื่อจัดการกับตัวแปรสุ่มเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเหตุการณ์ชนิดพิเศษ (Karim and Islam, 2019) โดยในอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนนั้น การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์การผลิต การกระทำของผู้คน หรือแม้กระทั่งความล้มเหลวของอุปกรณ์ล้วนเป็นปัจจัยที่เพิ่มต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น จึงทำให้ระบบต้องมีการควบคุม และลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับพนักงาน สิ่งแวดล้อมและความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ดังกล่าว

การบำรุงรักษา การควบคุมคุณภาพ และการผลิตเป็นองค์ประกอบหลักของการวางแผนปฏิบัติการในอุตสาหกรรมการผลิต โดยเมื่อเรามีการบำรุงรักษาอุปกรณ์การผลิตที่เหมาะสม มีนโยบายการผลิต และการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระดับสูง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานในโรงงานภายในองค์กรมีประสิทธิผลไปด้วย (Van der Weide et al., 2010) และในปัจจุบันกลุ่มการบำรุงรักษาให้ความสำคัญอย่างมากกับแนวทางการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพื่อป้องกันความล้มเหลวของอุปกรณ์แทนที่จะปล่อยให้ความล้มเหลวเกิดขึ้นแล้วแก้ไข (Calixto, 2016) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ประเภทการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Calixto, 2016)

หมายเหตุ งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเฉพาะการบำรุงรักษาเชิงเวลา (Time Based Maintenance) เปรียบเทียบกับการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

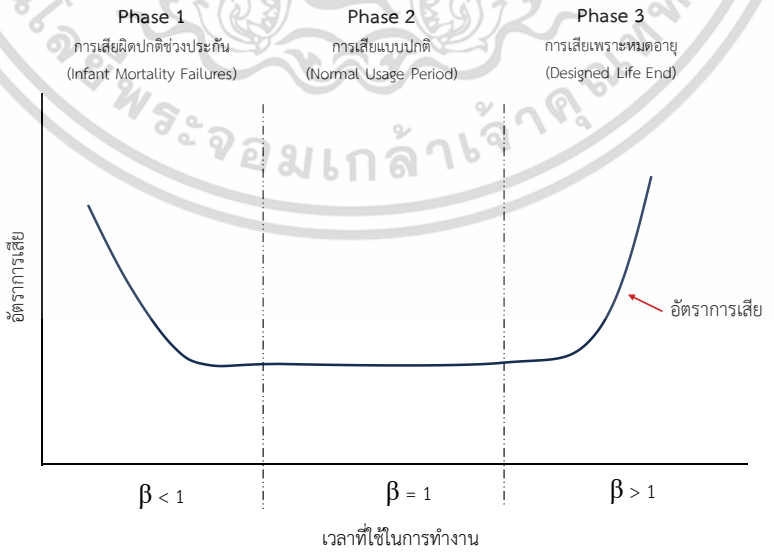
2.2 ทฤษฎีเส้นกราฟโค้งรูปอ่างน้ำ

การแจกแจงอัตราการเสียของอ่างน้ำ (Bathtub-Shaped Failure Rate Life Distribution) เป็นแบบจำลองทางสถิติที่ใช้ในวิศวกรรมความเชื่อถือและการบำรุงรักษา เพื่ออธิบายพฤติกรรมของอัตราการเสียของผลิตภัณฑ์หรือระบบตลอดเวลาเมื่อเวลาผ่านไป การแจกแจงนี้เรียกว่า "อ่างน้ำ" เนื่องจากเมื่อวาดกราฟแสดงข้อมูลการเสียบนกราฟ รูปร่างจะคล้ายกับรูปร่างของอ่างน้ำ และใช้พารามิเตอร์ที่เรียกว่า " พารามิเตอร์เบต้า (Beta Parameter) " เพื่ออธิบายแต่ละช่วงของการเสียในการแจกแจง (วัฒนา เชียงกุล และคณะ, 2553) ดังนี้

ช่วงที่ 1 การเสียผิดปกติช่วงประกัน (Infant Mortality Failures Phase) ในช่วงเริ่มต้นเมื่อผลิตภัณฑ์หรือระบบถูกเริ่มใช้งาน มักจะมีความน่าจะเป็นที่จะเสียสูงโดยส่วนใหญ่ ช่วงนี้เรียกว่า "ช่วงชีวิตแรก" ซึ่งการเสียในช่วงนี้มักเกิดจากข้อบกพร่องในการผลิตหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้น อัตราการเสียในช่วงนี้เริ่มต้นสูงแต่ลดลงตามเวลา

ช่วงที่ 2 การเสียปกติ (Normal Useful Period) หลังจากผ่านช่วงชีวิตแรกไปได้โดยปลอดภัย ผลิตภัณฑ์หรือระบบจะเข้าสู่ช่วงที่มีการทำงานอย่างมั่นคง อัตราการเสียในช่วงนี้จะคงที่โดยราบ การเสียในช่วงนี้มักเกิดจากการสึกหรอ อัตราการเสียในช่วงนี้จะต่ำและคงที่

ช่วงที่ 3 การเสียเพราะหมดอายุ (Designed Life End Phase) เมื่อผลิตภัณฑ์หรือระบบเกิดความเสียจากการสึกหรอ มันจะเข้าสู่ "ช่วงสึกหรอ" (Wear-Out) ในช่วงนี้ อัตราการเสียจะเริ่มเพิ่มขึ้นตามเวลา การเสียในช่วงนี้มักเกิดจากการแก่ของส่วนประกอบ วัสดุที่เสื่อมสภาพ และการใช้งานที่สะสมมา อัตราการเสียจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงนี้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เส้นกราฟโค้งรูปอ่างน้ำ (Bathtub Curve)
(วัฒนา เชียงกุล และคณะ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทคนิคการจำลองสถานการณ์ การทวนสอบ และการตรวจสอบ

เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Scenario Simulation Technique) คือ การใช้กระบวนการการจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรหลาย ๆ ตัวที่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ในสถานการณ์ที่ต่างกัน กล่าวว่า เทคนิคการจำลองสถานการณ์เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการออกแบบระบบการผลิตเพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการลดความน่าจะเป็นของการตัดสินใจที่ผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย (Şenaras, 2019)

การทวนสอบ (Verification) และการตรวจสอบ (Validation) ในการทำโปรแกรมซอฟต์แวร์เป็นกระบวนการสำคัญในการรับรองโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดและความต้องการที่กำหนดไว้ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อทำการออกแบบซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมขึ้นมาแล้ว จำเป็นต้องมีการทวนสอบ และตรวจสอบผลลัพธ์ของโปรแกรมก่อนการใช้งานจริง หรือนำไปขยายผลต่อทางการค้า โดยจะต้องมีการแยกตรวจสอบแบบจำลองที่จำลองขึ้นมาในแต่ละส่วนก่อนว่ามีการทำงานถูกต้องหรือไม่และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้ว จึงตรวจสอบความเหมือนจริงต่อ โดยจะต้องมีขั้นตอนการดำเนินการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน (ชลณุพงษ์ ศิริตัน, 2557) ได้แก่

1. การทวนสอบ (Verification) หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้อง มีการประเมินว่าผลิตภัณฑ์ บริการหรือผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นตามข้อบังคับหรือเป็นไปตามที่ออกแบบมาหรือไม่ โดยขั้นตอนกระบวนการยืนยันนี้ จำเป็นต้องได้ความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ที่พัฒนา เช่น การทวนสอบว่าโปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้หรือไม่ หรือว่าโปรแกรมซอฟต์แวร์มีโครงสร้างและโค้ดที่ถูกต้องหรือไม่

2. การตรวจสอบ (Validation) หมายถึง การตรวจสอบความเหมือนจริง การตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ บริการ หรือผลลัพธ์อยู่ภายใต้ความต้องการของผู้ใช้หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง จะเกิดขึ้นหลังกระบวนการยืนยัน โดยทำการทดสอบแต่ละฟังก์ชันการใช้งานว่าเป็นไปตามขั้นตอนหรือไม่ เช่น การตรวจสอบว่าโปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ทุกกลุ่มได้อย่างครอบคลุมหรือไม่ (Wu and Coolen, 2013)

การทวนสอบและการตรวจสอบในการทำโปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

- การทวนสอบและการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative Verification and Validation) เป็นการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสายตาหรือสัมผัส เพื่อดูว่าโปรแกรมซอฟต์แวร์ได้ถูกสร้างขึ้นอย่างถูกต้องหรือไม่ เช่น การอ่านโค้ดและตรวจสอบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ หรือว่าโปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทวนสอบและการตรวจสอบเชิงปริมาณ (Quantitative Verification and Validation) เป็นการตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อวัดผลการดำเนินงานของโปรแกรมซอฟต์แวร์ เช่น การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมซอฟต์แวร์ การวัดความแม่นยำของโปรแกรมซอฟต์แวร์ การวัดความเสถียรของโปรแกรมซอฟต์แวร์ เป็นต้น

2.4 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Functions) ในงานการบำรุงรักษามักถูกใช้ในการระบุความน่าจะเป็นของการเสียหายของอุปกรณ์หรือระบบที่ต้องการบำรุงรักษา โดยฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นจะอธิบายความน่าจะเป็นของเหตุการณ์เสียหายหรือการเสียหายของอุปกรณ์ที่มีความต้องการดูแลรักษา และจะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการและการบำรุงรักษา นอกจากนี้ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาเพื่อจำลองและทำนายการเสียหายในอนาคต และการบริหารจัดการความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในงานบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือระบบต่าง ๆ ที่มีความเชื่อถือสูงในการทำนาย และการวิเคราะห์ความสามารถในการดำเนินงานของอุปกรณ์ที่ต้องการบำรุงรักษาในระยะเวลาที่เหมาะสมและด้วยค่าความน่าจะเป็นที่เรียนรู้จากข้อมูลประวัติศาสตร์การบำรุงรักษา นักบำรุงรักษาและผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ สามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการทำให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพ และป้องกันการเสียหายหรือความขัดแย้งในการดำเนินงานของอุปกรณ์หรือระบบที่จัดการ

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นสำหรับวิศวกรรมความน่าเชื่อถือจะแสดงทางคณิตศาสตร์ในกรณีส่วนใหญ่สำหรับฟังก์ชันต่อไปนี้ (Calixto, 2016)

1. การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)

ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อัตราความล้มเหลวเท่านั้น ดังนั้นสมการจึงง่าย เมื่อใดก็ตามที่มีการใช้ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ในการคำนวณอุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์ บริการ หรือความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ สมมติฐานหลัก คือ เหตุการณ์จะเกิดขึ้นแบบสุ่มเมื่อเวลาผ่านไป โดยมีโดเมนการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล = [0, +∞)

2. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบปกติมักใช้บ่อยเนื่องจากอธิบายกระบวนการภายใต้การควบคุม ซึ่งหมายความว่าค่าตัวแปรจะเกิดขึ้นรอบ ๆ ค่าเฉลี่ยโดยมีค่าเบี่ยงเบนตัวแปรจำนวนมากจากการวิเคราะห์จำนวนมากได้รับการปฏิบัติเหมือนการแจกแจงแบบปกติ แต่ก็ไม่ได้แสดงได้ดีเสมอไป ยิ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายตัวแปรมีความน่าเชื่อถือน้อยลง เวลาที่เกิดความล้มเหลวหรือค่าเวลาในการซ่อมแซมก็จะยิ่งมีความแม่นยำน้อยลงเท่านั้น โดยมีโดเมนของการแจกแจงแบบปกติ = (-∞, +∞)

3. การแจกแจงแบบโลจิสติกส์ (Logistics Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบลอจิสติกส์ มีลักษณะคล้ายกับฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบปกติอย่างมาก และยังอธิบายกระบวนการภายใต้การควบคุมด้วยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เรียบง่าย ยิ่งการทำนายตัวแปรมีความน่าเชื่อถือน้อยลง เวลาที่เกิดความล้มเหลวหรือค่าเวลาซ่อมแซมก็จะยิ่งเชื่อถือได้น้อยลงเท่านั้น โดยมีโดเมนของการกระจายโลจิสติกส์ = (-∞, +∞)

4. การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (Log-normal Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล มีความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นวงจรชีวิต และเกิดขึ้นบ่อยที่สุดเนื่องจาก อุปกรณ์เริ่มต้นไม่ถูกต้อง การทำงานของความจุของอุปกรณ์ไม่ดี หรืออุปกรณ์ถูกสร้างขึ้นไม่ถูกต้อง ทั้งหมดนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นวงจรชีวิตของชิ้นส่วนของอุปกรณ์ แตกต่างจากการกระจายแบบปกติและแบบโลจิสติกส์ ตรงที่ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล จะเอียงไปทางขวา และเนื่องจากผลกระทบของพารามิเตอร์ขนาด อุปกรณ์จึงมีโอกาสล้มเหลวมากกว่าในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิต โดยมีโดเมนของการแจกแจงแบบบล็อกนอร์มอล = (0, +∞)

5. การแจกแจงแบบล็อกโลจิสติกส์ (Log-Logistics Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบโลจิสติกส์เช่นเดียวกับรูปร่างฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล แสดงให้เห็นว่าความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นวงจรชีวิตและเกิดขึ้นด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของโลจิสติกส์ยังเอียงไปทางขวาด้วย และด้วยเหตุนี้ อุปกรณ์จึงมักจะล้มเหลวเมื่อเริ่มต้นวงจรชีวิต โดยมีโดเมนของการกระจายล็อกโลจิสติกส์ = [0, +∞)

6. การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบทั่วไปรายการแรกที่จะกล่าวถึง คือ ฟังก์ชันแบบไวบูลล์ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะเฉพาะของรูปร่างแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ล็อกนอร์มอล หรือปกติได้ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบไวบูลล์ สามารถมีลักษณะใด ๆ เหล่านั้นได้ ซึ่งหมายถึงการเกิดความล้มเหลวแบบสุ่มตลอดวงจรชีวิต หรือการเกิดความล้มเหลวที่จุดเริ่มต้นของวงจรชีวิตโดยมีเวลาความล้มเหลวเอียงไปทางขวาโดยเฉลี่ยโดยมีการเบี่ยงเบนหรือเกิดความล้มเหลวในช่วงเวลาที่กำหนด มีโดเมนแบบลักษณะการทำงานของรูปร่างฟังก์ชันแบบไวบูลล์ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์รูปร่าง (β) ซึ่งสามารถเป็น

$0 < \beta < 1$ (รูปร่างเชิงเส้นกำกับ)

$\beta = 1$ (รูปร่างเส้นกำกับเอ็กซ์โปเนนเชียล)

$1 < \beta < 2$ (รูปร่างล็อกนอร์มอล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\beta > 2$ (รูปร่างปกติ)

7. การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบแกมมาซึ่งเหมือนกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ ที่สามารถแสดงลักษณะเฉพาะของรูปร่างแบบเอกซ์โปเนนเชียล ล็อกนอร์มอล หรือปกติได้ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบแกมมาสามารถมีลักษณะใดๆ เหล่านั้นได้ ซึ่งหมายถึงการเกิดความล้มเหลวแบบสุ่มตลอดวงจรชีวิต หรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตโดยมีเวลาความล้มเหลวเอียงไปทางขวาโดยเฉลี่ยมีการเบี่ยงเบนหรือเกิดความล้มเหลวในช่วงเวลาที่กำหนด ลักษณะการทำงานของรูปร่างฟังก์ชันความน่าจะเป็นแกมมาจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์รูปร่าง (k) ซึ่งอาจมีลักษณะดังนี้

$k < 1$ (รูปร่างเชิงเส้นกำกับ)

$k = 1$ (รูปร่างเส้นกำกับเอ็กซ์โปเนนเชียล)

$k > 1$ (รูปร่างล็อกนอร์มอล)

2.5 การคำนวณต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย

การคำนวณต้นทุนที่เกี่ยวข้องของการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียนั้น มีต้นทุนในการบำรุงรักษาที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ประเภทหลัก ๆ คือ

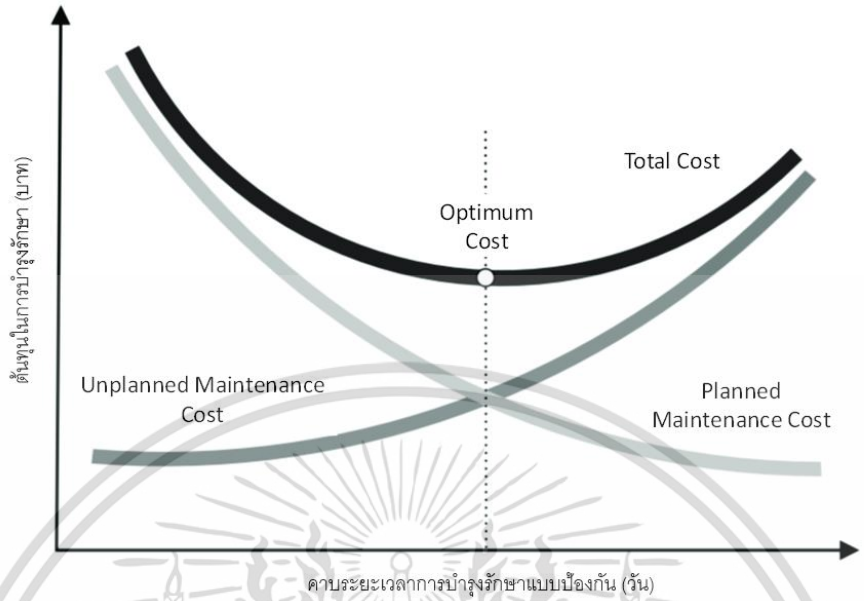
1. ต้นทุนการบำรุงรักษา (Maintenance Costs) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของการบำรุงรักษา เช่น ค่าแรงงาน ค่าอะไหล่ ค่าวัสดุ และค่าเครื่องมือ เป็นต้น

2. ต้นทุนที่เกิดจากการสูญเสียโอกาสทางการผลิต (Opportunity Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการหยุดการผลิตหรือทำงานไม่ได้ เช่น ค่าเสียโอกาสทางธุรกิจ ค่าเสียโอกาสจากการผลิต ค่าเสียโอกาสจากความเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

โดยต้นทุนการบำรุงรักษามักจะสูงกว่าที่ทางบริษัทหรือแผนกต่าง ๆ คิดไว้ การบำรุงรักษาอุปกรณ์สิ้นเปลือง แรงงาน วัสดุ เครื่องมือ รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ แต่การไม่เกิดต้นทุนที่ควบคุมและตามแผนเหล่านี้อาจทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษาสูงขึ้น เช่น ต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อการผลิตหยุดลง เนื่องจากการหยุดการทำงานที่ไม่คาดคิด เป็นต้น

โดยกราฟแสดงต้นทุนในการบำรุงรักษาแบบป้องกันและการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เทียบกับคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน สามารถสังเกตได้ว่า ต้นทุนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะเป็นการตัดกันระหว่างต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Netto et al., 2010) ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาในการทำงานตามแผนกับต้นทุนการบำรุงรักษา (Netto et al., 2010)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้หลักการและทฤษฎีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่มีความแตกต่างกันออกไป โดยมีการศึกษาใช้วิธีการต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนของงานซ่อมบำรุงรักษา

Kančev and Čepin (2011) ศึกษาพัฒนาแบบจำลองการคำนวณค่าเฉลี่ยความไม่พร้อมของระบบ โดยมีกรณีศึกษาเป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ที่มีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบมวลเบา ได้มีการนำตัวแปรที่สำคัญ เช่น เวลาการบำรุงรักษา ช่วงเวลาการทดสอบ ระยะเวลาการทดสอบ ความน่าจะเป็นของความล้มเหลว มาใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษากับการตรวจสอบเพื่อหาคาบระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำรุงรักษา

Andrs et al. (2011) นำเสนอการใช้โมเดลการตัดสินใจแบบสุ่มในการวิเคราะห์การบำรุงรักษา โดยการตัดสินใจแบบสุ่มเป็นการตัดสินใจในการบันทึกข้อมูลการชำรุดโดยไม่รู้ล่วงหน้า การใช้โมเดลนี้ช่วยในการประเมินความสามารถในการใช้งานและการบำรุงรักษาโดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังนำเสนอวิธีการคำนวณค่าประโยชน์ (Utility) เพื่อให้การบำรุงรักษามีการตัดสินใจที่ถูกต้อง และคุ้มค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการใช้งานจริง

Fakher et al. (2016) ทำการศึกษาการลดต้นทุนสำหรับการผลิตร่วมกันและการบำรุงรักษาภายใต้ข้อจำกัดเรื่องคุณภาพ โดยมีการวางแผนการผลิตของขนาดผลิตภัณฑ์ การจัดตารางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำรุงรักษา และระบบคุณภาพเป็นฟังก์ชั่นของระบบ เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรให้มากที่สุดและลดต้นทุนลง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมและ Tabu Search Algorithms ในการนำเสนอด้านของผลสรุปของต้นทุนที่ยอมรับได้

Alaswad and Xiang (2017) ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแบบจำลองการปรับปรุงประสิทธิภาพการบำรุงรักษาตามเงื่อนไข สำหรับระบบที่มีการเสื่อมสภาพแบบสุ่ม มีการใช้วิธี Cost-Based Criteria, Renewal Theory, Heuristics และ Monte Carlo Simulation เป็นต้น ในการเพิ่มประสิทธิภาพ และหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยลดต้นทุนระยะยาวให้เหลือน้อยที่สุด และมีการใช้ตัวแปรทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หาต้นทุนและความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

Sheu et al. (2018) ได้ศึกษานโยบายการรักษาอายุโดยทั่วไปสำหรับระบบที่มีเวลาทำงานแบบสุ่ม โดยขึ้นกับประเภทความล้มเหลว 2 แบบที่มีความน่าจะเป็นตามอายุ แบบที่หนึ่ง คือ การแก้ไขโดยซ่อมแซมเพียงเล็กน้อย และแบบที่สอง คือ การแก้ไขโดยการเปลี่ยนใหม่ โดยระบบจะได้รับการเปลี่ยนแบบป้องกันก่อนที่ความล้มเหลวแบบที่สองจะเกิดขึ้น หรือเมื่อสิ้นสุดการทำงานที่จำนวนสุดท้าย (N) และมีการพูดถึงต้นทุนเนื่องจากการซ่อม การบำรุงรักษา และการเปลี่ยนต้นทุนที่คาดไว้ต่อหน่วยเวลาที่ได้มาเป็นเกณฑ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพ และนโยบายที่เหมาะสมที่สุดที่ลดต้นทุนนั้นจะถูกหารือในเชิงวิเคราะห์ต่อมา

Yang et al. (2019) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรชีวิตที่น่าจะเป็นของการดำเนินการบำรุงรักษาที่ต้องการเพิ่มความทนทาน โดยประยุกต์ใช้กับการวางแผนเสริมความแข็งของไฟเบอร์กลาสเสริมพลาสติก (Fiber-Reinforced Polymer (FRP)) โดยมีการคำนวณของวิธีการที่เสนอนั้นจากอัลกอริทึมการสุ่มตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ (Sampling Algorithms), Multi - Objective Particle Swarm Optimization และ Bookkeeping Technique รวมถึงการสร้างแบบจำลองการเสื่อมสภาพ และการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพวงจรชีวิตให้สูงสุดและการลดต้นทุนการบำรุงรักษาให้น้อยที่สุด

Ikonen et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือกขนาดใหญ่โดยใช้อัตราความล้มเหลวของอ่างน้ำ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอายุการใช้งานเข้ากับการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือก โดยเน้นที่ชุดข้อมูลที่มีอัตราความล้มเหลวในรูปทรงอ่างน้ำ และเสนอการปรับปรุงสองครั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือกตามโปรแกรมจำนวนเต็มแบบไม่เชิงเส้น (Mixed Integer Non-Linear Programming (MINLP)) โดยการปรับปรุงช่วยให้วิธีการที่ใช้จำนวนเต็มแบบไม่เชิงเส้น (Mixed Integer Non-Linear Programming (MINLP)) สามารถจัดการกับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือกขนาดใหญ่ที่มีส่วนประกอบระบบมากถึง 700 ถึง 1,000 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhao et al. (2021) ได้ทำการศึกษานโยบายการเปลี่ยนทดแทนแบบป้องกันด้วยเวลาดำเนินการ เวลาการบำรุงรักษา การซ่อมแซมขั้นต่ำและแนวทางการซ่อมบำรุงรักษา โดยมีการหารือด้านนโยบายการเปลี่ยนทดแทนด้วยเวลาดำเนินการและเวลามาถึงแบบสุ่มของเวลาการบำรุงรักษา สร้างแบบจำลองนโยบาย และค้นหาเวลาเปลี่ยนทดแทนและเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราต้นทุนการเปลี่ยนทดแทนที่คาดไว้ในเชิงวิเคราะห์

Soares et al. (2021) ได้ทำการศึกษาวิธีการสนับสนุนการจัดการการบำรุงรักษาสำหรับการระบุและการวิเคราะห์การลดลงของความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ รวมถึงการประยุกต์ใช้การทดสอบลาปลาส เพื่อระบุอุปกรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ช่วงหนึ่ง โดยมีการอิงเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)) เพื่อให้ได้ข้อมูลความล้มเหลวที่เฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกัน

Sharifi and Taghipour (2021) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิต และการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสภาพแวดล้อมการผลิตแบบเครื่องเดียวในโหมดหลายความล้มเหลวที่ลดประสิทธิภาพลง เครื่องอยู่ภายใต้โหมดความล้มเหลวที่แตกต่างกัน เช่น การเสื่อมสภาพทั้งหมดของเครื่องจักร การพังทลายแบบสุ่ม มีการพิจารณาเกณฑ์ตามสถานะการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร 2 รายการ และการดำเนินการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน 5 รายการ เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของเครื่องเป็นไปตามการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเมทริกซ์ จึงมีการใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) อัลกอริทึมการหลอมจำลอง (Simulated Annealing) และอัลกอริทึมการปรับให้เหมาะสมตามการเรียนการสอน (Teaching – Learning-Based Optimization (TLBO))

Zhen et al. (2021) ทำการเพิ่มประสิทธิภาพ Multi-Objective Optimization ด้วยความเสี่ยง ต้นทุนการบำรุงรักษา เพื่อหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุร้ายแรง โดยมีกรณีศึกษาเป็นอุปกรณ์สำหรับป้องกันภัยร้ายแรงนอกชายฝั่งในการติดตั้งปิโตรเลียม โดยการกำหนดตัวแปรต้นทุน และการประเมินความเสี่ยงขึ้นมาใหม่แทนที่อันเดิม และมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองควบคู่ไปด้วย

Zou et al. (2021) พัฒนาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษา โดยใช้ประโยชน์จากการคำนวณมูลค่าของข้อมูลและกฎของเบย์และความน่าเชื่อถือของระบบ เพื่อตรวจสอบความล้าของโครงสร้างที่มีรอยแตก และจำลองสถานการณ์แต่ละต้นทุน เพื่อหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับโครงสร้างของเรือเดินสมุทร

Florian et al. (2021) ได้ทำการกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษาเกียร์กระปุก ซึ่งรวมถึงต้นทุนและประสิทธิภาพของ Machine Learning ได้ประเมินในเรื่องความน่าจะเป็นในด้านป้องกันความผิดพลาดอย่างถูกต้อง โดยมีการออกแบบประเมินต้นทุนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่คาดหวัง คาบระยะเวลาการบำรุงรักษากรณีต่าง ๆ และมีการวิเคราะห์ความไวของข้อมูลควบคู่ไปด้วย

Tambe and Kulkarni (2022) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองบูรณาการที่อิงความน่าเชื่อถือของการวางแผนการบำรุงรักษาพร้อมการควบคุมคุณภาพและการตัดสินใจในการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานและเพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานระบบ โดยมีการนำเสนอวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing), วิธีการเมตาฮิวริสติก (Meta Heuristic Method) และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มีการนำเสนอการศึกษาการจำลองที่ระดับต่าง ๆ ของการเสื่อมสภาพของส่วนประกอบ (อายุการบริการ) และปัจจัยความเข้มงวดตามกำหนดเวลา

Sun et al. (2022) เพิ่มความสามารถของระบบหน่วยกลั่นน้ำมันและกระบวนการต้มน้ำ ในการจัดการกับการหยุดชะงักที่ไม่แน่นอน ผ่านการบำรุงรักษาด้วยวิธียืดตามความยืดหยุ่น เพื่อปรับการบำรุงรักษาให้เหมาะสมและสามารถลดต้นทุนได้ โดยใช้ระดับความยืดหยุ่นที่ยอมรับได้น้อยสุด (Minimal Acceptable Resilience Level (MARL)) และเวลาฟื้นฟูสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximal Acceptable Restoration Time (MART)) เป็นตัวกำหนดต้นทุนของการบำรุงรักษาที่เหมาะสม มีการออกแบบแบบจำลองตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลาที่จำเป็นในการกู้คืนระบบหรือต้นทุนที่ใช้บำรุงรักษาในกิจกรรมป้องกันและเมื่อเสีย เป็นต้น

Peng et al. (2022) ออกแบบโปรแกรมการบำรุงรักษาแบบป้องกันแบบแบ่งปันต้นทุนแบบใหม่ (Cost-Sharing) เพื่อให้ทั้งลูกค้า และผู้ผลิตเกิดความเท่าเทียมในการออกต้นทุนในช่วงการรับประกัน โดยหาทั้งต้นทุนทั้งหมดที่ผู้ผลิตและลูกค้าคาดหวัง ออกเป็น 2 กรณี เพื่อทำการกำหนดหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยไม่ให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเกิดความลำเอียง

Dui et al. (2022) เสนอการบำรุงรักษาใหม่ที่คำนึงถึงต้นทุนการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน 3 แบบ พร้อมแก้ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพอายุการบำรุงรักษา ประยุกต์ใช้ระบบไฮโดรลิกของเครื่องบิน พิจารณาทั้ง 3 ตัวแปรหลัก คือ ค่าการบำรุงรักษาทั้งหมด เวลาในการบำรุงรักษา และความสามารถของพนักงานที่ทำการบำรุงรักษา

Finkelstein et al. (2023) พัฒนาทฤษฎีพลศาสตร์ประชากร (Dynamic Populations) ที่มีอัตราการเกิดจนกระทั่งสึกหรอของชิ้นส่วนเพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน มีการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องเช่น อัตราความล้มเหลว ต้นทุนการเกิดความล้มเหลว เวลาเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วน เป็นต้น เพื่อได้ผลสรุปในเรื่องอัตราต้นทุนระยะยาวที่คาดหวังไว้ กำไรที่คาดหวังจนกว่าจะเกิดความล้มเหลวหรือการบำรุงรักษาแบบป้องกันก่อน และขนาดที่คาดหวังไว้ของประชากรที่อยู่นิ่งแบบไดนามิก

Vanderschueren et al. (2023) เสนอการสร้างแบบจำลองปัญหา โดยการใช้การอนุมานเชิงสาเหตุ (Causal Inference) เพื่อเรียนรู้ผลกระทบความถี่ของการบำรุงรักษาแบบป้องกันต่ออัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยกเครื่อง (Overhaul) และความล้มเหลวจากข้อมูลในอดีต โดยการหาความถี่ของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน มีการพูดถึงอัตราความล้มเหลวและอัตราการยกเครื่อง

จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถสรุปและเรียบเรียงเชิงเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับงานวิจัยที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา และตารางที่ 2.2 อธิบายเกี่ยวกับหนังสือที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวารสาร	วัตถุประสงค์	ชนิดของอุตสาหกรรม	นโยบายการซ่อมบำรุงรักษา	วิธีการแก้ไขปัญหา	ประเภทของการแจกแจง: อายุการใช้งานของชิ้นส่วน: Weibull	ประเภทของการแจกแจง: อายุการใช้งานของชิ้นส่วน: Exponential	ประเภทของการแจกแจง: อายุการใช้งานของชิ้นส่วน: Normal	ประเภทของการแจกแจง: อายุการใช้งานของชิ้นส่วน: etc.	ประเภทของการแจกแจง: ระยะเวลาการซ่อมแซม: Weibull	ประเภทของการแจกแจง: ระยะเวลาการซ่อมแซม: Exponential	ประเภทของการแจกแจง: ระยะเวลาการซ่อมแซม: Normal	ประเภทของการแจกแจง: ระยะเวลาการซ่อมแซม: etc.	ประเภทของการแจกแจง: อื่นๆ: Weibull	ประเภทของการแจกแจง: อื่นๆ: Exponential	ประเภทของการแจกแจง: อื่นๆ: Normal	ประเภทของการแจกแจง: อื่นๆ: etc.	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าใช้จ่ายรวมในการซ่อมบำรุง	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าใช้จ่ายกรณี PM	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าใช้จ่ายกรณี Overhaul	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าใช้จ่ายจากการทดสอบและตั้งค่าเครื่องจักร	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าใช้จ่ายชิ้นแปร ของ PM	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: มูลค่าอุปกรณ์	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ความสูญเสียทางด้านกำไร	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง: ค่าแรงงานในการซ่อม	พิจารณาเพิ่มเติม: อัตราความล้มเหลวส่วนประกอบ	พิจารณาเพิ่มเติม: Availability/Unavailability	พิจารณาเพิ่มเติม: การวิเคราะห์ความไว
1	Tambe & Kulkarni (2022)	Reliability Engineering and System Safety	เพื่อหาค่าบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานของระบบการผลิตแบบผสมผสานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ	Manufacturing industry (component)	Selective Maintenance	Simulated Annealing Genetic Algorithm	✓												✓					✓				
2	Zhen, Han, & Huang, (2021)	Process Safety and Environmental Protection	เสนอประสิทธิภาพ multi-objective optimization ด้วยการลดความเสี่ยง ค่าบำรุง, เหมาะสมที่สุด และหาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและความเสี่ยงในกระบวนการผลิตที่ต่ำที่สุด	Marine industry (Safety critical Barriers)	Preventive maintenance	Particle swarm optimization Multi-objective particle swarm optimization		✓																✓	✓			
3	Kančev & Čepin (2011)	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความน่าเชื่อถือของระบบ และวิเคราะห์ข้อมูล Test & Maintenance	Manufacturing industry (component Machine)	Breakdown Maintenance	Mathematical Model Age-dependent unavailability model Optimal test interval							✓											✓	✓		
4	Zou, Faber, Gonzalez & Banisoleiman (2021)	Ocean Engineering	พัฒนาวิธีการเพื่อประสิทธิภาพการบำรุงรักษา โดยใช้ประโยชน์จากการตัดสินใจตามข้อมูล VoI ในกรณีศึกษาของ Bay และ ทุ่นลอย	Marine industry (Structure of ocean liner)	Condition-based maintenance	optimization VoI based maintence optimization Probabilistic modelling								▫	✓	✓											
5	Fakher, Noureldath & Gendreau (2016)	International Journal of Production Research	พัฒนาแบบจำลองร่วมสำหรับการตัดสินใจในการเลือกนโยบายการตรวจสอบขนาด lot size การวางแผน PM ตามอายุ	Manufacturing industry (Parallel Machine)	Preventive maintenance	Genetic algorithms Tabu search algorithms Non-integrated method	✓								✓	✓			✓								
6	Alaswad & Xiang (2017)	Reliability Engineering and System Safety	ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแบบจำลองการบำรุงรักษาตามสถานะ สำหรับระบบที่มีการเสื่อมสภาพแบบทุ่น โดยแต่ละทุ่นประยุกต์ให้เหมาะสมที่สุด และมีการใช้แนวทางปฏิบัติ เทคนิคการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร	Machine	Condition-based maintenance	Renewal theory van Noortwijk Monte Carlo simulation									✓	✓											
7	Finkelstein, Ji Hwan & Bedford (2023)	Reliability Engineering and System Safety	พัฒนาทฤษฎีเกมสำหรับประชากร (Dynamic populations) ที่มีอัตราการเกิดจากระดับที่มีการจัดการเพื่อการบำรุงรักษาที่ดีกว่า	Power industry (Wind turbines)	Preventive maintenance	Dynamic population		✓							✓											
8	Sun, Yang & Wang (2022)	Process Safety and Environmental Protection	เพื่อความสามารถของระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ และการบูรณาการด้านการจัดการกับการหยุดชะงักที่ไม่แน่นอน ผ่านการบำรุงรักษาที่ขับเคลื่อนด้วยความเสี่ยงที่ปรับเปลี่ยนได้ โดยใช้ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (MARL) เป็นตัวกำหนดค่าขีดจำกัดของการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	Petroleum industry (Refinery crude unit Upstream process)	Preventive maintenance	Resilience-based approach Probabilistic modelling Dynamic Bayesian network	✓					✓														
9	Florian, Sgarbossa & Zennaro (2021)	International Journal of Production Economics	กำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ขึ้นกับสภาพ machine learning ให้ประมาณอัตราความล้มเหลวตามเงื่อนไขในการตัดสินใจที่เหมาะสม ผลลัพธ์ของการตัดสินใจหลายอย่างพร้อมกัน ซึ่งรวมถึงการเลือกเครื่องจักรที่จะได้รับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และช่วงเวลาการตรวจสอบที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการบำรุงรักษาทั้งหมด	Automotive industry (Gearbox for the oilseeds roasting)	Condition-based maintenance	Decision Support System	✓					✓	✓													
10	Peng, Jiang, Wei & Wang (2022)	International Journal of Production Economics	ออกแบบโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและแบบใช้สินทรัพย์ร่วมกัน (cost-sharing) เพื่อให้ทั้งผู้ทำและผู้ผลิตเกิดความเท่าเทียมในการออกค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โดยพวกเขาได้จ่ายทั้งหมดที่ผู้ผลิตและลูกค้าคาดหวัง	Automotive industry	Preventive maintenance	Llinear programing Probabilistic modelling						✓	✓			✓	✓										
11	Dui, Zhang, Tian & Wu (2022)	Reliability Engineering and System Safety	เสนอการบำรุงรักษาโครงสร้างที่สึกหรอที่ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษาที่ผิดพลาดที่แตกต่างกัน 3 แบบพร้อมกันปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพอายุการบำรุงรักษา ประยุกต์ใช้ระบบไฮดรอลิกของเครื่องบิน	Aviation industry (Hydraulic system for an aircraft)	Preventive maintenance	Optimization Probabilistic modelling	✓						✓			✓										
12	Vanderschueren, Boute, Verdonck, Baesens & Verbeke (2023)	International Journal of Production Economics	เสนอการสร้างแบบจำลองปัญหา โดยการใช้การอนุมานเชิงสาเหตุ (Causal inference) เพื่อเรียนรู้ผลกระทบความร้อนของการกระทำ PM ต่ออัตราการเกิดของการกระทำ	Manufacturing industry (single machine)	Preventive maintenance	Causal inference					✓					✓	✓									
13	งานวิจัยฉบับนี้		จำลองสถานการณ์การเสียหายของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรโดยที่อายุการใช้งานและเวลาซ่อมแซมเป็นแบบ stochastic model เป็นวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม	Manufacturing industry (single machine)	Preventive maintenance	Simulation Probabilistic modelling					✓					✓	✓			✓	✓					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 หนังสือที่กล่าวถึงการอ้างอิงตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษา

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อหนังสือ	นโยบายการซ่อมบำรุงรักษา	วิธีการแก้ไขปัญหา	ประเภทของการแจกแจง		ตัวแปรเกี่ยวกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง								พิจารณาเพิ่มเติม	
							ค่าใช้จ่ายรวมซ่อมบำรุงโดยรวม	ค่าใช้จ่ายกรณี BM	ค่าใช้จ่ายกรณี PM	ค่าใช้จ่าย Overhaul	ค่าใช้จ่ายจากการทดสอบและตั้งค่า	ค่าใช้จ่ายบริการหลังการขาย	มูลค่าอุปกรณ์	ความสูญเสียทางด้านกำไร	อัตราความล้มเหลวส่วนประกอบ	Availability/Unavailability
1	วัฒนา เชียงกูล, เกรียงไกร คำรางรัตน์ และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน (2010)	การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability	Preventive Maintenance	Simulation Monte Carlo Simulation Mathematical Model	อื่นๆ	etc.	✓	✓	✓							
						Normal										
						Exponential										
						Weibull										
					ระยะเวลาการซ่อมแซม	etc.										
						Normal										
						Exponential										
						Weibull										
					อายุการใช้งานของชิ้นส่วน	etc.										
						Normal										
						Exponential										
						Weibull	✓	✓	✓							
2	ชัยวัฒน์ นุ่มทอง และ จิรเกียรติ ทรายทอง (2019)	Maintenance Engineering วิศวกรซ่อมบำรุง	Preventive Maintenance	Probabilistic modelling			✓	✓	✓							
3	Pyzdek and Keller (2003)	Quality Engineering Handbook	Preventive Maintenance	Probabilistic modelling			✓	✓	✓							
4	Bentley (1993)	An Introduction to Reliability and Quality Engineering	Preventive Maintenance Breakdown	Probabilistic modelling			✓	✓	✓				✓		✓	✓
5	Ramakumar (1993)	Engineering reliability: fundamentals and applications	Preventive Maintenance Breakdown	Probabilistic modelling			✓	✓	✓						✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทบทวนงานวรรณกรรม งานวิจัยหลายงานไม่ได้พิจารณาเวลาการบำรุงรักษาแบบแน่นอน (Deterministic Model) เช่น งานวิจัยของ (Barros et al., 2023) นำเสนอการปรับปรุงแบบจำลองสะพานเหล็ก แสดงให้เห็นจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากสภาพปัจจุบันของสะพาน เพื่อปรับปรุงความแม่นยำ และประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สภาพของสะพานให้ดียิ่งขึ้น Cadenazzi et al. (2021) ได้สำรวจความเหมาะสมในการวิเคราะห์ต้นทุนของชีวิต การใช้งานโดยใช้วิธีที่สามารถทำนายได้ และโดยใช้วิธีแบบแน่นอน (Deterministic Model)

ทั้งนี้ก็ยังคงมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาแบบไม่แน่นอน (Stochastic Model) เช่น งานวิจัยของ Florian, Sgarbossa & Zennaro (2021) ได้ทำการกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษาเกียร์กระปุก ซึ่งรวมถึงต้นทุน และประสิทธิภาพของ Machine Learning มีการประเมินความน่าจะเป็นต้นทุนที่คาดหวัง คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้จะรวมถึงการเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบ และการสร้างตัวเลขทั้งแบบเมื่อเสียและแบบป้องกันเพื่อหาต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมที่ต่ำที่สุด และหาประเภทการบำรุงรักษาของเครื่องจักรอุปกรณ์รวมถึงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสมด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรม ดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 พบว่า ผู้วิจัยหลายท่านทั้งในหนังสือและงานวิจัย มีการใช้ตัวแปรต้นทุนที่แตกต่างกันในงานบำรุงรักษาเครื่องจักร แต่หลัก ๆ คือจะมีการใช้ตัวแปรต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Maintenance Cost) ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Maintenance Cost) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นต้นทุนหลักในการหาเรื่องของต้นทุนในการซ่อมแซมเครื่องจักร

โดยผู้วิจัยได้มีเหตุผลในการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation Technique) เพราะ ข้อมูลขาเข้า อายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นตัวแปรสุ่มแบบไม่แน่นอน (Stochastic Model) ทำให้ข้อมูลขาออก ($N_{unplanned}$, $N_{planned}$, $T_{unplanned}$, $T_{planned}$)จะคำนวณออกมานั้นจะไม่ใช่ค่าคงที่ด้วย และสามารถทำให้เข้าใจกระบวนการเสียในแต่ละครั้งของการทดลอง

หมายเหตุ จากตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 เหตุผลที่ใช้ตัวแปรต้นทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในงานวิจัยฉบับนี้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

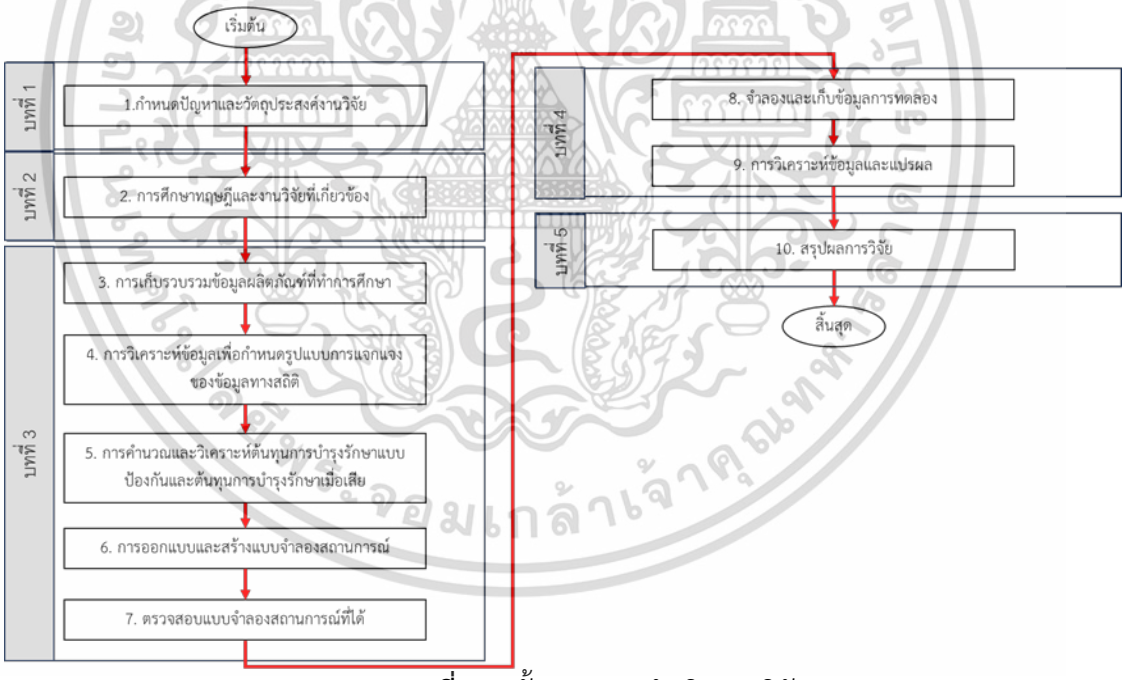
ตารางที่ 2.3 เหตุผลที่ไม่ใช้ตัวแปรต้นทุนบางตัวแปรในงานวิจัย

ลำดับ	ตัวแปรไม่เกี่ยวกับต้นทุนที่เกี่ยวข้อง	เหตุผลที่ไม่นำตัวแปรมาใช้ในงานวิจัย
1	ต้นทุนกรณีการซ่อมแซมครั้งใหญ่หรือการยกเครื่อง (Overhaul)	เนื่องจากแผนกทำการตรวจสอบครั้งใหญ่ ทุก ๆ 10 ปี โดยข้อมูลที่เก็บย้อนหลัง 4 ปี (พ.ศ. 2562 - 2565) ยังไม่มีแผนการทำและรวมต้นทุนกรณีตรวจสอบครั้งใหญ่ลงไปในข้อมูล
2	ต้นทุนจากการทดสอบและตั้งค่าเครื่องจักร	เนื่องจากมีการให้ซัพพลายเออร์ตรวจสอบและทดสอบชิ้นงานก่อนส่งมายังโรงงาน มีการคิดต้นทุนรวมกับราคาขายจึงไม่มีการคิดต้นทุนส่วนนี้อีก
3	ต้นทุนบริการหลังการขาย	เนื่องจากบริษัทไม่ได้มีการบริการหลังการขาย เป็นชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบในเครื่องจักร จึงไม่มีต้นทุนส่วนนี้
4	ต้นทุนผันแปรของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM)	เนื่องจากค่าแรงงานพนักงานของทุกคนถูกนำไปคิดในต้นทุนต่อตันแล้ว จึงไม่เกิดต้นทุนเพิ่มเติมสำหรับพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

จากงานวิจัยฉบับนี้จะวิเคราะห์อายุการทำงานของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อจะกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสม รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำการบำรุงรักษาแบบป้องกันมาประยุกต์ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา จะมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป โดยขั้นตอนนี้จะได้รับรู้ถึงลักษณะการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของชุดข้อมูล หลังจากนั้นจึงนำชุดข้อมูลที่ได้รับรู้ลักษณะการแจกแจงแล้วนั้นมาทำการคำนวณ และวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนต่าง ๆ รวมถึงต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมที่ต่ำที่สุดด้วยภายใต้การออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ หลังจากนั้นจะมีขั้นตอนการทวนสอบและตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ก่อนนำชุดข้อมูลไปใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

หมายเหตุ จากรูปที่ 3.1 จะอธิบายขั้นตอนการทำวิธีดำเนินงานวิจัย โดยมีบทที่ 3 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลไปจนถึงการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ ส่วนในบทที่ 4 เป็นการจำลองและเก็บข้อมูลการทดลอง วิเคราะห์และแปรผล ในบทที่ 5 เป็นการสรุปผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย สามารถแบ่งออกเป็น 5 บท โดยบทที่ 1 คือ การกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ บทที่ 2 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงบทที่ 3 มีการเก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ และการทวนสอบและตรวจสอบการจำลองสถานการณ์ สามารถแบ่งออกเป็น การตรวจสอบแบบจำลองถานการณ์ และการทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ ในส่วนของบทที่ 4 จำลองเก็บข้อมูลทางการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลและแปรผล บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

ในบทที่ 3 จะมุ่งเน้นไปเรื่องแนวการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีหัวข้อหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

3.2 ข้อความแห่งปัญหาของงานวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ Take Out Arm

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ

3.5 การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

3.6 การออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์

3.7 การทวนสอบและตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์

3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) (Thai Glass Industries Public Co., Ltd. (TGI)) ดังรูปที่ 3.2 ได้ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2494 เป็นบริษัทที่ทำธุรกิจด้านบรรจุภัณฑ์แก้วในประเทศไทยมายาวนานกว่า 60 ปี บริษัทตั้งอยู่ที่อำเภอบางพลี จังหวัด สมุทรปราการ ประเทศไทย และได้เข้าร่วมทุนกับบริษัทออสเตรเลียน คอนโซลิเดดเต็ด อินดัสตรี จำกัด ประเทศออสเตรเลีย

ปัจจุบันบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) มีกำลังการผลิตมากกว่า 2,400 ตันต่อวัน (2,400,000 กิโลกรัมต่อวัน) โดยบริษัทผลิตสินค้าประเภทขวดเบียร์ ขวดสุรา ขวดไวน์ ขวดน้ำอัดลม ขวดอาหาร ขวดน้ำดื่ม และบรรจุภัณฑ์เกี่ยวกับยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)
(Thai Glass Industries Public Company Limited, 2011)

3.1.1 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตผลิตภัณฑ์มาตรฐาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ บรรจุภัณฑ์ปากแคบ บรรจุภัณฑ์ปากกว้าง และบรรจุภัณฑ์ฝาขวด ดังรูปที่ 3.3

1. บรรจุภัณฑ์ปากแคบ (Bottles) คือ บรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดของปากขวดต่ำกว่า 38 มิลลิเมตร
2. บรรจุภัณฑ์ปากกว้าง (Jars) คือ บรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดของปากขวดเกินกว่า 38 มิลลิเมตร
3. บรรจุภัณฑ์ฝาขวด มีฝาที่นิยมใช้กับบรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว คือ

- ฝาจีบ (Crown Cap) ใช้กับขวดน้ำอัดลม ขวดโซดาและขวดเบียร์
- ฝาเกลียวล็อค (Off Cap) ใช้กับขวดอาหารที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ
- ฝาเกลียวธรรมดา (Screw Cap) ใช้กับขวดอาหารที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ
- ฝาดึงเปิด (Maxi Cap) ใช้กับขวดน้ำดื่ม
- ฝาจุกคอร์ค (Cork Cap) ใช้กับขวดไวน์
- ฝาเกลียวบิดขาด (R.O.P.P. Cap) ใช้กับขวดยา ขวดน้ำหวาน ขวดเครื่องดื่มบำรุงกำลัง

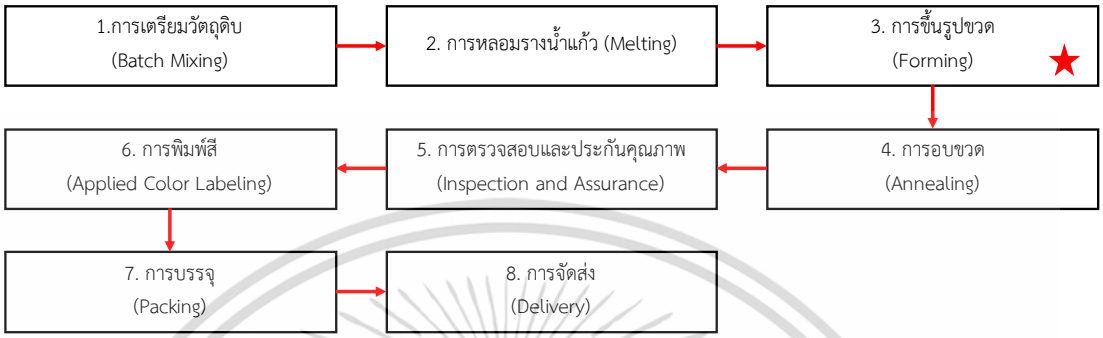
หมายเหตุ งานวิจัยฉบับนี้สนใจที่บรรจุภัณฑ์ปากแคบมีขนาดของปากขวดต่ำกว่า 38 มม. เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดโซดา และขวดเบียร์

รูปที่ 3.3 ลักษณะฝาต่าง ๆ ที่ทางโรงงานผลิต
(Thai Glass Industries Public Company Limited, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วของบริษัทกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว มีกระบวนการทั้งหมด 8 ขั้นตอน (ดังรูปที่ 3.4) ดังนี้



หมายเหตุ ★ เป็นขอบเขตของงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งฝ่ายการซ่อมบำรุงรักษาสนับสนุนกระบวนการผลิตดังกล่าว

รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว

1. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Batch Mixing) โดยมีการแบ่งวัตถุดิบออกเป็น 2 ประเภท คือ วัตถุดิบหลัก (Major Ingredients) และวัตถุดิบย่อย (Minor Ingredients)

วัตถุดิบหลัก (Major Ingredients) มีส่วนประกอบ คือ

- ทราย หลอมที่ 1,725 องศาเซลเซียส
- โซดาแอซ ช่วยในการลดจุดหลอมเหลวในการหลอมเหลือ 1,500 องศาเซลเซียส
- หินปูน เพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อแก้วในการเย็นตัว
- เฟลด์ปาร์ เพิ่มความคงทนให้กับเนื้อแก้ว
- เศษแก้วที่นำกลับมาใช้ใหม่ จะช่วยประหยัดพลังงานในการหลอมได้ 10 - 15 %

วัตถุดิบย่อย (Minor Ingredients) มีส่วนประกอบ คือ

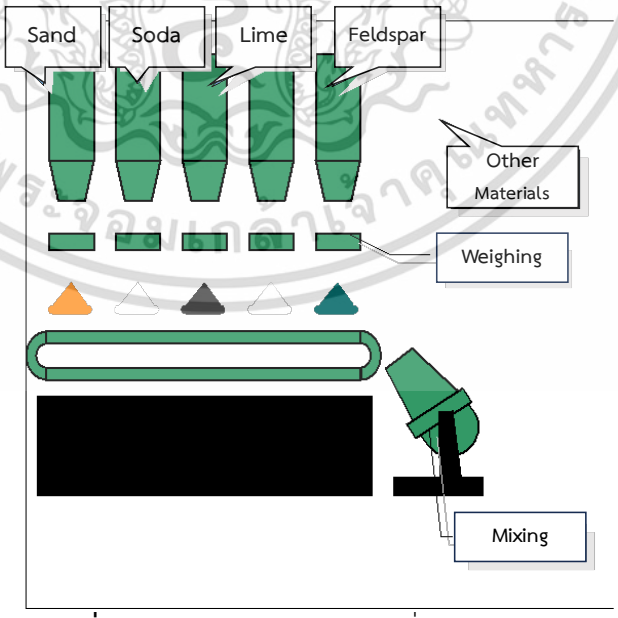
- โซเดียมซัลเฟต จะช่วยไล่ฟองอากาศในน้ำแก้ว
- ไอรอน อ็อกไซด์ ทำให้แก้วเปลี่ยนเป็นสีชา (หรือไอรอน โครไมท์ ทำให้แก้วเปลี่ยนเป็นสีเขียว)
- ซิลิเนียม จะช่วยฟอกสีเนื้อแก้วให้ใสวาวขึ้น
- โคลดัสท์ จะช่วยในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดเป็นสีชา

หมายเหตุ สามารถดูรูปตัวอย่างวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 วัตถุดิบที่ให้ในการผสมสำหรับการผลิตขวดแก้ว

เมื่อได้ทำการผสมวัตถุดิบต่างๆเข้าด้วยกันในโม่เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะถูกเรียกว่า “ส่วนผสม (Batch)” จะถูกลำเลียงพร้อมด้วยเศษแก้ว เพื่อส่งไปยังไซโลของเตาหลอมและรอการป้อนเข้าเตาหลอมต่อไป ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องโม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

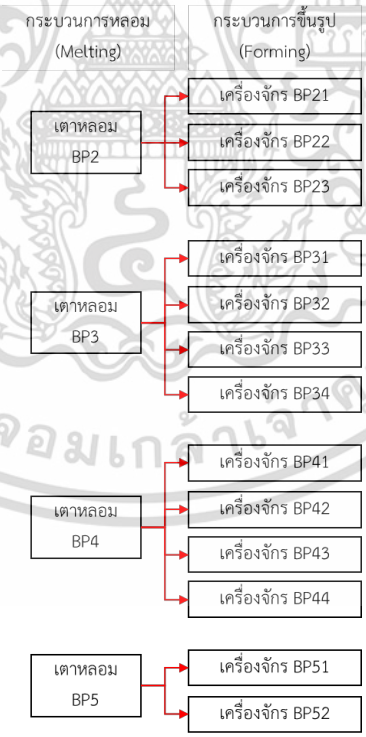
2. กระบวนการหลอม (Melting) วัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าไปในทางเตาหลอมที่อุณหภูมิประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส โดยใช้แก๊สธรรมชาติและกระแสไฟฟ้า ในสภาวะนี้ฟองแก๊สจะระเหยออกไปจากผิวแก้วผ่านปล่อง มีเตาหลอม 2 ชนิด คือ (1) Recuperative Furnace Type และ (2) Regenerative Furnace Type โดยใช้เชื้อเพลิงในการหลอมแก้ว คือ ก๊าซธรรมชาติ (NG) และระบบ Electro Boost ทางโรงงานมีเตาหลอมด้วยกันทั้งหมด 4 เตาหลอม (ดังรูปที่ 3.7) ได้แก่

(1) เตาหลอม BP 2 โดยจะส่งน้ำแก้วให้กับเครื่องจักรขึ้นรูปขวดจำนวน 3 เครื่อง ได้แก่ BP21, BP22, และ BP23

(2) เตาหลอม BP 3 โดยจะส่งน้ำแก้วให้กับเครื่องจักรขึ้นรูปขวดจำนวน 4 เครื่อง ได้แก่ BP31, BP32, BP33 และ BP34

(3) เตาหลอม BP 4 โดยจะส่งน้ำแก้วให้กับเครื่องจักรขึ้นรูปขวดจำนวน 4 เครื่อง ได้แก่ BP41, BP42, BP43 และ BP44

(4) เตาหลอม BP 5 โดยจะส่งน้ำแก้วให้กับเครื่องจักรขึ้นรูปขวดจำนวน 2 เครื่อง ได้แก่ BP51 และ BP52



รูปที่ 3.7 แผนภูมิโครงสร้างเครื่องจักรกระบวนการหลอม และกระบวนการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระบวนการขึ้นรูป (Forming) หลังจากแก้วได้ถูกหลอมในกระบวนการหลอมแล้ว จะถูกส่งผ่านมายังรางแก้ว โดยรับน้ำแก้วมาจากทางเตาหลอม และมีการปรับลดอุณหภูมิแก้วจาก 1,300 องศาเซลเซียส ลงสู่อุณหภูมิปกติที่ใช้งานที่ประมาณ 1,100 – 1,140 องศาเซลเซียส ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต เมื่อน้ำแก้วถูกปรับอุณหภูมิแล้ว ต้องผ่านการปรับรูปร่างให้เหมาะสมด้วยที่เครื่องฟีดเดอร์ เมื่อกรรไกรตัดก้อนแก้วออกมาเป็นน้ำแก้วแล้ว จะถูกส่งผ่านมายังระบบลำเลียง และส่งผ่านไปยังเครื่องจักรทำการขึ้นรูปปากขวด ถูกส่งผ่านมายังด้านโมลเป็นขวดสำเร็จรูป และถูกส่งไปอบอีกครั้ง โดยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขวดแก้ว มี 3 รูปแบบกระบวนการ คือ กระบวนการขึ้นรูปขวดปากแคบ (Blow and Blow) เป็นการขึ้นรูปด้วยลม กระบวนการขึ้นรูปขวดปากกว้าง (Press and Blow) ที่มากกว่า 38 มิลลิเมตร เป็นขึ้นรูปด้วยเดือย และกระบวนการขึ้นรูปขวดปากแคบ (Narrow Neck Press and Blow) เป็นขึ้นรูปด้วยเดือยที่เล็กกว่า 38 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.8

โดยในปัจจุบันเปิดใช้งานเครื่องจักรที่ BP21, BP22, BP23, BP31, BP32, BP33, BP34, BP41, BP42, BP43, BP44, BP51 และ BP52 โดยแต่ละเครื่องจักรแบ่ง Section ออกไป 8-12 Section ขึ้นอยู่กับแต่ละเครื่องจักรนั้น ๆ โดยมีรายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปจะแสดงรายละเอียดของ Section ภายในเครื่องจักร สามารถดูได้ในหัวข้อ 3.1.3

รูปที่ 3.8 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว

4. กระบวนการอบขวด (Annealing) เมื่อขวดถูกส่งผ่านเข้าไปในรางอบ ในรางอบจะแบ่งออกเป็นโซน สามารถปรับอุณหภูมิโปรไฟล์ได้ โดยเริ่มจากอุณหภูมิที่สูงไปอุณหภูมิที่ต่ำ เพื่อให้ขวดลดความเครียดและความเค้นลง หลังจากนั้นทำการพ่นสเปรย์เพื่อเคลือบผิวขวดให้ลื่น เพื่อลดการเสียดสีที่ก่อให้ขวดเกิดรอยได้ ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 กระบวนการอบขวด

5. กระบวนการตรวจสอบและประกันคุณภาพ (Inspection and Assurance)

กระบวนการตรวจสอบและประกันคุณภาพจะประกอบด้วยพนักงาน 2 กลุ่ม คือ

- พนักงานตรวจสอบคุณภาพ (QC) ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด รวมถึงการใช้เกจวัดขนาดปากขวด หลังจากนั้นขวดจะถูกส่งไปยังสายพานเพื่อเข้าเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติเป็นการตรวจสอบแบบ 100% แต่ถ้าไม่ผ่านมาตรฐาน ขวดจะถูกนำไปหลอมใหม่อีกครั้ง

- พนักงานประกันคุณภาพ (QA) สุ่มทำการตรวจสอบพิเศษนอกเหนือจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพ คือการตรวจสอบเรื่องการต้มน้ำร้อนและต้มน้ำเย็น เพื่อยืนยันว่าขวดสามารถรองรับอุณหภูมิก่อนที่จะถูกส่งมอบได้ รวมถึงการตรวจสอบความดันสำหรับขวดที่นำไปอัดแก๊ส และวัดจุดกระทบเพื่อวัดการรองรับแรงของขวด ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความสามารถในการรับความดันภายในขวดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กระบวนการพิมพ์สี (Applied Color Labeling) เมื่อขวดที่รอการพิมพ์สีถูกส่งผ่านมายังสายพานลำเลียงเพื่อเข้าเครื่องพิมพ์สี เมื่อพิมพ์สีแล้วจะถูกนำไปอบอีกครั้งเพื่อให้สีแห้ง และจะมีพนักงานคอยตรวจสอบเกี่ยวกับการพิมพ์สีที่ท้ายกระบวนการผลิต

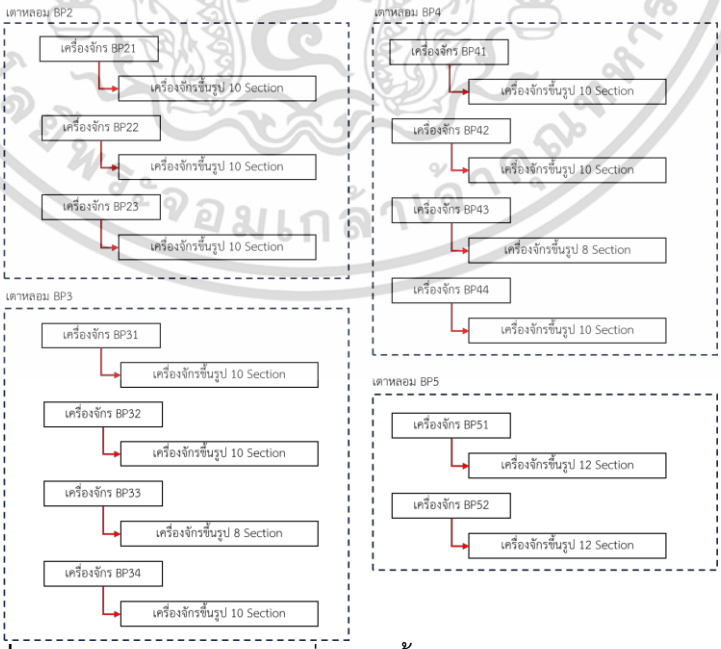
7. กระบวนการบรรจุ (Packing) หลังจากกระบวนการพิมพ์สีแล้ว ขวดจะถูกบรรจุให้เรียบร้อย โดยใช้ถาดกระดาษ, ถาดไม้, ลังพลาสติกหรือกระสอบ ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ เมื่อบรรจุแล้วจะเข้าสู่การจัดส่ง โดยกระบวนการนี้มีทั้งการบรรจุด้วยมือ และบรรจุด้วยเครื่อง แล้วจะทำการจัดเก็บเข้าโกดัง

8. กระบวนการจัดส่ง (Delivery) เป็นขั้นตอนการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าตามกำหนดการที่นัดหมายการส่งมอบไว้

หมายเหตุ งานวิจัยฉบับนี้สนใจแผนกซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มาสนับสนุนกระบวนการขึ้นรูป (Forming) เท่านั้น

3.1.3 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป

เครื่องจักรขึ้นรูปขวดในกระบวนการขึ้นรูป (Forming) จะมีทั้งหมด 12 เครื่อง โดยในปัจจุบันเปิดใช้งานเครื่องจักรที่ BP22, BP23, BP31, BP32, BP33, BP34, BP41, BP42, BP43, BP44, BP51 และ BP52 โดยแต่ละเครื่องจักรจะมีจำนวน Section ที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (ดังรูปที่ 3.11) ดังนี้



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของเครื่องจักรขึ้นรูปขวดและจำนวน Section

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

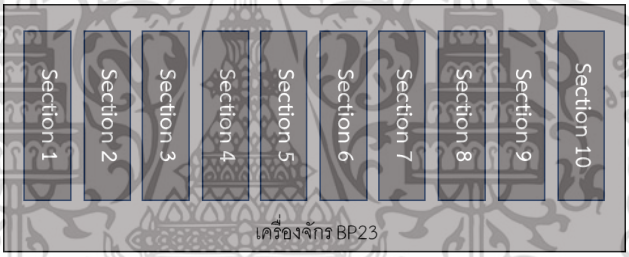
กลุ่มที่ 1 เครื่องจักรขึ้นรูปขวด ที่มี 8 Section ได้แก่ BP33 และ BP43

กลุ่มที่ 2 เครื่องจักรขึ้นรูปขวด ที่มี 10 Section ได้แก่ BP22, BP23, BP31, BP32, BP34, BP41, BP42 และ BP44

กลุ่มที่ 3 เครื่องจักรขึ้นรูปขวด ที่มี 12 Section ได้แก่ BP51 และ BP52

โดยที่ Section คือ ส่วนย่อยของการขึ้นรูปขวด ในแต่ละ Section จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ Blow Head Arm, Take Out Arm, Mold Holder, Funnel Arm, Baffle Arm, Blank Holder และ Neck Ring Arm

อุปกรณ์ Take Out Arm เป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรขึ้นรูปขวด มีหน้าที่เป็นแขนให้ตัวคีบขวดในกระบวนการขึ้นรูปขวด โดยที่อุปกรณ์ Take Out Arm จะถูกกล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 3.3 และในหัวข้อนี้ขอยกตัวอย่าง เครื่องจักรขึ้นรูปขวด BP23 จะมีทั้งหมด 10 Section ดังรูปที่ 3.12 อนึ่ง ในงานวิจัยฉบับนี้จะสนใจเครื่องจักรขึ้นรูปขวดทั้ง 12 เครื่อง



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างจำนวน Section ภายในเครื่องจักรขึ้นรูปขวด BP23

อุปกรณ์ Take Out Arm สามารถแบ่งได้เป็น 6 รุ่น ได้แก่ รุ่น 210-431-1, รุ่น 2213200006, รุ่น OIS-03218 GR22, รุ่น OIS-03530 GR05, รุ่น OIS-03697 GR01 และ รุ่น OIS-03697 GR05 และมีความสัมพันธ์กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว ดังนี้

(1) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP23

(2) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP22, BP32 และ BP34

(3) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP43

(4) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP42 และ BP44

(5) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP51 และ BP52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 สามารถใช้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแก้ว BP31, BP33 และ BP41

3.1.4 การบำรุงรักษาเครื่องจักรภาพรวม

แผนกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นแผนกที่ทำการศึกษาข้อมูล โดยในแผนกนี้มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักร การวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาต่าง ๆ การบำรุงรักษาประจำวัน รวมถึงการซ่อมแซมครั้งใหญ่หรือการยกเครื่อง เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้อย่างตรงตามเป้าหมาย

ในแผนกมีทั้งการสนับสนุนแบบการบำรุงรักษาป้องกัน (Preventive Maintenance (PM)) และแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance (BM)) ยังมีการตรวจสอบคุณสมบัติของของที่สั่งซื้อให้ตรงตามความต้องการของบริษัท บริหารการเบิกจ่ายชิ้นส่วนเครื่องจักร และการประสานงานในเรื่องการดัดแปลงอุปกรณ์ต่างๆ และการติดตั้งเครื่องจักร เป็นต้น

อุปกรณ์ภายใน Section สามารถแบ่งการซ่อมบำรุงรักษาออกเป็น 2 แบบ (ไม่รวมการบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance) และการซ่อมแซมครั้งใหญ่หรือการยกเครื่อง (Overhaul) คือ

แบบที่ 1 การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้แก่ อุปกรณ์ Positioner, Neck Ring Arm, Take Out Tong Head, Baffle Arm, Blow Head Arm และสายลมต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีแผนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน แต่ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่อุปกรณ์เสียก่อนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ฝ่ายไอเอส (IS) จำเป็นต้องรีบมาแก้ไขหรือซ่อมแซมทันทีหรือเรียกว่า การบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance)

แบบที่ 2 การบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) ได้แก่ อุปกรณ์ Take Out Arm

อนึ่ง การบำรุงรักษาประจำวัน (Daily Maintenance) และการซ่อมแซมครั้งใหญ่หรือการยกเครื่อง (Overhaul) มีการทำทุก ๆ 10 ปี แต่ไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยฉบับนี้

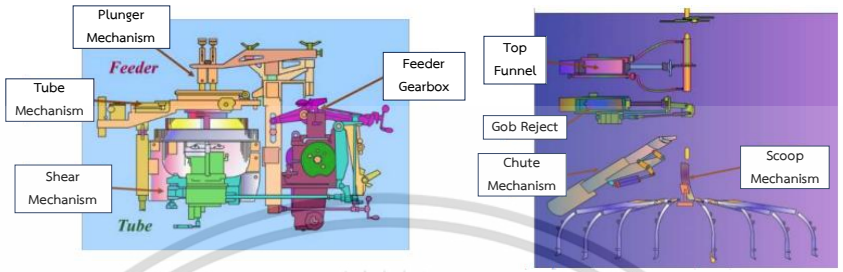
ที่สำคัญถ้ามี 1 Section ชำรุดหรือเกิดปัญหากะทันหัน เมื่อต้องซ่อมแซม Section นั้น ๆ จะทำให้ Section อื่น ๆ ต้องหยุดการทำงานไปด้วย

แผนกการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร มีการแบ่งทีมงานออกเป็น 4 ฝ่าย เพื่อทำการรับผิดชอบเครื่องจักร ดังนี้

1. ฝ่ายฟีดเดอร์ (Feeder) ทำหน้าที่รับผิดชอบชิ้นส่วนเครื่องจักรขึ้นรูปขวด ในกระบวนการตั้งแต่การสากกระทุ้งน้ำแก้วเพื่อให้น้ำแก้วไหลผ่านรูน้ำแก้ว (O-ring), ถังน้ำแก้ว (Sprout), ตัวหมุนวนน้ำแก้ว (Tube Mechanism), ใบกรรไกรตัดน้ำแก้ว (Shear Mechanism), ท่อตรงรอรับน้ำแก้วหลังจากตัดแล้ว (Top Funnel), ตัวปฏิเสธน้ำแก้ว (Gob Reject), รางจ่ายน้ำแก้ว (Scoop

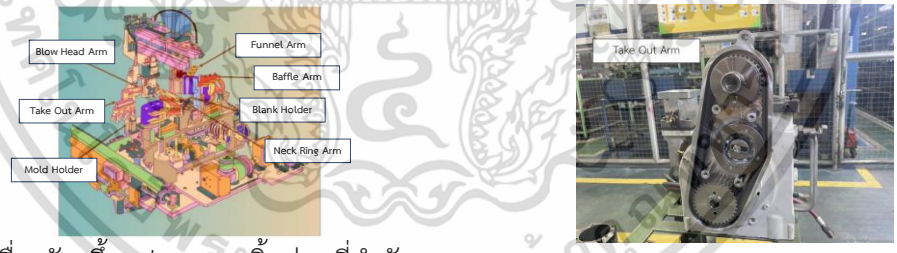
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanism), ท่อทิ้งน้ำแก้ว (Chute Mechanism), ท่อตรงรอรับน้ำแก้ว (Trough) และ Deflector ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายฟีดเดอร์

2. ฝ่ายไอเอส (IS) ทำหน้าที่รับผิดชอบชิ้นส่วนเครื่องจักรขึ้นรูปขวด ซึ่งพนักงานในฝ่ายไอเอส (IS) จะต้องรับผิดชอบชิ้นส่วนเครื่องจักรขึ้นรูปขวด ในส่วนของการออกขวดเพื่อให้ขวดออกมาเป็นรูปร่างในลักษณะต่าง ๆ แล้วแต่ผลิตภัณฑ์ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดูแลในส่วนของการออกขวดเพื่อให้ขวดออกมาเป็นรูปร่างในลักษณะต่าง ๆ แล้วแต่ผลิตภัณฑ์ ในแต่ละ Section มี Funnel Arm, Baffle Arm, Blow Head Arm, Take Out Arm, Mold Holder, Blank Holder และ Neck Ring Arm ดังรูปที่ 3.14

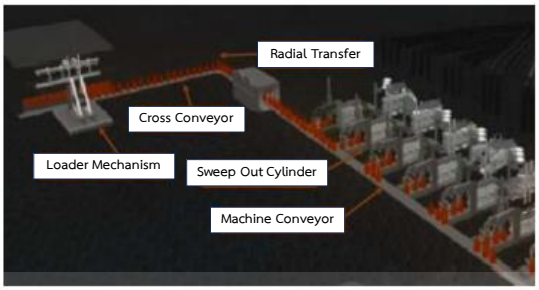


ก) เครื่องจักรขึ้นรูปขวดและชิ้นส่วนที่สำคัญ ข) Take Out Arm

รูปที่ 3.14 อุปกรณ์เครื่องจักรขึ้นรูปขวดในความรับผิดชอบของฝ่ายไอเอส

3. ฝ่ายสายพาน (Conveyor) ทำหน้าที่รับผิดชอบชิ้นส่วนเครื่องจักรขึ้นรูปขวด ในส่วนสายพานลำเลียงขวด Machine Conveyor, Radial Transfer และ Cross Conveyor จนถึงกระบวนการนำขวดเข้ารางเพื่อทำการอบในรางอบ Loader Mechanism ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายสายพาน

4. ฝ่ายเตรียมหน้าแปลนและจัดส่ง (Holder and Delivery) หรือ Hinge ทำหน้าที่รับผิดชอบชิ้นส่วนเครื่องจักรขึ้นรูปขวดในส่วนของที่ถือเบ้า Blank Holder และ Mold Holder ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 อุปกรณ์เครื่องจักรในความรับผิดชอบของฝ่ายเตรียมหน้าแปลนและจัดส่ง

หมายเหตุ ในงานวิจัยฉบับนี้จะสนใจฝ่ายไอเอส (IS) เท่านั้น เพราะว่าฝ่ายนี้สนับสนุนการทำกระบวนการขึ้นรูปขวด (Forming) และสามารถดูกระบวนการทำงานการบำรุงรักษาเมื่อเสียของฝ่ายไอเอส (IS) ได้ในหัวข้อที่ 3.3.3

3.2 ข้อความแห่งปัญหาของงานวิจัย

ณ ปัจจุบัน (ก่อนการปรับปรุง) ชิ้นส่วนภายใน Section ซึ่งอยู่ภายในเครื่องจักรขึ้นรูปขวดนั้นไม่มีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ได้แก่ อุปกรณ์ Take Out Arm นั่นหมายความว่า อุปกรณ์ Take Out Arm จะทำงานจนเสียเกิดเสียงดังผิดปกติขึ้น (Breakdown Maintenance) แล้วพนักงานจะนำอุปกรณ์ Take Out Arm ที่เสียออกจาก Section นั้น แล้วนำอุปกรณ์ Take Out Arm (ชิ้นใหม่) ใส่เข้าไปแทน เพื่อให้ Section นั้นกลับสู่สภาวะการทำงานปกติให้เร็วที่สุด ทางฝ่ายไอเอส (IS) ยังขาดข้อมูลในการสนับสนุนในการเปลี่ยนจากการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) มาเป็นการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อยืนยันว่าการบำรุงรักษาแบบป้องกันให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด จึงเป็นที่มาของงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้อุปกรณ์ Take Out Arm ยังมีต้นทุนการบำรุงรักษาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละปี เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรขึ้นรูปขวด ดังตารางที่ 3.1 อนึ่ง อุปกรณ์ Baffle จะมีต้นทุนการบำรุงรักษาที่สูงเป็นอันดับ 1 แต่ทางบริษัทกรณีศึกษาสามารถแก้ปัญหาเบื้องต้นได้แล้ว ในขณะที่อุปกรณ์ Take Out Arm ยังมีแนวโน้มสูงตั้งแต่ปี 2562 ถึง 2565 มีค่า 11.152%, 28.691%, 31.607%, และ 43.534% บาท ตามลำดับ

ดังนั้น ข้อความแห่งปัญหาของงานวิจัยฉบับนี้ (Statement of Problem) คือ ทางโรงงานไม่ทราบว่า อุปกรณ์ Take Out Arm ควรทำการบำรุงรักษาประเภทใด ระหว่างการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) และการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) แล้วถ้าควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) จะทำที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่าใด จึงจะให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด

โดยมีอุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 6 รุ่นที่ถูกพิจารณาในงานวิจัยฉบับนี้ ได้แก่ รุ่น 210-431-1, รุ่น 2213200006, รุ่น OIS-03530 GR05, รุ่น OIS-03218 GR22, รุ่น OIS-03697 GR01 และรุ่น OIS-03697 GR05

ตารางที่ 3.1 ต้นทุนการบำรุงรักษา (หน่วย : บาท) ปี พ.ศ. 2562 – 2565

อันดับ	อุปกรณ์	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565	ต้นทุนเฉลี่ยต่อปี
1	Positioner	0.002%	0.000%	2.801%	0.063%	0.717%
2	Blow Head Arm	10.148%	15.089%	10.350%	12.125%	11.928%
3	Baffle Arm	59.797%	39.744%	25.790%	27.203%	38.133%
4	Take Out Tong Head	9.369%	10.499%	14.392%	11.895%	11.539%
5	Take Out Arm	11.152%	28.691%	31.607%	43.534%	28.746%
6	Plunger Cylinder	4.398%	3.507%	2.065%	4.369%	3.585%
7	Neck Ring Arm	2.184%	2.470%	12.325%	0.805%	4.446%
8	Spool Valve F/N	2.951%	0.000%	0.669%	0.006%	0.906%

หมายเหตุ อุปกรณ์ Take Out Arm เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในขอบเขตงานวิจัยฉบับนี้

ดัชนีชี้วัดหลัก (KPI) ของงานวิจัยฉบับนี้ คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม มีหน่วย คือ บาท ต่อ 4 ปี

และดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม ได้แก่

- ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) มีหน่วย คือ บาทต่อ 4 ปี
- ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) มีหน่วย คือ บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย มีหน่วย คือ ครั้งต่อ 4 ปี
- จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน มีหน่วย คือ ครั้งต่อ 4 ปี
- เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) มีหน่วย คือ วันต่อ 4 ปี (นาทีต่อ 4 ปี)
- คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน มีหน่วย คือ วัน

ค่าดัชนีชี้วัดหลัก (KPI) และค่าดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้ง 6 รุ่น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดหลักของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น

รุ่นของอุปกรณ์	**ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (ดัชนีชี้วัดหลัก)**	**ข้อเสนอแนะจากการจำลองสถานการณ์**		**ต้นทุนที่ดีที่สุดจากการแนะนำ (บาทต่อ 4 ปี)**	**ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)**	**ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)**
		ทำ PM	**ทำ BM**			
210-431-1	595,199.00			$C^{210\text{-}431\text{-}1}_{total}$	$C^{210\text{-}431\text{-}1}_{BM}$	$C^{210\text{-}431\text{-}1}_{diff.}$
2213200006	216,735.03			$C^{2213200006}_{total}$	$C^{2213200006}_{BM}$	$C^{2213200006}_{diff.}$
OIS-03218 GR22	71,142.00			$C^{OIS\text{-}03218\ GR22}_{total}$	$C^{OIS\text{-}03218\ GR22}_{BM}$	$C^{OIS\text{-}03218\ GR22}_{diff.}$
OIS-03530 GR05	68,730.00			$C^{OIS\text{-}03530\ GR05}_{total}$	$C^{OIS\text{-}03530\ GR05}_{BM}$	$C^{OIS\text{-}03530\ GR05}_{diff.}$
OIS-03697 GR01	1,087,846.00			$C^{OIS\text{-}03697\ GR01}_{total}$	$C^{OIS\text{-}03697\ GR01}_{BM}$	$C^{OIS\text{-}03697\ GR01}_{diff.}$
OIS-03697 GR05	438,221.15			$C^{OIS\text{-}03697\ GR05}_{total}$	$C^{OIS\text{-}03697\ GR05}_{BM}$	$C^{OIS\text{-}03697\ GR05}_{diff.}$

หมายเหตุ $C^{รุ่น}_{total}$ = ต้นทุนที่ดีที่สุดจากการแนะนำรุ่นต่าง ๆ

$C^{รุ่น}_{BM}$ = ต้นทุนที่ไม่ได้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันรุ่นต่าง ๆ

$C^{รุ่น}_{diff.}$ = ค่าความแตกต่างรุ่นต่าง ๆ

■ = ข้อเสนอแนะจากการจำลองสถานการณ์ระหว่างทำ PM/BM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหา

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาทต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ BM	ผลลัพธ์
210-431-1	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	595,199.00			$C^{210\text{-}431\text{-}1}_{unplanned}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C^{210\text{-}431\text{-}1}_{planned}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	143			$N^{210\text{-}431\text{-}1}_{unplanned}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N^{210\text{-}431\text{-}1}_{planned}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	2.63			$T^{210\text{-}431\text{-}1}_{unplanned}$ $T^{210\text{-}431\text{-}1}_{planned}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T^{210\text{-}431\text{-}1}_{PM}$
2213200006	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	216,735.03			$C^{2213200006}_{unplanned}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C^{2213200006}_{planned}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	64			$N^{2213200006}_{unplanned}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N^{2213200006}_{planned}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	1.4375			$T^{2213200006}_{unplanned}$ $T^{2213200006}_{planned}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T^{2213200006}_{PM}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหา (ต่อ)

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาทต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ PM	ผลลัพธ์
OIS-03218 GR22	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	71,142.00			$C_{unplanned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C_{planned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	30			$N_{unplanned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N_{planned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	0.97061			$T_{unplanned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$ $T_{planned}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T_{PM}^{OIS\text{-}03218\ GR22}$
OIS-03530 GR05	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	68,730.00			$C_{unplanned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C_{planned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	82			$N_{unplanned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N_{planned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	2.04167			$T_{unplanned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$ $T_{planned}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T_{PM}^{OIS\text{-}03530\ GR05}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหา (ต่อ)

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาท ต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ PM	ผลลัพธ์
OIS-03697 GR01	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	1,087,846.00			$C_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	231			$N_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	3.37219			$T_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$ $T_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T_{PM}^{OIS\text{-}03697\ GR01}$
OIS-03697 GR05	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	438,221.15			$C_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$C_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	222			$N_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			$N_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	5.79393			$T_{unplanned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$ $T_{planned}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ไม่ระบุ			$T_{PM}^{OIS\text{-}03697\ GR05}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.2 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม ณ ปัจจุบัน (ก่อนการปรับปรุง) มีดังนี้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 595,199 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 221320006 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 216,735.03 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 71,142.00 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 68,730.00 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 1,087,846.00 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 มีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 438,221.15 บาทต่อ 4 ปี

จากตารางที่ 3.3 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหา พบว่า จะไม่มีต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน, จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยมีต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย มีรายละเอียด ดังนี้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 143 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 2.63 วันต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 64 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 1.4375 วันต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 30 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.97061 วันต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 82 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 2.04167 วันต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 231 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 3.37219 วันต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 มีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 222 ครั้งต่อ 4 ปี เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 5.79393 วันต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ Take Out Arm

ในการศึกษาวิเคราะห์อายุการใช้งานอุปกรณ์ Take Out Arm ต้องทราบว่าการเสียหายเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด เพื่อรองรับการตัดสินใจในการกำหนดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษา

ในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลอายุการใช้งาน จำเป็นต้องมีข้อมูลประวัติเกี่ยวกับโหมดการเสียหายในอดีต โหมดการเสียหาย คือ วิธีที่อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์สูญเสียความสามารถในการปฏิบัติหน้าที่ของมันบางส่วนหรือทั้งหมด (Calixto, 2016, pp.1-92)

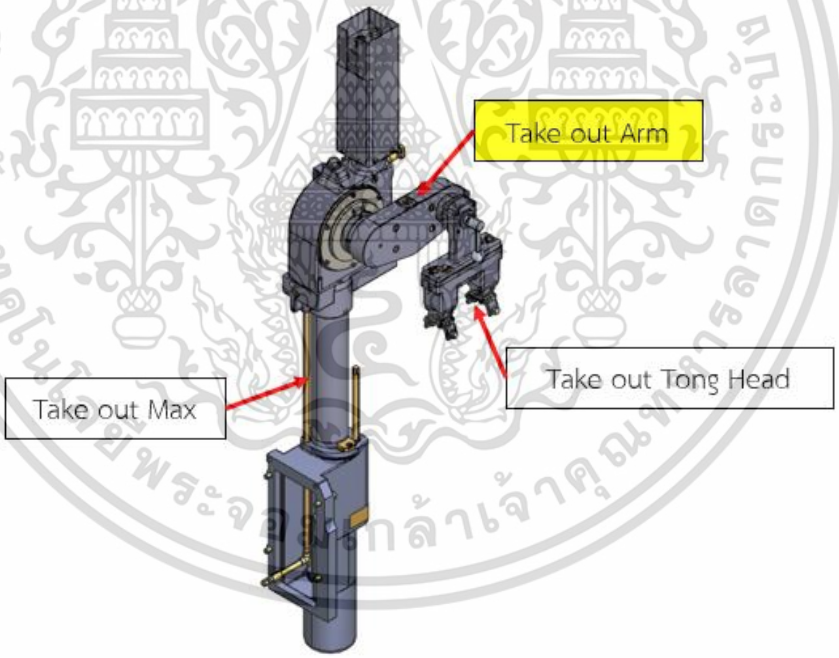
3.3.1 ลักษณะและรุ่นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ Take Out Arm และหน้าที่

จากการศึกษาข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา อุปกรณ์ Take Out Arm ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของฝ่ายไอเอส (IS) ซึ่งเป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่ในส่วนของการออกขวดในแต่ละ Section ของเครื่องจักร มีรุ่นย่อยทั้งหมด 6 รุ่น โดยแต่ละรุ่นนั้น นำไปใช้งานกับเครื่องจักรคนละเครื่อง โดยอุปกรณ์ Take Out Arm มีหน้าที่เคลื่อนที่ไปตำแหน่งของขวด โดยทำงานควบคู่ไปกับอุปกรณ์ Take Out Max และ อุปกรณ์ Take Out Tong Head ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18 โดยข้อมูลในตารางที่ 3.4 แสดงถึงรุ่นของอุปกรณ์เครื่องจักร Take Out Arm และเครื่องจักรที่นำอุปกรณ์แต่ละรุ่นไปใช้งาน

จากตารางที่ 3.4 พบว่ารุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm แต่ละรุ่นนั้น ขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเครื่องจักรด้วย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยี่ห้อ คือ Emhart ใช้กับรุ่น 210-431-1, HEYE ใช้กับรุ่น 2213200006 และ OI ใช้กับรุ่น OIS-03218 GR22, OIS-03530 GR05, OIS-03697 GR01 และ OIS-03697 GR05 โดย OI แต่ละรุ่นนั้นแตกต่างกันที่ขนาดของรุ่นนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

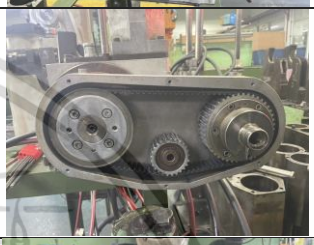
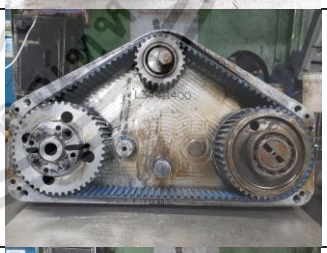
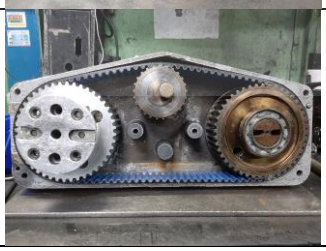
รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ Take Out Arm ในสายการผลิตขวด



รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ Take Out Arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 อุปกรณ์ Take Out Arm และเครื่องจักรที่นำชิ้นส่วนแต่ละรุ่นไปใช้งาน

อันดับ	รุ่นของอุปกรณ์	ยี่ห้อเครื่องจักร	เครื่องจักร	รูปภาพ
1	210-431-1	Emhart 4-1/4"	BP23	
2	2213200006	HEYE 4-1/4"	BP22 BP32 BP34	
3	OIS-03218 GR22	OI 4-1/4"	BP43	
4	OIS-03530 GR05	OI 5"	BP42 BP44	
5	OIS-03697 GR01	OI 10”	BP51 BP52	
6	OIS-03697 GR05	OI 6-1/4" OI 8-1/2"	BP31 BP33 BP41	

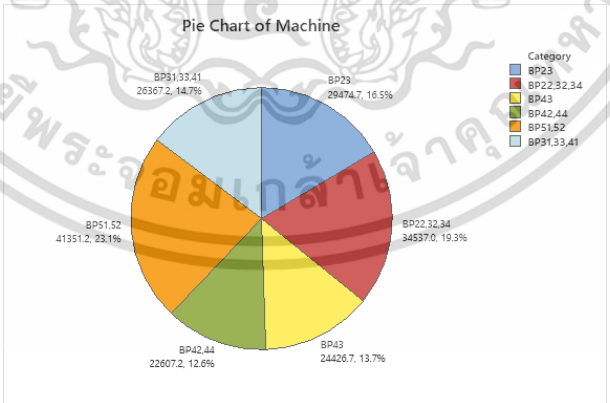
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ข้อมูลอัตราการผลิตที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ Take Out Arm

รุ่นย่อยของอุปกรณ์ Take Out Arm มีจำนวนทั้งหมด 6 รุ่นย่อย โดยมีข้อมูลเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรที่ทำการผลิตขวดภายในกระบวนการผลิตและอัตราการผลิตเฉลี่ยของขวด ดังตารางที่ 3.5

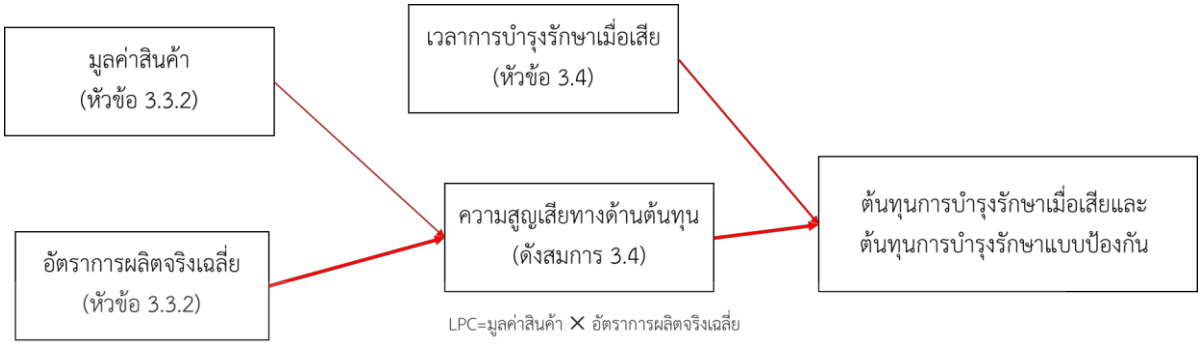
ตารางที่ 3.5 เครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรที่ทำการผลิตขวดภายในกระบวนการผลิตและอัตราการผลิตเฉลี่ยของขวด

อันดับ	เครื่องจักร	รุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm	อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย (ขวดต่อนาทีต่อเครื่อง)	อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย (ขวดต่อวันต่อเครื่อง)	มูลค่าสินค้า (บาทต่อขวด)
1	BP23	210-431-1	20.470	29,474.70	3.82
2	BP22 BP32 BP34	2213200006	23.980	34,537.00	2.72
3	BP43	OIS-03218 GR22	16.96	24,426.70	0.94
4	BP42 BP44	OIS-03530 GR05	15.69	22,607.20	1.01
5	BP51 BP52	OIS-03697 GR01	28.72	41,351.20	4.60
6	BP31 BP33 BP41	OIS-03697 GR05	18.31	26,367.20	2.95



รูปที่ 3.19 แผนภูมิวงกลม (Pie Chart) อัตราการผลิตจริงเฉลี่ยแต่ละเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตและอัตราการผลิตเฉลี่ยของขวด

จากรูปที่ 3.19 และตารางที่ 3.5 พบว่า แต่ละเครื่องจักรและอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยแต่ละรุ่นนั้น มีความแตกต่างกันออกไป ดังนี้

เครื่องจักร BP23 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 29,474.70 ขวดต่อวันต่อ Section

เครื่องจักร BP22 BP32 BP34 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 34,537.00 ขวดต่อวันต่อ Section

เครื่องจักร BP43 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 24,426.70 ขวดต่อวันต่อ Section

เครื่องจักร BP42 BP44 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 22,607.20 ขวดต่อวันต่อ Section

เครื่องจักร BP51 BP52 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 41,351.20 ขวดต่อวันต่อ Section

เครื่องจักร BP31 BP33 BP41 มีอัตราการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 26,367.20 ขวดต่อวันต่อ Section

ข้อมูลที่สำคัญที่ได้มาจากตารางที่ 3.5 คือ อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย (ขวดต่อวันต่อเครื่อง) และมูลค่าสินค้าถูกนำมาคำนวณหาความสูญเสียทางด้านต้นทุน (บาทต่อวัน) มีความสัมพันธ์ ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.20)

LPC= มูลค่าสินค้า × อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย

3.3.3 กระบวนการของการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) กับฝ่ายไอเอส (IS)

ในหัวข้อนี้จะขอยกตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของฝ่ายไอเอส (IS) เมื่อมีอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 จะประกอบไปด้วย 10 Sections (ดังตารางที่ 3.2.1) โดยจำลองให้ที่ Section 9 เกิดชำรุดเสียหายในเครื่องขึ้นรูปขวด BP23 ดังนี้

1. เมื่อ Section 9 เกิดการชำรุด พนักงานจะหยุดการทำงานของเครื่องจักรเพื่อประเมินหาสาเหตุเบื้องต้น

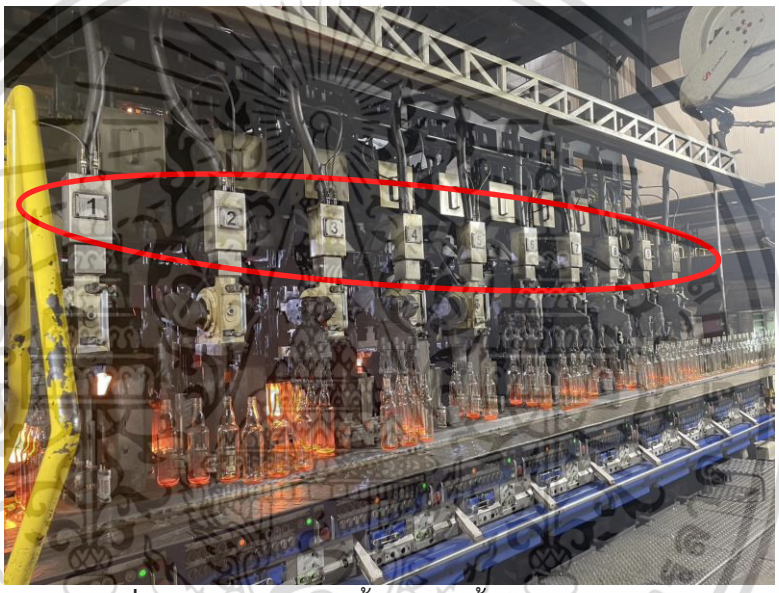
2. เมื่อทราบว่าเกิดจากอุปกรณ์ Take Out Arm พนักงานจำนวน 2 คน จะทำการเปลี่ยนนำชิ้นส่วนที่ชำรุดออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พนักงานนำอะไหล่สำรองเข้าไปแทนที่อุปกรณ์ Take Out Arm ตัวที่ชำรุด ใช้เวลาเปลี่ยนประมาณ 10 นาทีแล้วแต่กรณี

4. นำอุปกรณ์ Take Out Arm ตัวที่ชำรุด ให้พนักงานจำนวน 1 คน ซ่อมแซมข้างนอกเครื่องจักรขึ้นรูปขวด โดยอาจใช้เวลา 1-2 วัน แล้วแต่กรณี โดยเวลาการบำรุงรักษานี้ ไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัย เนื่องจากเป็นการซ่อมแซมด้านนอกเครื่องจักร

5. เมื่อนำอะไหล่สำรองเข้าแทนที่อุปกรณ์ Take Out Arm ตัวที่ชำรุดแล้ว จึงทำการทดสอบเครื่องจักรและใช้งานต่อไป ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 กระบวนการขึ้นรูปขวดทั้งหมด 10 Section

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการทำงานของฝ่ายไอเอสเมื่อมีการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงข้อมูลที่จำเป็นเพื่อเข้าสู่การจำลองสถานการณ์ในเรื่องของระยะเวลา โดยมีตัวแปรด้านระยะเวลาที่เป็นอุปกรณ์ Take Out Arm ของแต่รุ่น ได้แก่

1. อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm (ดูหัวข้อที่ 3.4.1 และ 3.4.2)
2. เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ดูหัวข้อที่ 3.4.1 และ 3.4.3)
3. เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ดูหัวข้อที่ 3.4.4)
4. คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ส่วนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) จะเป็นตัวแปรขาเข้า (Input) จะเป็นตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจ (Decision Variable) โดยในการทดลองแต่ละครั้งที่ใช้ค่าที่แตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ 0, 10, 20, 30, ..., 500 และ 1,000 วัน สุดท้ายค่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) ที่เหมาะสมจะถูกแนะนำ (ของแต่ละรุ่น) เพื่อให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยทำการรวบรวมข้อมูลดิบ (หัวข้อ 3.4.1) คือ อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm, เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เพื่อหารูปแบบการกระจายตัวของชุดข้อมูล (หัวข้อ 3.4.2 – 3.4.3) เนื่องจากข้อมูลดิบเป็นตัวแปรที่ไม่แน่นอน (Stochastic Model) เมื่อได้การแจกแจงข้อมูลแต่ละชุด จะทำการสร้างชุดข้อมูลขึ้นมาใหม่จำนวน 3,000 ข้อมูล และทำการจำลองสถานการณ์ขึ้นมา

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตตั้งแต่ พ.ศ. 2562 – 2565 เริ่มจากวันและเวลาสิ้นสุด วันและเวลาเริ่มต้นครั้งถัดไป จะได้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างอุปกรณ์ รุ่น 210-431-1 จะถูกยกตัวอย่างในหัวข้อ 3.4.1 – 3.4.3 โดยอุปกรณ์อื่นๆ อีก 5 อุปกรณ์ สามารถดูได้ในภาคผนวก ก และ ข

3.4.1 ตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ตัวอย่าง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีรายละเอียดข้อมูลดิบเกี่ยวกับการอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ดังตารางที่ 3.6) ดังนี้

คอลัมน์ที่ 1 แสดงจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์กรณีนอกแผน เป็นจำนวน 143 ครั้ง

คอลัมน์ที่ 2 แสดงวันและเวลาสิ้นสุดของอุปกรณ์

คอลัมน์ที่ 3 แสดงวันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป

คอลัมน์ที่ 4 แสดงเวลาโดยรวมของอุปกรณ์ Take Out Arm โดยรวม ในหน่วยของวัน ชั่วโมงและนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอลัมน์ที่ 5 แสดงอายุการใช้งาน ในหน่วยของวัน เป็นทศนิยมเพื่อความสะดวกในการนำไปสร้างค่าเพื่อหาการแจกแจงในอนาคต

คอลัมน์ที่ 6 แสดงเครื่องจักรที่ใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ 210-431-1 ใช้กับเครื่องจักร BP23 เท่านั้น

คอลัมน์ที่ 7 แสดงการทำงานของแต่ละ Section โดยทำการเรียงจาก 1 ไปถึง 10 เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องกัน

คอลัมน์ที่ 8 แสดงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียในหน่วยของนาที

อนึ่ง ก่อนที่จะได้ข้อมูลในตารางที่ 3.6 นั้น ข้อมูลที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมมาได้มีความไม่เป็นระเบียบ และยังไม่สามารถนำมาใช้งานในงานวิจัยนี้ได้ทันที ดังตัวอย่างข้อมูล (ดังรูปที่ 3.23) ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องดำเนินงานดังนี้

1. ทำการเรียง พ.ศ. ตั้งแต่อดีตจนถึงปีปัจจุบันให้ถูกต้อง และทำการแยกแต่ละ Section ตั้งแต่ 1 -10 ให้เรียงลำดับต่อกันตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ระยะเวลาเริ่มต้นและระยะเวลาสิ้นสุดที่ถูกต้อง

2. ทำการนำระยะเวลาเริ่มต้นของครั้งถัดไป (คอลัมน์ที่ 3) ลบกับระยะเวลาสิ้นสุดของครั้งก่อนหน้า (คอลัมน์ที่ 2) ยกตัวอย่างเช่น 25/3/2019 21:30 - 11/1/2019 23:40 จะได้ระยะเวลา 00 12 21:50 หรือ 12 วัน 21 ชั่วโมง 50 นาที เป็นต้น

3. แปลงระยะเวลาให้อยู่ในหน่วยของวัน เป็นทศนิยม เช่น แปลงจาก 12 วัน 21 ชั่วโมง 50 นาที (คอลัมน์ที่ 4) เป็น 72.90972222 วัน (คอลัมน์ที่ 5) ดังตารางที่ 3.6

หมายเหตุ เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทางโรงงานจะใช้เลขที่สามารถบันทึกได้ง่าย จึงปัดเศษเป็นตัวเลขที่ไม่มีทศนิยม ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความไม่แม่นยำทางข้อมูลเล็กน้อย

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างอุปกรณ์รุ่น 210-431-1 เท่านั้น ดังตารางที่ 3.6 แต่สำหรับข้อมูลอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นอื่น ๆ (อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย) สามารถดูได้ในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	MalfStrDate	MalfStrTime	Start Date - Time	MalfEndDate	MalfEndTime	End Date - Time	LineID	McSeq	RunSeq	Downtin	alTime
1	11-Jan-19	23:20	11/1/2019 23:20	11-Jan-19	23:40	11/1/2019 23:40	23	1	10	2.00	20.00
2	18-Jan-19	3:50	18/1/2019 3:50	18-Jan-19	4:10	18/1/2019 4:10	23	2	10	2.00	20.00
3	18-Jan-19	6:00	18/1/2019 6:00	18-Jan-19	6:15	18/1/2019 6:15	23	2	10	1.50	15.00
4	18-Jan-19	15:10	18/1/2019 15:10	18-Jan-19	15:35	18/1/2019 15:35	23	2	10	2.50	25.00
5	21-Jan-19	15:40	21/1/2019 15:40	21-Jan-19	15:50	21/1/2019 15:50	23	2	10	1.00	10.00
6	31-Jan-19	3:55	31/1/2019 3:55	31-Jan-19	4:10	31/1/2019 4:10	23	2	10	1.50	15.00
7	31-Jan-19	6:20	31/1/2019 6:20	31-Jan-19	6:30	31/1/2019 6:30	23	6	10	1.00	10.00
8	05-Feb-19	0:10	5/2/2019 0:10	05-Feb-19	0:25	5/2/2019 0:25	23	8	10	1.50	15.00
9	07-Feb-19	17:50	7/2/2019 17:50	07-Feb-19	18:20	7/2/2019 18:20	23	5	10	3.00	30.00
10	15-Feb-19	23:00	15/2/2019 23:00	15-Feb-19	23:25	15/2/2019 23:25	23	4	10	2.50	25.00
11	04-Mar-19	11:50	4/3/2019 11:50	04-Mar-19	12:00	4/3/2019 12:00	23	7	10	1.00	10.00
12	21-Mar-19	9:00	21/3/2019 9:00	21-Mar-19	9:15	21/3/2019 9:15	23	8	10	1.50	15.00
13	25-Mar-19	21:30	25/3/2019 21:30	25-Mar-19	22:00	25/3/2019 22:00	23	1	10	3.00	30.00
14	01-Apr-19	20:30	1/4/2019 20:30	01-Apr-19	21:20	1/4/2019 21:20	23	5	10	5.00	50.00
15	19-Apr-19	20:00	19/4/2019 20:00	19-Apr-19	20:40	19/4/2019 20:40	23	2	10	4.00	40.00
16	20-Apr-19	14:40	20/4/2019 14:40	20-Apr-19	15:00	20/4/2019 15:00	23	8	10	2.00	20.00
17	24-Apr-19	13:10	24/4/2019 13:10	24-Apr-19	13:30	24/4/2019 13:30	23	5	10	2.00	20.00
18	25-Apr-19	2:55	25/4/2019 2:55	25-Apr-19	3:35	25/4/2019 3:35	23	9	10	4.00	40.00
19	29-Apr-19	16:10	29/4/2019 16:10	29-Apr-19	16:25	29/4/2019 16:25	23	7	10	1.50	15.00
20	06-May-19	23:45	6/5/2019 23:45	07-May-19	0:00	7/5/2019 0:00	23	1	10	1.50	15.00
21	07-May-19	8:20	7/5/2019 8:20	07-May-19	8:40	7/5/2019 8:40	23	1	10	2.00	20.00
22	08-May-19	4:15	8/5/2019 4:15	08-May-19	4:35	8/5/2019 4:35	23	4	10	2.00	20.00
23	12-May-19	21:00	12/5/2019 21:00	12-May-19	21:25	12/5/2019 21:25	23	7	10	2.50	25.00
24	18-May-19	7:00	18/5/2019 7:00	18-May-19	7:20	18/5/2019 7:20	23	3	10	2.00	20.00
25	22-May-19	3:50	22/5/2019 3:50	22-May-19	4:35	22/5/2019 4:35	23	3	10	4.50	45.00
26	23-May-19	7:50	23/5/2019 7:50	23-May-19	8:10	23/5/2019 8:10	23	8	10	2.00	20.00
27	23-May-19	15:00	23/5/2019 15:00	23-May-19	15:30	23/5/2019 15:30	23	1	10	3.00	30.00
28	23-May-19	20:20	23/5/2019 20:20	23-May-19	20:45	23/5/2019 20:45	23	1	10	2.50	25.00
29	28-May-19	12:45	28/5/2019 12:45	28-May-19	13:10	28/5/2019 13:10	23	2	10	2.50	25.00
30	28-May-19	20:40	28/5/2019 20:40	28-May-19	21:00	28/5/2019 21:00	23	10	10	2.00	20.00
31	04-Jun-19	2:50	4/6/2019 2:50	04-Jun-19	3:10	4/6/2019 3:10	23	5	10	2.00	20.00
32	05-Jun-19	14:55	5/6/2019 14:55	05-Jun-19	15:10	5/6/2019 15:10	23	6	10	1.50	15.00
33	10-Jun-19	16:50	10/6/2019 16:50	10-Jun-19	17:10	10/6/2019 17:10	23	1	10	2.00	20.00
34	11-Jun-19	12:55	11/6/2019 12:55	11-Jun-19	13:10	11/6/2019 13:10	23	4	10	1.50	15.00
35	15-Jun-19	5:20	15/6/2019 5:20	15-Jun-19	5:45	15/6/2019 5:45	23	9	10	2.50	25.00
36	19-Jun-19	18:50	19/6/2019 18:50	19-Jun-19	19:30	19/6/2019 19:30	23	4	10	4.00	40.00
37	30-Jun-19	8:15	30/6/2019 8:15	30-Jun-19	8:35	30/6/2019 8:35	23	1	10	2.00	20.00
38	04-Jul-19	22:20	4/7/2019 22:20	04-Jul-19	22:40	4/7/2019 22:40	23	2	10	2.00	20.00
39	04-Jul-19	23:20	4/7/2019 23:20	04-Jul-19	23:35	4/7/2019 23:35	23	2	10	1.50	15.00
40	23-Jul-19	10:45	23/7/2019 10:45	23-Jul-19	11:00	23/7/2019 11:00	23	4	10	1.50	15.00

รูปที่ 3.23 ตัวอย่างข้อมูลดิบของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 210-431-1

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง:นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	เครื่องจักร	Section	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย
1	11/1/2019 23:20	11/1/2019 23:40			23	1	20.00
2	25/3/2019 21:30	25/3/2019 22:00	00 12 21:50	72.90972222	23	1	30.00
3	6/5/2019 23:45	7/5/2019 0:00	00 11 1:45	42.07291667	23	1	15.00
4	7/5/2019 8:20	7/5/2019 8:40	00 0 8:20	0.347222222	23	1	20.00
5	23/5/2019 15:00	23/5/2019 15:30	00 16 6:20	16.26388889	23	1	30.00
6	23/5/2019 20:20	23/5/2019 20:45	00 0 4:50	0.201388889	23	1	25.00
7	10/6/2019 16:50	10/6/2019 17:10	00 17 20:05	17.83680556	23	1	20.00
8	30/6/2019 8:15	30/6/2019 8:35	00 19 15:05	19.62847222	23	1	20.00
9	16/8/2019 9:15	16/8/2019 9:30	00 16 0:40	47.02777778	23	1	15.00
10	29/11/2019 6:10	29/11/2019 6:40	00 13 20:40	104.8611111	23	1	30.00
11	9/5/2020 12:05	9/5/2020 12:55	00 10 5:25	162.2256944	23	1	50.00
12	19/1/2021 21:40	19/1/2021 22:00	00 11 8:45	255.3645833	23	1	20.00
13	26/4/2021 19:20	26/4/2021 19:30	00 5 21:20	96.88888889	23	1	35.00
14	19/7/2021 18:00	19/7/2021 18:15	00 23 22:30	83.9375	23	1	35.00
15	12/9/2021 22:00	12/9/2021 22:10	00 24 3:45	55.15625	23	1	35.00
16	29/3/2022 16:50	29/3/2022 17:20	00 15 18:40	197.7777778	23	1	30.00
17	26/4/2022 19:00	26/4/2022 19:30	00 28 1:40	28.06944444	23	1	30.00
18	16/5/2022 23:15	17/5/2022 0:10	00 20 3:45	20.15625	23	1	55.00
19	16/9/2022 11:20	16/9/2022 11:30	00 1 11:10	122.4652778	23	1	10.00
20	18/1/2019 3:50	18/1/2019 4:10			23	2	20.00
21	18/1/2019 6:00	18/1/2019 6:15	00 0 1:50	0.076388889	23	2	15.00
22	18/1/2019 15:10	18/1/2019 15:35	00 0 8:55	0.371527778	23	2	25.00
23	21/1/2019 15:40	21/1/2019 15:50	00 3 0:05	3.003472222	23	2	10.00
24	31/1/2019 3:55	31/1/2019 4:10	00 9 12:05	9.503472222	23	2	15.00
25	19/4/2019 20:00	19/4/2019 20:40	00 18 15:50	78.65972222	23	2	40.00
26	28/5/2019 12:45	28/5/2019 13:10	00 7 16:05	38.67013889	23	2	25.00
27	4/7/2019 22:20	4/7/2019 22:40	00 6 9:10	37.38194444	23	2	20.00
28	4/7/2019 23:20	4/7/2019 23:35	00 0 0:40	0.027777778	23	2	15.00
29	18/1/2020 9:30	18/1/2020 10:10	00 15 9:55	197.4131944	23	2	40.00
30	2/3/2020 20:20	2/3/2020 21:10	00 13 10:10	44.42361111	23	2	50.00
31	9/4/2020 1:10	9/4/2020 1:25	00 6 4:00	37.16666667	23	2	15.00
32	10/5/2020 23:20	11/5/2020 0:15	00 31 21:55	31.91319444	23	2	55.00
33	27/6/2020 21:10	27/6/2020 21:35	00 16 20:55	47.87152778	23	2	25.00
34	17/2/2021 5:30	17/2/2021 6:00	00 21 7:55	234.3298611	23	2	35.00
35	3/3/2021 22:50	3/3/2021 23:20	00 14 16:50	14.70138889	23	2	35.00
36	31/3/2021 18:50	31/3/2021 19:15	00 27 19:30	27.8125	23	2	35.00
37	19/4/2021 7:35	19/4/2021 7:50	00 18 12:20	18.51388889	23	2	35.00
38	3/5/2021 16:50	3/5/2021 17:05	00 14 9:00	14.375	23	2	35.00
39	17/8/2021 11:20	17/8/2021 11:35	00 14 18:15	105.7604167	23	2	35.00
40	8/12/2021 10:40	8/12/2021 11:10	00 21 23:05	112.9618056	23	2	35.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 210-431-1 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง:นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	เครื่องจักร	Section	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย
41	10/1/2022 23:40	11/1/2022 0:00	00 2 12:30	33.52083333	23	2	20.00
42	6/3/2022 5:45	6/3/2022 6:00	00 23 5:45	54.23958333	23	2	15.00
43	15/5/2022 7:00	15/5/2022 7:30	00 10 1:00	70.04166667	23	2	30.00
44	17/7/2022 5:45	17/7/2022 6:00	00 2 22:15	62.92708333	23	2	15.00
45	21/9/2022 7:35	21/9/2022 8:00	00 6 1:35	66.06597222	23	2	25.00
46	18/5/2019 7:00	18/5/2019 7:20			23	3	20.00
47	22/5/2019 3:50	22/5/2019 4:35	00 3 20:30	3.854166667	23	3	45.00
48	11/8/2019 17:20	11/8/2019 17:35	00 21 12:45	81.53125	23	3	15.00
49	15/9/2019 12:20	15/9/2019 12:45	00 3 18:45	34.78125	23	3	25.00
50	24/9/2019 18:10	24/9/2019 18:35	00 9 5:25	9.225694444	23	3	25.00
51	12/11/2019 21:00	12/11/2019 21:30	00 18 2:25	49.10069444	23	3	30.00
52	23/11/2019 15:50	23/11/2019 16:10	00 10 18:20	10.76388889	23	3	20.00
53	11/1/2020 11:10	11/1/2020 11:25	00 17 19:00	48.79166667	23	3	15.00
54	12/2/2020 13:15	12/2/2020 13:45	00 1 1:50	32.07638889	23	3	30.00
55	2/4/2020 23:20	2/4/2020 23:35	00 19 9:35	50.39930556	23	3	15.00
56	9/5/2020 21:35	9/5/2020 21:55	00 5 22:00	36.91666667	23	3	20.00
57	24/1/2021 8:35	24/1/2021 9:10	00 15 10:40	259.4444444	23	3	35.00
58	30/6/2021 7:40	30/6/2021 8:15	00 4 22:30	156.9375	23	3	35.00
59	17/8/2021 5:45	17/8/2021 6:05	00 16 21:30	47.89583333	23	3	35.00
60	17/8/2021 7:20	17/8/2021 7:50	00 0 1:15	0.052083333	23	3	35.00
61	9/9/2021 15:20	9/9/2021 15:50	00 23 7:30	23.3125	23	3	35.00
62	7/2/2022 9:20	7/2/2022 9:45	00 29 17:30	150.7291667	23	3	25.00
63	12/3/2022 11:30	12/3/2022 12:20	00 2 1:45	33.07291667	23	3	50.00
64	3/5/2022 17:10	3/5/2022 17:30	00 21 4:50	52.20138889	23	3	20.00
65	21/6/2022 14:25	21/6/2022 14:45	00 17 20:55	48.87152778	23	3	20.00
66	24/9/2022 22:50	24/9/2022 23:00	00 4 8:05	95.33680556	23	3	10.00
67	15/2/2019 23:00	15/2/2019 23:25			23	4	25.00
68	8/5/2019 4:15	8/5/2019 4:35	00 21 4:50	81.20138889	23	4	20.00
69	11/6/2019 12:55	11/6/2019 13:10	00 3 8:20	34.34722222	23	4	15.00
70	19/6/2019 18:50	19/6/2019 19:30	00 8 5:40	8.236111111	23	4	40.00
71	23/7/2019 10:45	23/7/2019 11:00	00 2 15:15	33.63541667	23	4	15.00
72	5/9/2019 21:00	5/9/2019 21:30	00 13 10:00	44.41666667	23	4	30.00
73	14/9/2019 15:00	14/9/2019 15:20	00 8 17:30	8.729166667	23	4	20.00
74	23/10/2019 19:00	23/10/2019 19:30	00 8 3:40	39.15277778	23	4	30.00
75	14/2/2020 22:45	14/2/2020 23:15	00 23 3:15	114.1354167	23	4	30.00
76	31/3/2020 9:10	31/3/2020 9:30	00 14 9:55	45.41319444	23	4	20.00
77	4/5/2020 2:40	4/5/2020 3:00	00 2 17:10	33.71527778	23	4	20.00
78	8/6/2020 1:55	8/6/2020 2:15	00 3 22:55	34.95486111	23	4	20.00
79	9/8/2020 8:25	9/8/2020 8:45	00 2 6:10	62.25694444	23	4	20.00
80	10/5/2021 10:50	10/5/2021 11:15	00 30 2:05	274.0868056	23	4	35.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 210-431-1 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง:นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	เครื่องจักร	Section	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย
81	19/5/2021 0:20	19/5/2021 0:55	00 8 13:05	8.545138889	23	4	35.00
82	27/12/2021 8:20	27/12/2021 8:50	00 9 7:25	222.3090278	23	4	35.00
83	27/4/2022 2:10	27/4/2022 2:40	00 29 17:20	120.7222222	23	4	30.00
84	1/6/2022 9:45	1/6/2022 10:05	00 4 7:05	35.29513889	23	4	20.00
85	4/8/2022 5:10	4/8/2022 5:30	00 3 19:05	63.79513889	23	4	20.00
86	7/2/2019 17:50	7/2/2019 18:20			23	5	30.00
87	1/4/2019 20:30	1/4/2019 21:20	00 22 2:10	53.09027778	23	5	50.00
88	24/4/2019 13:10	24/4/2019 13:30	00 22 15:50	22.65972222	23	5	20.00
89	4/6/2019 2:50	4/6/2019 3:10	00 9 13:20	40.55555556	23	5	20.00
90	26/7/2019 0:45	26/7/2019 1:00	00 20 21:35	51.89930556	23	5	15.00
91	26/9/2019 14:25	26/9/2019 14:50	00 2 13:25	62.55902778	23	5	25.00
92	9/4/2020 12:30	9/4/2020 12:50	00 13 21:40	195.9027778	23	5	20.00
93	13/5/2020 19:45	13/5/2020 20:10	00 3 6:55	34.28819444	23	5	25.00
94	28/1/2021 20:20	28/1/2021 20:40	00 16 0:10	260.0069444	23	5	35.00
95	16/7/2021 17:50	16/7/2021 18:10	00 16 21:10	168.8819444	23	5	35.00
96	14/9/2021 1:35	14/9/2021 1:55	00 28 7:25	59.30902778	23	5	35.00
97	7/3/2022 0:30	7/3/2022 1:05	00 21 22:35	173.9409722	23	5	35.00
98	8/5/2022 13:00	8/5/2022 13:30	00 2 11:55	62.49652778	23	5	30.00
99	18/6/2022 4:25	18/6/2022 5:00	00 9 14:55	40.62152778	23	5	35.00
100	7/8/2022 1:50	7/8/2022 2:25	00 18 20:50	49.86805556	23	5	35.00
101	31/1/2019 6:20	31/1/2019 6:30			23	6	10.00
102	5/6/2019 14:55	5/6/2019 15:10	00 4 8:25	125.3506944	23	6	15.00
103	10/1/2020 0:55	10/1/2020 1:10	00 5 9:45	218.40625	23	6	15.00
104	26/9/2020 19:20	26/9/2020 19:35	00 16 18:10	260.7569444	23	6	15.00
105	14/8/2021 10:00	14/8/2021 10:10	00 16 14:25	321.6006944	23	6	35.00
106	27/8/2021 6:35	27/8/2021 6:55	00 12 20:25	12.85069444	23	6	35.00
107	30/11/2021 0:00	30/11/2021 0:25	00 3 17:05	94.71180556	23	6	35.00
108	2/5/2022 9:00	2/5/2022 9:30	00 1 8:35	153.3576389	23	6	30.00
109	31/7/2022 9:00	31/7/2022 9:30	00 29 23:30	89.97916667	23	6	30.00
110	26/8/2022 19:00	26/8/2022 19:30	00 26 9:30	26.39583333	23	6	30.00
111	4/3/2019 11:50	4/3/2019 12:00			23	7	10.00
112	29/4/2019 16:10	29/4/2019 16:25	00 25 4:10	56.17361111	23	7	15.00
113	12/5/2019 21:00	12/5/2019 21:25	00 13 4:35	13.19097222	23	7	25.00
114	15/9/2019 5:10	15/9/2019 5:30	00 4 7:45	125.3229167	23	7	20.00
115	13/3/2020 10:00	13/3/2020 10:20	00 28 4:30	180.1875	23	7	20.00
116	18/8/2020 11:00	18/8/2020 11:30	00 6 0:40	158.0277778	23	7	30.00
117	15/9/2021 3:00	15/9/2021 3:15	01 26 15:30	392.6458333	23	7	35.00
118	2/12/2021 4:30	2/12/2021 4:45	00 18 1:15	78.05208333	23	7	35.00
119	8/1/2022 8:40	8/1/2022 9:00	00 6 3:55	37.16319444	23	7	20.00
120	23/2/2022 0:25	23/2/2022 0:40	00 14 15:25	45.64236111	23	7	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 210-431-1 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง:นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	เครื่องจักร	Section	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย
121	26/3/2022 5:20	26/3/2022 5:35	00 31 4:40	31.19444444	23	7	15.00
122	14/8/2022 22:10	14/8/2022 22:30	00 20 16:35	141.6909722	23	7	20.00
123	5/2/2019 0:10	5/2/2019 0:25			23	8	15.00
124	21/3/2019 9:00	21/3/2019 9:15	00 13 8:35	44.35763889	23	8	15.00
125	20/4/2019 14:40	20/4/2019 15:00	00 30 5:25	30.22569444	23	8	20.00
126	23/5/2019 7:50	23/5/2019 8:10	00 1 16:50	32.70138889	23	8	20.00
127	23/7/2019 12:05	23/7/2019 12:20	00 1 3:55	61.16319444	23	8	15.00
128	21/12/2019 23:15	21/12/2019 23:35	00 30 10:55	151.4548611	23	8	20.00
129	20/3/2020 16:00	20/3/2020 16:45	00 29 16:25	89.68402778	23	8	45.00
130	3/5/2021 5:10	3/5/2021 5:40	01 11 12:25	408.5173611	23	8	35.00
131	3/7/2021 13:40	3/7/2021 14:05	00 1 8:00	61.33333333	23	8	35.00
132	21/7/2021 4:50	21/7/2021 5:15	00 17 14:45	17.61458333	23	8	35.00
133	8/10/2021 12:20	8/10/2021 12:40	00 19 7:05	79.29513889	23	8	35.00
134	24/4/2022 18:10	24/4/2022 18:40	00 16 5:30	198.2291667	23	8	30.00
135	4/8/2022 1:10	4/8/2022 1:20	00 10 6:30	101.2708333	23	8	10.00
136	25/4/2019 2:55	25/4/2019 3:35			23	9	40.00
137	15/6/2019 5:20	15/6/2019 5:45	00 20 1:45	51.07291667	23	9	25.00
138	11/8/2019 7:15	11/8/2019 7:35	00 26 1:30	57.0625	23	9	20.00
139	12/3/2020 15:50	12/3/2020 16:10	00 1 8:15	214.34375	23	9	20.00
140	29/3/2020 17:20	29/3/2020 18:00	00 17 1:10	17.04861111	23	9	40.00
141	23/9/2022 4:20	23/9/2022 4:35	02 25 10:20	907.4305556	23	9	15.00
142	28/5/2019 20:40	28/5/2019 21:00			23	10	20.00
143	22/9/2021 13:05	22/9/2021 13:20	02 26 16:05	847.6701389	23	10	35.00

3.4.2 ตัวอย่างการทดสอบและการแจกแจงของอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1

เมื่อได้ชุดข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 จึงทำการทดสอบการแจกแจงของชุดข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์และตรวจสอบชุดข้อมูลเป็นการแจกแจงประเภทใด ซึ่งจะได้สร้างชุดข้อมูลในการจำลองสถานการณ์เพิ่มเติม โดยทำการหาทุกการแจกแจงข้อมูลที่อาจเหมาะสม และได้ทำการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Minitab เพื่อหาการแจกแจงของชุดข้อมูลที่เหมาะสมเริ่มจาก Stat > Quality Tools > Individual Distribution Identification และทำการทดสอบชุดข้อมูลทั้งอายุการใช้งาน (อยู่ในหัวข้อนี้) และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (อยู่ในหัวข้อ 3.4.3)

เกณฑ์ในการประเมินว่า ชุดข้อมูลเหมาะสมกับการแจกแจงแบบใด จะต้องพิจารณาจาก

เกณฑ์ที่ 1 ค่าสถิติ Anderson-Darling (AD) มีค่าน้อย

เกณฑ์ที่ 2 ค่า P-Value ของการทดสอบมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ที่ 3 ค่า Threshold ต้องมีค่าไม่ติดลบ และค่าโดเมนของการแจกแจงต้องไม่ติดลบ

เกณฑ์ที่ 4 ข้อมูลที่ทำการพล็อตลงในกราฟทดสอบควรมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง

หมายเหตุ ถ้าค่า Threshold มีค่าติดลบ จะไม่ถูกเลือก เนื่องจากค่าที่ทำการจำลองสถานการณ์ขึ้นมา จะทำให้ค่าติดลบ ไม่สามารถใช้ในการจำลองสถานการณ์ได้ (Solution Center Minitab, 2020)

ผู้วิจัยมีการทดสอบค่า Anderson-Darling ซึ่งถูกพัฒนาเพื่อตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียไว้ในภาคผนวก ฉ โดยขอยกตัวอย่าง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

เมื่อพิจารณาอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Use all distributions and transformations” จะสามารถวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทุกรูปแบบได้ผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.24

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	7.139	<0.005	
Box-Cox Transformation	0.943	0.016	
Lognormal	7.166	<0.005	
3-Parameter Lognormal	0.608	*	0.000
Exponential	1.469	0.034	
2-Parameter Exponential	1.262	0.051	1.000
Weibull	1.439	<0.010	
3-Parameter Weibull	0.967	0.017	1.000
Smallest Extreme Value	10.949	<0.010	
Largest Extreme Value	3.049	<0.010	
Gamma	1.670	<0.005	
3-Parameter Gamma	0.926	*	1.000
Logistic	5.431	<0.005	
Loglogistic	2.438	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	0.600	*	0.000
Johnson Transformation	0.607	0.112	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	74.26999		67.73624	
Box-Cox Transformation*	4.35779		1.68446	
Lognormal*	3.69218		1.59572	
3-Parameter Lognormal	4.15980		0.78742	-11.66664
Exponential			74.26999	
2-Parameter Exponential			74.82676	-0.55681
Weibull		1.00673	74.45695	
3-Parameter Weibull		1.09191	77.62442	-0.85474
Smallest Extreme Value	111.69791		81.91508	
Largest Extreme Value	45.61996		43.84562	
Gamma		0.94420	78.65892	
3-Parameter Gamma		1.14961	65.47020	-0.99508
Logistic	63.11415		35.74543	
Loglogistic	3.90657		0.71413	
3-Parameter Loglogistic	4.07024		0.50472	-6.79679
Johnson Transformation*	-0.10727		1.15138	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ 3.24 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1

จากรูปที่ 3.24 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

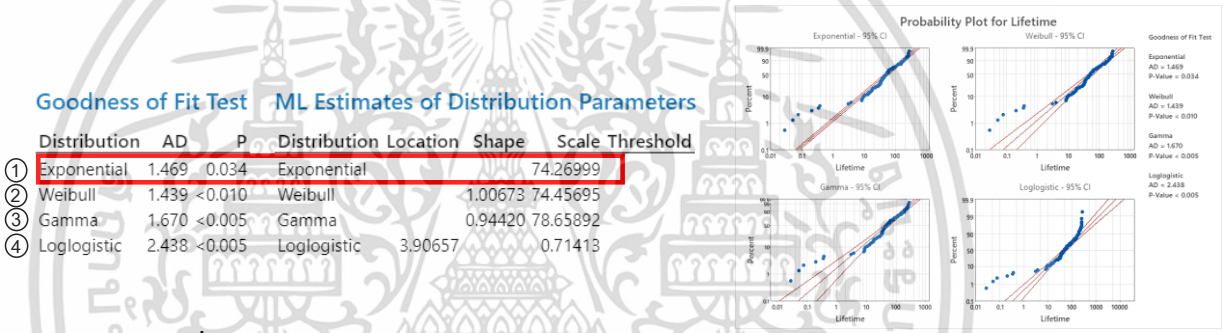
- 3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull, 3-Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

- Normal และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรก จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Exponential, Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ 3.25 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (ตามเกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
①	Exponential	1.469	0.034
②	Weibull	1.439	<0.010
③	Gamma	1.670	<0.005
④	Loglogistic	2.438	<0.005

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Exponential			74.26999	
Weibull		1.00673	74.45695	
Gamma		0.94420	78.65892	
Loglogistic	3.90657		0.71413	

รูปที่ 3.25 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 210-431-1

จากรูปที่ 3.25 พบว่า การแจกแจงอายุการใช้งานที่สามารถนำมาใช้งานได้ มีดังนี้

- Exponential มีค่า AD เท่ากับ 1.469 ค่า P-Value เท่ากับ 0.034 และค่า Scale เท่ากับ 74.26999 ซึ่งแตกต่างจากค่าของการแจกแจง Weibull ที่ P-Value เท่ากับ <0.010 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการแจกแจงแบบ Exponential จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 1.439 ค่า P-Value เท่ากับ <0.010 ค่า Shape เท่ากับ 1.00673 และ Scale เท่ากับ 74.45695 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า P-Value มีค่าน้อย)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 1.670 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Shape เท่ากับ 0.94420 และ Scale เท่ากับ 78.65892 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

-Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 2.438 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.90657 และ Scale เท่ากับ 0.71413 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Exponential เพราะ ค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยการแจกแจงนี้มักใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ ใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ เช่น การล้มเหลวของระบบ การเสียหายของอุปกรณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นแบบสุ่มในช่วงเวลาหนึ่ง (Van and Van, 1998), (Sun et al., 2024) และ (Ding et al., 2023)

โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบและการแจกแจงของอายุการใช้งานของอีก 5 รุ่นไว้ในภาคผนวก ข

3.4.3 ตัวอย่างการทดสอบและกำหนดการแจกแจงของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของรุ่น 210-431-1

จากตารางที่ 3.7 เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (คอลัมน์ที่ 8) มาวิเคราะห์โดยการทำการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Minitab เพื่อหาการแจกแจงของชุดข้อมูลที่เหมาะสมเริ่มจาก Stat > Quality Tools > Individual Distribution Identification

เมื่อพิจารณาอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Use all distributions and transformations” จะสามารถวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทุกรูปแบบได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 3.26

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	3.410	<0.005	
Box-Cox Transformation	3.235	<0.005	
Lognormal	3.235	<0.005	
3-Parameter Lognormal	3.205	*	0.476
Exponential	23.880	<0.003	
2-Parameter Exponential	9.408	<0.010	0.000
Weibull	3.005	<0.010	
3-Parameter Weibull	2.852	<0.005	0.001
Smallest Extreme Value	5.268	<0.010	
Largest Extreme Value	3.255	<0.010	
Gamma	3.089	<0.005	
3-Parameter Gamma	3.071	*	0.305
Logistic	3.563	<0.005	
Loglogistic	3.474	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	3.464	*	0.906

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	26.71875		10.08697	
Box-Cox Transformation*	3.21250		0.39006	
Lognormal*	3.21250		0.39006	
3-Parameter Lognormal	3.40278		0.32057	-4.88964
Exponential			26.71875	
2-Parameter Exponential			16.85039	9.86836
Weibull		2.86031	30.03354	
3-Parameter Weibull		1.86148	20.36564	8.62408
Smallest Extreme Value	31.97659		10.97921	
Largest Extreme Value	21.96560		8.30046	
Gamma		7.02408	3.80388	
3-Parameter Gamma		3.70413	5.46806	6.46390
Logistic	26.21090		5.85936	
Loglogistic	3.22305		0.23058	
3-Parameter Loglogistic	3.26228		0.22145	-0.96224

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ 3.26 การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.26 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

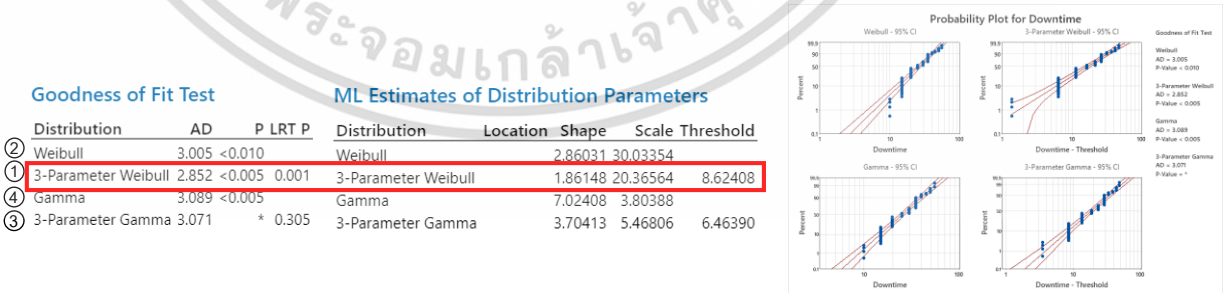
- Box-Cox Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ 1-4)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ 1-4)

- 3-Parameter Lognormal และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- Normal, Lognormal, Exponential, 2-Parameter Exponential, Logistic และ Loglogistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Weibull, 3-Parameter Weibull, Gamma และ 3-Parameter Gamma ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียในคอลัมน์ที่ 8 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ 3.27 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P	LRT P
②	Weibull	3.005	<0.010	
①	3-Parameter Weibull	2.852	<0.005	0.001
④	Gamma	3.089	<0.005	
③	3-Parameter Gamma	3.071	*	0.305

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Weibull		2.86031	30.03354	
3-Parameter Weibull		1.86148	20.36564	8.62408
Gamma		7.02408	3.80388	
3-Parameter Gamma		3.70413	5.46806	6.46390

รูปที่ 3.27 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1

- 3-Parameter Weibull มีค่า AD เท่ากับ 2.852 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 LRT P เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ 3 Parameter Weibull จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 3.005 ค่า P-Value เท่ากับ <0.010 ค่า Shape เท่ากับ 1.86031 และ Scale เท่ากับ 30.03354 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 3.089 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Shape เท่ากับ 7.02408 และ Scale เท่ากับ 3.80388 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- 3-Parameter Gamma มีค่า AD เท่ากับ 3.071 ค่า LRT P เท่ากับ 0.305 ค่า Shape เท่ากับ 3.70473 Scale เท่ากับ 5.46806 และค่า Threshold เท่ากับ 6.46390 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Parameter Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ 3-Parameter Weibull ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยเหตุผลมักใช้ในการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ (Equipment Degradation Analysis) สามารถใช้โมเดลการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ และช่วยในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพและการล้มเหลวในอนาคต (Sgarbossa et al., 2018), (Han et al., 2023) และ (Hu et al., 2021)

โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการแจกแจงของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอีก 5 รุ่นไว้ในภาคผนวก ข

3.4.4 การกำหนดเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เนื่องจากอุปกรณ์ Take Out Arm ไม่ได้มีการบำรุงรักษาแบบป้องกันเหมือนอุปกรณ์อื่น ๆ ทางผู้วิจัยและทางบริษัทกรณีศึกษามีการหารือ และใช้ค่าประมาณระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันจากอุปกรณ์ Take Out Tong Head ดังตารางที่ 3.7 ที่มีการทำงานคล้ายคลึงกับอุปกรณ์ Take Out Arm โดยมีช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์อยู่ที่ประมาณ 13.20 – 17.50 นาที

ทางผู้วิจัยจึงขอใช้ค่ากลางของอุปกรณ์ที่มีการทำงานคล้ายคลึงกับการทำงานของ Take Out Arm ที่ 15.76 นาที ทางผู้วิจัยจึงใช้ผลเฉลี่ย 15 นาที ในการประมาณค่าเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยทั่วไปจะเกาะกลุ่มอยู่ที่ 13.20 – 17.50 นาที เป็นช่วงที่แคบมาก เพื่อลดความซับซ้อนของระบบลดลง จึงกำหนดเป็นค่าคงที่ 15 นาที เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 การทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Tong Head

เครื่องจักร	การทำ PM แต่ละ Section ของ Take Out Tang Head												
	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12	ผลเฉลี่ย
BP22	17.00	14.00	12.00	20.00	15.00	10.00	14.00	25.00	22.00	24.00			17.30
BP23	11.00	14.00	21.00	17.00	25.00	18.00	10.00	25.00	22.00	12.00			17.50
BP31	11.00	14.00	13.00	11.00	15.00	17.00	21.00	11.00	24.00	22.00			15.90
BP32	21.00	16.00	21.00	19.00	10.00	23.00	18.00	14.00	10.00	21.00			17.30
BP33	16.00	12.00	11.00	10.00	13.00	16.00	19.00	14.00					13.88
BP34	18.00	11.00	13.00	17.00	10.00	11.00	11.00	13.00	11.00	17.00			13.20
BP41	21.00	23.00	15.00	23.00	15.00	10.00	10.00	10.00	12.00	13.00			15.20
BP42	13.00	20.00	16.00	12.00	13.00	22.00	14.00	19.00	13.00	22.00			16.40
BP43	17.00	20.00	19.00	11.00	20.00	15.00	10.00	20.00					16.50
BP44	13.00	18.00	11.00	16.00	19.00	16.00	11.00	18.00	10.00	16.00			14.80
BP51	20.00	13.00	15.00	17.00	14.00	17.00	14.00	19.00	12.00	17.00	11.00	16.00	15.80
BP52	15.00	11.00	15.00	19.00	13.00	14.00	10.00	18.00	20.00	17.00	15.00	17.00	15.33
												ผลเฉลี่ย	15.76
												ค่ามากสุด	17.50
												ค่าน้อยสุด	13.20

3.4.5 สรุปผลรูปแบบการแจกแจงข้อมูลของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 รุ่น

จากการได้ทำการวิเคราะห์ประเภทรูปแบบการแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียแต่ละอุปกรณ์แล้ว ดังหัวข้อ 3.4.2 และ 3.4.3 จะทราบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละการแจกแจงเพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์และสร้างค่าตัวเลขสุ่ม เพื่อไปจำลองสถานการณ์ต่อไป

ผู้วิจัยสามารถสรุปการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 รุ่น ได้ดังตารางที่ 3.8

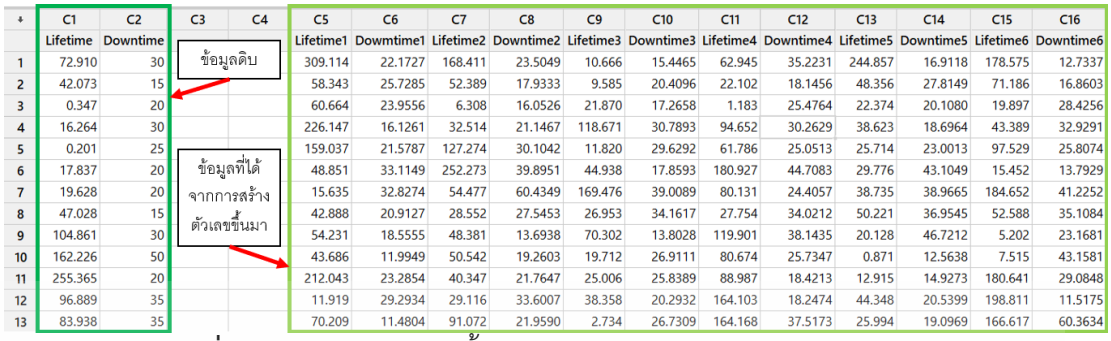
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของอุปกรณ์ Take Out Arm

รุ่น	ปัจจัย	การแจกแจงข้อมูลทางสถิติ	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
			Location	Shape	Scale	Threshold
210-431-1	อายุการใช้งาน	Exponential	-	-	74.26999	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3Parameter Weibull	-	1.86148	20.36564	8.62408
2213200006	อายุการใช้งาน	Weibull	-	1.32095	265.51064	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	Lognormal	3.31970	-	0.39858	-
OIS-03218 GR22	อายุการใช้งาน	Exponential	-	-	218.88194	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3Parameter Weibull	-	1.82446	27.46185	10.63241
OIS-03530 GR05	อายุการใช้งาน	Loglogistic	4.71359	-	0.59878	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3Parameter Loglogistic	3.18081	-	0.20554	7.06577
OIS-03697 GR01	อายุการใช้งาน	Weibull	-	0.74799	45.24130	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3Parameter Loglogistic	2.72981	-	0.28244	0.29762
OIS-03697 GR05	อายุการใช้งาน	Gamma	-	0.59517	175.73539	-
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	Gamma	-	5.38702	6.83684	-

เมื่อได้ทำการหาชุดการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียแล้ว เนื่องจากชุดข้อมูลจริงมีจำนวนน้อย ไม่สามารถนำมาจำลองสถานการณ์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการคำนวณสร้างค่าตัวเลขที่เหมาะสมขึ้นมาทั้งอายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียอย่างละ 3,000 ชุด โดยทำการทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อให้ชุดข้อมูลเพียงพอต่อการจำลองสถานการณ์และมีความแม่นยำในการคำนวณหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	Lifetime	Downtime			Lifetime1	Dowmtime1	Lifetime2	Downtime2	Lifetime3	Downtime3	Lifetime4	Downtime4	Lifetime5	Downtime5	Lifetime6	Downtime6
1	72.910	30			309.114	22.1727	168.411	23.5049	10.666	15.4465	62.945	35.2231	244.857	16.9118	178.575	12.7337
2	42.073	15			58.343	25.7285	52.389	17.9333	9.585	20.4096	22.102	18.1456	48.356	27.8149	71.186	16.8603
3	0.347	20			60.664	23.9556	6.308	16.0526	21.870	17.2658	1.183	25.4764	22.374	20.1080	19.897	28.4256
4	16.264	30			226.147	16.1261	32.514	21.1467	118.671	30.7893	94.652	30.2629	38.623	18.6964	43.389	32.9291
5	0.201	25			159.037	21.5787	127.274	30.1042	11.820	29.6292	61.786	25.0513	25.714	23.0013	97.529	25.8074
6	17.837	20			48.851	33.1149	252.273	39.8951	44.938	17.8593	180.927	44.7083	29.776	43.1049	15.452	13.7929
7	19.628	20			15.635	32.8274	54.477	60.4349	169.476	39.0089	80.131	24.4057	38.735	38.9665	184.652	41.2252
8	47.028	15			42.888	20.9127	28.552	27.5453	26.953	34.1617	27.754	34.0212	50.221	36.9545	52.588	35.1084
9	104.861	30			54.231	18.5555	48.381	13.6938	70.302	13.8028	119.901	38.1435	20.128	46.7212	5.202	23.1681
10	162.226	50			43.686	11.9949	50.542	19.2603	19.712	26.9111	80.674	25.7347	0.871	12.5638	7.515	43.1581
11	255.365	20			212.043	23.2854	40.347	21.7647	25.006	25.8389	88.987	18.4213	12.915	14.9273	180.641	29.0848
12	96.889	35			11.919	29.2934	29.116	33.6007	38.358	20.2932	164.103	18.2474	44.348	20.5399	198.811	11.5175
13	83.938	35			70.209	11.4804	91.072	21.9590	2.734	26.7309	164.168	37.5173	25.994	19.0969	166.617	60.3634

รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการทำซ้ำอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

จากรูปที่ 3.28 เป็นการสร้างตัวเลข (Generate) ขึ้นมาใหม่ของอุปกรณ์ 210-431-1 โดยจะมีข้อมูลอายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทำการทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สำหรับรุ่น 210-431-1 อายุการใช้งานมีค่าพารามิเตอร์ Scale เท่ากับ 74.26999 และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าพารามิเตอร์ Shape เท่ากับ 1.86148, Scale เท่ากับ 20.36564 และ Threshold เท่ากับ 8.62408 ทำการสร้างตัวเลขแถวละ 3,000 ชุด เป็นจำนวน 10 แถวของแต่ละปัจจัย

3.5 การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

3.5.1 โครงสร้างของต้นทุน

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณต้นทุน มีดังนี้

C_{total}	คือ	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (บาทต่อ 4 ปี)
$C_{unplanned}$	คือ	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)
$C_{planned}$	คือ	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (บาทต่อ 4 ปี)
$N_{unplanned}$	คือ	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)
$N_{planned}$	คือ	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (บาทต่อ 4 ปี)
$T_{unplanned}$	คือ	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)
$T_{planned}$	คือ	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (บาทต่อ 4 ปี)
C_E	คือ	มูลค่าอุปกรณ์ (บาทต่อชิ้น)
LPC	คือ	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (บาทต่อวัน)
LC	คือ	ค่าแรงงานในการซ่อม (บาทต่อวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุน (Cost Analysis) ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา ได้แก่

1. ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมดังสมการที่ 3.1

$$C_{total} = C_{unplanned} + C_{planned} \quad (3.1)$$

2. ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ดังสมการที่ 3.2

$$C_{unplanned} = \left(N_{unplanned} \times C_E\right) + [T_{unplanned} \times (LPC+LC)] \quad (3.2)$$

3. ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ดังสมการที่ 3.3

$$C_{planned} = \left(N_{planned} \times C_E\right)+[T_{planned} \times (LPC + LC)] \quad (3.3)$$

ในส่วนของ C_E คือ มูลค่าอุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ มีหน่วยเป็นบาทต่อชิ้น ซึ่งแต่ละรุ่นถึงแม้จะเป็นอุปกรณ์เดียวกัน แต่จะมีราคาที่แตกต่างกัน

ในส่วนของ LPC คือ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน มีหน่วยเป็นบาทต่อวัน ซึ่งแต่ละรุ่นถึงแม้จะเป็นอุปกรณ์เดียวกัน แต่จะมีราคาที่แตกต่างกัน

ในส่วนของ LC คือ ค่าแรงงานในการซ่อม มีหน่วยบาทต่อวัน โดยจะมีค่าแรงเท่ากับพนักงาน 3 คนต่อเครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง

หมายเหตุ จะเห็นว่า C_E และ LPC จะเป็นค่าคงที่ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนไปตามแต่ละอุปกรณ์ ส่วน LC จะเป็นค่าคงที่ซึ่งจะถูกนำไปใช้กับทุกอุปกรณ์ (ไม่เปลี่ยนค่า) ดังนั้น C_E, LPC และ LC จัดว่าเป็นข้อมูลขาเข้า (Input) ที่ต้องกำหนดไว้ก่อนการทำการจำลองสถานการณ์

ส่วนตัวแปรอีกชุด คือ $N_{unplanned}$, $N_{planned}$, $T_{unplanned}$ และ $N_{planned}$ จะได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยตัวแปรเดิม ทำการจำลองซ้ำรอบใหม่ อาจจะไม่เท่ากันก็ได้ และโดยทั่วไปถ้าเปลี่ยนแปลง T_{PM} ตัวแปรทั้ง 4 ก็จะเปลี่ยนค่าไปด้วย ดังนั้น $N_{unplanned}$, $N_{planned}$, $T_{unplanned}$ และ $N_{planned}$ จึงเป็นข้อมูลขาออก (Output) ที่มาจากการทำการจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การคำนวณหามูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม

มูลค่าอุปกรณ์ (C_E) จะถูกกำหนดมาจากซัพพลายเออร์ โดยมีการแสดงรุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm มีมูลค่าดังนี้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีมูลค่าเท่ากับ 3,840.00 บาทต่อชิ้น
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 มีมูลค่าเท่ากับ 6,145.75 บาทต่อชิ้น
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 มีมูลค่าเท่ากับ 5,388.07 บาทต่อชิ้น
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 มีมูลค่าเท่ากับ 3,434.23 บาทต่อชิ้น
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 มีมูลค่าเท่ากับ 5,131.31 บาทต่อชิ้น
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 มีมูลค่าเท่ากับ 6,804.20 บาทต่อชิ้น

ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (LPC) มีวิธีการคำนวณโดยสามารถดูแผนผังโครงสร้างได้จากรูปที่ 3.19 และมีสูตรสมการดังสมการที่ 3.4 คือ

LPC = มูลค่าสินค้า × อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย (3.4)

โดยมีการแสดงรุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน (LPC) ดังนี้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 112,451.61 บาทต่อวัน
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 94,013.88 บาทต่อวัน
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 22,903.23 บาทต่อวัน
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 22,794.44 บาทต่อวัน
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 190,064.51 บาทต่อวัน
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 มีความสูญเสียทางด้านต้นทุน เท่ากับ 112,451.61 บาทต่อวัน

ค่าแรงงานในการซ่อม (LC) ของทุกอุปกรณ์ Take Out Arm โดยมีสูตรสมการคิดจากค่าแรงพนักงานวันละ 417 บาท พนักงานประจำเครื่องจักร 3 คนและทำงาน 3 กะ จะมีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณหาต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นต่างๆ จำนวน 6 รุ่น สามารถสรุปผลมูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อมได้ดังตารางที่ 3.9 ดังนี้

ตารางที่ 3.9 สรุปมูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม

รุ่นของ Take Out Arm	**มูลค่าอุปกรณ์ (C_E) (บาทต่อชิ้น)**	**ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (LPC) (บาทต่อวัน)**	**ค่าแรงงานในการซ่อม (LC) (บาทต่อวัน)**
210-431-1	3,840.00	112,451.61	3,753.00
2213200006	6,145.75	94,013.88	
OIS-03218 GR22	5,388.07	22,903.23	
OIS-03530 GR05	3,434.23	22,794.44	
OIS-03697 GR01	5,131.31	190,064.51	
OIS-03697 GR05	6,804.20	112,451.61	

3.5.3 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

โดยการคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันนั้นจะใช้อายุการใช้งาน (คอลัมน์ที่ B) และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (คอลัมน์ที่ C) ในการคำนวณหาต้นทุน โดยใช้การบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 15 นาที

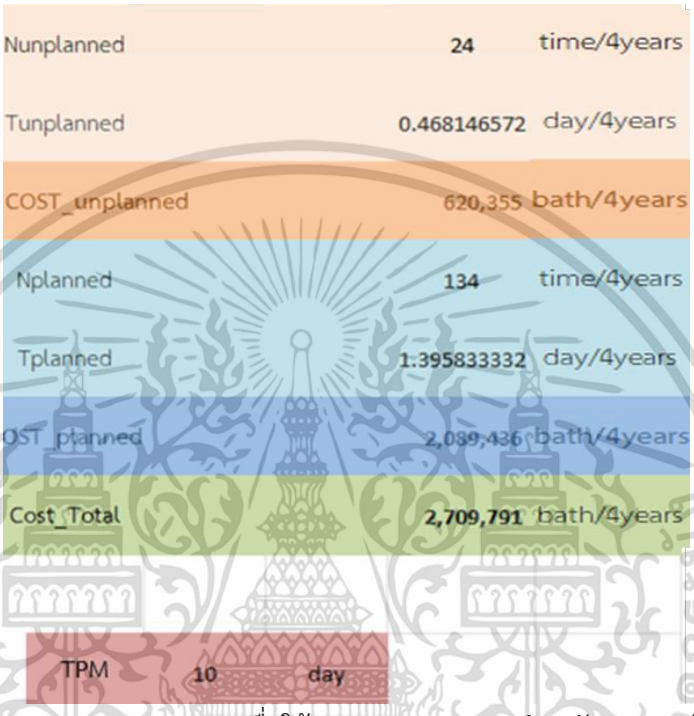
สามารถรู้ได้ว่าเหตุการณ์ที่เกิดนั้นๆ มีการบำรุงรักษาประเภทใด โดยสังเกตจากคอลัมน์ที่ I ถ้าขึ้นเลข 1 ในช่องแสดงว่าเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และถ้าขึ้นเลข 1 ที่คอลัมน์ที่ J ก็จะถือว่าเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ดังรูปที่ 3.29

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
10		To do PM	15	min	0.010416667	Tpm	10	day					
11		Time to Failure (unplanned): day	Time to Repair (unplanned): minute	Time to Repair (unplanned): day	Time to Repair (pm) : day	Type of Change							
12	t					Normal operation	Tool change start	Tool change end	PM	Breakdown	Note	PM time	Time to repair
13	1	26.72772037	19.50465074	0.013544896	0.010416667	0	10	10.0104167	1	0	run	0.01	0
14	2	46.60103844	23.20250835	0.016112853	0.010416667	10.0104167	20.0104167	20.0208333	1	0	run	0.01	0
15	3	96.99250636	20.21036303	0.014034974	0.010416667	20.0208333	30.0208333	30.03125	1	0	run	0.01	0
16	4	12.15624631	24.77644471	0.017205864	0.010416667	30.03125	40.03125	40.0416667	1	0	run	0.01	0
17	5	33.76015563	37.2615068	0.025876046	0.010416667	40.0416667	50.0416667	50.0520833	1	0	run	0.01	0
18	6	2.026033824	22.00930558	0.01528424	0.010416667	50.0520833	52.0781172	52.0934014	0	1	run	0	0.01528
19	7	11.03694773	22.87809095	0.015887563	0.010416667	52.0934014	62.0934014	62.1038181	1	0	run	0.01	0
20	8	87.39688379	18.79765443	0.013053927	0.010416667	62.1038181	72.1038181	72.1142347	1	0	run	0.01	0
21	9	167.1898867	38.12770345	0.026477572	0.010416667	72.1142347	82.1142347	82.1246514	1	0	run	0.01	0
22	10	123.3923515	25.25692888	0.017539534	0.010416667	82.1246514	92.1246514	92.1350681	1	0	run	0.01	0

รูปที่ 3.29 ข้อมูลขาเข้า (Input) เมื่อใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ในกรณีทำการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทุก ๆ 10 วัน (T_{PM}) และมีรายละเอียดการยกตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ข้อมูลขาออก (Output) เมื่อใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 10 วัน

T_{PM}	=	10 วัน
$N_{unplanned}$	=	24 ครั้งต่อ 4 ปี
$N_{planned}$	=	134 ครั้งต่อ 4 ปี
$T_{unplanned}$	=	0.4681 วันต่อ 4 ปี
$T_{planned}$	=	1.3958 วันต่อ 4 ปี
C_E	=	3,840 บาทต่อชิ้น
LPC	=	3,753 บาทต่อคน
LC	=	1,124,516.13 บาทต่อวัน

เมื่อทำการสร้างค่าตัวเลขตามการแจกแจงความน่าจะเป็นทางสถิติที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการคำนวณทั้งจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รวมถึงต้นทุนของทั้งสองกรณี และต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมโดยขอยกตัวอย่างการบำรุงรักษาอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Take Out Arm โดยทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 10 วัน (T_{PM}) ได้ผลการคำนวณและการวิเคราะห์ต่อไปนี้

$$C_{unplanned} = \left(N_{unplanned} \times C_E\right) + [T_{unplanned} \times (LPC + LC)]$$
$$= (24 \times 3{,}840) + [0.4681 \times (3{,}753 + 1{,}124{,}516.13)]$$
$$= 620{,}355 \text{ บาทต่อ 4 ปี}$$

$$C_{planned} = \left(N_{planned} \times C_E\right) + [T_{planned} \times (LPC + LC)]$$
$$= (134 \times 3{,}840) + [1.3958 \times (3{,}753 + 1{,}124{,}516.13)]$$
$$= 2{,}089{,}436 \text{ บาทต่อ 4 ปี}$$

$$C_{total} = C_{unplanned} + C_{planned}$$
$$= 620{,}355 + 2{,}089{,}436$$
$$= 2{,}709{,}791 \text{ บาทต่อ 4 ปี}$$

จากการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน สามารถสรุปรายละเอียดต้นทุนต่างๆได้ตามรูปที่ 3.31

OUTPUT	correct		Unit
Nunplanned	17	time/4years	
Tunplanned	0.32787279	day/4years	
COST_unplanned	435,209	bath/4years	
Nplanned	137	time/4years	
Tplanned	1.42708333	day/4years	
COST_planned	2,136,214	bath/4years	
Cost_Total	2,571,423	bath/4years	

OUTPUT	correct		Unit
Nunplanned	20	time/4years	
Tunplanned	0.39052041	day/4years	
COST_unplanned	517,412	bath/4years	
Nplanned	65	time/4years	
Tplanned	0.67708333	day/4years	
COST_planned	1,013,532	bath/4years	
Cost_Total	1,530,944	bath/4years	

Dist.	Exponential	3 Parameter Weibull		
Maean	74.6663	27.1009		0.0104
max	554.9090	72.6046		0.0104
min	0.0048	8.7182		0.0104
	To do PM	15	min	0.010416667

Tpm 10 day

Tpm 20 day

t	Time to Failure (unplanned): day	Time to Repair (unplanned): minute	Time to Repair (unplanned): day	Time to Repair (pm): day	Type of Change: Normal operation	Tool change start	Tool change end	PM	Breakdown	Note	PM time	Time to repair
1	26.72772037	19.50465074	0.013544896	0.010416667	0	10	10.010417	1	0	n.n	0.01	0
2	46.60103844	23.20250835	0.016112853	0.010416667	10.010417	20.0104167	20.020833	1	0	n.n	0.01	0
3	96.99250636	20.21036303	0.014034974	0.010416667	20.020833	30.0208333	30.03125	1	0	n.n	0.01	0
4	12.15624631	24.77644471	0.017205864	0.010416667	30.03125	40.03125	40.041667	1	0	n.n	0.01	0
5	33.76015563	37.2615068	0.025876046	0.010416667	40.041667	50.0416667	50.052083	1	0	n.n	0.01	0
6	2.026033824	22.00930558	0.01528424	0.010416667	50.052083	52.0781172	52.093401	0	1	n.n	0	0.01528
7	11.03694773	22.87809095	0.015887563	0.010416667	52.093401	62.0934014	62.103818	1	0	n.n	0.01	0

t	Time to Failure (unplanned): day	Time to Repair (unplanned): minute	Time to Repair (unplanned): day	Time to Repair (pm): day	Type of Change: Normal operation	Tool change start	Tool change end	PM	Breakdown	Note	PM time	Time to repair
1	26.72772037	19.50465074	0.013544896	0.010416667	0	20	20.0104167	1	0	n.n	0.010417	0
2	46.60103844	23.20250835	0.016112853	0.010416667	20.0104167	40.0104167	40.0208333	1	0	n.n	0.010417	0
3	96.99250636	20.21036303	0.014034974	0.010416667	40.0208333	60.0208333	60.03125	1	0	n.n	0.010417	0
4	12.15624631	24.77644471	0.017205864	0.010416667	60.03125	72.1874963	72.2047022	0	1	n.n	0	0.017206
5	33.76015563	37.2615068	0.025876046	0.010416667	72.2047022	92.2047022	92.2151188	1	0	n.n	0.010417	0
6	2.026033824	22.00930558	0.01528424	0.010416667	92.2151188	94.2411527	94.2564369	0	1	n.n	0	0.015284
7	11.03694773	22.87809095	0.015887563	0.010416667	94.2564369	105.293385	105.309272	0	1	n.n	0	0.015888

รูปที่ 3.31 หน้าแสดงผลต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียของอุปกรณ์ รุ่น 210-431-1

จากการคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนต่างๆ พบว่า อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยยกตัวอย่างทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 10 วันนั้น ให้ผลต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

620,355 บาทต่อ 4 ปี และผลต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 2,089,436 บาทต่อ 4 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 10 วัน จะส่งผลให้เกิดต้นทุนจากการบำรุงรักษาป้องกันถึง 2,089,436 บาทต่อ 4 ปี และมีต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ถึง 134 ครั้ง แต่ถ้าปล่อยให้อุปกรณ์เสียนั้นจะเกิดต้นทุนเท่ากับ 620,355 บาทต่อ 4 ปี และมีจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เพียง 24 ครั้ง จึงไม่ควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 10 วัน เพราะจะทำให้เกิดต้นทุนมากเกิน เป็นต้น

3.6 การออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ส่วนในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจะจำลองสถานการณ์การทำงานและการเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อคำนวณหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมภายใต้อายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียแบบไม่แน่นอน (Stochastic Process) โดยมีตัวแปรอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นตัวแปรสุ่ม และวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Maintenance Cost) และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Maintenance Cost) ที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลอง เพื่อคำนวณหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่นำไปสู่ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมที่ต่ำที่สุด

โดยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะเป็นตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ที่ถูกกำหนดขึ้นโดยมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะมีผลต่อต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม ดังนั้นผู้วิจัยจะแนะนำคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่ให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมน้อยที่สุดเป็นตัวเลขที่ถูกเลือกให้ดำเนินการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

การออกแบบแผนการทดลองในแต่ละรุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm นั้นจะเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ไปเรื่อย ๆ เริ่มต้นจาก 10, 20 ,..., อนันต์ วัน และจะทำการเก็บค่า $N_{unplanned,}$ $N_{planned,}$ $T_{unplanned}$ และ $N_{planned}$ เพื่อไปคำนวณและบันทึกค่า $C_{unplanned}$, $C_{planned}$ และ C_{total} โดย T_{PM} 1 ค่า จะทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง

หมายเหตุ ในกรณีที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) มีค่าเท่ากับค่าอนันต์ มักพบว่าเมื่อเพิ่ม T_{PM} ในช่วง 500 หรือ 1,000 วัน ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมจะออกมาเป็นเส้นตรงจนคงที่ จึงไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มค่า T_{PM} ไปสู่ค่าอนันต์อีก

ในหัวข้อนี้จะอธิบายขั้นตอนของการออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แบบละเอียดเฉพาะรุ่น 210-431-1 โดยมีข้อมูลพื้นฐานที่ต้องใช้ดังตารางที่ 3.10 มีขั้นตอนดังนี้ (สามารถดูข้อมูลนำเข้าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นอื่นๆ ได้จาก ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลนำเข้า (Input) อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

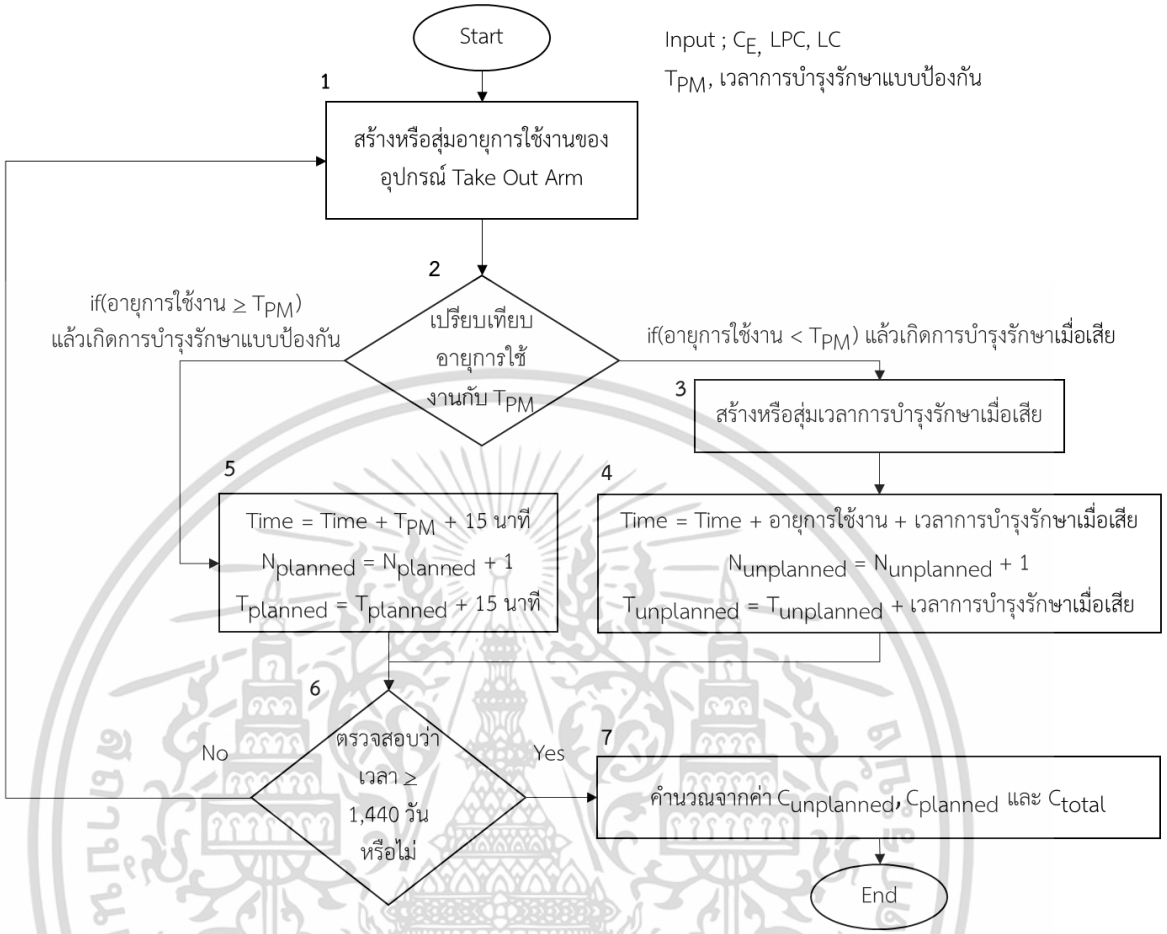
ประเภทข้อมูล	ข้อมูลขาเข้า (Input)	ค่าข้อมูล
ระยะเวลา	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Exponential มีค่า Scale เท่ากับ 74.26999
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ 3-Parameter Weibull มีค่า Shape เท่ากับ 1.86148, ค่า Scale เท่ากับ 20.36564 และ Threshold เท่ากับ 8.62408
	ระยะเวลา PM	15 นาที (หรือคิดเป็น 0.01042 วัน)
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	10 วัน
ต้นทุน	มูลค่าอุปกรณ์	3,840.00 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00 บาทต่อวัน[*1]
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	112,451.61 บาทต่อวัน [*2]

หมายเหตุ [*1] ค่าแรงงานในการซ่อม เท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน เกิดจากการคำนวณพนักงาน 3 คนต่อเครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3

[*2] ความสูญเสียทางด้านต้นทุน (หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง) เท่ากับ 112,451.61 บาทต่อวัน เกิดจากการคำนวณมูลค่าสินค้า 3.82 บาทต่อขวด × อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย29,474.70 บาทต่อวัน

โดยมีรูปแบบไดอะแกรมการไหลของข้อมูล (Flow Chart) ของการออกแบบและการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 ไดอะแกรมการไหลของข้อมูลการจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลนำเข้า (Input) ถูกออกแบบดังนี้ (ดังรูปที่ 3.33)

		Input	Amount	Unit	Note
CE		Equipment value	3,840.00	baht/piece	
CE'		Equipment value (not enough in warehouse)	3,840.00	baht/piece	1 time of CE
LC		Labor costs	3753.00	baht/day	3 man/machine and 417 baht/man/8hrs.
		Product value	3.82	baht/bottle	
		Capacity	294,746.97	bottle/day	24 hrs.
		Prodction Loss	1,124,516.13	baht/day	
FYI		The scope of study is 4 years.	1460	Days	

ก) ข้อมูลขาเข้ายังไม่รวมคาบระยะเวลา

ข) ข้อมูลขาเข้าแสดงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM})

รูปที่ 3.33 ป้อนข้อมูลขาเข้าที่เกี่ยวข้องกับต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายข้อมูลขาเข้า (Input) ได้ดังนี้

1. เซลล์ E3020 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ มูลค่าอุปกรณ์ จะถูกนำไปใช้คำนวณหาต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($C_{planned}$) ในคอลัมน์ I7

2. เซลล์ E3021 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ มูลค่าอุปกรณ์ (กรณีไม่พอในคลังสินค้า) จะถูกนำไปใช้คำนวณหาต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($C_{unplanned}$) ในคอลัมน์ I4

3. เซลล์ E2022 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ ค่าแรงงานในการซ่อม จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($C_{planned}$) ในคอลัมน์ I7 และต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($C_{unplanned}$) ในคอลัมน์ I4

4. เซลล์ E2023 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ มูลค่าสินค้า จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาความสูญเสียทางด้านต้นทุน ดังสมการที่ 3.4

5. เซลล์ E2024 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาความสูญเสียทางด้านต้นทุน ดังสมการที่ 3.4

6. เซลล์ E2025 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($C_{planned}$) ในคอลัมน์ I7 และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบเมื่อเสีย ($C_{unplanned}$) ในคอลัมน์ I4

7. เซลล์ E3028 ดังรูปที่ 3.33 ก) คือ ขอบเขตการศึกษา 4 ปี มี 1,460 วัน จะถูกนำไปใช้ในการตัดสินใจในการหาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม คอลัมน์ I และ คอลัมน์ J

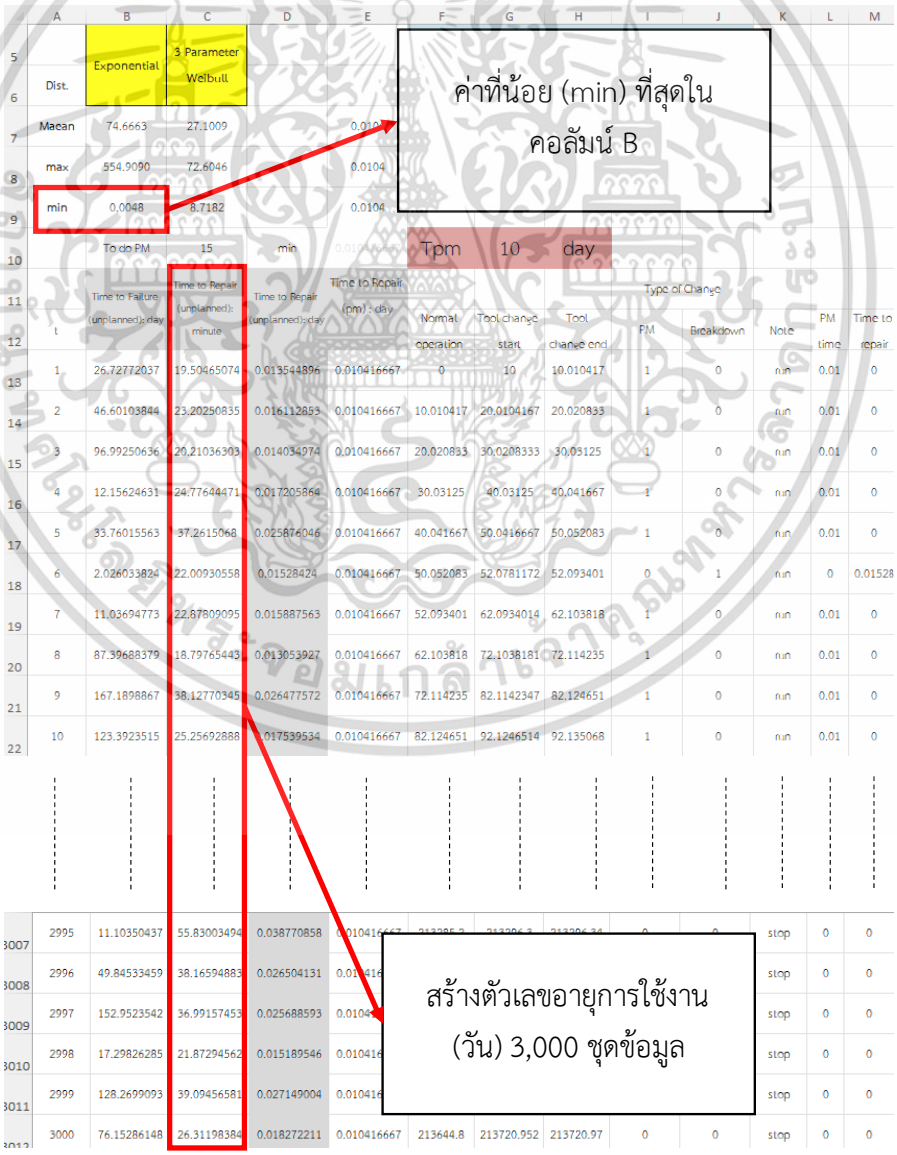
8. เซลล์ G10 ดังรูปที่ 3.33 ข) คือ คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) จะถูกนำไปใช้กับการคำนวณการเริ่มเปลี่ยนอุปกรณ์ คอลัมน์ G10 และการตัดสินใจในการหาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม คอลัมน์ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 การสร้าง (หรือการสุ่ม) และการจำลองอายุการใช้งาน

ในการจำลองงานวิจัยนี้จะมีการสร้างหรือสุ่มและในการจำลองอายุการใช้งานอุปกรณ์ Take Out Arm โดยขอยกตัวอย่าง รุ่น 210-431-1 ซึ่งมีอายุการใช้งานเป็นการแจกแจงแบบ Exponential มีค่าพารามิเตอร์ Scale เท่ากับ 74.26999 จะถูกแสดงในคอลัมน์ B มีชุดข้อมูลอายุการใช้งานที่ถูกสร้างขึ้นมาจำนวน 3,000 ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 3.34

โดยในการจำลองสถานการณ์ มีการตรวจสอบข้อมูลทางสถิติ โดยในเซลล์ B9 จะกล่าวถึงค่าที่น้อยที่สุดในคอลัมน์ B จำนวน 3,000 ชุดข้อมูล ข้อมูลค่าที่น้อยที่สุด (min) นั้นอายุการใช้งานต้องห้ามติดลบ เนื่องจากจะไม่สามารถนำชุดข้อมูลมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ได้ ถ้าเซลล์ B9 ติดลบ ต้องทำการสุ่มอายุการใช้งานขึ้นมาใหม่จนกว่าเซลล์ B9 ไม่ติดลบ



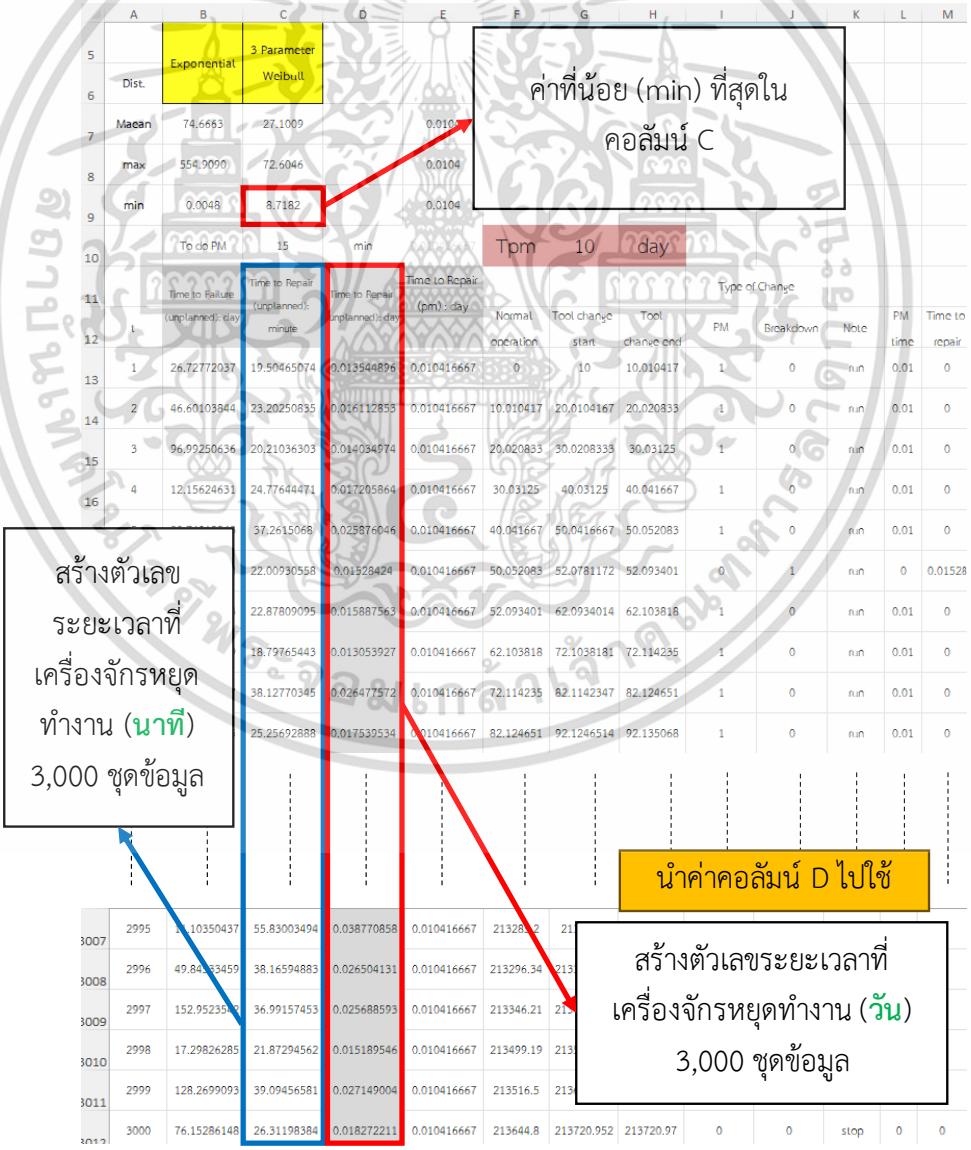
รูปที่ 3.34 การสร้างและการจำลองอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การสร้าง (หรือการสุ่ม) และการจำลองเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ในการจำลองงานวิจัยนี้จะมีการสร้างหรือสุ่มและในการจำลองเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย อุปกรณ์ Take Out Arm โดยขอยกตัวอย่าง รุ่น 210-431-1 ซึ่งมีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นการแจกแจงแบบ 3-Parameter Weibull มีค่าพารามิเตอร์ Shape เท่ากับ 1.86148, ค่า Scale เท่ากับ 20.36564 และ Threshold เท่ากับ 8.62408 จะถูกแสดงในคอลัมน์ C ในหน่วยนาที และมีการแปลงเป็นหน่วยวันในคอลัมน์ D มีชุดข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียที่ถูกสร้างขึ้นมาจำนวน 3,000 ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 3.35

ทำนองเดียวกันกับการสุ่มตัวเลขของอายุการใช้งาน ในเซลล์ C9 จะกล่าวถึงค่าที่น้อยที่สุดในคอลัมน์ C จำนวน 3,000 ชุดข้อมูล เพื่อตรวจสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียต้องห้ามติดลบ



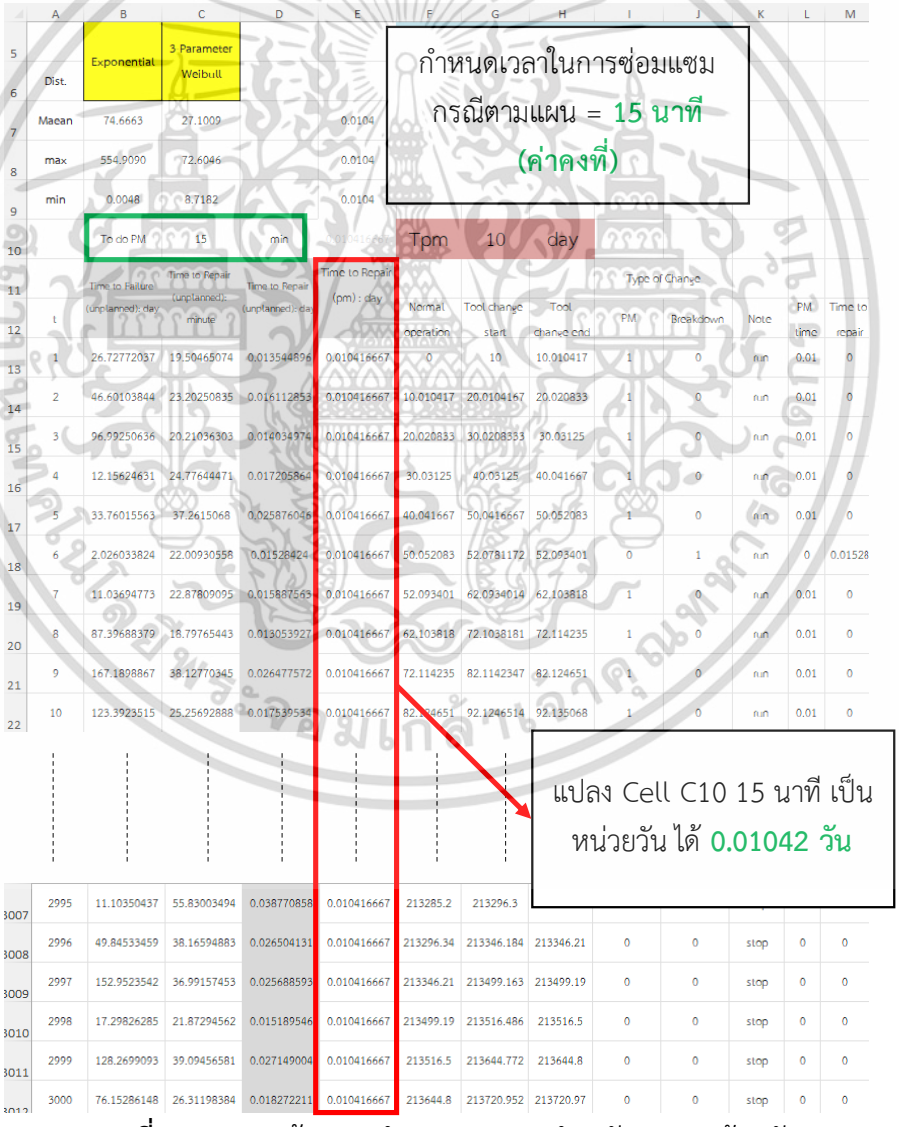
รูปที่ 3.35 การสร้างและการจำลองเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การสร้างและจำลองเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้กำหนดเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเป็นค่าคงที่ทุกครั้ง ครั้งละ 15 นาที (เซลล์ C10) และทำการแปลงจาก 15 นาที เป็นหน่วยวัน เท่ากับ 0.01042 วัน (คอลัมน์ E) มีชุดข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาจำนวน 3,000 ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 3.36

ข้อมูลดังกล่าวในคอลัมน์ E นี้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm ถ้าอายุการใช้งานมีค่าน้อยกว่า 15 นาที จะเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย แต่ถ้าอายุการใช้งานมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 15 นาที จะเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.6.4)



รูปที่ 3.36 การสร้างและจำลองเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การตัดสินใจระหว่างการบำรุงรักษาเมื่อเสียกับการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ในหัวข้องานวิจัยฉบับนี้จะกล่าวถึงการตัดสินใจเลือกระหว่างการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) โดยกล่าวถึงคอลัมน์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกการบำรุงรักษา คือ คอลัมน์ F, G, H, I และ J ซึ่งขอยกตัวอย่างอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

คอลัมน์ F คือ เริ่มต้นการดำเนินงานปกติ (Normal Operation Start) คำนวณจากเวลาสิ้นสุดจากการเปลี่ยนอะไหล่ (Tool Change End) ก่อนหน้า เช่น เซลล์ F14 เกิดจากช่อง เซลล์ H13 เป็นต้น

คอลัมน์ G คือ เวลาเริ่มต้นการเปลี่ยนอะไหล่ (Tool Change Start) คำนวณจาก ถ้าช่องนับจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (คอลัมน์ I) เท่ากับ “1” ให้แสดงช่องคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) บวกกับเวลาเริ่มต้นการเปลี่ยนอะไหล่ ถ้าไม่ใช่ให้แสดงเวลาเริ่มต้นการเปลี่ยนอะไหล่บวกกับเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Time to Failure (unplanned)) เช่น ถ้าเซลล์ I13 เท่ากับ 1 ให้นำ เซลล์ G10 + เซลล์ F13 แต่ถ้าไม่ใช่ให้แสดง เซลล์ F13 + เซลล์ B13 เป็นต้น

คอลัมน์ H คือ เวลาสิ้นสุดการเปลี่ยนอะไหล่ (Tool Change End) คำนวณจาก ถ้าช่องนับจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (คอลัมน์ I) เท่ากับ “1” ให้แสดงช่องเวลาเริ่มต้นการเปลี่ยนอะไหล่ (Tool Change Start) บวกกับเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Time to Repair (pm)) ถ้าไม่ใช่ให้แสดง เวลาเริ่มต้นการเปลี่ยนอะไหล่ บวกกับเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Time to Repair (unplanned)) เช่น ถ้า เซลล์ I13 เท่ากับ 1 ให้นำ เซลล์ G13 + เซลล์ E13 แต่ถ้าไม่ใช่ให้แสดง เซลล์ G13 + เซลล์ D13 เป็นต้น

โดยผู้วิจัยได้ใช้คอลัมน์ I เพื่อคำนวณหาจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และใช้คอลัมน์ J เพื่อคำนวณหาจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

จากการตัดสินใจระหว่างการบำรุงรักษาเมื่อเสียหรือการบำรุงรักษาแบบป้องกัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 ถ้าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm มากกว่าหรือเท่ากับคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (อายุการใช้งาน $\geq T_{PM}$)

กรณีที่ 2 ถ้าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm น้อยกว่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันจะเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (อายุการใช้งาน $< T_{PM}$)

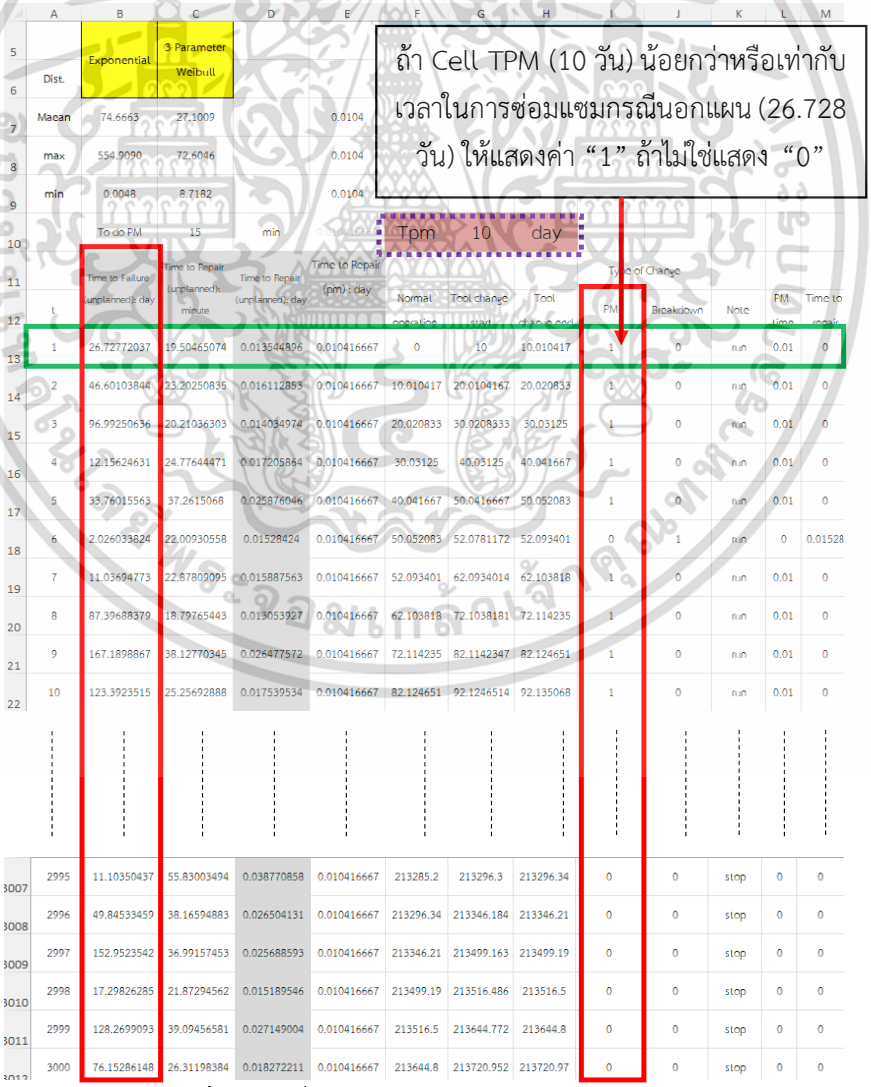
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1. อายุการใช้งาน ≥ T_{PM}

เงื่อนไข คือ ถ้าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะส่งผลให้เกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ยกตัวอย่างการคำนวณ เช่น ในแถวที่ 13 ถ้าอายุการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 26.7277 วัน แต่มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 10 วัน ดังนั้นจะเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกันก่อน จึงมีเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 0.01042 วัน

โดยในคอลัมน์ I จะแสดง “1” เนื่องจากเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ดังรูปที่ 3.37 เช่น เซลล์ I13 มีสูตรดังนี้ =IF(F13<$D$3028, IF(G$10<=$B13, 1, 0), 0)

หมายเหตุ เนื่องจาก IF ตัวแรก คือ การตรวจสอบขอบเขตการศึกษาจำนวน 4 ปี และ IF ตัวที่สอง คือ เงื่อนไขว่าอายุการใช้งานต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ถึงจะแสดงค่า “1” ถ้าไม่ใช่ให้แสดงค่า “0”



รูปที่ 3.37 เงื่อนไขแบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

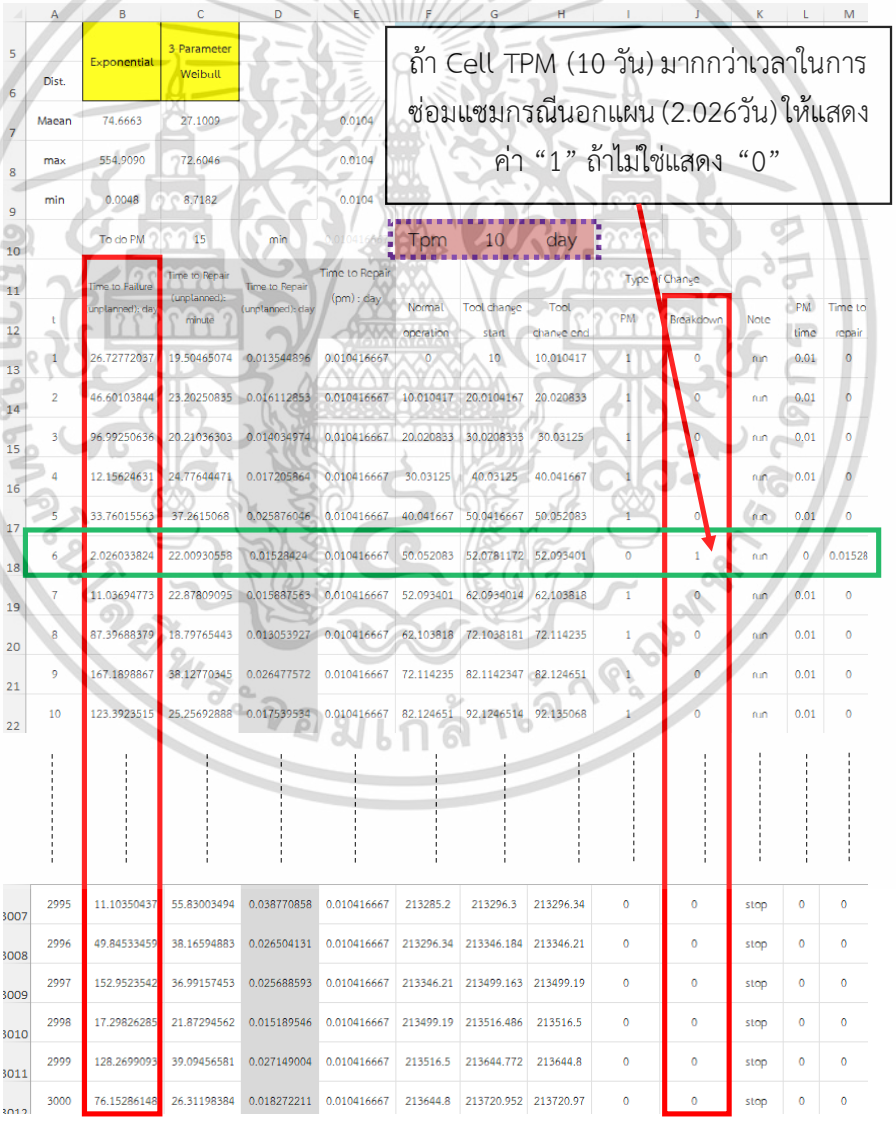
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2. อายุการใช้งาน < T_{PM}

เงื่อนไข คือ ถ้าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm มีค่าน้อยกว่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะส่งผลให้เกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ยกตัวอย่างการคำนวณ เช่น ในแถวที่ 18 ถ้าอายุการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 2.026 วัน แต่มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 10 วัน ดังนั้นจะเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียก่อน จึงมีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 0.01528 วัน

โดยในคอลัมน์ J จะแสดง “1” เนื่องจากเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ดังรูปที่ 3.38 เช่น เซลล์ J18 มีสูตรดังนี้ =IF(F18<$D$3028,1-I18,0)

หมายเหตุ เนื่องจาก IF ตัวแรก คือ การตรวจสอบขอบเขตการศึกษาจำนวน 4 ปี และสูตรด้านหลังคือการนำ 1 ลบกับช่องการบำรุงรักษาแบบป้องกัน



รูปที่ 3.38 เงื่อนไขแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การสร้างการบันทึกจำนวนครั้งและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียและแบบป้องกัน

ในการบันทึกจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียตลอดระยะเวลา 4 ปี (1,460 วัน) นั้น จะดูจากคอลัมน์ I และ J ดังตัวอย่างนี้

เซลล์ I5 คือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($C_{planned}$) สามารถหาได้จากการนับผลรวมจำนวนครั้งที่เกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) ในคอลัมน์ I

เซลล์ I2 คือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($C_{unplanned}$) สามารถหาได้จากการนับผลรวมจำนวนครั้งที่เกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) ในคอลัมน์ J

ผู้วิจัยได้สร้างคอลัมน์ L และคอลัมน์ M เพิ่มเติมขึ้นมา โดยที่

- คอลัมน์ L จะบันทึกเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น โดยดูจากคอลัมน์ I ถ้าเซลล์ในคอลัมน์ I มีค่าเท่ากับ “1” แล้วเซลล์ในคอลัมน์ L จะมีค่าเท่ากับ 0.01042 วัน

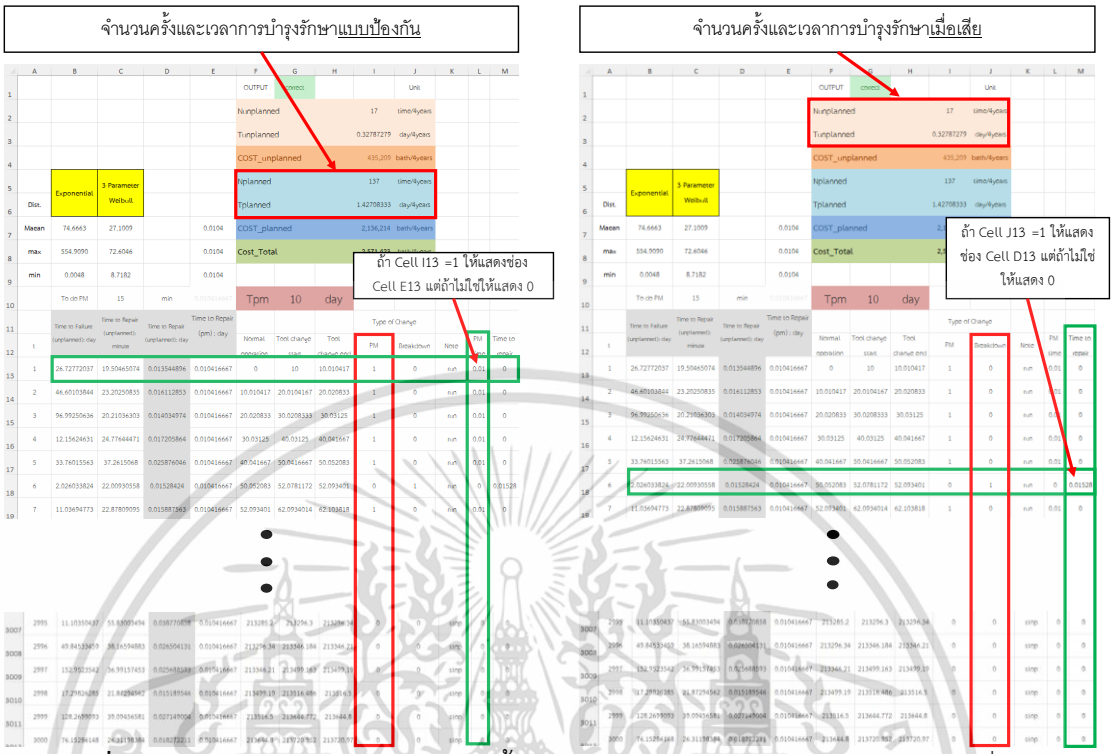
- คอลัมน์ M จะบันทึกเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น โดยดูจากคอลัมน์ J ถ้าเซลล์ในคอลัมน์ J มีค่าเท่ากับ “1” แล้วเซลล์ในคอลัมน์ M จะมีค่าเท่ากับเซลล์ในคอลัมน์ D

ดังนั้น การบันทึกเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียตลอดระยะเวลา 4 ปี (1,460 วัน) นั้น จะดูจากคอลัมน์ L และ M ดังตัวอย่างนี้

เซลล์ I3 คือ เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($T_{unplanned}$) สามารถดูได้จากผลรวมคอลัมน์ L โดยมีการคำนวณจาก ถ้าช่องนับจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (คอลัมน์ I) มีค่าเท่ากับ “1” ให้แสดงผลเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (คอลัมน์ E) แต่ถ้าไม่ใช่ให้แสดงค่าเท่ากับ “0” สามารถยกตัวอย่าง เซลล์ I13 = IF (I13=1, $E13,0)

เซลล์ I6 คือ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($T_{planned}$) สามารถดูได้จากผลรวมคอลัมน์ M โดยมีการคำนวณจาก ถ้าช่องนับจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (คอลัมน์ J) มีค่าเท่ากับ “1” ให้แสดงผลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (คอลัมน์ D) แต่ถ้าไม่ใช่ให้แสดงค่าเท่ากับ “0” สามารถยกตัวอย่าง เซลล์ M18 = IF (J13=1, $D13,0) ดังแสดงในรูปที่ 3.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.39 การสร้างการบันทึกจำนวนครั้งและเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย

3.6.6 การสร้างการตรวจสอบจำนวนวันเพื่อให้ครบ 4 ปี

ในการสร้างและการตรวจสอบจำนวนวันขอบเขตการศึกษาระยะเวลา 4 ปี หรือ 1,460 วัน โดยมีคอลัมน์ที่เกี่ยวข้อง คือ คอลัมน์ F และ K และเซลล์ที่ G1

คอลัมน์ F คือ เริ่มต้นการดำเนินงานปกติ (Normal Operation Start) หรือเป็นเวลาในระบบการจำลองสถานการณ์

คอลัมน์ K จะแสดงสถานะของการจำลองสถานการณ์ (Note) ตัวอย่างสูตรที่ใช้ เช่น =IF(F13<$D$3028, "run", "stop") โดยจะมี 2 ประเภท (ดังรูปที่ 3.40) ดังนี้

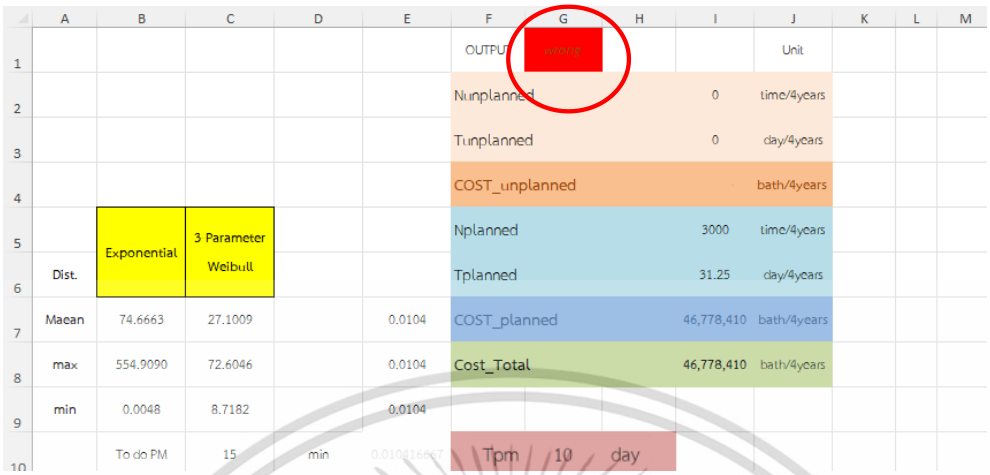
ประเภทที่หนึ่ง คือ “run” ซึ่งมีความหมายว่า ตัวแบบจำลองสถานการณ์ยังคงทำงานอยู่ เพราะยังไม่ครบ 1,460 วัน

ประเภทที่สอง คือ “stop” ซึ่งมีความหมายว่า ตัวแบบจำลองสถานการณ์หยุดการทำงานแล้ว เนื่องจากครบ 1,460 วัน โดยในคอลัมน์ K จำเป็นต้องขึ้น “stop” จึงจะยืนยันว่ามีการจำลองสถานการณ์ครบ 4 ปีแล้ว โดยเซลล์ G1 จะขึ้นคำว่า “correct”

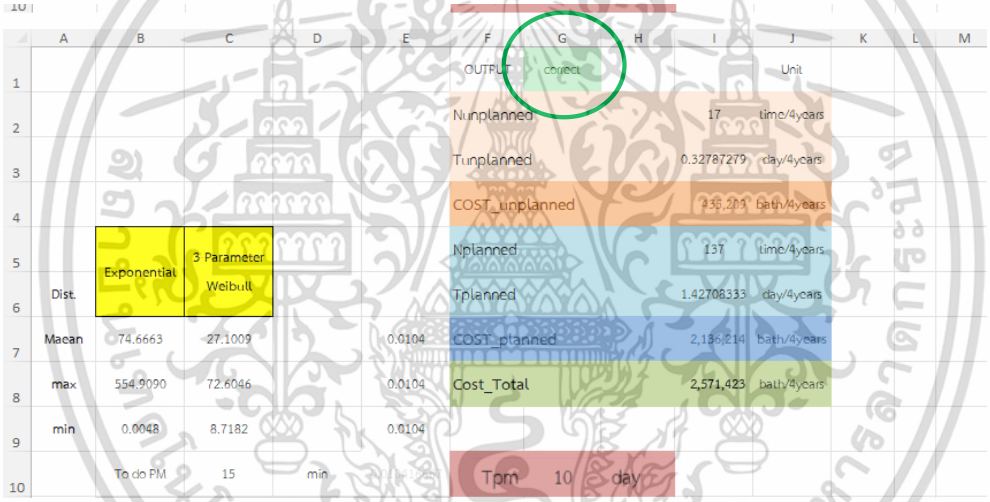
ถ้าในคอลัมน์ K ไม่มีการขึ้นคำว่า “stop” เลย แสดงว่ายังรันไม่ครบ 4 ปี โดยเซลล์ G1 จะขึ้นคำว่า “wrong” ผู้วิจัยจะไม่สามารถใช้ผลของการจำลองสถานการณ์นี้ได้

อนึ่ง สูตรที่ใช้ในเซลล์ G1 คือ =IF(K3012="stop", "correct", "wrong")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) แสดงสถานะ wrong



ข) แสดงสถานะ correct

รูปที่ 3.40 การสร้างการตรวจสอบจำนวนวันเพื่อให้ครบ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 การสร้างการคำนวณข้อมูลขาออก (ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและแบบป้องกัน)

ในการสร้างและคำนวณข้อมูลขาออก (Output) เฉพาะต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน สามารถคำนวณและสร้างได้ดังนี้ โดยขอยกตัวอย่างอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ดังรูปที่ 3.41

เซลล์ I4 คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ($C_{unplanned}$) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.2 ถ้าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันมีค่าเท่ากับ 10 วัน จะได้ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 435,209 บาทต่อ 4 ปี

$$C_{unplanned} = \left(N_{unplanned} \times C_E\right) + [T_{unplanned} \times (LPC+LC)]$$
$$= (17 \times 3{,}840) + [0.32787 \times (1{,}124{,}516.13 + 3{,}753)]$$
$$= 435{,}209 \text{ บาทต่อ 4 ปี}$$

โดยที่ เซลล์ I4 มีสูตรดังนี้

เซลล์ I4 = I2*$E$3021+I3*($E$3025+$E$3022)

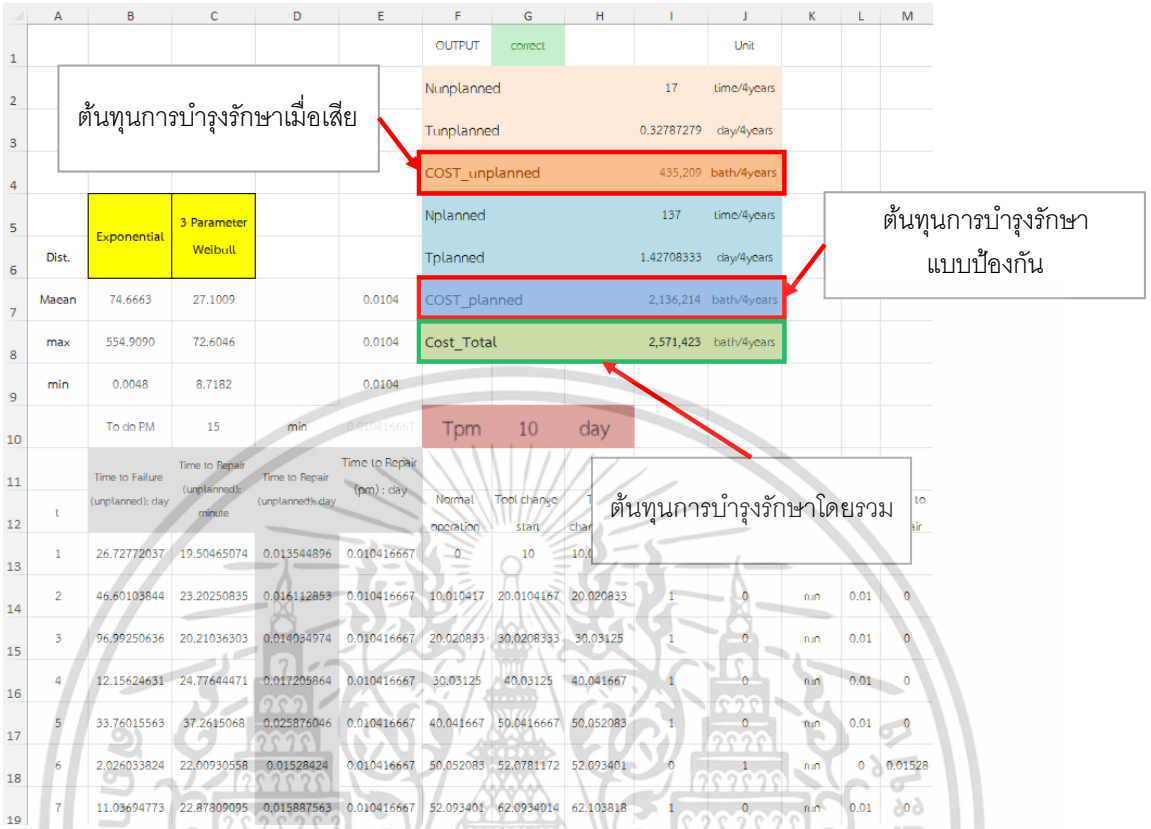
เซลล์ I7 คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ($C_{planned}$) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.3 ถ้าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันมีค่าเท่ากับ 10 วัน จะได้ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 2,136,214 บาทต่อ 4 ปี

$$C_{planned} = \left(N_{planned} \times C_E\right) + [T_{planned} \times (LPC + LC)]$$
$$= (137 \times 3{,}840) + [1.42708 \times (1{,}124{,}516.13 + 3{,}753)]$$
$$= 2{,}136{,}214 \text{ บาทต่อ 4 ปี}$$

โดยที่ เซลล์ I4 มีสูตรดังนี้

เซลล์ I7 =I5*$E$3020+I6*($E$3025+$E$3022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 การสร้างการคำนวณข้อมูลขาออก

3.6.8 การคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเมื่อเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ในหัวข้องานวิจัยฉบับนี้ได้มีการกล่าวถึงการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเมื่อทำการเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลขาออกด้วย

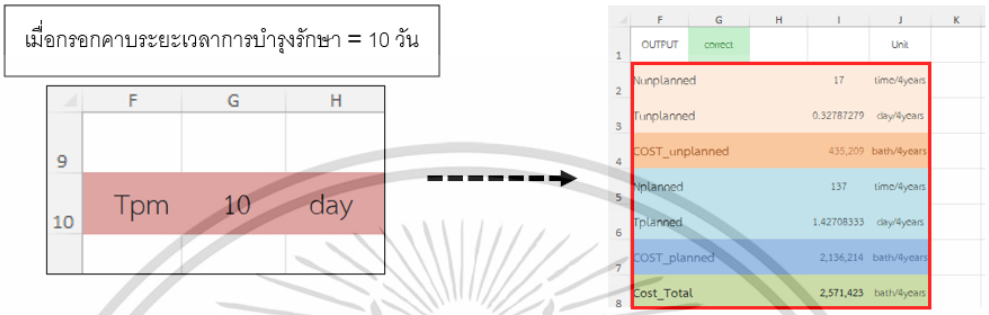
เซลล์ I8 คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (C_{Total}) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.1 โดยเป็นการรวมระหว่าง เซลล์ I4 บวกกับเซลล์ I7

จากรูปที่ 3.41 ก) เมื่อทำการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม โดยให้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 10 วัน จะได้ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 435,209 บาทต่อ 4 ปี และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 2,136,214 เท่ากับ บาทต่อ 4 ปี

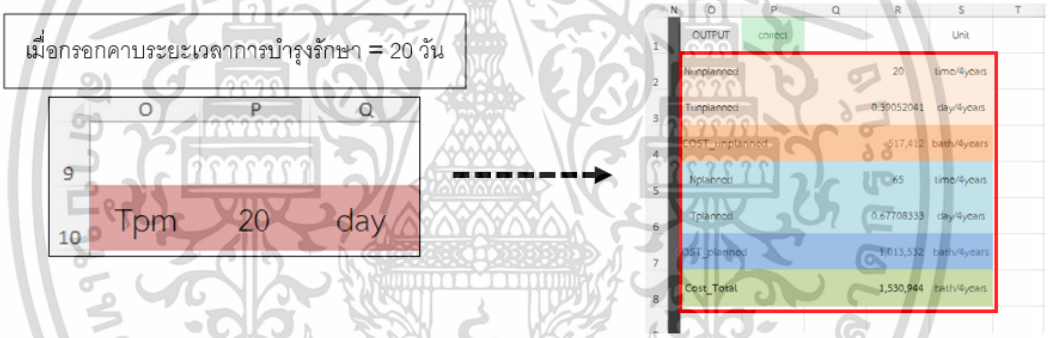
จากรูปที่ 3.41 ข) เมื่อทำการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม โดยให้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 20 วัน จะได้ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 517,412 บาทต่อ 4 ปี และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 1,013,532 เท่ากับ บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

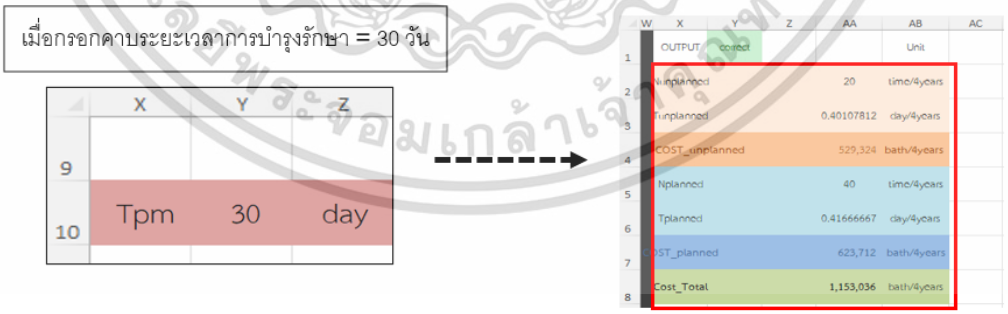
จากรูปที่ 3.42 ค) เมื่อทำการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม โดยให้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 30 วัน จะได้ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 529,324 บาทต่อ 4 ปี และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 623,712 เท่ากับ บาทต่อ 4 ปี



ก) การคำนวณต้นทุนเมื่อกรอกคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 10 วัน



ข) การคำนวณต้นทุนเมื่อกรอกคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 20 วัน



ค) การคำนวณต้นทุนเมื่อกรอกคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 30 วัน

รูปที่ 3.42 การคำนวณต้นทุนในการบำรุงรักษาโดยรวม
เมื่อเปลี่ยนคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การทวนสอบและการตรวจสอบ (Verification and Validation)

ในหัวข้อ 3.6 จะกล่าวถึงการออกแบบ และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โดยจะสามารถทราบข้อมูลขาออก (Output) ได้จากหัวข้อดังกล่าว ส่วนในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการทวนสอบและการตรวจสอบโปรแกรมเพื่อประเมินว่าผลลัพธ์มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ

การทวนสอบ (Verification) มักจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการพัฒนาการทดสอบโปรแกรมโมเดลหรือโครงการทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของขั้นตอนการพัฒนาตรงตามกับข้อกำหนด และการออกแบบที่กำหนดไว้หรือไม่

การตรวจสอบ (Validation) มักจะเกี่ยวข้องกับการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากงานซ่อมบำรุงรักษาหรือโมเดลที่พัฒนาขึ้นว่ามีความเหมาะสมและประสิทธิภาพตามการใช้งานจริงหรือไม่ โดยเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของงานซ่อมบำรุงรักษาหรือโมเดลที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับความต้องการ และความสมบูรณ์ของลูกค้าหรือผู้ใช้บริการหรือไม่

3.7.1 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ (Verification Model)

โดยผู้วิจัยได้ทำการทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ โดยจำแนกออกมาเป็น 3 กรณี (ดังตารางที่ 3.11) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งาน เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic)

กรณีที่ 2 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งานเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) ส่วนเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic)

กรณีที่ 3 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic)

หมายเหตุ เวลาการบำรุงรักษาป้องกัน (PM) ของงานวิจัยฉบับนี้จะกำหนดให้มีค่าเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic) โดยที่มีค่าเท่ากับ 15 นาที เหตุผลคือ โดยทั่วไปจะเกาะกลุ่มอยู่ที่ 13.20 – 17.50 นาที เป็นช่วงที่แคบมาก เพื่อลดความซับซ้อนของระบบลดลง จึงกำหนดเป็นค่าคงที่ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์กรณีต่าง ๆ

กรณีเหตุการณ์	ประเภทตัวแปร		
	อายุการใช้งาน (Lifetime)	**เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM)**	**เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM)**
กรณีที่ 1	Deterministic	Deterministic	Deterministic
กรณีที่ 2	Stochastic	Deterministic	Deterministic
กรณีที่ 3	Stochastic	Stochastic	Deterministic

การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ของงานวิจัยฉบับนี้จะมีการทวนสอบทั้งหมด 3 กรณี โดยมีตัวแปรตาม จำนวน 4 ตัว คือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

โดยทางผู้วิจัยลองทดสอบทั้งแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic) และแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) และมีการเปรียบเทียบค่าตัวแปรตาม จากโปรแกรมและการคำนวณมือ

กรณีที่ 1 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งาน เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic)

จะแบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ๆ ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 1 และการสมมติค่าตัวแปร

กรณี	ประเภทตัวแปร		
	อายุการใช้งาน (Lifetime)	**เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM)**	**เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM)**
กรณีที่ 1.1 : T_{PM}= 30 กรณีที่ 1.2 : T_{PM}= 80	Deterministic โดยที่ อายุการใช้งาน = 50 วัน	Deterministic โดยที่ เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) = 1 วัน	Deterministic โดยที่ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) = 15 นาที

กรณีที่ 1.1 T_{PM} = 30 วัน

จากการคำนวณด้วยมือ จะเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่านั้น เพราะอายุการใช้งาน 50 วัน แต่มีการทำการบำรุงรักษาก่อนอายุการใช้งาน ดังนั้น จำนวนครั้งของ BM เท่ากับ 0 ครั้ง (นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรวมทั้งหมด 0 วันต่อ 4 ปี) และ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จะได้

(365 วัน × 4 ปี) / (คาบระยะเวลาที่ทำการบำรุงรักษา + เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน)

= (365 วัน × 4 ปี) / (30 วัน + 0.010416667 วัน)

= 49 ครั้งต่อ 4 ปี

หมายเหตุ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) = 15 นาที ซึ่งเท่ากับ 0.010416667 วัน

จากการคำนวณด้วยมือ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันทั้งหมด จะเท่ากับ 49 ครั้ง × 0.010416667 วัน = 0.5104167 วันต่อ 4 ปี

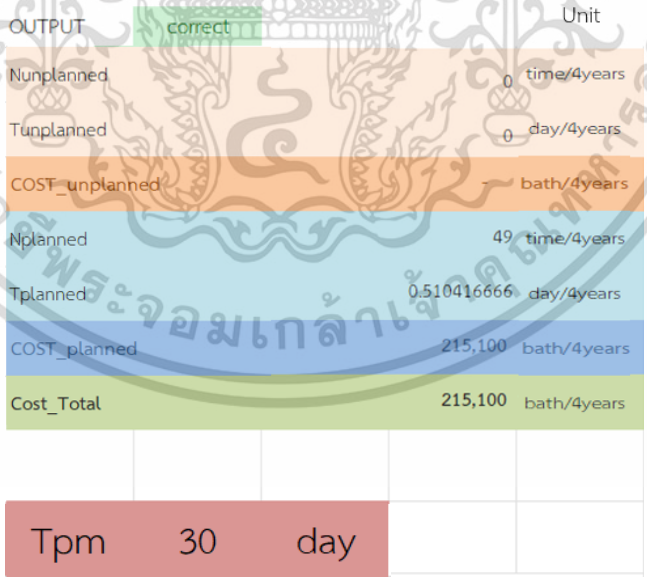
จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.43) พบว่าค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0 ครั้งต่อ 4 ปี

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 49 ครั้งต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0 วันต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0.5104167 วันต่อ 4 ปี



รูปที่ 3.43 การทวนสอบกรณีที่ 1.1 (T_{PM} = 30 วัน)

จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรม พบว่า ทั้งจำนวนครั้งการเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) (ซึ่งเท่ากับ 49 ครั้งต่อ 4 ปี) และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ซึ่งเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.5104167 วันต่อ 4 ปี) จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรมมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การทวนสอบของกรณีที่ 1.1 ถือว่าโปรแกรมมีความถูกต้อง

กรณีที่ 1.2 T_{PM} = 80 วัน

จากการคำนวณด้วยมือจะเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่านั้น เพราะอายุการใช้งาน 50 วัน แต่มีอุปกรณ์ชำรุดก่อนเวลาดังกล่าวเนื่องจากคาบระยะเวลาที่ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน คือ 80 วัน ดังนั้น จำนวนครั้งของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 0 ครั้ง (นั่นคือ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันรวมทั้งหมด 0 วันต่อ 4 ปี) และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย คือ

(365 วัน × 4 ปี) / (อายุการใช้งาน + เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย)

= (365 วัน × 4 ปี) / (50 วัน + 1 วัน)

= 29 ครั้งต่อ 4 ปี

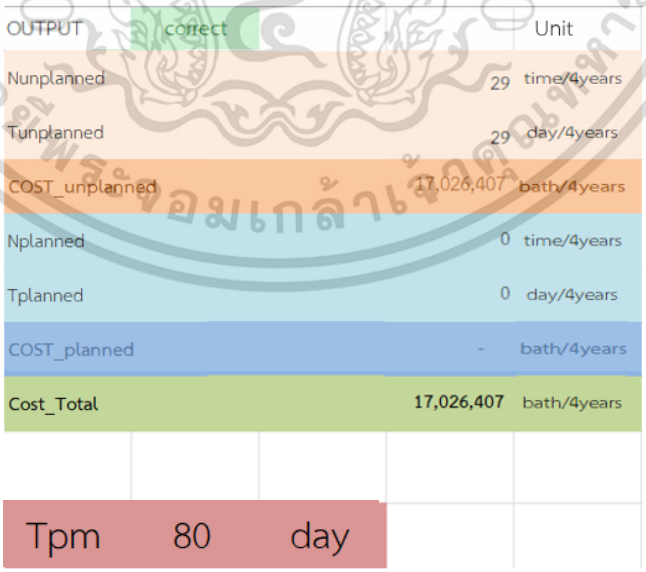
จากการคำนวณโดยโปรแกรม ดังรูปที่ 3.44 พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 29 ครั้งต่อ 4 ปี

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0 ครั้งต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 29 วันต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0 วันต่อ 4 ปี



รูปที่ 3.44 การทวนสอบกรณีที่ 1.2 (T_{PM}= 80 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรม พบว่า ทั้งจำนวนครั้งการเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) (ซึ่งเท่ากับ 29 ครั้งต่อ 4 ปี) และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ซึ่งเท่ากับ 29 วันต่อ 4 ปี) จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรมมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การทวนสอบของกรณีที่ 1.2 ถือว่าโปรแกรมมีความถูกต้อง

กรณีที่ 2 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งานเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) ส่วนเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic)

จะแบ่งออกเป็น 4 กรณีใหญ่ ๆ ดังตารางที่ 3.13 คือ

ตารางที่ 3.13 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 และการสมมติค่าตัวแปร

กรณี	ประเภทตัวแปร		
	อายุการใช้งาน (Lifetime)	**เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM)**	**เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM)**
กรณีที่ 2.1 : T_{PM} = 9 กรณีที่ 2.2 : T_{PM} = 21 กรณีที่ 2.3 : T_{PM} = 15 กรณีที่ 2.4 : T_{PM} เพิ่มขึ้นทีละ 3 วัน	Stochastic โดยที่อายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (10, 20)	Deterministic โดยที่ เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) = 1 วัน	Deterministic โดยที่ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) = 15 นาที

กรณีที่ 2.1 T_{PM} = 9 วัน

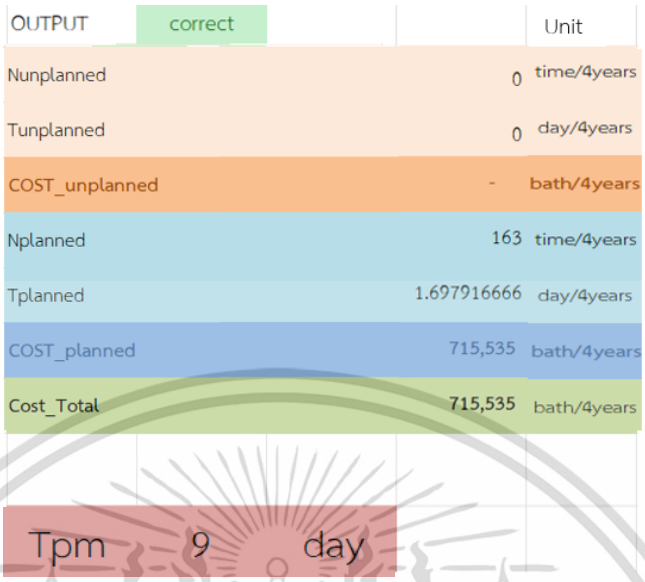
จากการคำนวณด้วยมือจะเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่านั้น เพราะอายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (10, 20) แต่มีการทำการบำรุงรักษาก่อนอายุการใช้งาน ดังนั้น จำนวนครั้งของ BM เท่ากับ 0 ครั้ง (นั่นคือ เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรวมทั้งหมด 0 วันต่อ 4 ปี) และ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ดังรูปที่ 3.45

(365 วัน × 4 ปี) / (อายุการใช้งาน+ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน)

= (365 วัน × 4 ปี) / (9 วัน + 0.010417 วัน)

= 162.03 ครั้งต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 การทวนสอบกรณีที่ 2.1 (T_{PM} = 9 วัน)

จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.45) พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0 ครั้งต่อ 4 ปี

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 163 ครั้งต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0 วันต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 1.6979167 วันต่อ 4 ปี

จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรม พบว่า ทั้งจำนวนครั้งการเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) (ซึ่งเท่ากับ 163 ครั้งต่อ 4 ปี) และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ซึ่งเท่ากับ 1.6979167 วันต่อ 4 ปี) จากการคำนวณด้วยมือและจากโปรแกรมมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การทวนสอบของกรณีที่ 2.1 ถือว่าโปรแกรมมีความถูกต้อง

กรณีที่ 2.2 T_{PM} = 21 วัน

จากการคำนวณด้วยมือ จะเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่านั้น เพราะอายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (10, 20) แต่มีอุปกรณ์ชำรุดก่อนเวลาดังกล่าว ดังนั้น จำนวนครั้งของการเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) เท่ากับ 0 ครั้ง (นั่นคือ เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันรวมทั้งหมด 0 วันต่อ 4 ปี)

ในส่วนจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย อาจจะประมาณค่าได้จาก

(1) ยึดตามค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งาน เนื่องจากอายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (10, 20) จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 วัน ดังนั้น จำนวนครั้งโดยเฉลี่ยการบำรุงรักษาเมื่อเสีย สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_{PM} = 21 วัน จะได้

= (365 วัน × 4 ปี) / (อายุการใช้งานโดยเฉลี่ย + เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย)

= (365 วัน × 4 ปี) / (15 วัน + 1 วัน)

= 91.25 ครั้งต่อ 4 ปี

นั่นคือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียโดยเฉลี่ยสำหรับ T_{PM} = 15 วัน จะเฉลี่ยประมาณ 91.25 ครั้งต่อ 4 ปี

(2) ยึดตามค่าอายุการใช้งานสูงสุด คือ 20 วัน จำนวนครั้งต่ำที่สุดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย สำหรับ T_{PM} = 21 วัน จะได้

= (365 วัน × 4 ปี) / (อายุการใช้งานสูงสุด + เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย)

= (365 วัน × 4 ปี) / (20 วัน + 1 วัน)

= 69.52 ครั้งต่อ 4 ปี

นั่นคือ จำนวนครั้งต่ำที่สุดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย สำหรับ T_{PM} = 15 วัน จะต้องไม่ต่ำกว่า 69.52 ครั้งต่อ 4 ปี

(3) ยึดตามค่าอายุการใช้งานต่ำสุด คือ 10 วัน จำนวนครั้งสูงที่สุดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย สำหรับ T_{PM} = 21 วัน จะได้

= (365 วัน × 4 ปี) / (อายุการใช้งานต่ำสุด + เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย)

= (365 วัน × 4 ปี) / (10 วัน + 1 วัน)

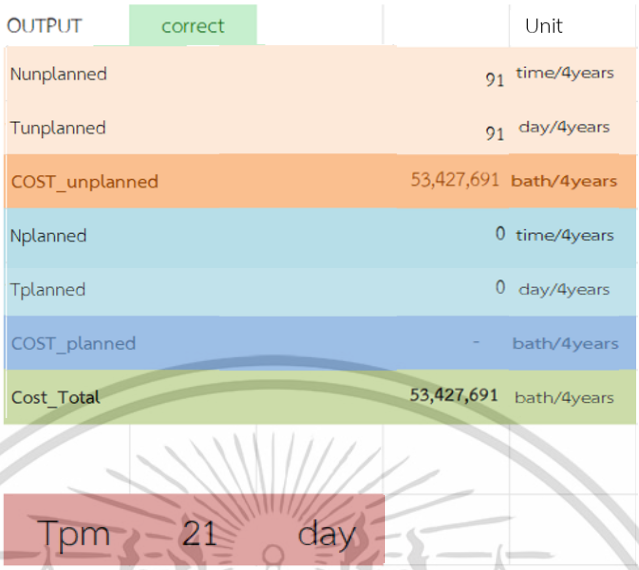
= 132.72 ครั้งต่อ 4 ปี

นั่นคือ จำนวนครั้งสูงที่สุดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย สำหรับ T_{PM} = 15 วัน จะต้องไม่เกิน 132.72 ครั้งต่อ 4 ปี

จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.46) พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	= 91 ครั้งต่อ 4 ปี
จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	= 0 ครั้งต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	= 91 วันต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	= 0 วันต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 การทวนสอบกรณีที่ 2.2 (T_{PM} = 21 วัน)

จะเห็นว่า จากโปรแกรมจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียสำหรับ T_{PM} = 21 วัน มีค่าเท่ากับ 91 ครั้งต่อ 4 ปี ซึ่งเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยที่ได้กล่าวไป (91.25 ครั้งต่อ 4 ปี) และอยู่ในช่วงของ 69.52 ถึง 132.72 ครั้ง จึงจัดว่าการทวนสอบของกรณีที่ 2.2 นี้ถูกต้อง

กรณีที่ 2.3 T_{PM} = 15 วัน

กรณีนี้ จะมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ก่อนที่จะพัง และจะมีการเปลี่ยนอุปกรณ์หลังจากที่อุปกรณ์พังไปแล้ว

จากการคำนวณด้วยมือ จะเกิดทั้งเหตุการณ์การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) และการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) เพราะ อายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (10, 20) ดังนั้น จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) จะมีแนวโน้มเฉลี่ย ๆ กันครั้งสำหรับ T_{PM} = 15 วัน

ในการทวนสอบของกรณีที่ 2.3 ถ้าผู้วิจัยกำหนดให้ T_{PM} = 20 วัน จะได้จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันต่ำที่สุด และกำหนดให้ T_{PM} = 10 วัน จะได้จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันสูงที่สุด ดังนั้น จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับ T_{PM} 15 วัน จะอยู่ในช่วงดังกล่าว โดยที่

(1) จำนวนครั้งต่ำที่สุดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน สำหรับ T_{PM} = 20 วัน ต้องเท่ากับ

(365 วัน × 4 ปี) / (คาบระยะเวลาที่ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันภายใต้อายุการใช้งาน 20 วัน + เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= (365 วัน × 4 ปี) / (20 วัน + 0.010417 วัน)

= 72.96 ครั้งต่อ 4 ปี

นั่นคือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับ T_{PM} = 15 วัน จะต้องไม่ต่ำกว่า 72.96 ครั้งต่อ 4 ปี

(2) จำนวนครั้งสูงที่สุดการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับ T_{PM} = 10 วัน ต้องเท่ากับ

(365 วัน × 4 ปี) / (คาบระยะเวลาที่ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันภายใต้อายุการใช้งาน 10 วัน + เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน)

= (365 วัน × 4 ปี) / (10 วัน + 0.010417 วัน)

= 145.85 ครั้งต่อ 4 ปี

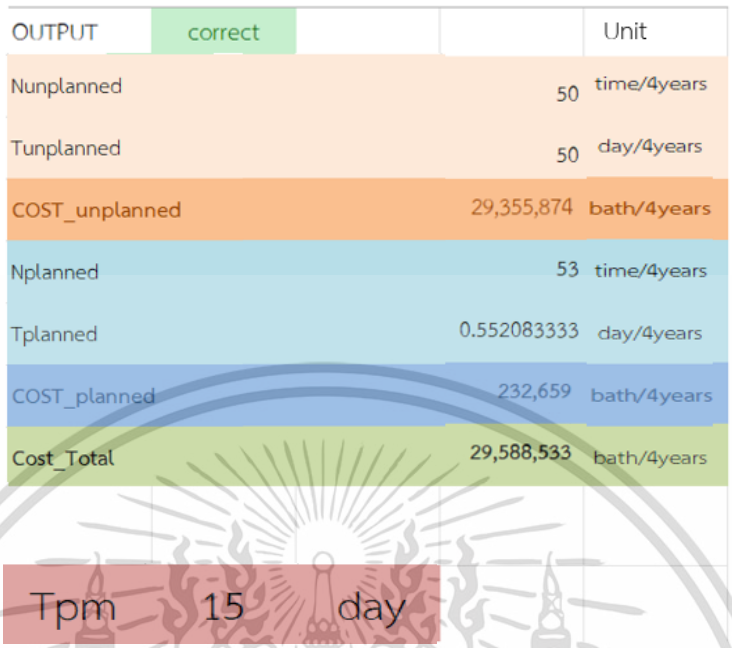
นั่นคือ จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับ T_{PM} = 15 วัน จะต้องไม่เกิน 145.85 ครั้งต่อ 4 ปี

ในส่วนของจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียสำหรับ T_{PM} = 15 วัน อยู่ระหว่าง 91.25 ถึง 132.72 (อ้างอิงกรณีที่ 2.2)

จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.47) พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	=	50 ครั้งต่อ 4 ปี
จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	=	53 ครั้งต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	=	50 วันต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	=	0.55208333 วันต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



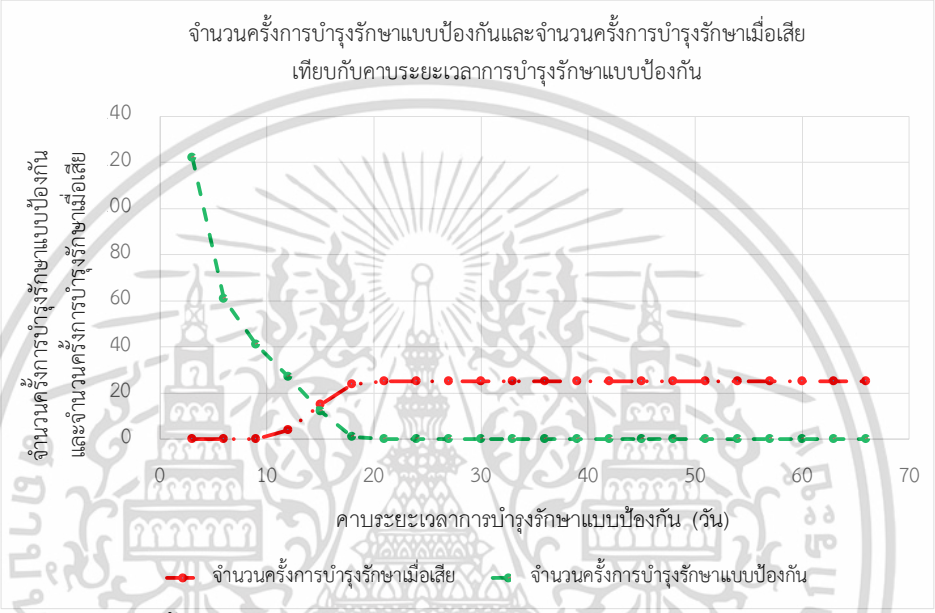
รูปที่ 3.47 การทวนสอบกรณีที่ 2.3 (T_{PM} = 15 วัน)

จะเห็นว่า จากโปรแกรมจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับ T_{PM} = 15 วัน มีค่าอยู่ในช่วงของ 72.96 ถึง 145.85 ครั้ง และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียสำหรับ T_{PM} = 15 วัน อยู่ระหว่าง 91.25 ถึง 132.72 (อ้างอิงกรณีที่ 2.2) จึงจัดว่าการทวนสอบของกรณีที่ 2.3 นี้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2.4 T_{PM} เพิ่มขึ้นทีละ 3 วัน

การทวนสอบกรณีที่ 2.4 T_{PM} เพิ่มขึ้นทีละ 3 วัน โดยกำหนดให้ T_{PM} = 3, 6, 9, ..., 66 วัน สามารถแสดงจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) ได้ดังรูปที่ 3.42 รวมถึงต้นทุนดังรูปที่ 3.48



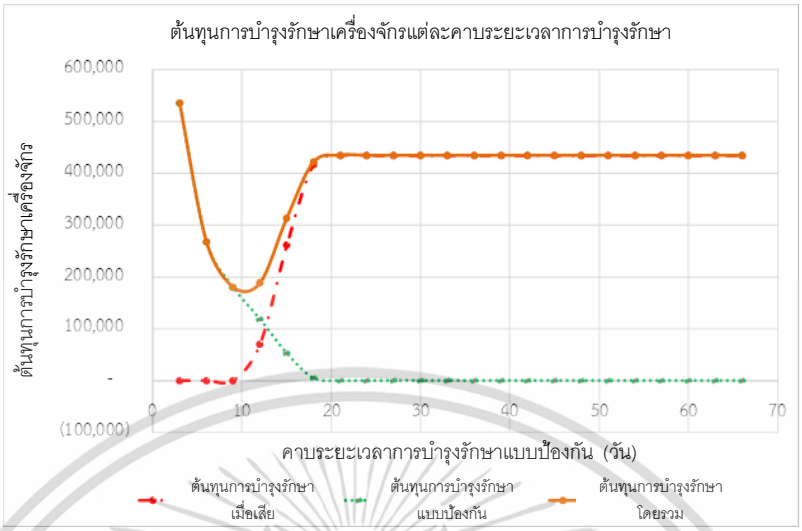
รูปที่ 3.48 จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียเทียบกับคาบระยะเวลาบำรุงรักษา

จากรูปที่ 3.48 ถ้าตั้งค่า T_{PM} น้อย พบว่า จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) น้อยและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) มาก

และถ้าตั้งค่า T_{PM} เพิ่มมากขึ้น จะพบว่า จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM) จะเพิ่มขึ้น (อ้างอิงกรณีที่ 2.3) และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) จะลดลง (อ้างอิงกรณีที่ 2.3)

ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาแรก ๆ มีต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรน้อยและค่อยๆสูงขึ้นเมื่อมีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ระยะเวลาแรก ๆ มีต้นทุนการบำรุงรักษาสูง เพราะไม่มีความจำเป็นหรือยังไม่ถึงเวลาที่ต้องทำการบำรุงรักษา ส่วนต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมมีต้นทุนการบำรุงรักษาที่สูงและค่อย ๆ ลดลงมาเรื่อย ๆ จนถึงจุดคงที่ ดังรูปที่ 3.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.49 ต้นทุนการบำรุงรักษาแต่ละคาบระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

จะพบว่า ลักษณะของกราฟดังรูปที่ 3.48 และรูปที่ 3.49 เป็นไปตามแนวโน้ม หรือเหมือนกับงานวิจัยของ วัฒนา เชียงกุล และคณะ (2553) และงานวิจัยของ Vanderschueren et al. (2023) ดังนั้นการทวนสอบของกรณีที่ 2.4 ถือว่ามีความถูกต้อง

กรณีที่ 3 ทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในกรณีที่อายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic)

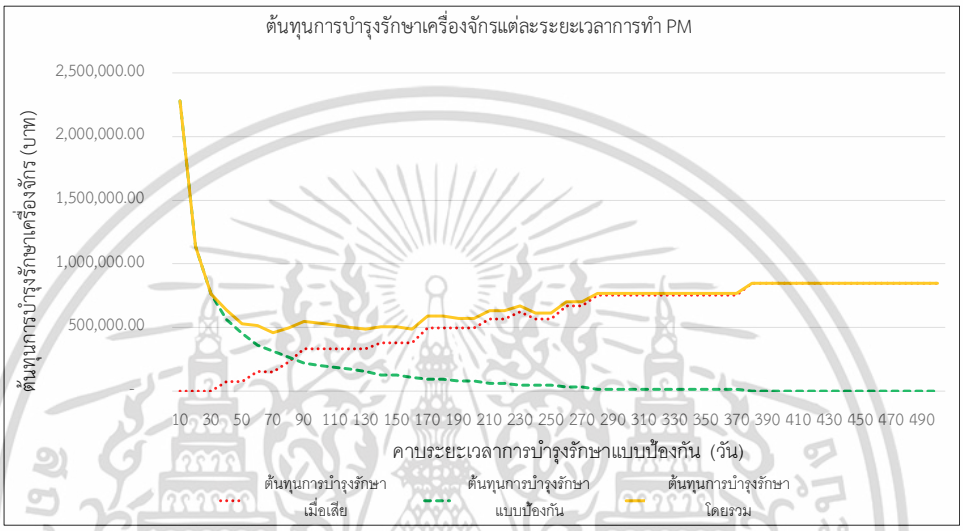
จะแบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ ดังตารางที่ 3.14 คือ

ตารางที่ 3.14 การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 3 และการสมมติค่าตัวแปร

กรณี	ประเภทตัวแปร		
	อายุการใช้งาน (Lifetime)	**เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (BM)**	**เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM)**
กรณีที่ 3.1 : กรณีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียใช้เวลามากกว่าแบบปกติ กรณีที่ 3.2 : กรณีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียใช้เวลาน้อยกว่าแบบปกติ	Stochastic โดยที่อายุการใช้งานเป็นไปตาม Uniform (20, 400)	Stochastic โดยที่เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นไปตาม Uniform (3, 5)	Deterministic โดยที่เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) = 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3.1 กรณีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียใช้เวลามากกว่าแบบปกติ อายุการใช้งานโดยเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม Uniform (20, 400), เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) โดยเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม Uniform (3, 5) และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 15 นาที



รูปที่ 3.50 การทวนสอบกรณีที่ 3.1 (T_{PM} = 80)

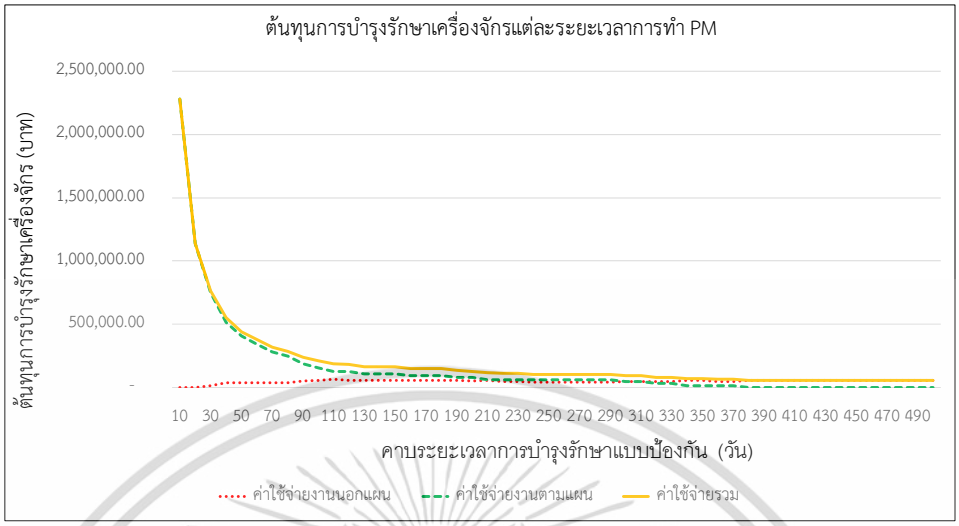
จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.50) พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 2 ครั้งต่อ 4 ปี
จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 20 ครั้งต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0.125000 วันต่อ 4 ปี
เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0.208333 วันต่อ 4 ปี

จากรูป 3.50 ที่อายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) ส่วนเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic) พบว่าเกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ทุก ๆ 80 วัน

กรณีที่ 3.2 กรณีเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียใช้เวลาน้อยกว่าแบบปกติ อายุการใช้งานโดยเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม Uniform (20, 400), เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) โดยเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม Uniform (3, 5) และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 การทวนสอบกรณีที่ 3.2 (T_{PM} = 380 วัน)

จากการคำนวณโดยโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.51) พบว่า ค่าตัวแปรตามได้ผลดังต่อไปนี้

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 8 ครั้งต่อ 4 ปี

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0 ครั้งต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 0.0208333 วันต่อ 4 ปี

เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน = 0 วันต่อ 4 ปี

หมายเหตุ กรณีนี้ไม่เกิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จึงใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่ 380 วันในการทดลอง

จากรูป 3.51 อายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เป็นแบบกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic) ส่วนเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เป็นแบบตัวแปรเชิงกำหนด (Deterministic) พบว่าไม่เกิดการบำรุงรักษาป้องกัน จึงจัดว่าการทวนสอบของกรณีที่ 2.4 นี้ถูกต้อง

3.7.2 การตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ (Validation Model)

การตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ จะเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้น มีความแม่นยำและสามารถนำไปใช้งานได้ในสถานการณ์ที่จริงหรือไม่ การตรวจสอบช่วยให้ผู้วิเคราะห์เข้าใจข้อบกพร่องและข้อจำกัดของแบบจำลองเพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังมีความน่าเชื่อถือในการใช้งานและมีเสถียรภาพของแบบจำลองสถานการณ์ด้วย

สภาพปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง) ไม่มีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเลย ดังนั้น T_{PM} จะถูกกำหนดให้เป็นค่าอินฟินิตี้ (∞) เพื่อที่จะไม่มีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเลย

การทดสอบสมมติฐานตัวแปรระหว่างโรงงานกับการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยจากการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ได้ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียโดยมีรายละเอียดการตรวจสอบแบบจำลองดังนี้

โดยสามารถสรุปตัวชี้วัดหลักได้ 3 ตัวชี้วัด ซึ่งเป็นข้อมูลจริงจากทางโรงงานกรณีศึกษา (อ้างอิงจากตารางที่ 3.3) มีค่าดังนี้

ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime) = 0.26 วันต่อ 4 ปี

ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) = 595,199 บาทต่อ 4 ปี

จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย = 14.30 ครั้งต่อ 4 ปี

ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการตรวจสอบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าดังกล่าวหรือไม่

3.7.2.1 ข้อมูลการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

จากการจำลองด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์แล้ว ในหัวข้อนี้ ขอยกตัวอย่าง 1 อุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยมีอายุการใช้งานเป็นการแจกแจงแบบ Exponential และมีค่าเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นการแจกแจงแบบ 3Parameter Weibull และมีตัวชี้วัดหลักดังแสดงด้านบน เพื่อทำการเปรียบเทียบหาสมมติฐาน (Hypothesis Test) ในการตรวจสอบครั้งนี้ จากการทำซ้ำจำนวน 10 ครั้ง ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ดังตารางที่ 3.15 - ตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.15 ค่าเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียจากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ

ครั้งที่ในการทำซ้ำ	**เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (วันต่อ 4 ปี)**
ครั้งที่ 1	0.40
ครั้งที่ 2	0.37
ครั้งที่ 3	0.37
ครั้งที่ 4	0.26
ครั้งที่ 5	0.51
ครั้งที่ 6	0.29
ครั้งที่ 7	0.47
ครั้งที่ 8	0.35
ครั้งที่ 9	0.28
ครั้งที่ 10	0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมจากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ

ครั้งที่ในการทำซ้ำ	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	590,849.16
ครั้งที่ 2	543,262.49
ครั้งที่ 3	543,262.49
ครั้งที่ 4	390,222.37
ครั้งที่ 5	749,912.67
ครั้งที่ 6	451,248.32
ครั้งที่ 7	684,921.15
ครั้งที่ 8	520,936.20
ครั้งที่ 9	149,112.69
ครั้งที่ 10	443,066.89

ตารางที่ 3.17 จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากการทำซ้ำ 10 ครั้งทางสถิติ

ครั้งที่ในการทำซ้ำ	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	24
ครั้งที่ 2	22
ครั้งที่ 3	22
ครั้งที่ 4	12
ครั้งที่ 5	28
ครั้งที่ 6	15
ครั้งที่ 7	25
ครั้งที่ 8	16
ครั้งที่ 9	16
ครั้งที่ 10	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.2 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐานอุปกรณ์ รุ่น 210-431-1

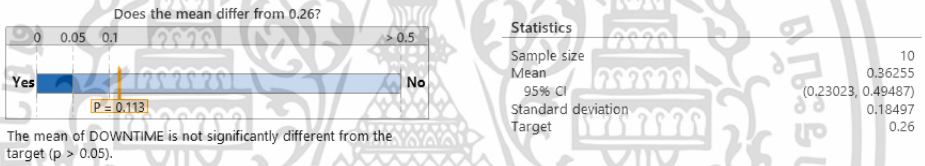
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.26 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{simulation} = 0.26$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{simulation} \neq 0.26$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 3.52



รูปที่ 3.52 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 210-431-1

จากรูปที่ 3.52 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36255 นาที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.23023 บาท และ 0.49487 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.113

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

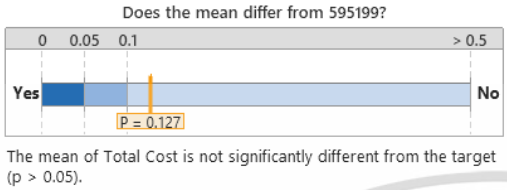
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 595,199 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{simulation} = 595,199$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{simulation} \neq 595{,}199$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 3.53



Statistics	
Sample size	10
Mean	506679
95% CI	(387589, 625770)
Standard deviation	166477
Target	595199

รูปที่ 3.53 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น 210-431-1

จากรูปที่ 3.53 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 595,199 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 387,589 บาท และ 625,770 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.127

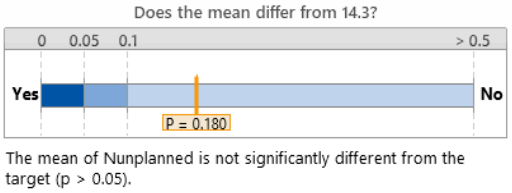
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.30 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{simulation} = 14.30$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{simulation} \neq 14.30$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 3.54



Statistics	
Sample size	10
Mean	16.2
95% CI	(13.245, 19.155)
Standard deviation	4.1312
Target	14.3

รูปที่ 3.54 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น 210-431-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.54 พบว่า จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 14.30 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 13.245 บาท และ 19.155 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.180

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมแต่ละรุ่นระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมอุปกรณ์ทั้งหมด 6 อุปกรณ์ ไว้ในภาคผนวก ง และได้สรุปผลทั้ง 6 อุปกรณ์ลงในตารางที่ 3.18 - ตารางที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมทั้งหมด 6 อุปกรณ์

อันดับ	รุ่น	รายละเอียด	ผลลัพธ์
1	210-431-1	ค่าทางโรงงาน	595,199.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 506,679.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 166,477
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 595,199.00
2	2213200006	ค่าทางโรงงาน	216,735.03
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 193,465.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 44,259
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 216,735.03
3	OIS-03218 GR22	ค่าทางโรงงาน	71,142.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 75,142.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 19,261
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 71,142.00
4	OIS-03530 GR05	ค่าทางโรงงาน	68,730.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 66,560.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =34,915
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 68,730.00
5	OIS-03697 GR01	ค่าทางโรงงาน	1,087,838.44
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 991,656.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 242,757
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 1,087,838.44
6	OIS-03697 GR05	ค่าทางโรงงาน	438,221.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 364,203.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 139,589
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 438,221.00

จากตารางที่ 3.18 จะพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 595,199 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 216,735.03 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 71,142.00 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 68,730.00 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 1,087,838.44 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 438,221.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด 6 อุปกรณ์

อันดับ	รุ่น	รายละเอียด	ผลลัพธ์
1	210-431-1	ค่าทางโรงงาน	0.26000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.36255 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.18497
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.26000
2	2213200006	ค่าทางโรงงาน	0.19000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.18230 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.016509
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.19000
3	OIS-03218 GR22	ค่าทางโรงงาน	0.10000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.11222 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.024577
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.10000
4	OIS-03530 GR05	ค่าทางโรงงาน	0.20000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.16900 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.10241
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.20000
5	OIS-03697 GR01	ค่าทางโรงงาน	0.30000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.32132 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.094874
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.30000
6	OIS-03697 GR05	ค่าทางโรงงาน	0.57000
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 0.59577 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.25449
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น μ = 0.57000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.19 จะพบว่า

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.26000 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.19000 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.10000 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.20000 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.30000 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.57000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.20 การทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด 6 อุปกรณ์

อันดับ	รุ่น	รายละเอียด	ผลลัพธ์
1	210-431-1	ค่าทางโรงงาน	14.30
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 16.20 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.1312
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 14.30$
2	2213200006	ค่าทางโรงงาน	5.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 5.7 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.7670
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 5.0$
3	OIS-03218 GR22	ค่าทางโรงงาน	5.00
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 6.4 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.1705
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 5.0$
4	OIS-03530 GR05	ค่าทางโรงงาน	8.20
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 7.6 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.2740
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 8.2$
5	OIS-03697 GR01	ค่าทางโรงงาน	19.25
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 22.40 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6.1680
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 19.25$
6	OIS-03697 GR05	ค่าทางโรงงาน	22.20
		ค่า Simulation (10 ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย = 20.30 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.8887
		ผลลัพธ์	ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น $\mu = 22.20$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.20 จะพบว่า

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 14.30 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 5.00 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 5.00 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 8.20 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 19.25 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 22.20 บาท

ดังนั้น แบบจำลองสถานการณ์ที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยฉบับนี้ มีความเหมือนกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง จึงสามารถนำไปใช้ในการทดลองต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่าง ๆ และแสดงถึงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลของอุปกรณ์ Take Out Arm และการออกแบบการจำลองสถานการณ์

ตามหัวข้อ 3.4 และหัวข้อ 3.5 ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อเข้าสู่การจำลองสถานการณ์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

โดยผู้วิจัยได้ทำกรอบการวิจัยสถานการณ์ไว้ดังรูปที่ 1.2 สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นเรื่องของระยะเวลา มีข้อมูลขาเข้าประกอบด้วย อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm, เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย, เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นเรื่องของต้นทุน ประกอบด้วย มูลค่าอุปกรณ์, ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม ผู้วิจัยได้ใช้ทั้ง 2 กลุ่มนำมาซึ่งกระบวนการจำลองสถานการณ์ สร้างและจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm โดยเมื่อได้ทำการจำลองสถานการณ์แล้ว จะสามารถหาค่าของจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย, จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน, เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ซึ่งทั้ง 4 ค่านี้จะนำไปคำนวณและวิเคราะห์ได้เป็นข้อมูลขาออก 3 ค่า คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม, ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยจะสามารถคัดเลือกคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่ทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุด ดังนั้นรายละเอียดในบทนี้จะกล่าวถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

4.2 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006

4.3 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22

4.4 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05

4.5 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01

4.6 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05

4.7 สรุปผลในการเลือกทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติและต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 อุปกรณ์

รุ่น	ปัจจัย	ข้อมูลทางสถิติหรือต้นทุน
210-431-1	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Exponential มีค่า Scale เท่ากับ 74.26999
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ 3Parameter Weibull มีค่า Shape เท่ากับ 1.86148, Scale เท่ากับ 20.36564 และ Threshold เท่ากับ 8.62408
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 3,840.00 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 112,451.61 บาทต่อวัน
2213200006	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Weibull มีค่า Shape เท่ากับ 1.32095 และ Scale เท่ากับ 265.51064
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ Lognormal มีค่า Location เท่ากับ 3.31970 และค่า Scale เท่ากับ 0.39858
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 6,145.75 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 94,013.88 บาทต่อวัน
OIS-03218 GR22	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Exponential มีค่า Scale เท่ากับ 218.88194
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ 3Parameter Weibull มีค่า Shape เท่ากับ 1.82446, Scale เท่ากับ 27.46185 และ Threshold เท่ากับ 10.63241
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 5,388.07 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 22,903.23 บาทต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติและต้นทุนของอุปกรณ์ Take Out Arm ทั้งหมด 6 อุปกรณ์ (ต่อ)

รุ่น	ปัจจัย	ข้อมูลทางสถิติหรือต้นทุน
OIS-03530 GR05	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Loglogistic มีค่า Location เท่ากับ 4.71359 และค่า Scale เท่ากับ 0.59878
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ 3Parameter Loglogistic มีค่า Location เท่ากับ 3.18081, Scale เท่ากับ 0.20554 และ Threshold เท่ากับ 7.06577
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 3,434.23 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 22,794.44 บาทต่อวัน
OIS-03697 GR01	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Weibull มีค่า Shape เท่ากับ 0.74799 และ Scale เท่ากับ 45.24130
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ 3Parameter Loglogistic มีค่า Location เท่ากับ 2.72981, Scale เท่ากับ 0.28244 และ Threshold เท่ากับ 0.29762
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 5,131.31 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 190,064.51 บาทต่อวัน
OIS-03697 GR05	อายุการใช้งาน	เป็นการแจกแจงแบบ Gamma มีค่า Shape เท่ากับ 0.59517 และ Scale เท่ากับ 175.73539
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	เป็นการแจกแจงแบบ Gamma มีค่า Shape เท่ากับ 5.38702 และ Scale เท่ากับ 6.83684
	มูลค่าอุปกรณ์	มีค่าเท่ากับ 6,804.20 บาทต่อชิ้น
	ค่าแรงงานในการซ่อม	มีค่าเท่ากับ 3,753.00 บาทต่อวัน
	ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	มีค่าเท่ากับ 112,451.61 บาทต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

เมื่อทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์และทวนสอบ ตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์แล้ว จึงทำการหาผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์ว่าควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือไม่ ถ้าสมควรทำ ควรทำที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่าใดจึงจะเหมาะสม สามารถดูรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	24.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	15.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.40	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.29	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	544,026.46	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	388,877.11	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	46,822.70	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	62,371.21	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	590,849.16	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	451,248.32	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	22.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	25.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.37	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.47	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	496,484.08	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	622,549.94	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	46,778.41	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	62,371.21	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	543,262.49	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	684,921.15	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	22.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	16.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.37	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.35	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	496,484.08	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	458,564.99	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	46,778.41	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	62,371.21	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	543,262.49	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	520,936.20	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	12.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	16.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.26	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.28	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	343,443.96	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	372,334.28	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	46,778.41	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	46,778.41	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	390,222.37	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	419,112.69	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	28.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	17.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.51	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.31	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	687,541.46	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	411,881.28	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	62,371.21	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	31,185.61	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	749,912.67	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	443,066.89	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 210-431-1

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	504,943.25	2,107,021.51	2,611,964.76	10	587,451.54	2,105,028.46	2,692,480.00	10	587,451.54	2,105,028.46	2,692,480.00	10	694,719.25	2,089,435.66	2,784,154.91	10	519,484.81	2,167,399.68	2,686,884.48
20	485,453.20	998,884.27	1,484,337.47	20	613,258.90	966,753.81	1,580,012.71	20	613,258.90	966,753.81	1,580,012.71	20	482,167.07	1,013,532.22	1,495,699.30	20	555,030.36	982,346.62	1,537,376.97
30	419,105.80	624,302.67	1,043,408.47	30	733,812.38	561,340.92	1,295,153.30	30	733,812.38	561,340.92	1,295,153.30	30	512,815.45	623,712.14	1,136,527.59	30	568,221.74	592,526.53	1,160,748.27
40	370,946.65	483,834.57	854,781.22	40	758,432.49	405,412.89	1,163,845.38	40	758,432.49	405,412.89	1,163,845.38	40	431,409.83	452,191.30	883,601.13	40	708,162.99	358,634.48	1,066,797.47
50	460,874.72	327,758.90	788,633.62	50	607,838.81	311,856.07	919,694.88	50	607,838.81	311,856.07	919,694.88	50	434,681.64	358,634.48	793,316.11	50	742,792.04	249,484.85	992,276.89
60	498,922.78	249,721.07	748,643.85	60	622,862.32	233,892.05	856,754.37	60	622,862.32	233,892.05	856,754.37	60	510,919.12	265,077.66	775,996.78	60	734,260.61	187,113.64	921,374.25
70	539,585.37	140,468.10	680,053.47	70	623,686.12	187,113.64	810,799.76	70	623,686.12	187,113.64	810,799.76	70	491,532.56	218,299.25	709,831.81	70	742,147.84	155,928.03	898,075.87
80	587,413.55	93,645.40	681,058.95	80	593,759.45	155,928.03	749,687.49	80	593,759.45	155,928.03	749,687.49	80	486,488.33	155,928.03	642,416.37	80	695,850.64	124,742.43	820,593.06
90	560,469.10	93,645.40	654,114.51	90	560,850.74	155,928.03	716,778.77	90	560,850.74	155,928.03	716,778.77	90	452,429.63	155,928.03	608,357.67	90	679,208.00	124,742.43	803,950.43
100	514,965.49	78,037.83	593,003.33	100	512,909.96	140,335.23	653,245.19	100	512,909.96	140,335.23	653,245.19	100	409,525.50	155,928.03	565,453.54	100	665,377.24	124,742.43	790,119.66
110	544,026.46	62,430.27	606,456.73	110	488,162.93	140,335.23	628,498.16	110	488,162.93	140,335.23	628,498.16	110	377,047.34	124,742.43	501,789.77	110	665,377.24	109,149.62	774,526.86
120	544,026.46	62,430.27	606,456.73	120	488,162.93	124,742.43	612,905.35	120	488,162.93	124,742.43	612,905.35	120	352,873.78	109,149.62	462,023.41	120	685,780.15	93,556.82	779,336.97
130	544,026.46	46,822.70	590,849.16	130	505,771.82	109,149.62	614,921.44	130	505,771.82	109,149.62	614,921.44	130	324,011.98	109,149.62	433,161.61	130	686,803.68	77,964.02	764,767.69
140	603,384.79	15,607.57	618,992.36	140	505,771.82	93,556.82	599,328.64	140	505,771.82	93,556.82	599,328.64	140	342,920.58	77,964.02	420,884.60	140	687,541.46	62,371.21	749,912.67
150	603,384.79	15,607.57	618,992.36	150	496,484.08	46,778.41	543,262.49	150	496,484.08	46,778.41	543,262.49	150	352,902.58	62,371.21	415,273.79	150	772,929.00	15,592.80	788,521.81
160	622,751.42	-	622,751.42	160	496,484.08	46,778.41	543,262.49	160	496,484.08	46,778.41	543,262.49	160	359,173.00	46,778.41	405,951.41	160	791,029.72	-	791,029.72
170	622,751.42	-	622,751.42	170	525,149.64	31,185.61	556,335.25	170	525,149.64	31,185.61	556,335.25	170	359,173.00	46,778.41	405,951.41	170	791,029.72	-	791,029.72
180	622,751.42	-	622,751.42	180	525,149.64	31,185.61	556,335.25	180	525,149.64	31,185.61	556,335.25	180	343,443.96	46,778.41	390,222.37	180	791,029.72	-	791,029.72
190	622,751.42	-	622,751.42	190	547,721.07	15,592.80	563,313.87	190	547,721.07	15,592.80	563,313.87	190	343,443.96	46,778.41	390,222.37	190	791,029.72	-	791,029.72
200	622,751.42	-	622,751.42	200	547,721.07	15,592.80	563,313.87	200	547,721.07	15,592.80	563,313.87	200	407,183.34	15,592.80	422,776.14	200	791,029.72	-	791,029.72
210	622,751.42	-	622,751.42	210	547,721.07	15,592.80	563,313.87	210	547,721.07	15,592.80	563,313.87	210	407,183.34	15,592.80	422,776.14	210	791,029.72	-	791,029.72
220	622,751.42	-	622,751.42	220	600,357.51	-	600,357.51	220	600,357.51	-	600,357.51	220	407,183.34	15,592.80	422,776.14	220	791,029.72	-	791,029.72
230	622,751.42	-	622,751.42	230	600,357.51	-	600,357.51	230	600,357.51	-	600,357.51	230	407,183.34	15,592.80	422,776.14	230	791,029.72	-	791,029.72
240	622,751.42	-	622,751.42	240	600,357.51	-	600,357.51	240	600,357.51	-	600,357.51	240	407,183.34	15,592.80	422,776.14	240	791,029.72	-	791,029.72
250	622,751.42	-	622,751.42	250	600,357.51	-	600,357.51	250	600,357.51	-	600,357.51	250	407,183.34	15592.80	422,776.14	250	791,029.72	-	791,029.72
260	622,751.42	-	622,751.42	260	600,357.51	0.00	600,357.51	260	600,357.51	-	600,357.51	260	407,183.34	15592.80	422,776.14	260	791,029.72	-	791,029.72
270	622,751.42	-	622,751.42	270	600,357.51	0.00	600,357.51	270	600,357.51	-	600,357.51	270	407,183.34	15592.80	422,776.14	270	791,029.72	-	791,029.72
280	622,751.42	-	622,751.42	280	600,357.51	0.00	600,357.51	280	600,357.51	-	600,357.51	280	407,183.34	15592.80	422,776.14	280	791,029.72	-	791,029.72
290	622,751.42	-	622,751.42	290	600,357.51	0.00	600,357.51	290	600,357.51	-	600,357.51	290	407,183.34	15592.80	422,776.14	290	791,029.72	-	791,029.72
300	622,751.42	-	622,751.42	300	600,357.51	0.00	600,357.51	300	600,357.51	-	600,357.51	300	407,183.34	15592.80	422,776.14	300	791,029.72	-	791,029.72
310	622,751.42	0.00	622,751.42	310	600,357.51	0.00	600,357.51	310	600,357.51	-	600,357.51	310	407,183.34	15592.80	422,776.14	310	791,029.72	-	791,029.72
320	622,751.42	0.00	622,751.42	320	600,357.51	0.00	600,357.51	320	600,357.51	-	600,357.51	320	407,183.34	15592.80	422,776.14	320	791,029.72	-	791,029.72
330	622,751.42	0.00	622,751.42	330	600,357.51	0.00	600,357.51	330	600,357.51	-	600,357.51	330	428,517.02	0.00	428,517.02	330	791,029.72	-	791,029.72
340	622,751.42	0.00	622,751.42	340	600,357.51	0.00	600,357.51	340	600,357.51	-	600,357.51	340	428,517.02	0.00	428,517.02	340	791,029.72	-	791,029.72
350	622,751.42	0.00	622,751.42	350	600,357.51	0.00	600,357.51	350	600,357.51	-	600,357.51	350	428,517.02	0.00	428,517.02	350	791,029.72	-	791,029.72
360	622,751.42	0.00	622,751.42	360	600,357.51	0.00	600,357.51	360	600,357.51	-	600,357.51	360	428,517.02	0.00	428,517.02	360	791,029.72	-	791,029.72
370	622,751.42	0.00	622,751.42	370	600,357.51	0.00	600,357.51	370	600,357.51	-	600,357.51	370	428,517.02	0.00	428,517.02	370	791,029.72	0.00	791,029.72
380	622,751.42	0.00	622,751.42	380	600,357.51	0.00	600,357.51	380	600,357.51	-	600,357.51	380	428,517.02	0.00	428,517.02	380	791,029.72	0.00	791,029.72
390	622,751.42	0.00	622,751.42	390	600,357.51	0.00	600,357.51	390	600,357.51	-	600,357.51	390	428,517.02	0.00	428,517.02	390	791,029.72	0.00	791,029.72
400	622,751.42	0.00	622,751.42	400	600,357.51	0.00	600,357.51	400	600,357.51	-	600,357.51	400	428,517.02	0.00	428,517.02	400	791,029.72	0.00	791,029.72
410	622,751.42	0.00	622,751.42	410	600,357.51	0.00	600,357.51	410	600,357.51	-	600,357.51	410	428,517.02	0.00	428,517.02	410	791,029.72	0.00	791,029.72
420	622,751.42	0.00	622,751.42	420	600,357.51	0.00	600,357.51	420	600,357.51	-	600,357.51	420	428,517.02	0.00	428,517.02	420	791,029.72	0.00	791,029.72
430	622,751.42	0.00	622,751.42	430	600,357.51	0.00	600,357.51	430	600,357.51	-	600,357.51	430	428,517.02	0.00	428,517.02	430	791,029.72	0.00	791,029.72
440	622,751.42	0.00	622,751.42	440	600,357.51	0.00	600,357.51	440	600,357.51	-	600,357.51	440	428,517.02	0.00	428,517.02	440	791,029.72	0.00	791,029.72
450	622,751.42	0.00	622,751.42	450	600,357.51	0.00	600,357.51	450	600,357.51	-	600,357.51	450	428,517.02	0.00	428,517.02	450	791,029.72	0.00	791,029.72
460	622,751.42	0.00	622,751.42	460	600,357.51	0.00	600,357.51	460	600,357.51	-	600,357.51	460	428,517.02	0.00	428,517.02	460	791,029.72	0.00	791,029.72
470	622,751.42	0.00	622,751.42	470	600,357.51	0.00	600,357.51	470	600,357.51	-	600,357.51	470	428,517.02	0.00	428,517.02	470	791,029.72	0.00	791,029.72
480	622,751.42	0.00	622,751.42	480	600,357.51	0.00	600,357.51	480	600,357.51	-	600,357.51	480	428,517.02	0.00	428,517.02	480	791,029.72	0.00	791,029.72
490	622,751.42	0.00	622,751.42	490	600,357.51	0.00	600,357.51	490	600,357.51	-	600,357.51	490	428,517.02	0.00	428,517.02	490	791,029.72	0.00	791,029.72
500	622,751.42	0.00	622,751.42	500	600,357.51	0.00	600,357.51	500	600,357.51	-	600,357.51	500	428,517.02	0.00	428,517.02	500	791,029.72	0.00	791,029.72

ตารางที่ 4.3 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 210-431-1 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	577,981.43	2,089,435.66	2,667,417.09	10	634,182.68	2,089,435.66	2,723,618.34	10	701,877.63	2,120,621.27	2,822,498.90	10	666,744.79	2,027,064.44	2,693,809.23	15	586,750.16	1,356,573.90	1,943,324.06
20	639,881.72	935,568.21	1,575,449.93	20	379,740.38	1,029,125.03	1,408,865.41	20	587,204.06	1,013,532.22	1,600,736.29	20	557,337.95	997,939.42	1,555,277.37	20	517,412.13	1,013,532.22	1,530,944.35
30	679,274.21	561,340.92	1,240,615.13	30	470,997.21	623,712.14	1,094,709.34	30	675,230.73	592,526.53	1,267,757.26	30	519,683.60	639,304.94	1,158,988.54	30	529,324.06	623,712.14	1,153,036.20
40	606,316.38	374,227.28	980,543.66	40	519,205.95	405,412.89	924,618.84	40	618,373.65	389,820.09	1,008,193.73	40	476,992.72	467,784.10	944,776.82	40	505,866.07	436,598.50	942,464.56
50	595,692.57	280,670.46	876,363.03	50	510,961.98	311,856.07	822,818.05	50	648,554.46	296,263.26	944,817.72	50	492,848.74	343,041.68	835,890.41	50	501,042.77	311,856.07	812,898.84
60	615,594.85	202,706.44	818,301.30	60	535,334.69	233,892.05	769,226.74	60	641,945.21	249,484.85	891,430.07	60	482,347.16	249,484.85	731,832.01	60	576,294.14	218,299.25	794,593.39
70	593,155.38	187,113.64	780,269.02	70	584,436.98	171,520.84	755,957.82	70	630,257.35	202,706.44	832,963.80	70	387,938.69	202,706.44	590,645.14	70	530,924.65	187,113.64	718,038.29
80	590,963.64	155,928.03	746,891.68	80	584,436.98	155,928.03	740,365.01	80	577,600.14	171,520.84	749,120.98	80	381,367.06	155,928.03	537,295.10	80	423,832.71	187,113.64	610,946.35
90	590,963.64	140,335.23	731,298.88	90	612,701.98	124,742.43	737,444.40	90	635,310.20	124,742.43	760,052.63	90	386,555.24	140,335.23	526,890.47	90	422,079.16	140,335.23	562,414.39
100	590,413.45	124,742.43	715,155.88	100	619,187.49	93,556.82	712,744.31	100	607,814.23	124,742.43	732,556.65	100	372,609.91	124,742.43	497,352.33	100	402,791.97	109,149.62	511,941.59
110	560,531.76	109,149.62	669,681.38	110	622,549.94	62,371.21	684,921.15	110	551,022.74	109,149.62	660,172.36	110	388,443.01	93,556.82	481,999.83	110	383,120.83	109,149.62	492,270.46
120	485,089.80	109,149.62	594,239.42	120	656,494.10	46,778.41	703,272.51	120	533,457.78	93,556.82	627,014.60	120	352,602.16	93,556.82	446,158.98	120	410,162.13	93,556.82	503,718.95
130	436,256.42	109,149.62	545,406.05	130	683,191.93	31,185.61	714,377.53	130	483,103.32	93556.82	576,660.14	130	370,936.51	77,964.02	448,900.53	130	433,791.44	62,371.21	496,162.66
140	363,770.74	109,149.62	472,920.36	140	683,191.93	31,185.61	714,377.53	140	466,965.06	93556.82	560,521.88	140	389,758.13	62,371.21	452,129.34	140	409,616.22	62,371.21	471,987.43
150	363,770.74	109,149.62	472,920.36	150	683,191.93	31,185.61	714,377.53	150	437,827.56	93556.82	531,384.38	150	389,758.13	46,778.41	436,536.54	150	386,418.61	62,371.21	448,789.83
160	363,770.74	109,149.62	472,920.36	160	701,837.81	15,592.80	717,430.61	160	458,564.99	77964.02	536,529.00	160	389,758.13	46,778.41	436,536.54	160	402,410.51	46,778.41	449,188.92
170	375,060.02	77,964.02	453,024.04	170	701,837.81	15,592.80	717,430.61	170	458,564.99	77964.02	536,529.00	170	372,334.28	46,778.41	419,112.69	170	411,881.28	31,185.61	443,066.89
180	388,877.11	62,371.21	451,248.32	180	701,837.81	15,592.80	717,430.61	180	458,564.99	77964.02	536,529.00	180	372,334.28	46,778.41	419,112.69	180	411,881.28	31185.61	443,066.89
190	451,646.37	31,185.61	482,831.97	190	716,914.35	0.00	716,914.35	190	458,564.99	62371.21	520,936.20	190	372,334.28	46778.41	419,112.69	190	447,110.09	15592.80	462,702.90
200	464,510.58	15,592.80	480,103.39	200	716,914.35	0.00	716,914.35	200	488,954.18	46778.41	535,732.59	200	397,773.39	31185.61	428,958.99	200	447,110.09	15592.80	462,702.90
210	493,880.86	0.00	493,880.86	210	716,914.35	0.00	716,914.35	210	488,954.18	46778.41	535,732.59	210	397,773.39	31185.61	428,958.99	210	447,110.09	15592.80	462,702.90
220	493,880.86	0.00	493,880.86	220	716,914.35	0.00	716,914.35	220	504,809.02	31185.61	535,994.62	220	432,406.57	15592.80	447,999.37	220	479,740.23	0.00	479,740.23
230	493,880.86	0.00	493,880.86	230	716,914.35	0.00	716,914.35	230	504,809.02	31185.61	535,994.62	230	432,406.57	15592.80	447,999.37	230	479,740.23	0.00	479,740.23
240	493,880.86	0.00	493,880.86	240	716,914.35	0.00	716,914.35	240	537,722.35	15592.80	553,315.15	240	432,406.57	15592.80	447,999.37	240	479,740.23	0.00	479,740.23
250	493,880.86	0.00	493,880.86	250	716,914.35	0.00	716,914.35	250	537,722.35	15592.80	553,315.15	250	432,406.57	15592.80	447,999.37	250	479,740.23	0.00	479,740.23
260	493,880.86	0.00	493,880.86	260	716,914.35	0.00	716,914.35	260	537,722.35	15592.80	553,315.15	260	432,406.57	15592.80	447,999.37	260	479,740.23	0.00	479,740.23
270	493,880.86	0.00	493,880.86	270	716,914.35	0.00	716,914.35	270	559,864.03	0.00	559,864.03	270	432,406.57	15592.80	447,999.37	270	479,740.23	0.00	479,740.23
280	493,880.86	0.00	493,880.86	280	716,914.35	0.00	716,914.35	280	559,864.03	0.00	559,864.03	280	432,406.57	15592.80	447,999.37	280	479,740.23	0.00	479,740.23
290	493,880.86	0.00	493,880.86	290	716,914.35	0.00	716,914.35	290	559,864.03	0.00	559,864.03	290	432,406.57	15592.80	447,999.37	290	479,740.23	0.00	479,740.23
300	493,880.86	0.00	493,880.86	300	716,914.35	0.00	716,914.35	300	559,864.03	0.00	559,864.03	300	432,406.57	15592.80	447,999.37	300	479,740.23	0.00	479,740.23
310	493,880.86	0.00	493,880.86	310	716,914.35	0.00	716,914.35	310	559,864.03	0.00	559,864.03	310	432,406.57	15592.80	447,999.37	310	479,740.23	0.00	479,740.23
320	493,880.86	0.00	493,880.86	320	716,914.35	0.00	716,914.35	320	559,864.03	0.00	559,864.03	320	432,406.57	15592.80	447,999.37	320	479,740.23	0.00	479,740.23
330	493,880.86	0.00	493,880.86	330	716,914.35	0.00	716,914.35	330	559,864.03	0.00	559,864.03	330	432,406.57	15592.80	447,999.37	330	479,740.23	0.00	479,740.23
340	493,880.86	0.00	493,880.86	340	716,914.35	0.00	716,914.35	340	559,864.03	0.00	559,864.03	340	432,406.57	15592.80	447,999.37	340	479,740.23	0.00	479,740.23
350	493,880.86	0.00	493,880.86	350	716,914.35	0.00	716,914.35	350	559,864.03	0.00	559,864.03	350	432,406.57	15592.80	447,999.37	350	479,740.23	0.00	479,740.23
360	493,880.86	0.00	493,880.86	360	716,914.35	0.00	716,914.35	360	559,864.03	0.00	559,864.03	360	432,406.57	15592.80	447,999.37	360	479,740.23	0.00	479,740.23
370	493,880.86	0.00	493,880.86	370	716,914.35	0.00	716,914.35	370	559,864.03	0.00	559,864.03	370	432,406.57	15592.80	447,999.37	370	479,740.23	0.00	479,740.23
380	493,880.86	0.00	493,880.86	380	716,914.35	0.00	716,914.35	380	559,864.03	0.00	559,864.03	380	432,406.57	15592.80	447,999.37	380	479,740.23	0.00	479,740.23
390	493,880.86	0.00	493,880.86	390	716,914.35	0.00	716,914.35	390	559,864.03	0.00	559,864.03	390	432,406.57	15592.80	447,999.37	390	479,740.23	0.00	479,740.23
400	493,880.86	0.00	493,880.86	400	716,914.35	0.00	716,914.35	400	559,864.03	0.00	559,864.03	400	432,406.57	15592.80	447,999.37	400	479,740.23	0.00	479,740.23
410	493,880.86	0.00	493,880.86	410	716,914.35	0.00	716,914.35	410	559,864.03	0.00	559,864.03	410	468,486.16	0.00	468,486.16	410	479,740.23	0.00	479,740.23
420	493,880.86	0.00	493,880.86	420	716,914.35	0.00	716,914.35	420	559,864.03	0.00	559,864.03	420	468,486.16	0.00	468,486.16	420	479,740.23	0.00	479,740.23
430	493,880.86	0.00	493,880.86	430	716,914.35	0.00	716,914.35	430	559,864.03	0.00	559,864.03	430	468,486.16	0.00	468,486.16	430	479,740.23	0.00	479,740.23
440	493,880.86	0.00	493,880.86	440	716,914.35	0.00	716,914.35	440	559,864.03	0.00	559,864.03	440	468,486.16	0.00	468,486.16	440	479,740.23	0.00	479,740.23
450	493,880.86	0.00	493,880.86	450	716,914.35	0.00	716,914.35	450	559,864.03	0.00	559,864.03	450	468,486.16	0.00	468,486.16	450	479,740.23	0.00	479,740.23
460	493,880.86	0.00	493,880.86	460	716,914.35	0.00	716,914.35	460	559,864.03	0.00	559,864.03	460	468,486.16	0.00	468,486.16	460	479,740.23	0.00	479,740.23
470	493,880.86	0.00	493,880.86	470	716,914.35	0.00	716,914.35	470	559,864.03	0.00	559,864.03	470	468,486.16	0.00	468,486.16	470	479,740.23	0.00	479,740.23
480	493,880.86	0.00	493,880.86	480	716,914.35	0.00	716,914.35	480	559,864.03	0.00	559,864.03	480	468,486.16	0.00	468,486.16	480	479,740.23	0.00	479,740.23
490	493,880.86	0.00	493,880.86	490	716,914.35	0.00	716,914.35	490	559,864.03	0.00	559,864.03	490	468,486.16	0.00	468,486.16	490	479,740.23	0.00	479,740.23
500	493,880.86	0.00	493,880.86	500	716,914.35	0.00	716,914.35	500	559,864.03	0.00	559,864.03	500	468,486.16	0.00	468,486.16	500	479,740.23	0.00	479,740.23

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

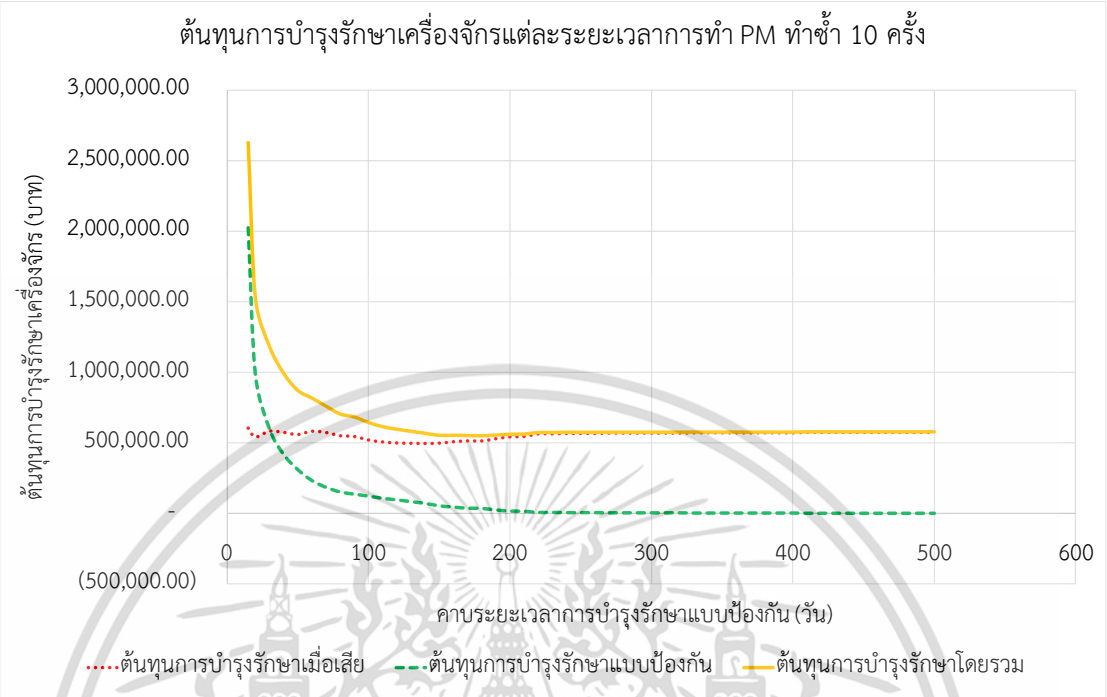
รุ่น 210-431-1	**คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)**	**ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)**	**ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)**	**ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)**
ครั้งที่ 1	130	590,849.16	622,751.42	31,902.26
ครั้งที่ 2	150	543,262.49	600,357.51	57,095.02
ครั้งที่ 3	150	543,262.49	600,357.51	57,095.02
ครั้งที่ 4	180	390,222.37	428,517.02	38,294.64
ครั้งที่ 5	140	749,912.67	791,029.72	41,117.04
ครั้งที่ 6	180	451,248.32	493,880.86	42,632.54
ครั้งที่ 7	110	684,921.15	716,914.35	31,993.19
ครั้งที่ 8	190	520,936.20	559,864.03	38,927.83
ครั้งที่ 9	170	419,112.69	468,486.16	49,373.47
ครั้งที่ 10	170	443,066.89	479,740.23	36,673.34
ค่าเฉลี่ย	153	543,747.51	586,906.51	42,510.44
ค่าน้อยสุด	110	390,222.37	428,517.02	31,902.26
ค่ามากสุด	190	749,912.67	791,029.72	57,095.02

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{130+150+150+180+140+180+110+190+170+170}{10}$$

= 153 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ 210-431-1

จากรูปที่ 4.1 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 153 วัน ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 5.10 เดือน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 543,747.51 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 586,906.51 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 42,510.44 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.4

โดยมีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 110 ถึง 190 วัน ค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับมีค่าระหว่าง 390,222.37 ถึง 749,912.67 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 428,517.02 ถึง 791,029.72 บาทต่อ 4 ปี ค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 31,902.26 ถึง 57,095.02 บาทต่อ 4 ปี

ดังนั้น อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 ต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 153 วัน หรือ 5.10 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006

จากการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ต่าง ๆ นั้นของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.16	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.07	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	202,504.13	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	92,776.55	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	15,977.96	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	47,933.87	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	218,482.08	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	140,710.42	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	5.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	6.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.09	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.12	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	114,657.09	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	148,260.13	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	6.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.06	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	47,933.87	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	95,867.74	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	162,590.96	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	244,127.87	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	5.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.15	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.07	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	180,764.79	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	96,553.12	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	47,933.87	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	47,933.87	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	228,698.66	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	144,486.99	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.13	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.16	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	167,624.52	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	202,504.13	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.05	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	79,889.78	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	15,977.96	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	247,514.30	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	218,482.08	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.08	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.05	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	94,079.89	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	63,738.65	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.08	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	127,823.65	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	63,911.83	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	221,903.54	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	127,650.48	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 2213200006

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	-	2,332,781.68	2,332,781.68	10	30,884.96	2,332,781.68	2,363,666.64	10	62,976.74	2,300,825.77	2,363,802.51	10	127,130.54	2,284,847.81	2,411,978.35	10	27,672.16	2,316,803.72	2,344,475.89
20	39,804.90	1,150,412.88	1,190,217.78	20	35,943.14	1,150,412.88	1,186,356.03	20	40,378.85	1,166,390.84	1,206,769.69	20	153,014.30	1,118,456.97	1,271,471.27	20	29,998.58	1,166,390.84	1,196,389.42
30	103,109.67	734,986.01	838,095.68	30	114,927.06	719,008.05	833,935.11	30	20,501.04	782,919.88	803,420.92	30	104,305.51	750,963.97	855,269.48	30	36,797.88	766,941.92	803,739.81
40	124,336.34	543,250.53	667,586.86	40	95,941.15	543,250.53	639,191.68	40	38,922.59	575,206.44	614,129.03	40	104,305.51	575,206.44	679,511.95	40	101,628.57	559,228.48	660,857.06
50	183,341.31	383,470.96	566,812.27	50	46,763.63	463,360.74	510,124.37	50	38,922.59	463,360.74	502,283.33	50	101,866.50	447,382.79	549,249.29	50	119,704.42	431,404.83	551,109.25
60	183,341.31	319,559.13	502,900.44	60	46,763.63	383,470.96	430,234.59	60	20,501.04	399,448.92	419,949.96	60	118,996.64	367,493.00	486,489.64	60	143,938.88	351,515.05	495,453.93
70	183,341.31	271,625.26	454,966.57	70	45,896.89	319,559.13	365,456.02	70	46,896.63	319,559.13	366,455.77	70	150,168.92	303,581.18	453,750.10	70	99,728.32	287,603.22	387,331.54
80	183,341.31	239,669.35	423,010.66	80	24,512.34	287,603.22	312,115.56	80	50,461.86	271,625.26	322,087.12	80	150,168.92	255,647.31	405,816.23	80	99,728.32	255,647.31	355,375.63
90	212,796.13	191,735.48	404,531.61	90	-	271,625.26	271,625.26	90	50,461.86	239,669.35	290,131.21	90	150,168.92	239,669.35	389,838.27	90	75,493.86	239,669.35	315,163.21
100	223,018.36	159,779.57	382,797.93	100	27,303.54	223,691.39	250,994.93	100	76,241.88	207,713.44	283,955.32	100	150,168.92	207,713.44	357,882.36	100	107,991.93	191,735.48	299,727.41
110	223,018.36	143,801.61	366,819.97	110	49,379.46	191,735.48	241,114.94	110	92,103.47	175,757.52	267,860.99	110	166,635.35	175,757.52	342,392.88	110	107,991.93	175,757.52	283,749.46
120	223,018.36	143,801.61	366,819.97	120	49,379.46	175,757.52	225,136.98	120	92,103.47	159,779.57	251,883.03	120	164,504.00	159,779.57	324,283.57	120	139,408.67	143,801.61	283,210.28
130	241,638.94	111,845.70	353,484.64	130	92,699.99	127,823.65	220,523.65	130	146,054.61	111,845.70	257,900.30	130	186,115.04	127,823.65	313,938.70	130	139,408.67	127,823.65	267,232.32
140	241,638.94	111,845.70	353,484.64	140	92,699.99	127,823.65	220,523.65	140	121,988.34	111,845.70	233,834.04	140	228,280.19	95,867.74	324,147.93	140	112,168.55	127,823.65	239,992.20
150	217,545.44	95,867.74	313,413.18	150	92,699.99	111,845.70	204,545.69	150	167,096.69	79,889.78	246,986.48	150	213,795.59	79,889.78	293,685.37	150	94,079.89	127,823.65	221,903.54
160	217,545.44	95,867.74	313,413.18	160	98,541.56	95,867.74	194,409.30	160	189,553.15	63,911.83	253,464.98	160	196,665.45	79,889.78	276,555.23	160	120,224.40	111,845.70	232,070.09
170	195,979.05	95,867.74	291,846.79	170	126,226.46	79,889.78	206,116.24	170	215,073.95	47,933.87	263,007.82	170	196,665.45	79,889.78	276,555.23	170	160,268.31	79,889.78	240,158.10
180	195,979.05	95,867.74	291,846.79	180	126,226.46	79,889.78	206,116.24	180	180,764.79	47,933.87	228,698.66	180	167,624.52	79,889.78	247,514.30	180	160,268.31	63,911.83	224,180.14
190	195,979.05	95,867.74	291,846.79	190	126,226.46	79,889.78	206,116.24	190	180,764.79	47,933.87	228,698.66	190	191,312.76	63,911.83	255,224.58	190	160,268.31	63,911.83	224,180.14
200	195,979.05	79,889.78	275,868.83	200	98,541.56	79,889.78	178,431.35	200	239,484.57	15,977.96	255,462.52	200	191,312.76	63,911.83	255,224.58	200	160,268.31	63,911.83	224,180.14
210	215,387.02	63,911.83	279,298.85	210	120,292.48	63,911.83	184,204.30	210	239,484.57	15,977.96	255,462.52	210	191,312.76	63,911.83	255,224.58	210	214,509.44	31,955.91	246,465.35
220	215,387.02	63,911.83	279,298.85	220	120,292.48	63,911.83	184,204.30	220	239,484.57	15,977.96	255,462.52	220	191,312.76	63,911.83	255,224.58	220	214,509.44	31,955.91	246,465.35
230	215,387.02	63,911.83	279,298.85	230	114,657.09	47,933.87	162,590.96	230	239,484.57	15,977.96	255,462.52	230	191,312.76	63,911.83	255,224.58	230	214,509.44	31,955.91	246,465.35
240	238,092.91	47,933.87	286,026.78	240	114,657.09	47,933.87	162,590.96	240	239,484.57	15,977.96	255,462.52	240	224,286.35	31,955.91	256,242.26	240	214,509.44	31,955.91	246,465.35
250	179,473.67	47,933.87	227,407.54	250	114,657.09	47,933.87	162,590.96	250	239,484.57	15,977.96	255,462.52	250	224,286.35	31,955.91	256,242.26	250	214,509.44	31,955.91	246,465.35
260	179,473.67	47,933.87	227,407.54	260	114,657.09	47,933.87	162,590.96	260	239,484.57	15,977.96	255,462.52	260	224,286.35	31,955.91	256,242.26	260	234,326.89	15,977.96	250,304.85
270	179,473.67	47,933.87	227,407.54	270	114,657.09	47,933.87	162,590.96	270	239,484.57	15,977.96	255,462.52	270	224,286.35	31,955.91	256,242.26	270	234,326.89	15,977.96	250,304.85
280	179,473.67	47,933.87	227,407.54	280	142,192.03	31,955.91	174,147.95	280	239,484.57	15,977.96	255,462.52	280	224,286.35	31,955.91	256,242.26	280	234,326.89	15,977.96	250,304.85
290	179,473.67	47,933.87	227,407.54	290	168,344.86	15,977.96	184,322.82	290	239,484.57	15,977.96	255,462.52	290	224,286.35	31,955.91	256,242.26	290	234,326.89	15,977.96	250,304.85
300	179,473.67	47,933.87	227,407.54	300	168,344.86	15,977.96	184,322.82	300	239,484.57	15,977.96	255,462.52	300	224,286.35	31,955.91	256,242.26	300	234,326.89	15,977.96	250,304.85
310	179,473.67	47,933.87	227,407.54	310	168,344.86	15,977.96	184,322.82	310	239,484.57	15,977.96	255,462.52	310	260,801.05	15,977.96	276,779.01	310	234,326.89	15,977.96	250,304.85
320	209,113.02	31,955.91	241,068.93	320	168,344.86	15,977.96	184,322.82	320	239,484.57	15,977.96	255,462.52	320	260,801.05	15,977.96	276,779.01	320	234,326.89	15,977.96	250,304.85
330	209,113.02	31,955.91	241,068.93	330	168,344.86	15,977.96	184,322.82	330	239,484.57	15,977.96	255,462.52	330	260,801.05	15,977.96	276,779.01	330	234,326.89	15,977.96	250,304.85
340	202,504.13	15,977.96	218,482.08	340	168,344.86	15,977.96	184,322.82	340	239,484.57	15,977.96	255,462.52	340	260,801.05	15,977.96	276,779.01	340	263,461.27	-	263,461.27
350	202,504.13	15,977.96	218,482.08	350	168,344.86	15,977.96	184,322.82	350	239,484.57	15,977.96	255,462.52	350	280,336.15	-	280,336.15	350	263,461.27	-	263,461.27
360	202,504.13	15,977.96	218,482.08	360	168,344.86	15,977.96	184,322.82	360	239,484.57	15,977.96	255,462.52	360	280,336.15	-	280,336.15	360	263,461.27	-	263,461.27
370	202,504.13	15,977.96	218,482.08	370	168,344.86	15,977.96	184,322.82	370	239,484.57	15,977.96	255,462.52	370	280,336.15	-	280,336.15	370	263,461.27	-	263,461.27
380	202,504.13	15,977.96	218,482.08	380	168,344.86	15,977.96	184,322.82	380	239,484.57	15,977.96	255,462.52	380	280,336.15	-	280,336.15	380	263,461.27	-	263,461.27
390	202,504.13	15,977.96	218,482.08	390	168,344.86	15,977.96	184,322.82	390	239,484.57	15,977.96	255,462.52	390	280,336.15	-	280,336.15	390	263,461.27	-	263,461.27
400	248,643.39	-	248,643.39	400	168,344.86	15,977.96	184,322.82	400	239,484.57	15,977.96	255,462.52	400	280,336.15	-	280,336.15	400	263,461.27	-	263,461.27
410	248,643.39	-	248,643.39	410	168,344.86	15,977.96	184,322.82	410	239,484.57	15,977.96	255,462.52	410	280,336.15	-	280,336.15	410	263,461.27	-	263,461.27
420	248,643.39	-	248,643.39	420	168,344.86	15,977.96	184,322.82	420	239,484.57	15,977.96	255,462.52	420	280,336.15	-	280,336.15	420	263,461.27	-	263,461.27
430	248,643.39	-	248,643.39	430	168,344.86	15,977.96	184,322.82	430	239,484.57	15,977.96	255,462.52	430	280,336.15	-	280,336.15	430	263,461.27	-	263,461.27
440	248,643.39	-	248,643.39	440	168,344.86	15,977.96	184,322.82	440	239,484.57	15,977.96	255,462.52	440	280,336.15	-	280,336.15	440	263,461.27	-	263,461.27
450	248,643.39	-	248,643.39	450	168,344.86	15,977.96	184,322.82	450	239,484.57	15,977.96	255,462.52	450	280,336.15	-	280,336.15	450	263,461.27	-	263,461.27
460	248,643.39	-	248,643.39	460	168,344.86	15,977.96	184,322.82	460	239,484.57	15,977.96	255,462.52	460	280,336.15	-	280,336.15	460	263,461.27	-	263,461.27
470	248,643.39	-	248,643.39	470	168,344.86	15,977.96	184,322.82	470	272,844.93	-	272,844.93	470	280,336.15	-	280,336.15	470	263,461.27	-	263,461.27
480	248,643.39	-	248,643.39	480	168,344.86	15,977.96	184,322.82	480	272,844.93	-	272,844.93	480	280,336.15	-	280,336.15	480	263,461.27	-	263,461.27
490	248,643.39	-	248,643.39	490	168,344.86	15,977.96	184,322.82	490	272,844.93	-	272,844.93	490	280,336.15	-	280,336.15	490	263,461.27	-	263,461.27
1000	248,643.39	-	248,643.39	1000	188,517.92	-	188,517.92	1000	272,844.93	-	272,844.93	1000	280,336.15	-	280,336.15	1000	263,461.27	-	263,461.27

ตารางที่ 4.6 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm 2213200006 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	39,381.60	2,332,781.68	2,372,163.28	10	69,915.66	2,316,803.72	2,386,719.39	10	77,914.94	2,300,825.77	2,378,740.71	10	-	2,332,781.68	2,332,781.68	10	64,000.27	2,316,803.72	2,380,803.99
20	-	1,166,390.84	1,166,390.84	20	49,417.68	1,150,412.88	1,199,830.56	20	83,110.65	1,150,412.88	1,233,523.54	20	39,804.90	1,150,412.88	1,190,217.78	20	87,960.12	1,134,434.93	1,222,395.04
30	22,198.36	766,941.92	789,140.28	30	104,277.24	750,963.97	855,241.20	30	46,296.46	766,941.92	813,238.38	30	103,109.67	734,986.01	838,095.68	30	79,454.62	766,941.92	846,396.54
40	-	591,184.40	591,184.40	40	23,754.51	575,206.44	598,960.95	40	74,451.75	575,206.44	649,658.19	40	124,336.34	543,250.53	667,586.86	40	152,676.04	543,250.53	695,926.57
50	21,604.16	463,360.74	484,964.91	50	85,209.52	431,404.83	516,614.35	50	46,296.46	463,360.74	509,657.20	50	183,341.31	383,470.96	566,812.27	50	145,445.87	415,426.87	560,872.74
60	-	399,448.92	399,448.92	60	85,209.52	367,493.00	452,702.52	60	81,879.37	383,470.96	465,350.33	60	183,341.31	319,559.13	502,900.44	60	136,050.79	351,515.05	487,565.83
70	-	335,537.09	335,537.09	70	85,209.52	319,559.13	404,768.65	70	119,753.31	287,603.22	407,356.53	70	183,341.31	271,625.26	454,966.57	70	136,050.79	303,581.18	439,631.96
80	85,593.31	255,647.31	341,240.61	80	85,209.52	271,625.26	356,834.78	80	119,753.31	255,647.31	375,400.61	80	183,341.31	239,669.35	423,010.66	80	136,050.79	255,647.31	391,698.09
90	85,593.31	223,691.39	309,284.70	90	85,209.52	239,669.35	324,878.87	90	170,402.01	207,713.44	378,115.44	90	212,796.13	191,735.48	404,531.61	90	112,135.17	239,669.35	351,804.52
100	85,593.31	207,713.44	293,306.74	100	85,209.52	223,691.39	308,900.91	100	110,186.15	191,735.48	301,921.63	100	223,018.36	159,779.57	382,797.93	100	81,860.61	223,691.39	305,552.00
110	59,064.13	191,735.48	250,799.61	110	112,393.49	191,735.48	304,128.97	110	110,186.15	175,757.52	285,943.67	110	223,018.36	143,801.61	366,819.97	110	81,860.61	207,713.44	289,574.05
120	76,835.53	159,779.57	236,615.10	120	112,393.49	175,757.52	288,151.01	120	141,939.77	143,801.61	285,741.38	120	223,018.36	143,801.61	366,819.97	120	81,860.61	191,735.48	273,596.09
130	76,835.53	159,779.57	236,615.10	130	132,957.66	143,801.61	276,759.27	130	112,143.12	143,801.61	255,944.73	130	241,638.94	111,845.70	353,484.64	130	104,814.09	159,779.57	264,593.66
140	76,835.53	143,801.61	220,637.14	140	132,957.66	127,823.65	260,781.32	140	112,143.12	127,823.65	239,966.78	140	241,638.94	111,845.70	353,484.64	140	130,749.20	127,823.65	258,572.85
150	76,835.53	127,823.65	204,659.19	150	152,106.65	111,845.70	263,952.34	150	112,143.12	127,823.65	239,966.78	150	217,545.44	95,867.74	313,413.18	150	130,749.20	127,823.65	258,572.85
160	76,835.53	127,823.65	204,659.19	160	167,409.11	95,867.74	263,276.85	160	112,143.12	111,845.70	223,988.82	160	217,545.44	95,867.74	313,413.18	160	151,540.99	95,867.74	247,408.73
170	76,835.53	127,823.65	204,659.19	170	148,260.13	95,867.74	244,127.87	170	112,143.12	111,845.70	223,988.82	170	195,979.05	95,867.74	291,846.79	170	151,540.99	95,867.74	247,408.73
180	103,187.13	95,867.74	199,054.87	180	148,260.13	95,867.74	244,127.87	180	58,725.99	111,845.70	170,571.69	180	195,979.05	95,867.74	291,846.79	180	125,605.88	95,867.74	221,473.62
190	103,187.13	95,867.74	199,054.87	190	187,573.45	79,889.78	267,463.24	190	58,725.99	111,845.70	170,571.69	190	195,979.05	95,867.74	291,846.79	190	125,605.88	95,867.74	221,473.62
200	103,187.13	95,867.74	199,054.87	200	187,573.45	63,911.83	251,485.28	200	58,725.99	111,845.70	170,571.69	200	195,979.05	79,889.78	275,868.83	200	125,605.88	95,867.74	221,473.62
210	103,187.13	79,889.78	183,076.91	210	187,573.45	63,911.83	251,485.28	210	72,602.13	79,889.78	152,491.91	210	215,387.02	63,911.83	279,298.85	210	125,605.88	79,889.78	205,495.66
220	73,393.82	79,889.78	153,283.60	220	209,583.31	47,933.87	257,517.18	220	72,602.13	79,889.78	152,491.91	220	215,387.02	63,911.83	279,298.85	220	103,295.79	79,889.78	183,185.58
230	90,965.43	63,911.83	154,877.26	230	253,700.89	15,977.96	269,678.84	230	72,602.13	79,889.78	152,491.91	230	215,387.02	63,911.83	279,298.85	230	103,295.79	79,889.78	183,185.58
240	90,965.43	63,911.83	154,877.26	240	253,700.89	15,977.96	269,678.84	240	72,602.13	79,889.78	152,491.91	240	238,092.91	47,933.87	286,026.78	240	103,295.79	79,889.78	183,185.58
250	90,965.43	63,911.83	154,877.26	250	253,700.89	15,977.96	269,678.84	250	72,602.13	79,889.78	152,491.91	250	179,473.67	47,933.87	227,407.54	250	80,342.31	79,889.78	160,232.09
260	110,348.16	47,933.87	158,282.03	260	253,700.89	15,977.96	269,678.84	260	72,602.13	79,889.78	152,491.91	260	179,473.67	47,933.87	227,407.54	260	63,738.65	79,889.78	143,628.43
270	110,348.16	47,933.87	158,282.03	270	253,700.89	15,977.96	269,678.84	270	96,553.12	47,933.87	144,486.99	270	179,473.67	47,933.87	227,407.54	270	63,738.65	79,889.78	143,628.43
280	110,348.16	47,933.87	158,282.03	280	253,700.89	15,977.96	269,678.84	280	96,553.12	47,933.87	144,486.99	280	179,473.67	47,933.87	227,407.54	280	63,738.65	79,889.78	143,628.43
290	92,776.55	47,933.87	140,710.42	290	253,700.89	15,977.96	269,678.84	290	96,553.12	47,933.87	144,486.99	290	179,473.67	47,933.87	227,407.54	290	63,738.65	79,889.78	143,628.43
300	92,776.55	47,933.87	140,710.42	300	253,700.89	15,977.96	269,678.84	300	96,553.12	47,933.87	144,486.99	300	179,473.67	47,933.87	227,407.54	300	63,738.65	79,889.78	143,628.43
310	92,776.55	47,933.87	140,710.42	310	253,700.89	15,977.96	269,678.84	310	96,553.12	47,933.87	144,486.99	310	179,473.67	47,933.87	227,407.54	310	87,345.65	63,911.83	151,257.48
320	92,776.55	47,933.87	140,710.42	320	253,700.89	15,977.96	269,678.84	320	121,830.30	31,955.91	153,786.22	320	209,113.02	31,955.91	241,068.93	320	63,738.65	63,911.83	127,650.48
330	92,776.55	47,933.87	140,710.42	330	253,700.89	15,977.96	269,678.84	330	121,830.30	31,955.91	153,786.22	330	209,113.02	31,955.91	241,068.93	330	63,738.65	63,911.83	127,650.48
340	92,776.55	47,933.87	140,710.42	340	253,700.89	15,977.96	269,678.84	340	121,830.30	31,955.91	153,786.22	340	202,504.13	15,977.96	218,482.08	340	63,738.65	63,911.83	127,650.48
350	92,776.55	47,933.87	140,710.42	350	229,635.44	15,977.96	245,613.39	350	121,830.30	31,955.91	153,786.22	350	202,504.13	15,977.96	218,482.08	350	63,738.65	63,911.83	127,650.48
360	116,113.01	31,955.91	148,068.92	360	229,635.44	15,977.96	245,613.39	360	121,830.30	31,955.91	153,786.22	360	202,504.13	15,977.96	218,482.08	360	63,738.65	63,911.83	127,650.48
370	116,113.01	31,955.91	148,068.92	370	229,635.44	15,977.96	245,613.39	370	121,830.30	31,955.91	153,786.22	370	202,504.13	15,977.96	218,482.08	370	63,738.65	63,911.83	127,650.48
380	116,113.01	31,955.91	148,068.92	380	229,635.44	15,977.96	245,613.39	380	149,121.59	15,977.96	165,099.55	380	202,504.13	15,977.96	218,482.08	380	88,538.37	47,933.87	136,472.24
390	140,477.22	15,977.96	156,455.17	390	229,635.44	15,977.96	245,613.39	390	174,429.14	-	174,429.14	390	202,504.13	15,977.96	218,482.08	390	137,674.29	31,955.91	169,630.20
400	140,477.22	15,977.96	156,455.17	400	229,635.44	15,977.96	245,613.39	400	174,429.14	-	174,429.14	400	248,643.39	-	248,643.39	400	137,674.29	31,955.91	169,630.20
410	140,477.22	15,977.96	156,455.17	410	229,635.44	15,977.96	245,613.39	410	174,429.14	-	174,429.14	410	248,643.39	-	248,643.39	410	137,674.29	31,955.91	169,630.20
420	140,477.22	15,977.96	156,455.17	420	229,635.44	15,977.96	245,613.39	420	174,429.14	-	174,429.14	420	248,643.39	-	248,643.39	420	137,674.29	31,955.91	169,630.20
430	140,477.22	15,977.96	156,455.17	430	229,635.44	15,977.96	245,613.39	430	174,429.14	-	174,429.14	430	248,643.39	-	248,643.39	430	137,674.29	31,955.91	169,630.20
440	140,477.22	15,977.96	156,455.17	440	229,635.44	15,977.96	245,613.39	440	174,429.14	-	174,429.14	440	248,643.39	-	248,643.39	440	137,674.29	31,955.91	169,630.20
450	140,477.22	15,977.96	156,455.17	450	229,635.44	15,977.96	245,613.39	450	174,429.14	-	174,429.14	450	248,643.39	-	248,643.39	450	137,674.29	31,955.91	169,630.20
460	177,234.82	-	177,234.82	460	229,635.44	15,977.96	245,613.39	460	174,429.14	-	174,429.14	460	248,643.39	-	248,643.39	460	137,674.29	31,955.91	169,630.20
470	177,234.82	-	177,234.82	470	229,635.44	15,977.96	245,613.39	470	174,429.14	-	174,429.14	470	248,643.39	-	248,643.39	470	137,674.29	31,955.91	169,630.20
480	177,234.82	-	177,234.82	480	268,869.32	-	268,869.32	480	174,429.14	-	174,429.14	480	248,643.39	-	248,643.39	480	137,674.29	31,955.91	169,630.20
490	177,234.82	-	177,234.82	490	268,869.32	-	268,869.32	490	174,429.14	-	174,429.14	490	248,643.39	-	248,643.39	490	137,674.29	31,955.91	169,630.20
1000	177,234.82	-	177,234.82	1000	268,869.32	-	268,869.32	1000	174,429.14	-	174,429.14	1000	248,643.39	-	248,643.39	1000	157,486.21	-	157,486.21

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น 2213200006

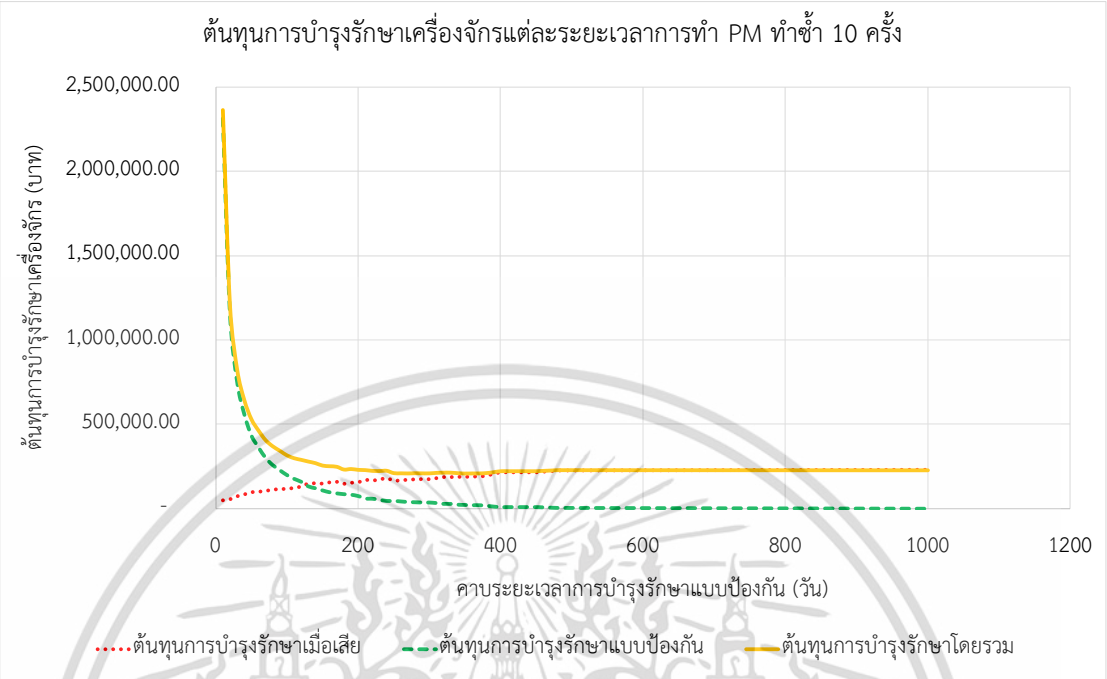
รุ่น 2213200006	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)	ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	340	218,482.08	248,643.39	30,161.30
ครั้งที่ 2	230	162,590.96	188,517.92	25,926.96
ครั้งที่ 3	180	228,698.66	272,844.93	44,146.27
ครั้งที่ 4	180	247,514.30	280,336.15	32,821.85
ครั้งที่ 5	150	221,903.54	263,461.27	41,557.73
ครั้งที่ 6	290	140,710.42	177,234.82	36,524.41
ครั้งที่ 7	170	244,127.87	268,869.32	24,741.45
ครั้งที่ 8	270	144,486.99	174,429.14	29,942.15
ครั้งที่ 9	340	218,482.08	248,643.39	30,161.30
ครั้งที่ 10	320	127,650.48	157,486.21	29,835.73
ค่าเฉลี่ย	247	195,464.74	228,046.65	32,581.92
ค่าน้อยสุด	150	127,650.48	157,486.21	24,741.45
ค่ามากสุด	340	247,514.30	280,336.15	44,146.27

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{340+230+180+180+150+290+170+270+340+320}{10}$$

= 247 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ 2213200006

จากรูปที่ 4.2 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 พบว่า ค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 247 วัน ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 8.23 เดือน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 195,464.74 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 228,046.65 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 32,581.92 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.7

โดยมีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 150 ถึง 340 วัน ค่าแนะนำที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 127,650.48 ถึง 247,514.30 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 157,486.21 ถึง 280,336.15 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 24,741.45 ถึง 44,146.27 บาทต่อ 4 ปี

ดังนั้น อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 247 วัน หรือ 8.23 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22

จากการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ต่าง ๆ นั้นของอุปกรณ์รุ่น OIS-03218 GR22 ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.10	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.23	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	39,856.30	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	90,890.99	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	47,192.07	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	98,226.76	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.14	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.21	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	64,814.54	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	82,481.31	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	72,150.30	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	89,817.08	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.16	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.13	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	73,246.28	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	61,455.25	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	80,582.04	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	68,791.01	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.05	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.19	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	19,943.98	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	72,488.16	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	22,007.30	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	14,671.53	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	41,951.28	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	87,159.69	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.13	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.22	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	61,875.40	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	89,003.11	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	7,335.77	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	69,211.16	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	96,338.88	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03218 GR22

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	66,198.20	1,049,014.52	1,115,212.72	10	49,911.86	1,056,350.29	1,106,262.15	10	73,265.01	1,049,014.52	1,122,279.53	10	51,854.33	1,056,350.29	1,108,204.62	10	23,231.18	1,063,686.06	1,086,917.24
20	69,827.51	520,839.38	590,666.89	20	58,427.67	513,503.61	571,931.28	20	61,350.24	520,839.38	582,189.61	20	41,391.00	528,175.14	569,566.14	20	45,083.18	520,839.38	565,922.56
30	90,706.11	330,109.47	420,815.57	30	35,538.54	337,445.23	372,983.77	30	48,582.27	344,781.00	393,363.27	30	31,813.68	352,116.76	383,930.44	30	31,157.57	344,781.00	375,938.57
40	66,855.78	249,416.04	316,271.82	40	36,196.86	249,416.04	285,612.90	40	43,194.95	256,751.81	299,946.76	40	43,000.40	256,751.81	299,752.21	40	49,412.27	249,416.04	298,828.31
50	57,750.62	205,401.45	263,152.07	50	36,196.86	198,065.68	234,262.54	50	42,832.38	198,065.68	240,898.06	50	48,905.85	190,729.91	239,635.76	50	56,406.31	190,729.91	247,136.23
60	57,750.62	176,058.38	233,809.00	60	47,797.29	161,386.85	209,184.14	60	50,563.20	154,051.08	204,614.28	60	40,866.40	168,722.62	209,589.02	60	63,251.82	146,715.32	209,967.13
70	49,510.68	146,715.32	196,225.99	70	54,069.70	124,708.02	178,777.72	70	58,602.53	124,708.02	183,310.55	70	26,690.14	146,715.32	173,405.46	70	75,241.58	117,372.25	192,613.84
80	58,555.58	124,708.02	183,263.60	80	45,860.63	117,372.25	163,232.88	80	58,602.53	110,036.49	168,639.02	80	48,060.57	110,036.49	158,097.06	80	65,190.43	110,036.49	175,226.92
90	58,555.58	110,036.49	168,592.07	90	65,729.36	88,029.19	153,758.55	90	58,602.53	95,364.96	153,967.49	90	37,164.16	102,700.72	139,864.88	90	84,077.59	80,693.42	164,771.01
100	69,988.68	95,364.96	165,353.64	100	78,205.34	73,357.66	151,563.00	100	59,575.16	80,693.42	140,268.59	100	37,164.16	88,029.19	125,193.35	100	84,077.59	73,357.66	157,435.24
110	59,263.55	88,029.19	147,292.74	110	68,144.66	73,357.66	141,502.32	110	59,575.16	73,357.66	132,932.82	110	45,228.01	73,357.66	118,585.67	110	91,667.90	58,686.13	150,354.02
120	68,697.56	73,357.66	142,055.22	120	57,362.17	66,021.89	123,384.06	120	57,414.05	66,021.89	123,435.95	120	56,875.28	58,686.13	115,561.41	120	82,543.73	58,686.13	141,229.86
130	40,019.72	66,021.89	106,041.62	130	57,362.17	66,021.89	123,384.06	130	64,674.88	51,350.36	116,025.24	130	56,875.28	51,350.36	108,225.64	130	81,015.55	51,350.36	132,365.91
140	48,414.70	58,686.13	107,100.83	140	57,362.17	58,686.13	116,048.30	140	64,674.88	51,350.36	116,025.24	140	47,947.91	51,350.36	99,298.27	140	81,015.55	51,350.36	132,365.91
150	48,414.70	51,350.36	99,765.06	150	47,938.94	58,686.13	106,625.06	150	73,757.22	44,014.60	117,771.82	150	47,947.91	51,350.36	99,298.27	150	81,015.55	44,014.60	125,030.15
160	48,414.70	51,350.36	99,765.06	160	47,938.94	58,686.13	106,625.06	160	73,757.22	36,678.83	110,436.05	160	56,889.85	44,014.60	100,904.44	160	81,015.55	44,014.60	125,030.15
170	38,980.69	51,350.36	90,331.05	170	47,938.94	51,350.36	99,289.30	170	62,614.27	36,678.83	99,293.10	170	56,889.85	36,678.83	93,568.68	170	81,015.55	36,678.83	117,694.38
180	38,980.69	51,350.36	90,331.05	180	45,241.96	44,014.60	89,256.55	180	62,614.27	36,678.83	99,293.10	180	66,060.87	29,343.06	95,403.93	180	73,653.55	36,678.83	110,332.38
190	38,980.69	51,350.36	90,331.05	190	45,241.96	44,014.60	89,256.55	190	62,614.27	36,678.83	99,293.10	190	55,845.90	29,343.06	85,188.96	190	73,653.55	36,678.83	110,332.38
200	38,980.69	44,014.60	82,995.29	200	38,167.98	44,014.60	82,182.58	200	62,614.27	36,678.83	99,293.10	200	55,845.90	29,343.06	85,188.96	200	73,653.55	36,678.83	110,332.38
210	38,980.69	44,014.60	82,995.29	210	46,857.08	36,678.83	83,535.91	210	62,614.27	29,343.06	91,957.33	210	47,782.04	29,343.06	77,125.11	210	73,653.55	36,678.83	110,332.38
220	20,478.01	44,014.60	64,492.60	220	65,453.40	22,007.30	87,460.70	220	62,614.27	29,343.06	91,957.33	220	47,782.04	29,343.06	77,125.11	220	73,653.55	36,678.83	110,332.38
230	11,433.10	44,014.60	55,447.69	230	65,453.40	22,007.30	87,460.70	230	62,614.27	29,343.06	91,957.33	230	47,782.04	29,343.06	77,125.11	230	73,653.55	29,343.06	102,996.62
240	11,433.10	44,014.60	55,447.69	240	57,028.46	22,007.30	79,035.76	240	62,614.27	29,343.06	91,957.33	240	37,162.60	29,343.06	66,505.66	240	73,653.55	29,343.06	102,996.62
250	20,614.59	36,678.83	57,293.42	250	57,028.46	22,007.30	79,035.76	250	62,614.27	29,343.06	91,957.33	250	37,162.60	29,343.06	66,505.66	250	64,953.01	29,343.06	94,296.07
260	20,614.59	36,678.83	57,293.42	260	64,814.54	14,671.53	79,486.07	260	62,614.27	29,343.06	91,957.33	260	37,162.60	29,343.06	66,505.66	260	56,245.11	29,343.06	85,588.18
270	20,614.59	36,678.83	57,293.42	270	64,814.54	14,671.53	79,486.07	270	62,614.27	22,007.30	84,621.57	270	37,162.60	29,343.06	66,505.66	270	56,245.11	29,343.06	85,588.18
280	28,993.89	29,343.06	58,336.96	280	64,814.54	14,671.53	79,486.07	280	62,614.27	22,007.30	84,621.57	280	47,314.87	22,007.30	69,322.17	280	56,245.11	29,343.06	85,588.18
290	28,993.89	22,007.30	51,001.19	290	64,814.54	14,671.53	79,486.07	290	62,614.27	22,007.30	84,621.57	290	38,143.85	22,007.30	60,151.15	290	64,024.32	22,007.30	86,031.62
300	37,059.86	14,671.53	51,731.39	300	64,814.54	14,671.53	79,486.07	300	62,614.27	22,007.30	84,621.57	300	38,143.85	22,007.30	60,151.15	300	64,024.32	22,007.30	86,031.62
310	37,059.86	14,671.53	51,731.39	310	64,814.54	14,671.53	79,486.07	310	62,614.27	22,007.30	84,621.57	310	38,143.85	22,007.30	60,151.15	310	64,024.32	22,007.30	86,031.62
320	37,059.86	14,671.53	51,731.39	320	64,814.54	14,671.53	79,486.07	320	62,614.27	22,007.30	84,621.57	320	38,143.85	22,007.30	60,151.15	320	73,300.21	14,671.53	87,971.74
330	37,059.86	14,671.53	51,731.39	330	64,814.54	14,671.53	79,486.07	330	62,614.27	22,007.30	84,621.57	330	38,143.85	22,007.30	60,151.15	330	73,300.21	14,671.53	87,971.74
340	37,059.86	14,671.53	51,731.39	340	64,814.54	14,671.53	79,486.07	340	62,614.27	22,007.30	84,621.57	340	29,201.91	22,007.30	51,209.21	340	73,300.21	14,671.53	87,971.74
350	37,059.86	14,671.53	51,731.39	350	64,814.54	14,671.53	79,486.07	350	62,614.27	22,007.30	84,621.57	350	29,201.91	22,007.30	51,209.21	350	73,300.21	14,671.53	87,971.74
360	37,059.86	14,671.53	51,731.39	360	64,814.54	14,671.53	79,486.07	360	62,614.27	22,007.30	84,621.57	360	19,943.98	22,007.30	41,951.28	360	73,300.21	14,671.53	87,971.74
370	37,059.86	14,671.53	51,731.39	370	64,814.54	14,671.53	79,486.07	370	62,614.27	22,007.30	84,621.57	370	19,943.98	22,007.30	41,951.28	370	73,300.21	14,671.53	87,971.74
380	37,059.86	14,671.53	51,731.39	380	64,814.54	14,671.53	79,486.07	380	62,614.27	22,007.30	84,621.57	380	29,035.51	14,671.53	43,707.04	380	73,300.21	14,671.53	87,971.74
390	37,059.86	14,671.53	51,731.39	390	64,814.54	14,671.53	79,486.07	390	62,614.27	22,007.30	84,621.57	390	29,035.51	14,671.53	43,707.04	390	73,300.21	14,671.53	87,971.74
400	39,856.30	7,335.77	47,192.07	400	64,814.54	14,671.53	79,486.07	400	75,360.54	14,671.53	90,032.08	400	29,035.51	14,671.53	43,707.04	400	73,300.21	14,671.53	87,971.74
410	39,856.30	7,335.77	47,192.07	410	64,814.54	14,671.53	79,486.07	410	73,246.28	7,335.77	80,582.04	410	29,035.51	14,671.53	43,707.04	410	73,300.21	14,671.53	87,971.74
420	39,856.30	7,335.77	47,192.07	420	64,814.54	14,671.53	79,486.07	420	73,246.28	7,335.77	80,582.04	420	29,035.51	14,671.53	43,707.04	420	73,300.21	14,671.53	87,971.74
430	39,856.30	7,335.77	47,192.07	430	64,814.54	14,671.53	79,486.07	430	83,535.53	-	83,535.53	430	29,035.51	14,671.53	43,707.04	430	73,300.21	7,335.77	80,635.97
440	48,013.10	-	48,013.10	440	64,814.54	14,671.53	79,486.07	440	83,535.53	-	83,535.53	440	29,035.51	14,671.53	43,707.04	440	73,300.21	7,335.77	80,635.97
450	48,013.10	-	48,013.10	450	64,814.54	14,671.53	79,486.07	450	83,535.53	-	83,535.53	450	29,035.51	14,671.53	43,707.04	450	73,300.21	7,335.77	80,635.97
460	48,013.10	-	48,013.10	460	81,223.44	7,335.77	88,559.21	460	83,535.53	-	83,535.53	460	29,035.51	14,671.53	43,707.04	460	73,300.21	7,335.77	80,635.97
470	48,013.10	-	48,013.10	470	64,814.54	7,335.77	72,150.30	470	83,535.53	-	83,535.53	470	29,035.51	14,671.53	43,707.04	470	73,300.21	7,335.77	80,635.97
480	48,013.10	-	48,013.10	480	64,814.54	7,335.77	72,150.30	480	83,535.53	-	83,535.53	480	29,035.51	14,671.53	43,707.04	480	73,300.21	7,335.77	80,635.97
490	48,013.10	-	48,013.10	490	64,814.54	7,335.77	72,150.30	490	83,535.53	-	83,535.53	490	29,035.51	14,671.53	43,707.04	490	61,875.40	7,335.77	69,211.16
1000	48,013.10	-	48,013.10	1000	78,380.96	-	78,380.96	1000	83,535.53	-	83,535.53	1000	37,243.09	7,335.77	44,578.86	1000	74,076.61	-	74,076.61

ตารางที่ 4.9 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03218 GR22 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	51,696.22	1,056,350.29	1,108,046.51	10	37,760.97	1,071,021.82	1,108,782.79	10	92,730.44	1,034,342.99	1,127,073.43	10	77,735.64	1,049,014.52	1,126,750.16	10	99,146.06	1,027,007.23	1,126,153.29
20	71,139.49	520,839.38	591,978.87	20	38,394.13	520,839.38	559,233.51	20	58,981.30	520,839.38	579,820.68	20	80,491.46	506,167.85	586,659.31	20	115,665.43	491,496.32	607,161.75
30	61,562.79	337,445.23	399,008.02	30	89,521.02	315,437.93	404,958.95	30	66,906.43	337,445.23	404,351.66	30	69,539.03	330,109.47	399,648.49	30	91,461.60	330,109.47	421,571.06
40	79,491.98	242,080.27	321,572.25	40	80,287.92	242,080.27	322,368.19	40	50,221.38	256,751.81	306,973.18	40	51,096.24	249,416.04	300,512.28	40	100,479.16	242,080.27	342,559.43
50	49,747.02	205,401.45	255,148.47	50	100,140.89	176,058.38	276,199.27	50	38,500.06	205,401.45	243,901.50	50	40,452.95	198,065.68	238,518.63	50	90,581.91	198,065.68	288,647.59
60	60,352.15	161,386.85	221,739.00	60	104,633.00	139,379.55	244,012.55	60	38,500.06	176,058.38	214,558.44	60	29,983.00	168,722.62	198,705.62	60	99,753.74	146,715.32	246,469.06
70	50,884.30	139,379.55	190,263.86	70	114,146.13	110,036.49	224,182.62	70	47,646.48	139,379.55	187,026.03	70	11,572.27	154,051.08	165,623.35	70	103,558.78	117,372.25	220,931.04
80	58,617.83	117,372.25	175,990.09	80	118,405.65	95,364.96	213,770.61	80	47,646.48	124,708.02	172,354.50	80	44,161.75	110,036.49	154,198.24	80	103,558.78	102,700.72	206,259.50
90	67,009.90	95,364.96	162,374.86	90	118,405.65	88,029.19	206,434.85	90	37,109.32	110,036.49	147,145.80	90	44,161.75	102,700.72	146,862.47	90	123,382.80	73,357.66	196,740.46
100	78,291.46	80,693.42	158,984.89	100	107,499.90	80,693.42	188,193.32	100	37,109.32	102,700.72	139,810.04	100	33,484.88	95,364.96	128,849.84	100	123,382.80	66,021.89	189,404.69
110	70,557.93	80,693.42	151,251.36	110	124,815.01	58,686.13	183,501.14	110	37,109.32	88,029.19	125,138.51	110	33,484.88	88,029.19	121,514.07	110	115,688.41	66,021.89	181,710.31
120	57,388.82	66,021.89	123,410.71	120	104,616.93	58,686.13	163,303.06	120	37,109.32	80,693.42	117,802.74	120	40,803.23	73,357.66	114,160.89	120	115,688.41	58,686.13	174,374.54
130	57,388.82	58,686.13	116,074.94	130	98,663.68	44,014.60	142,678.28	130	47,396.56	73,357.66	120,754.22	130	51,984.58	58,686.13	110,670.71	130	106,960.96	58,686.13	165,647.09
140	57,119.66	51,350.36	108,470.02	140	110,496.74	36,678.83	147,175.57	140	56,503.04	58,686.13	115,189.17	140	62,716.23	51,350.36	114,066.59	140	106,960.96	51,350.36	158,311.33
150	57,119.66	51,350.36	108,470.02	150	110,496.74	36,678.83	147,175.57	150	56,503.04	51,350.36	107,853.40	150	62,716.23	44,014.60	106,730.82	150	96,335.09	44,014.60	140,349.68
160	78,524.86	29,343.06	107,867.93	160	110,116.74	22,007.30	132,124.04	160	56,503.04	51,350.36	107,853.40	160	62,716.23	44,014.60	106,730.82	160	104,977.04	36,678.83	141,655.87
170	78,524.86	29,343.06	107,867.93	170	110,116.74	22,007.30	132,124.04	170	56,503.04	51,350.36	107,853.40	170	62,716.23	44,014.60	106,730.82	170	88,118.45	36,678.83	124,797.28
180	78,524.86	29,343.06	107,867.93	180	102,453.85	22,007.30	124,461.15	180	56,503.04	44,014.60	100,517.63	180	72,839.37	29,343.06	102,182.43	180	88,118.45	36,678.83	124,797.28
190	78,524.86	29,343.06	107,867.93	190	102,453.85	22,007.30	124,461.15	190	56,503.04	44,014.60	100,517.63	190	83,219.80	22,007.30	105,227.10	190	88,118.45	36,678.83	124,797.28
200	78,524.86	29,343.06	107,867.93	200	102,453.85	22,007.30	124,461.15	200	56,503.04	44,014.60	100,517.63	200	83,219.80	22,007.30	105,227.10	200	88,118.45	36,678.83	124,797.28
210	78,524.86	22,007.30	100,532.16	210	102,453.85	22,007.30	124,461.15	210	56,503.04	36,678.83	93,181.87	210	90,912.16	14,671.53	105,583.69	210	96,123.67	29,343.06	125,466.73
220	78,524.86	22,007.30	100,532.16	220	90,620.79	22,007.30	112,628.09	220	56,503.04	36,678.83	93,181.87	220	90,912.16	14,671.53	105,583.69	220	96,123.67	22,007.30	118,130.96
230	78,524.86	22,007.30	100,532.16	230	80,318.70	22,007.30	102,326.00	230	56,503.04	36,678.83	93,181.87	230	90,912.16	14,671.53	105,583.69	230	96,123.67	22,007.30	118,130.96
240	78,524.86	22,007.30	100,532.16	240	80,318.70	22,007.30	102,326.00	240	46,215.79	36,678.83	82,894.62	240	90,912.16	14,671.53	105,583.69	240	96,123.67	22,007.30	118,130.96
250	78,524.86	22,007.30	100,532.16	250	80,318.70	22,007.30	102,326.00	250	55,293.53	29,343.06	84,636.59	250	90,912.16	14,671.53	105,583.69	250	96,123.67	22,007.30	118,130.96
260	78,524.86	22,007.30	100,532.16	260	80,318.70	22,007.30	102,326.00	260	65,166.09	22,007.30	87,173.39	260	90,912.16	14,671.53	105,583.69	260	96,123.67	22,007.30	118,130.96
270	90,890.99	14,671.53	105,562.52	270	80,318.70	22,007.30	102,326.00	270	65,166.09	22,007.30	87,173.39	270	83,219.80	14,671.53	97,891.34	270	96,123.67	22,007.30	118,130.96
280	90,890.99	14,671.53	105,562.52	280	80,318.70	22,007.30	102,326.00	280	65,166.09	22,007.30	87,173.39	280	83,219.80	14,671.53	97,891.34	280	96,123.67	22,007.30	118,130.96
290	90,890.99	14,671.53	105,562.52	290	80,318.70	22,007.30	102,326.00	290	65,166.09	22,007.30	87,173.39	290	83,219.80	14,671.53	97,891.34	290	88,118.45	22,007.30	110,125.75
300	90,890.99	14,671.53	105,562.52	300	80,318.70	22,007.30	102,326.00	300	72,836.06	14,671.53	87,507.59	300	83,219.80	14,671.53	97,891.34	300	98,905.19	14,671.53	113,576.73
310	90,890.99	14,671.53	105,562.52	310	80,318.70	22,007.30	102,326.00	310	72,836.06	14,671.53	87,507.59	310	83,219.80	14,671.53	97,891.34	310	98,905.19	14,671.53	113,576.73
320	90,890.99	14,671.53	105,562.52	320	80,318.70	22,007.30	102,326.00	320	72,836.06	14,671.53	87,507.59	320	83,219.80	14,671.53	97,891.34	320	98,905.19	14,671.53	113,576.73
330	90,890.99	14,671.53	105,562.52	330	80,318.70	22,007.30	102,326.00	330	72,836.06	14,671.53	87,507.59	330	83,219.80	14,671.53	97,891.34	330	98,905.19	14,671.53	113,576.73
340	90,890.99	14,671.53	105,562.52	340	80,318.70	22,007.30	102,326.00	340	65,166.09	14,671.53	79,837.63	340	72,488.16	14,671.53	87,159.69	340	98,905.19	14,671.53	113,576.73
350	90,890.99	14,671.53	105,562.52	350	80,318.70	14,671.53	94,990.23	350	54,478.43	14,671.53	69,149.96	350	72,488.16	14,671.53	87,159.69	350	107,570.25	7,335.77	114,906.02
360	90,890.99	7,335.77	98,226.76	360	80,318.70	14,671.53	94,990.23	360	54,478.43	14,671.53	69,149.96	360	72,488.16	14,671.53	87,159.69	360	107,570.25	7,335.77	114,906.02
370	90,890.99	7,335.77	98,226.76	370	80,318.70	14,671.53	94,990.23	370	61,455.25	7,335.77	68,791.01	370	72,488.16	14,671.53	87,159.69	370	98,928.31	7,335.77	106,264.07
380	90,890.99	7,335.77	98,226.76	380	80,318.70	14,671.53	94,990.23	380	61,455.25	7,335.77	68,791.01	380	72,488.16	14,671.53	87,159.69	380	98,928.31	7,335.77	106,264.07
390	90,890.99	7,335.77	98,226.76	390	80,318.70	14,671.53	94,990.23	390	61,455.25	7,335.77	68,791.01	390	84,729.07	7,335.77	92,064.84	390	98,928.31	7,335.77	106,264.07
400	90,890.99	7,335.77	98,226.76	400	82,481.31	7,335.77	89,817.08	400	61,455.25	7,335.77	68,791.01	400	84,729.07	7,335.77	92,064.84	400	98,928.31	7,335.77	106,264.07
410	90,890.99	7,335.77	98,226.76	410	82,481.31	7,335.77	89,817.08	410	61,455.25	7,335.77	68,791.01	410	84,729.07	7,335.77	92,064.84	410	98,928.31	7,335.77	106,264.07
420	102,311.55	-	102,311.55	420	82,481.31	7,335.77	89,817.08	420	61,455.25	7,335.77	68,791.01	420	84,729.07	7,335.77	92,064.84	420	98,928.31	7,335.77	106,264.07
430	102,311.55	-	102,311.55	430	82,481.31	7,335.77	89,817.08	430	61,455.25	7,335.77	68,791.01	430	84,729.07	7,335.77	92,064.84	430	89,003.11	7,335.77	96,338.88
440	102,311.55	-	102,311.55	440	82,481.31	7,335.77	89,817.08	440	61,455.25	7,335.77	68,791.01	440	84,729.07	7,335.77	92,064.84	440	89,003.11	7,335.77	96,338.88
450	102,311.55	-	102,311.55	450	82,481.31	7,335.77	89,817.08	450	61,455.25	7,335.77	68,791.01	450	84,729.07	7,335.77	92,064.84	450	89,003.11	7,335.77	96,338.88
460	102,311.55	-	102,311.55	460	82,481.31	7,335.77	89,817.08	460	61,455.25	7,335.77	68,791.01	460	84,729.07	7,335.77	92,064.84	460	89,003.11	7,335.77	96,338.88
470	102,311.55	-	102,311.55	470	82,481.31	7,335.77	89,817.08	470	61,455.25	7,335.77	68,791.01	470	84,729.07	7,335.77	92,064.84	470	89,003.11	7,335.77	96,338.88
480	102,311.55	-	102,311.55	480	82,481.31	7,335.77	89,817.08	480	61,455.25	7,335.77	68,791.01	480	84,729.07	7,335.77	92,064.84	480	89,003.11	7,335.77	96,338.88
490	102,311.55	-	102,311.55	490	82,481.31	7,335.77	89,817.08	490	61,455.25	7,335.77	68,791.01	490	84,729.07	7,335.77	92,064.84	490	89,003.11	7,335.77	96,338.88
1000	102,311.55	-	102,311.55	1000	91,225.15	-	91,225.15	1000	70,212.60	-	70,212.60	1000	94,484.11	-	94,484.11	1000	96,549.42	-	96,549.42

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03218 GR22

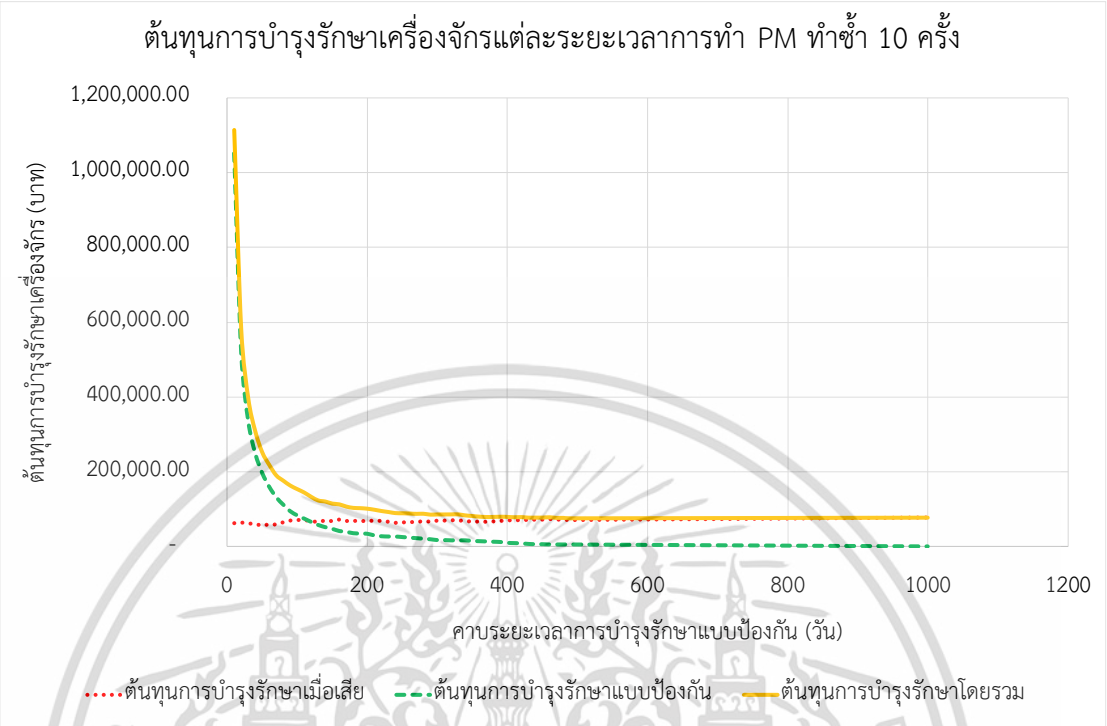
รุ่น OIS-03218 GR22	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)	ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	400	47,192.07	48,013.10	821.03
ครั้งที่ 2	470	72,150.30	78,380.96	6,230.65
ครั้งที่ 3	410	80,582.04	83,535.53	2,953.49
ครั้งที่ 4	360	41,951.28	44,578.86	2,627.58
ครั้งที่ 5	490	69,211.16	74,076.61	4,865.45
ครั้งที่ 6	360	98,226.76	102,311.55	4,084.79
ครั้งที่ 7	400	89,817.08	91,225.15	1,408.07
ครั้งที่ 8	370	68,791.01	70,212.60	1,421.58
ครั้งที่ 9	340	87,159.69	94,484.11	7,324.42
ครั้งที่ 10	430	96,338.88	96,549.42	210.54
ค่าเฉลี่ย	403	75,142.03	78,336.79	3,194.76
ค่าน้อยสุด	340	41,951.28	44,578.86	210.54
ค่ามากสุด	490	98,226.76	102,311.55	7,324.42

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{400+470+410+360+490+360+400+370+340+430}{10}$$

= 403 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03218 GR22

จากรูปที่ 4.3 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 พบว่าค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 403 วัน ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการทำการบำรุงรักษาป้องกันทุก ๆ 13.43 เดือน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 75,142.03 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 78,336.79 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 3,194.76 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.10

โดยมีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 340 ถึง 490 วัน ค่าแนะนำที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 41,951.28 ถึง 98,226.76 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 44,578.86 ถึง 102,311.55 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 210.54 ถึง 7,324.42 บาทต่อ 4 ปี

แต่จากการปรึกษาบริษัทกรณีศึกษา ให้คำแนะนำว่า ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ (75,142.03 บาทต่อ 4 ปี) กับค่าปัจจุบันที่ทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (78,336.79 บาทต่อ 4 ปี) มีความแตกต่างกันไม่มาก จึงตัดสินใจให้คงเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05

จากการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ต่าง ๆ นั้นของอุปกรณ์รุ่น OIS-03530 GR05 ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	8.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.08	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.16	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	33,397.29	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	64,985.73	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	39,245.03	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	64,985.73	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	6.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.11	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.11	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	46,806.65	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	38,217.43	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	46,806.65	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	44,065.18	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.10	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.18	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	36,021.66	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	73,170.90	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	-	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	41,869.41	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	73,170.90	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	6.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.24	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.12	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	78,535.34	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	47,310.59	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	84,383.08	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	53,158.34	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	6.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	7.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.13	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.17	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	49,971.68	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	63,865.38	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	5,847.75	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	55,819.43	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	69,713.13	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03530 GR05

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	32,649.20	842,075.28	874,724.49	10	17,924.76	847,923.03	865,847.79	10	45,622.68	842,075.28	887,697.96	10	21,601.78	847,923.03	869,524.81	10	7,209.81	853,770.77	860,980.59
20	45,837.57	409,342.15	455,179.72	20	32,949.33	415,189.90	448,139.23	20	31,756.63	421,037.64	452,794.27	20	34,143.47	421,037.64	455,181.12	20	6,946.27	426,885.39	433,831.66
30	48,876.99	268,996.27	317,873.26	30	32,949.33	274,844.02	307,793.35	30	48,998.97	268,996.27	317,995.24	30	47,597.59	268,996.27	316,593.86	30	25,725.49	274,844.02	300,569.50
40	56,016.64	192,975.59	248,992.22	40	41,320.42	204,671.08	245,991.49	40	30,560.90	198,823.33	229,384.23	40	68,378.93	187,127.84	255,506.77	40	23,796.25	204,671.08	228,467.32
50	88,117.30	140,345.88	228,463.18	50	48,876.51	152,041.37	200,917.88	50	22,599.38	157,889.12	180,488.50	50	57,836.66	152,041.37	209,878.03	50	45,364.03	152,041.37	197,405.40
60	61,590.37	128,650.39	190,240.76	60	64,789.68	116,954.90	181,744.58	60	40,036.39	122,802.65	162,839.03	60	74,485.41	116,954.90	191,440.31	60	61,116.65	116,954.90	178,071.55
70	69,240.87	105,259.41	174,500.28	70	49,022.92	111,107.16	160,130.07	70	47,735.83	99,411.67	147,147.50	70	81,993.19	93,563.92	175,557.11	70	59,793.03	99,411.67	159,204.70
80	50,877.21	99,411.67	150,288.88	80	49,022.92	93,563.92	142,586.84	80	57,878.13	76,020.69	133,898.82	80	81,993.19	81,868.43	163,861.62	80	52,682.58	93,563.92	146,246.50
90	57,779.30	81,868.43	139,647.73	90	57,109.81	81,868.43	138,978.24	90	67,470.46	64,325.20	131,795.65	90	95,606.93	64,325.20	159,932.13	90	57,318.57	76,020.69	133,339.26
100	85,179.48	58,477.45	143,656.93	100	82,907.96	58,477.45	141,385.41	100	68,292.34	58,477.45	126,769.79	100	95,868.70	58,477.45	154,346.15	100	68,003.51	64,325.20	132,328.71
110	92,501.68	46,781.96	139,283.64	110	91,208.09	46,781.96	137,990.05	110	68,292.34	52,629.71	120,922.04	110	101,430.40	46,781.96	148,212.36	110	57,318.57	58,477.45	115,796.02
120	85,539.34	46,781.96	132,321.30	120	91,208.09	40,934.22	132,142.31	120	75,112.27	40,934.22	116,046.48	120	101,430.40	40,934.22	142,364.61	120	65,413.29	52,629.71	118,042.99
130	85,539.34	46,781.96	132,321.30	130	91,208.09	40,934.22	132,142.31	130	83,694.75	35,086.47	118,781.22	130	101,430.40	40,934.22	142,364.61	130	73,439.94	40,934.22	114,374.16
140	78,217.13	46,781.96	124,999.09	140	81,654.61	35,086.47	116,741.08	140	83,694.75	29,238.73	112,933.47	140	101,430.40	35,086.47	136,516.87	140	71,173.12	35,086.47	106,259.59
150	73,625.68	40,934.22	114,559.90	150	74,594.18	35,086.47	109,680.65	150	83,694.75	29,238.73	112,933.47	150	101,430.40	35,086.47	136,516.87	150	61,570.91	29,238.73	90,809.63
160	73,625.68	40,934.22	114,559.90	160	65,219.84	35,086.47	100,306.31	160	74,102.42	29,238.73	103,341.14	160	94,033.33	35,086.47	129,119.80	160	68,539.17	23,390.98	91,930.15
170	73,625.68	35,086.47	108,712.15	170	65,219.84	35,086.47	100,306.31	170	74,102.42	29,238.73	103,341.14	170	100,527.04	29,238.73	129,765.77	170	68,539.17	23,390.98	91,930.15
180	62,100.23	29,238.73	91,338.95	180	58,205.74	35,086.47	93,292.21	180	74,102.42	29,238.73	103,341.14	180	100,527.04	29,238.73	129,765.77	180	68,539.17	23,390.98	91,930.15
190	79,854.53	17,543.24	97,397.77	190	40,845.93	35,086.47	75,932.40	190	74,102.42	23,390.98	97,493.40	190	100,527.04	23,390.98	123,918.02	190	62,552.95	23,390.98	85,943.93
200	69,322.48	17,543.24	86,865.72	200	40,845.93	35,086.47	75,932.40	200	74,102.42	23,390.98	97,493.40	200	100,527.04	23,390.98	123,918.02	200	69,584.55	17,543.24	87,127.78
210	76,389.45	11,695.49	88,084.94	210	40,845.93	35,086.47	75,932.40	210	74,102.42	23,390.98	97,493.40	210	100,527.04	23,390.98	123,918.02	210	69,584.55	17,543.24	87,127.78
220	76,389.45	11,695.49	88,084.94	220	40,845.93	35,086.47	75,932.40	220	66,568.66	23,390.98	89,959.64	220	100,527.04	23,390.98	123,918.02	220	61,489.84	17,543.24	79,033.07
230	76,389.45	11,695.49	88,084.94	230	40,845.93	29,238.73	70,084.65	230	66,568.66	23,390.98	89,959.64	230	100,527.04	23,390.98	123,918.02	230	61,489.84	17,543.24	79,033.07
240	76,389.45	11,695.49	88,084.94	240	32,881.79	29,238.73	62,120.51	240	59,008.40	23,390.98	82,399.38	240	108,538.72	17,543.24	126,081.96	240	61,489.84	17,543.24	79,033.07
250	76,389.45	11,695.49	88,084.94	250	32,881.79	29,238.73	62,120.51	250	51,814.37	23,390.98	75,205.35	250	100,527.04	17,543.24	118,070.28	250	61,489.84	17,543.24	79,033.07
260	76,389.45	11,695.49	88,084.94	260	32,881.79	29,238.73	62,120.51	260	51,814.37	23,390.98	75,205.35	260	100,527.04	17,543.24	118,070.28	260	61,489.84	17,543.24	79,033.07
270	76,389.45	11,695.49	88,084.94	270	40,655.53	23,390.98	64,046.51	270	60,019.09	17,543.24	77,562.33	270	100,527.04	17,543.24	118,070.28	270	61,489.84	17,543.24	79,033.07
280	66,553.83	11,695.49	78,249.32	280	40,655.53	23,390.98	64,046.51	280	70,079.44	11,695.49	81,774.93	280	100,527.04	17,543.24	118,070.28	280	61,489.84	17,543.24	79,033.07
290	66,553.83	11,695.49	78,249.32	290	40,655.53	23,390.98	64,046.51	290	70,079.44	11,695.49	81,774.93	290	100,527.04	17,543.24	118,070.28	290	61,489.84	17,543.24	79,033.07
300	66,553.83	11,695.49	78,249.32	300	40,655.53	17,543.24	58,198.77	300	77,549.81	5,847.75	83,397.56	300	100,527.04	17,543.24	118,070.28	300	69,883.68	11,695.49	81,579.17
310	66,553.83	11,695.49	78,249.32	310	40,655.53	17,543.24	58,198.77	310	77,549.81	5,847.75	83,397.56	310	100,527.04	17,543.24	118,070.28	310	69,883.68	11,695.49	81,579.17
320	66,553.83	11,695.49	78,249.32	320	40,655.53	17,543.24	58,198.77	320	77,549.81	5,847.75	83,397.56	320	100,527.04	17,543.24	118,070.28	320	61,489.84	11,695.49	73,185.33
330	66,553.83	11,695.49	78,249.32	330	32,547.37	17,543.24	50,090.60	330	77,549.81	5,847.75	83,397.56	330	107,808.20	11,695.49	119,503.69	330	61,489.84	11,695.49	73,185.33
340	66,553.83	11,695.49	78,249.32	340	32,547.37	17,543.24	50,090.60	340	77,549.81	5,847.75	83,397.56	340	107,808.20	11,695.49	119,503.69	340	61,489.84	11,695.49	73,185.33
350	66,553.83	11,695.49	78,249.32	350	32,547.37	17,543.24	50,090.60	350	77,549.81	5,847.75	83,397.56	350	107,808.20	11,695.49	119,503.69	350	61,489.84	11,695.49	73,185.33
360	66,553.83	11,695.49	78,249.32	360	32,547.37	17,543.24	50,090.60	360	77,549.81	5,847.75	83,397.56	360	107,808.20	11,695.49	119,503.69	360	61,489.84	11,695.49	73,185.33
370	66,553.83	11,695.49	78,249.32	370	32,547.37	17,543.24	50,090.60	370	77,549.81	5,847.75	83,397.56	370	107,808.20	11,695.49	119,503.69	370	61,489.84	11,695.49	73,185.33
380	66,553.83	11,695.49	78,249.32	380	40,184.51	11,695.49	51,880.00	380	77,549.81	5,847.75	83,397.56	380	107,808.20	11,695.49	119,503.69	380	61,489.84	11,695.49	73,185.33
390	66,553.83	11,695.49	78,249.32	390	40,184.51	11,695.49	51,880.00	390	77,549.81	5,847.75	83,397.56	390	107,808.20	11,695.49	119,503.69	390	61,489.84	11,695.49	73,185.33
400	66,553.83	11,695.49	78,249.32	400	40,184.51	11,695.49	51,880.00	400	77,549.81	5,847.75	83,397.56	400	107,808.20	11,695.49	119,503.69	400	54,521.57	11,695.49	66,217.06
410	66,553.83	11,695.49	78,249.32	410	47,278.74	5,847.75	53,126.49	410	69,345.09	5,847.75	75,192.84	410	107,808.20	11,695.49	119,503.69	410	54,521.57	11,695.49	66,217.06
420	66,553.83	11,695.49	78,249.32	420	47,278.74	5,847.75	53,126.49	420	69,345.09	5,847.75	75,192.84	420	107,808.20	5,847.75	113,655.95	420	47,125.57	11,695.49	58,821.06
430	66,553.83	11,695.49	78,249.32	430	47,278.74	5,847.75	53,126.49	430	69,345.09	5,847.75	75,192.84	430	107,808.20	5,847.75	113,655.95	430	47,125.57	11,695.49	58,821.06
440	66,553.83	11,695.49	78,249.32	440	47,278.74	5,847.75	53,126.49	440	69,345.09	5,847.75	75,192.84	440	107,808.20	5,847.75	113,655.95	440	47,125.57	11,695.49	58,821.06
450	66,553.83	11,695.49	78,249.32	450	47,278.74	5,847.75	53,126.49	450	69,345.09	5,847.75	75,192.84	450	107,808.20	5,847.75	113,655.95	450	47,125.57	11,695.49	58,821.06
600	59,315.08	5,847.75	65,162.83	600	47,278.74	5,847.75	53,126.49	600	62,525.16	5,847.75	68,372.90	600	101,314.49	5,847.75	107,162.23	600	49,971.68	5,847.75	55,819.43
700	49,409.30	5,847.75	55,257.04	700	46,806.65	-	46,806.65	700	62,525.16	5,847.75	68,372.90	700	93,845.06	5,847.75	99,692.81	700	49,971.68	5,847.75	55,819.43
800	49,409.30	5,847.75	55,257.04	800	46,806.65	-	46,806.65	800	52,464.81	5,847.75	58,312.55	800	93,845.06	5,847.75	99,692.81	800	49,971.68	5,847.75	55,819.43
900	33,397.29	5,847.75	39,245.03	900	46,806.65	-	46,806.65	900	44,604.14	5,847.75	50,451.88	900	93,845.06	5,847.75	99,692.81	900	49,971.68	5,847.75	55,819.43
1000	33,397.29	5,847.75	39,245.03	1000	46,806.65	-	46,806.65	1000	36,021.66	5,847.75	41,869.41	1000	78,535.34	5,847.75	84,383.08	1000	49,971.68	5,847.75	55,819.43

ตารางที่ 4.12 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03530 GR05 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ดันทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ดันทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดันทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดันทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ดันทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดันทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดันทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ดันทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดันทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดันทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ดันทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดันทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดันทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ดันทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดันทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	58,500.47	836,227.54	894,728.01	10	54,141.21	836,227.54	890,368.75	10	30,950.86	836,227.54	867,178.40	10	8,155.53	853,770.77	861,926.31	10	26,076.76	847,923.03	873,999.78
20	68,919.38	397,646.66	466,566.04	20	48,904.60	415,189.90	464,094.50	20	42,357.31	415,189.90	457,547.20	20	9,702.10	426,885.39	436,587.49	20	35,214.31	421,037.64	456,251.95
30	71,721.74	263,148.53	334,870.27	30	49,362.97	268,996.27	318,359.24	30	41,105.08	268,996.27	310,101.35	30	26,926.54	274,844.02	301,770.55	30	51,729.07	268,996.27	320,725.34
40	64,750.60	187,127.84	251,878.44	40	26,485.08	204,671.08	231,156.16	40	50,492.60	192,975.59	243,468.18	40	24,948.20	204,671.08	229,619.28	40	65,816.61	187,127.84	252,944.45
50	90,648.99	128,650.39	219,299.38	50	16,671.01	163,736.86	180,407.87	50	35,872.24	157,889.12	193,761.35	50	41,117.97	152,041.37	193,159.35	50	57,679.07	152,041.37	209,720.44
60	98,995.48	105,259.41	204,254.89	60	44,523.64	122,802.65	167,326.28	60	51,807.10	122,802.65	174,609.74	60	60,468.11	116,954.90	177,423.01	60	74,648.10	116,954.90	191,603.00
70	98,995.48	87,716.18	186,711.65	70	69,908.98	87,716.18	157,625.15	70	44,065.51	111,107.16	155,172.66	70	60,471.59	99,411.67	159,883.26	70	83,893.41	93,563.92	177,457.33
80	98,709.11	76,020.69	174,729.79	80	61,073.52	81,868.43	142,941.95	80	44,065.51	99,411.67	143,477.17	80	49,837.22	93,563.92	143,401.14	80	83,893.41	81,868.43	165,761.84
90	108,833.86	64,325.20	173,159.05	90	61,073.52	70,172.94	131,246.46	90	41,218.63	81,868.43	123,087.06	90	55,019.56	76,020.69	131,040.25	90	91,499.10	64,325.20	155,824.30
100	108,833.86	58,477.45	167,311.31	100	54,538.40	70,172.94	124,711.34	100	51,727.68	70,172.94	121,900.62	100	63,516.55	64,325.20	127,841.75	100	91,739.92	58,477.45	150,217.37
110	116,723.04	46,781.96	163,505.00	110	62,861.96	58,477.45	121,339.41	110	44,562.54	70,172.94	114,735.48	110	55,019.56	58,477.45	113,497.01	110	89,682.06	46,781.96	136,464.02
120	116,723.04	40,934.22	157,657.26	120	62,861.96	52,629.71	115,491.67	120	44,562.54	64,325.20	108,887.73	120	62,392.96	52,629.71	115,022.66	120	89,682.06	40,934.22	130,616.28
130	116,723.04	40,934.22	157,657.26	130	71,901.47	40,934.22	112,835.68	130	44,737.80	52,629.71	97,367.50	130	73,518.12	40,934.22	114,452.34	130	89,682.06	40,934.22	130,616.28
140	116,723.04	35,086.47	151,809.51	140	70,246.95	35,086.47	105,333.42	140	44,737.80	52,629.71	97,367.50	140	74,875.17	35,086.47	109,961.64	140	89,682.06	35,086.47	124,768.53
150	106,598.29	35,086.47	141,684.76	150	70,246.95	35,086.47	105,333.42	150	59,788.55	35,086.47	94,875.02	150	63,886.88	29,238.73	93,125.61	150	89,682.06	35,086.47	124,768.53
160	98,135.57	35,086.47	133,222.04	160	81,515.79	29,238.73	110,754.52	160	51,897.47	35,086.47	86,983.94	160	69,921.36	23,390.98	93,312.34	160	80,503.88	35,086.47	115,590.35
170	108,129.65	23,390.98	131,520.63	170	70,246.95	29,238.73	99,485.67	170	61,250.94	29,238.73	90,489.66	170	69,921.36	23,390.98	93,312.34	170	87,259.19	29,238.73	116,497.91
180	116,061.36	17,543.24	133,604.60	180	70,246.95	29,238.73	99,485.67	180	61,250.94	29,238.73	90,489.66	180	69,921.36	23,390.98	93,312.34	180	87,259.19	29,238.73	116,497.91
190	116,061.36	17,543.24	133,604.60	190	79,190.47	23,390.98	102,581.45	190	61,250.94	29,238.73	90,489.66	190	62,491.79	23,390.98	85,882.77	190	87,259.19	23,390.98	110,650.17
200	116,061.36	17,543.24	133,604.60	200	79,190.47	23,390.98	102,581.45	200	67,571.84	17,543.24	85,115.07	200	72,212.15	17,543.24	89,755.38	200	87,259.19	23,390.98	110,650.17
210	125,981.37	11,695.49	137,676.87	210	79,190.47	17,543.24	96,733.71	210	67,571.84	17,543.24	85,115.07	210	72,212.15	17,543.24	89,755.38	210	87,259.19	23,390.98	110,650.17
220	125,981.37	11,695.49	137,676.87	220	71,354.93	17,543.24	88,898.16	220	74,550.46	11,695.49	86,245.95	220	64,838.75	17,543.24	82,381.99	220	87,259.19	23,390.98	110,650.17
230	118,049.66	11,695.49	129,745.15	230	71,354.93	17,543.24	88,898.16	230	74,550.46	11,695.49	86,245.95	230	64,838.75	17,543.24	82,381.99	230	87,259.19	23,390.98	110,650.17
240	118,049.66	11,695.49	129,745.15	240	71,354.93	17,543.24	88,898.16	240	74,550.46	11,695.49	86,245.95	240	64,838.75	17,543.24	82,381.99	240	97,143.65	17,543.24	114,686.89
250	117,619.08	5,847.75	123,466.82	250	71,354.93	17,543.24	88,898.16	250	74,550.46	11,695.49	86,245.95	250	64,838.75	17,543.24	82,381.99	250	87,259.19	17,543.24	104,802.42
260	117,619.08	5,847.75	123,466.82	260	82,328.48	11,695.49	94,023.97	260	81,691.40	5,847.75	87,539.14	260	64,838.75	17,543.24	82,381.99	260	87,259.19	17,543.24	104,802.42
270	107,533.79	5,847.75	113,381.54	270	82,328.48	11,695.49	94,023.97	270	81,691.40	5,847.75	87,539.14	270	64,838.75	17,543.24	82,381.99	270	87,259.19	17,543.24	104,802.42
280	99,546.84	5,847.75	105,394.58	280	82,328.48	11,695.49	94,023.97	280	81,691.40	5,847.75	87,539.14	280	64,838.75	17,543.24	82,381.99	280	87,259.19	17,543.24	104,802.42
290	99,546.84	5,847.75	105,394.58	290	82,328.48	11,695.49	94,023.97	290	72,337.93	5,847.75	78,185.68	290	64,838.75	17,543.24	82,381.99	290	87,259.19	17,543.24	104,802.42
300	99,546.84	5,847.75	105,394.58	300	82,328.48	11,695.49	94,023.97	300	72,337.93	5,847.75	78,185.68	300	75,122.74	11,695.49	86,818.23	300	87,259.19	17,543.24	104,802.42
310	99,546.84	5,847.75	105,394.58	310	90,424.46	5,847.75	96,272.21	310	72,337.93	5,847.75	78,185.68	310	75,122.74	11,695.49	86,818.23	310	87,259.19	17,543.24	104,802.42
320	91,790.46	5,847.75	97,638.20	320	90,424.46	5,847.75	96,272.21	320	72,337.93	5,847.75	78,185.68	320	64,838.75	11,695.49	76,534.24	320	87,259.19	17,543.24	104,802.42
330	91,790.46	5,847.75	97,638.20	330	90,424.46	5,847.75	96,272.21	330	72,337.93	5,847.75	78,185.68	330	64,838.75	11,695.49	76,534.24	330	97,688.28	11,695.49	109,383.77
340	91,790.46	5,847.75	97,638.20	340	90,424.46	5,847.75	96,272.21	340	72,337.93	5,847.75	78,185.68	340	64,838.75	11,695.49	76,534.24	340	97,688.28	11,695.49	109,383.77
350	91,790.46	5,847.75	97,638.20	350	90,424.46	5,847.75	96,272.21	350	72,337.93	5,847.75	78,185.68	350	64,838.75	11,695.49	76,534.24	350	97,688.28	11,695.49	109,383.77
360	91,790.46	5,847.75	97,638.20	360	90,424.46	5,847.75	96,272.21	360	72,337.93	5,847.75	78,185.68	360	64,838.75	11,695.49	76,534.24	360	97,688.28	11,695.49	109,383.77
370	91,790.46	5,847.75	97,638.20	370	90,424.46	5,847.75	96,272.21	370	72,337.93	5,847.75	78,185.68	370	64,838.75	11,695.49	76,534.24	370	97,688.28	11,695.49	109,383.77
380	91,790.46	5,847.75	97,638.20	380	90,424.46	5,847.75	96,272.21	380	72,337.93	5,847.75	78,185.68	380	64,838.75	11,695.49	76,534.24	380	97,688.28	11,695.49	109,383.77
390	91,790.46	5,847.75	97,638.20	390	90,424.46	5,847.75	96,272.21	390	72,337.93	5,847.75	78,185.68	390	64,838.75	11,695.49	76,534.24	390	97,688.28	11,695.49	109,383.77
400	83,049.92	5,847.75	88,897.67	400	82,328.48	5,847.75	88,176.22	400	72,337.93	5,847.75	78,185.68	400	58,804.27	11,695.49	70,499.76	400	97,688.28	11,695.49	109,383.77
410	83,049.92	5,847.75	88,897.67	410	82,328.48	5,847.75	88,176.22	410	72,337.93	5,847.75	78,185.68	410	58,804.27	11,695.49	70,499.76	410	97,688.28	11,695.49	109,383.77
420	83,049.92	5,847.75	88,897.67	420	82,328.48	5,847.75	88,176.22	420	72,337.93	5,847.75	78,185.68	420	50,378.65	11,695.49	62,074.14	420	97,688.28	5,847.75	103,536.03
430	83,049.92	5,847.75	88,897.67	430	82,328.48	5,847.75	88,176.22	430	72,337.93	5,847.75	78,185.68	430	50,378.65	11,695.49	62,074.14	430	97,688.28	5,847.75	103,536.03
440	83,049.92	5,847.75	88,897.67	440	82,328.48	5,847.75	88,176.22	440	72,337.93	5,847.75	78,185.68	440	50,378.65	11,695.49	62,074.14	440	97,688.28	5,847.75	103,536.03
450	83,049.92	5,847.75	88,897.67	450	82,328.48	5,847.75	88,176.22	450	72,337.93	5,847.75	78,185.68	450	50,378.65	11,695.49	62,074.14	450	97,688.28	5,847.75	103,536.03
600	74,021.89	5,847.75	79,869.64	600	73,574.28	5,847.75	79,422.03	600	73,170.90	-	73,170.90	600	47,310.59	5,847.75	53,158.34	600	90,932.97	5,847.75	96,780.72
700	64,985.73	-	64,985.73	700	73,574.28	5,847.75	79,422.03	700	73,170.90	-	73,170.90	700	47,310.59	5,847.75	53,158.34	700	82,147.94	5,847.75	87,995.69
800	64,985.73	-	64,985.73	800	55,876.61	5,847.75	61,724.35	800	73,170.90	-	73,170.90	800	47,310.59	5,847.75	53,158.34	800	82,147.94	5,847.75	87,995.69
900	64,985.73	-	64,985.73	900	55,876.61	5,847.75	61,724.35	900	73,170.90	-	73,170.90	900	47,310.59	5,847.75	53,158.34	900	82,147.94	5,847.75	87,995.69
1000	64,985.73	-	64,985.73	1000	38,217.43	5,847.75	44,065.18	1000	73,170.90	-	73,170.90	1000	47,310.59	5,847.75	53,158.34	1000	63,865.38	5,847.75	69,713.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03530 GR05

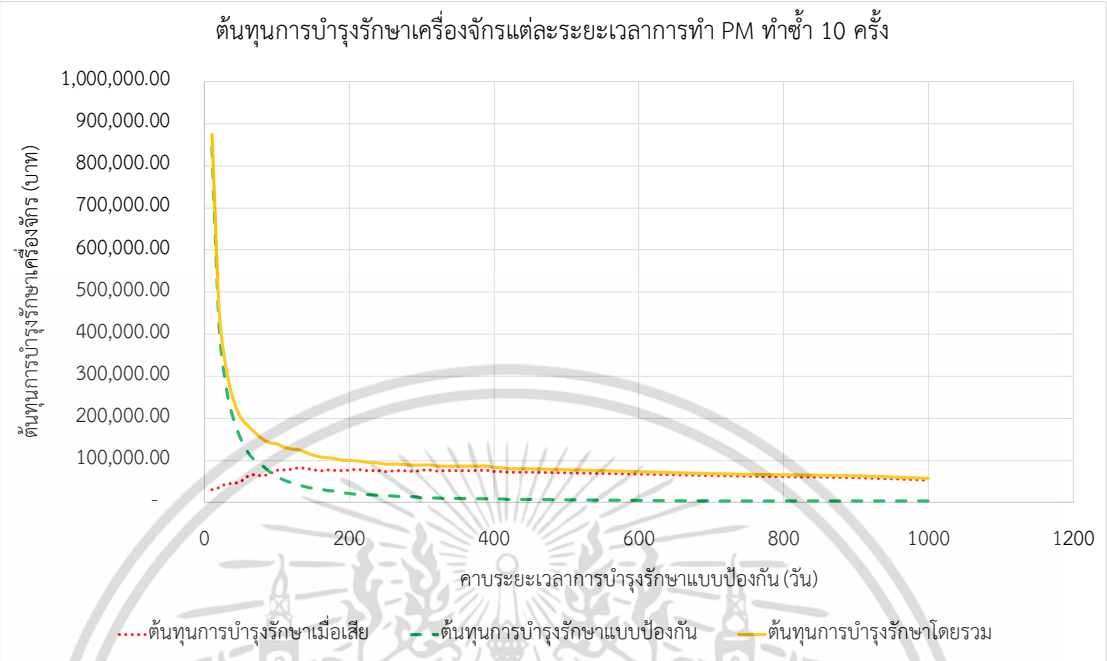
รุ่น OIS-03530 GR05	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)	ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	1,000	39,245.03	39,245.03	0.00
ครั้งที่ 2	1,000	46,806.65	46,806.65	0.00
ครั้งที่ 3	1,000	41,869.41	41,869.41	0.00
ครั้งที่ 4	1,000	84,383.08	84,383.08	0.00
ครั้งที่ 5	1,000	55,819.43	55,819.43	0.00
ครั้งที่ 6	1,000	64,985.73	64,985.73	0.00
ครั้งที่ 7	1,000	44,065.18	44,065.18	0.00
ครั้งที่ 8	1,000	73,170.90	73,170.90	0.00
ครั้งที่ 9	1,000	53,158.34	53,158.34	0.00
ครั้งที่ 10	1,000	69,713.13	69,713.13	0.00
ค่าเฉลี่ย	1,000	57,321.69	57,321.69	0.00
ค่าน้อยสุด	1,000	39,245.03	39,245.03	0.00
ค่ามากสุด	1,000	84,383.08	84,383.08	0.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000}{10}$$

= 1,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03530 GR05

จากรูปที่ 4.4 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 พบว่าค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 1,000 วัน ซึ่งหมายความว่า ไม่ต้องมีการทำการบำรุงรักษาป้องกัน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 57,321.69 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 57,321.69 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 0.00 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.13

โดยไม่มีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสม ค่าแนะนำที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 39,245.03 ถึง 84,383.08 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 39,245.03 ถึง 84,383.08 บาทต่อ 4 ปี

ดังนั้น อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 ควรทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01

จากการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ต่าง ๆ นั้นของอุปกรณ์รุ่น OIS-03697 GR01 ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	32.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	24.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.38	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.33	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	1,032,566.78	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	878,203.53	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,928.47	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	57,856.94	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	1,061,495.25	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	936,060.47	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	32.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	14.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.48	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.30	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	1,268,732.09	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	745,895.71	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,928.47	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	86,785.40	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	1,297,660.55	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	832,681.11	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	19.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	34.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.27	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.43	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	716,110.07	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	1,165,854.26	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,928.47	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	57,856.94	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	745,038.53	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	1,223,711.19	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	26.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.26	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.29	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	641,855.55	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	798,009.67	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	57,856.94	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	57,856.94	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	699,712.49	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	855,866.60	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	22.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	24.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.27	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.36	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	733,511.89	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	935,685.60	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	1.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.01	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,928.47	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	57,856.94	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	762,440.36	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	993,542.54	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR01

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	1,604,474.35	3,644,986.92	5,249,461.28	10	1,696,451.95	3,644,986.92	5,341,438.88	10	1,075,621.51	3,760,700.79	4,836,322.31	10	1,840,257.55	3,876,414.67	5,716,672.22	10	2,214,479.67	3,442,487.65	5,656,967.32
20	1,314,136.86	1,619,994.19	2,934,131.05	20	1,305,389.88	1,648,922.66	2,954,312.53	20	992,954.35	1,735,708.06	2,728,662.41	20	1,682,213.29	1,909,278.86	3,591,492.16	20	1,749,987.09	1,562,137.25	3,312,124.34
30	1,144,985.21	1,041,424.84	2,186,410.05	30	1,122,850.96	1,012,496.37	2,135,347.33	30	901,646.51	1,099,281.77	2,000,928.28	30	1,933,908.73	1,157,138.71	3,091,047.44	30	1,445,937.77	1,070,353.30	2,516,291.07
40	986,687.33	781,068.63	1,767,755.96	40	1,123,479.59	694,283.22	1,817,762.81	40	783,016.33	781,068.63	1,564,084.95	40	1,726,015.89	896,782.50	2,622,798.38	40	1,208,498.67	752,140.16	1,960,638.83
50	945,886.00	578,569.35	1,524,455.35	50	1,041,173.86	578,569.35	1,619,743.22	50	799,422.08	578,569.35	1,377,991.43	50	1,600,709.65	636,426.29	2,237,135.94	50	1,071,519.46	578,569.35	1,650,088.82
60	1,035,439.61	376,070.08	1,411,509.69	60	1,080,882.56	433,927.01	1,514,809.57	60	741,504.66	491,783.95	1,233,288.61	60	1,477,542.58	520,712.42	1,998,255.00	60	877,078.72	491,783.95	1,368,862.67
70	1,036,504.63	318,213.14	1,354,717.77	70	1,076,138.81	347,141.61	1,423,280.42	70	603,091.85	462,855.48	1,065,947.33	70	1,440,373.56	433,927.01	1,874,300.58	70	916,436.03	347,141.61	1,263,577.65
80	1,057,302.16	231,427.74	1,288,729.91	80	1,143,096.73	231,427.74	1,374,524.47	80	706,524.56	376,070.08	1,082,594.64	80	1,361,360.19	376,070.08	1,737,430.27	80	861,952.40	289,284.68	1,151,237.08
90	1,069,285.83	173,570.81	1,242,856.64	90	1,263,309.92	173,570.81	1,436,880.72	90	711,060.59	318,213.14	1,029,273.73	90	1,099,523.54	376,070.08	1,475,593.62	90	777,809.36	260,356.21	1,038,165.57
100	1,052,834.18	144,642.34	1,197,476.52	100	1,314,037.75	144,642.34	1,458,680.09	100	699,914.54	231,427.74	931,342.28	100	1,048,881.40	318,213.14	1,367,094.55	100	818,543.55	202,499.27	1,021,042.83
110	1,052,834.18	144,642.34	1,197,476.52	110	1,314,037.75	115,713.87	1,429,751.62	110	729,943.55	173,570.81	903,514.35	110	971,261.59	260,356.21	1,231,617.80	110	850,049.80	173,570.81	1,023,620.61
120	1,052,834.18	115,713.87	1,168,548.05	120	1,278,716.92	115,713.87	1,394,430.79	120	667,196.84	173,570.81	840,767.65	120	1,022,737.71	231,427.74	1,254,165.45	120	761,183.94	115,713.87	876,897.81
130	1,056,621.22	57,856.94	1,114,478.15	130	1,300,205.60	86,785.40	1,386,991.00	130	641,619.93	173,570.81	815,190.74	130	1,022,737.71	202,499.27	1,225,236.98	130	780,641.23	86,785.40	867,426.63
140	1,056,621.22	57,856.94	1,114,478.15	140	1,266,686.23	86,785.40	1,353,471.63	140	641,619.93	173,570.81	815,190.74	140	1,162,413.03	115,713.87	1,278,126.90	140	780,641.23	86,785.40	867,426.63
150	1,056,621.22	57,856.94	1,114,478.15	150	1,266,686.23	86,785.40	1,353,471.63	150	690,924.30	115,713.87	806,638.17	150	1,225,815.37	86,785.40	1,312,600.77	150	759,936.29	86,785.40	846,721.69
160	1,056,621.22	57,856.94	1,114,478.15	160	1,315,230.64	57,856.94	1,373,087.57	160	690,924.30	86,785.40	777,709.70	160	1,225,815.37	86,785.40	1,312,600.77	160	783,671.36	57,856.94	841,528.30
170	1,035,823.68	57,856.94	1,093,680.61	170	1,338,932.36	28,928.47	1,367,860.82	170	727,985.72	57,856.94	785,842.66	170	1,165,090.43	86,785.40	1,251,875.84	170	729,795.17	57,856.94	787,652.11
180	1,035,823.68	57,856.94	1,093,680.61	180	1,338,932.36	28,928.47	1,367,860.82	180	711,888.91	57,856.94	769,745.84	180	1,108,614.49	86,785.40	1,195,399.89	180	729,795.17	57,856.94	787,652.11
190	1,035,823.68	57,856.94	1,093,680.61	190	1,318,022.45	28,928.47	1,346,950.91	190	711,888.91	57,856.94	769,745.84	190	1,108,614.49	86,785.40	1,195,399.89	190	733,511.89	28,928.47	762,440.36
200	1,035,823.68	57,856.94	1,093,680.61	200	1,268,732.09	28,928.47	1,297,660.55	200	716,110.07	28,928.47	745,038.53	200	1,108,614.49	86,785.40	1,195,399.89	200	733,511.89	28,928.47	762,440.36
210	1,059,185.14	28,928.47	1,088,113.61	210	1,268,732.09	28,928.47	1,297,660.55	210	716,110.07	28,928.47	745,038.53	210	1,108,614.49	86,785.40	1,195,399.89	210	794,073.14	-	794,073.14
220	1,059,185.14	28,928.47	1,088,113.61	220	1,327,677.05	-	1,327,677.05	220	716,110.07	28,928.47	745,038.53	220	998,798.75	57,856.94	1,056,655.69	220	794,073.14	-	794,073.14
230	1,059,185.14	28,928.47	1,088,113.61	230	1,327,677.05	-	1,327,677.05	230	716,110.07	28,928.47	745,038.53	230	884,863.82	57,856.94	942,720.75	230	794,073.14	-	794,073.14
240	1,059,185.14	28,928.47	1,088,113.61	240	1,327,677.05	-	1,327,677.05	240	716,110.07	28,928.47	745,038.53	240	884,863.82	57,856.94	942,720.75	240	794,073.14	-	794,073.14
250	1,032,566.78	28,928.47	1,061,495.25	250	1,327,677.05	-	1,327,677.05	250	716,110.07	28,928.47	745,038.53	250	807,212.67	57,856.94	865,069.60	250	794,073.14	-	794,073.14
260	1,117,651.02	-	1,117,651.02	260	1,327,677.05	-	1,327,677.05	260	716,110.07	28,928.47	745,038.53	260	737,479.46	57,856.94	795,336.40	260	794,073.14	-	794,073.14
270	1,117,651.02	-	1,117,651.02	270	1,327,677.05	-	1,327,677.05	270	716,110.07	28,928.47	745,038.53	270	737,479.46	57,856.94	795,336.40	270	794,073.14	-	794,073.14
280	1,117,651.02	-	1,117,651.02	280	1,327,677.05	-	1,327,677.05	280	821,127.98	-	821,127.98	280	737,479.46	57,856.94	795,336.40	280	794,073.14	-	794,073.14
290	1,117,651.02	-	1,117,651.02	290	1,327,677.05	-	1,327,677.05	290	821,127.98	-	821,127.98	290	737,479.46	57,856.94	795,336.40	290	794,073.14	-	794,073.14
300	1,117,651.02	-	1,117,651.02	300	1,327,677.05	-	1,327,677.05	300	821,127.98	-	821,127.98	300	737,479.46	57,856.94	795,336.40	300	794,073.14	-	794,073.14
310	1,117,651.02	-	1,117,651.02	310	1,327,677.05	-	1,327,677.05	310	821,127.98	-	821,127.98	310	641,855.55	57,856.94	699,712.49	310	794,073.14	-	794,073.14
320	1,117,651.02	-	1,117,651.02	320	1,327,677.05	-	1,327,677.05	320	821,127.98	-	821,127.98	320	641,855.55	57,856.94	699,712.49	320	794,073.14	-	794,073.14
330	1,117,651.02	-	1,117,651.02	330	1,327,677.05	-	1,327,677.05	330	821,127.98	-	821,127.98	330	641,855.55	57,856.94	699,712.49	330	794,073.14	-	794,073.14
340	1,117,651.02	-	1,117,651.02	340	1,327,677.05	-	1,327,677.05	340	821,127.98	-	821,127.98	340	641,855.55	57,856.94	699,712.49	340	794,073.14	-	794,073.14
350	1,117,651.02	-	1,117,651.02	350	1,327,677.05	-	1,327,677.05	350	821,127.98	-	821,127.98	350	641,855.55	57,856.94	699,712.49	350	794,073.14	-	794,073.14
360	1,117,651.02	-	1,117,651.02	360	1,327,677.05	-	1,327,677.05	360	821,127.98	-	821,127.98	360	715,782.39	28,928.47	744,710.86	360	794,073.14	-	794,073.14
370	1,117,651.02	-	1,117,651.02	370	1,327,677.05	-	1,327,677.05	370	821,127.98	-	821,127.98	370	715,782.39	28,928.47	744,710.86	370	794,073.14	-	794,073.14
380	1,117,651.02	-	1,117,651.02	380	1,327,677.05	-	1,327,677.05	380	821,127.98	-	821,127.98	380	715,782.39	28,928.47	744,710.86	380	794,073.14	-	794,073.14
390	1,117,651.02	-	1,117,651.02	390	1,327,677.05	-	1,327,677.05	390	821,127.98	-	821,127.98	390	715,782.39	28,928.47	744,710.86	390	794,073.14	-	794,073.14
400	1,117,651.02	-	1,117,651.02	400	1,327,677.05	-	1,327,677.05	400	821,127.98	-	821,127.98	400	715,782.39	28,928.47	744,710.86	400	794,073.14	-	794,073.14
410	1,117,651.02	-	1,117,651.02	410	1,327,677.05	-	1,327,677.05	410	821,127.98	-	821,127.98	410	715,782.39	28,928.47	744,710.86	410	794,073.14	-	794,073.14
420	1,117,651.02	-	1,117,651.02	420	1,327,677.05	-	1,327,677.05	420	821,127.98	-	821,127.98	420	715,782.39	28,928.47	744,710.86	420	794,073.14	-	794,073.14
430	1,117,651.02	-	1,117,651.02	430	1,327,677.05	-	1,327,677.05	430	821,127.98	-	821,127.98	430	715,782.39	28,928.47	744,710.86	430	794,073.14	-	794,073.14
440	1,117,651.02	-	1,117,651.02	440	1,327,677.05	-	1,327,677.05	440	821,127.98	-	821,127.98	440	715,782.39	28,928.47	744,710.86	440	794,073.14	-	794,073.14
450	1,117,651.02	-	1,117,651.02	450	1,327,677.05	-	1,327,677.05	450	821,127.98	-	821,127.98	450	715,782.39	28,928.47	744,710.86	450	794,073.14	-	794,073.14
460	1,117,651.02	-	1,117,651.02	460	1,327,677.05	-	1,327,677.05	460	821,127.98	-	821,127.98	460	715,782.39	28,928.47	744,710.86	460	794,073.14	-	794,073.14
470	1,117,651.02	-	1,117,651.02	470	1,327,677.05	-	1,327,677.05	470	821,127.98	-	821,127.98	470	715,782.39	28,928.47	744,710.86	470	794,073.14	-	794,073.14
480	1,117,651.02	-	1,117,651.02	480	1,327,677.05	-	1,327,677.05	480	821,127.98	-	821,127.98	480	715,782.39	28,928.47	744,710.86	480	794,073.14	-	794,073.14
490	1,117,651.02	-	1,117,651.02	490	1,327,677.05	-	1,327,677.05	490	821,127.98	-	821,127.98	490	715,782.39	28,928.47	744,710.86	490	794,073.14	-	794,073.14
500	1,117,651.02	-	1,117,651.02	500	1,327,677.05	-	1,327,677.05	500	821,127.98	-	821,127.98	500	715,782.39	28,928.47	744,710.86	500	794,073.14	-	794,073.14

ตารางที่ 4.15 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR01 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ค่าแรงบิดการบำรุงรักษาโดยรวม
10	1,458,412.34	3,760,700.79	5,219,113.13	10	2,109,780.47	3,963,200.07	6,072,980.54	10	1,264,214.22	3,818,557.73	5,082,771.95	10	1,764,745.23	3,558,201.52	5,322,946.75	10	1,889,263.13	3,500,344.59	5,389,607.72
20	1,137,730.67	1,735,708.06	2,873,438.73	20	1,738,239.26	1,851,421.93	3,589,661.19	20	1,229,578.61	1,648,922.66	2,878,501.27	20	1,478,929.01	1,619,994.19	3,098,923.20	20	1,517,104.27	1,619,994.19	3,137,098.46
30	1,142,151.08	983,567.90	2,125,718.98	30	1,495,625.37	1,186,067.17	2,681,692.54	30	1,148,200.09	1,070,353.30	2,218,553.39	30	1,216,820.68	1,099,281.77	2,316,102.46	30	1,509,275.13	1,012,496.37	2,521,771.50
40	1,192,223.02	694,283.22	1,886,506.25	40	1,361,037.32	867,854.03	2,228,891.35	40	1,109,506.94	723,211.69	1,832,718.63	40	1,326,386.06	665,354.76	1,991,740.82	40	1,496,638.41	694,283.22	2,190,921.64
50	1,206,129.86	520,712.42	1,726,842.28	50	1,212,660.23	694,283.22	1,906,943.45	50	1,009,123.00	578,569.35	1,587,692.35	50	1,113,433.63	578,569.35	1,692,002.99	50	1,462,606.71	549,640.89	2,012,247.59
60	1,246,869.95	404,998.55	1,651,868.50	60	830,298.21	578,569.35	1,408,867.57	60	997,937.53	462,855.48	1,460,793.01	60	956,042.54	520,712.42	1,476,754.95	60	1,277,895.93	433,927.01	1,711,822.94
70	1,169,433.56	318,213.14	1,487,646.71	70	1,012,864.59	404,998.55	1,417,863.13	70	1,135,269.49	289,284.68	1,424,554.16	70	883,701.50	404,998.55	1,288,700.05	70	1,240,427.25	404,998.55	1,645,425.79
80	1,082,568.15	289,284.68	1,371,852.82	80	919,257.82	347,141.61	1,266,399.43	80	1,137,198.56	231,427.74	1,368,626.30	80	778,930.86	347,141.61	1,126,072.48	80	1,233,638.90	318,213.14	1,551,852.04
90	1,076,608.03	231,427.74	1,308,035.77	90	726,548.96	347,141.61	1,073,690.57	90	1,137,198.56	202,499.27	1,339,697.83	90	818,314.60	289,284.68	1,107,599.28	90	1,265,359.65	260,356.21	1,525,715.86
100	1,015,279.88	202,499.27	1,217,779.15	100	805,662.03	260,356.21	1,066,018.24	100	1,185,108.30	115,713.87	1,300,822.17	100	902,405.81	173,570.81	1,075,976.62	100	1,259,748.25	202,499.27	1,462,247.53
110	931,769.53	202,499.27	1,134,268.81	110	733,299.57	231,427.74	964,727.31	110	1,185,108.30	115,713.87	1,300,822.17	110	873,929.03	144,642.34	1,018,571.37	110	1,259,748.25	173,570.81	1,433,319.06
120	931,769.53	202,499.27	1,134,268.81	120	946,188.27	173,570.81	1,119,759.07	120	1,111,048.19	115,713.87	1,226,762.06	120	817,070.91	144,642.34	961,713.25	120	1,259,748.25	173,570.81	1,433,319.06
130	931,769.53	173,570.81	1,105,340.34	130	817,156.61	173,570.81	990,727.41	130	1,165,854.26	57,856.94	1,223,711.19	130	846,888.01	115,713.87	962,601.88	130	1,291,162.67	144,642.34	1,435,805.01
140	972,373.87	144,642.34	1,117,016.21	140	780,783.10	173,570.81	954,353.90	140	1,165,854.26	57,856.94	1,223,711.19	140	809,162.01	115,713.87	924,875.88	140	1,137,954.00	115,713.87	1,253,667.87
150	998,969.53	115,713.87	1,114,683.40	150	724,877.26	173,570.81	898,448.07	150	1,246,091.34	28,928.47	1,275,019.81	150	850,207.64	86,785.40	936,993.04	150	1,019,405.87	115,713.87	1,135,119.74
160	1,041,022.48	57,856.94	1,098,879.42	160	778,679.46	144,642.34	923,321.80	160	1,274,075.20	-	1,274,075.20	160	817,520.46	86,785.40	904,305.86	160	1,019,405.87	115,713.87	1,135,119.74
170	1,013,435.88	57,856.94	1,071,292.82	170	778,679.46	144,642.34	923,321.80	170	1,274,075.20	-	1,274,075.20	170	772,107.62	86,785.40	858,893.03	170	1,037,084.53	86,785.40	1,123,869.94
180	956,422.27	57,856.94	1,014,279.21	180	778,679.46	144,642.34	923,321.80	180	1,274,075.20	-	1,274,075.20	180	772,107.62	86,785.40	858,893.03	180	1,037,084.53	86,785.40	1,123,869.94
190	878,203.53	57,856.94	936,060.47	190	745,895.71	86,785.40	832,681.11	190	1,274,075.20	-	1,274,075.20	190	798,009.67	57,856.94	855,866.60	190	1,037,084.53	86,785.40	1,123,869.94
200	878,203.53	57,856.94	936,060.47	200	745,895.71	86,785.40	832,681.11	200	1,274,075.20	-	1,274,075.20	200	798,009.67	57,856.94	855,866.60	200	1,037,084.53	86,785.40	1,123,869.94
210	1,018,216.27	-	1,018,216.27	210	799,885.63	57,856.94	857,742.57	210	1,274,075.20	-	1,274,075.20	210	798,009.67	57,856.94	855,866.60	210	1,037,084.53	57,856.94	1,094,941.47
220	1,018,216.27	-	1,018,216.27	220	799,885.63	57,856.94	857,742.57	220	1,274,075.20	-	1,274,075.20	220	841,638.04	28,928.47	870,566.51	220	1,037,084.53	57,856.94	1,094,941.47
230	1,018,216.27	-	1,018,216.27	230	799,885.63	57,856.94	857,742.57	230	1,274,075.20	-	1,274,075.20	230	841,638.04	28,928.47	870,566.51	230	1,007,654.10	57,856.94	1,065,511.04
240	1,018,216.27	-	1,018,216.27	240	799,885.63	57,856.94	857,742.57	240	1,274,075.20	-	1,274,075.20	240	841,638.04	28,928.47	870,566.51	240	1,007,654.10	57,856.94	1,065,511.04
250	1,018,216.27	-	1,018,216.27	250	799,885.63	57,856.94	857,742.57	250	1,274,075.20	-	1,274,075.20	250	841,638.04	28,928.47	870,566.51	250	1,007,654.10	57,856.94	1,065,511.04
260	1,018,216.27	-	1,018,216.27	260	887,700.08	28,928.47	916,628.55	260	1,274,075.20	-	1,274,075.20	260	841,638.04	28,928.47	870,566.51	260	935,685.60	57,856.94	993,542.54
270	1,018,216.27	-	1,018,216.27	270	887,700.08	28,928.47	916,628.55	270	1,274,075.20	-	1,274,075.20	270	841,638.04	28,928.47	870,566.51	270	935,685.60	57,856.94	993,542.54
280	1,018,216.27	-	1,018,216.27	280	887,700.08	28,928.47	916,628.55	280	1,274,075.20	-	1,274,075.20	280	841,638.04	28,928.47	870,566.51	280	935,685.60	57,856.94	993,542.54
290	1,018,216.27	-	1,018,216.27	290	887,700.08	28,928.47	916,628.55	290	1,274,075.20	-	1,274,075.20	290	841,638.04	28,928.47	870,566.51	290	1,007,135.34	28,928.47	1,036,063.81
300	1,018,216.27	-	1,018,216.27	300	887,700.08	28,928.47	916,628.55	300	1,274,075.20	-	1,274,075.20	300	892,404.25	-	892,404.25	300	1,007,135.34	28,928.47	1,036,063.81
310	1,018,216.27	-	1,018,216.27	310	919,446.31	-	919,446.31	310	1,274,075.20	-	1,274,075.20	310	892,404.25	-	892,404.25	310	1,049,448.53	-	1,049,448.53
320	1,018,216.27	-	1,018,216.27	320	919,446.31	-	919,446.31	320	1,274,075.20	-	1,274,075.20	320	892,404.25	-	892,404.25	320	1,049,448.53	-	1,049,448.53
330	1,018,216.27	-	1,018,216.27	330	919,446.31	-	919,446.31	330	1,274,075.20	-	1,274,075.20	330	892,404.25	-	892,404.25	330	1,049,448.53	-	1,049,448.53
340	1,018,216.27	-	1,018,216.27	340	919,446.31	-	919,446.31	340	1,274,075.20	-	1,274,075.20	340	892,404.25	-	892,404.25	340	1,049,448.53	-	1,049,448.53
350	1,018,216.27	-	1,018,216.27	350	919,446.31	-	919,446.31	350	1,274,075.20	-	1,274,075.20	350	892,404.25	-	892,404.25	350	1,049,448.53	-	1,049,448.53
360	1,018,216.27	-	1,018,216.27	360	919,446.31	-	919,446.31	360	1,274,075.20	-	1,274,075.20	360	892,404.25	-	892,404.25	360	1,049,448.53	-	1,049,448.53
370	1,018,216.27	-	1,018,216.27	370	919,446.31	-	919,446.31	370	1,274,075.20	-	1,274,075.20	370	892,404.25	-	892,404.25	370	1,049,448.53	-	1,049,448.53
380	1,018,216.27	-	1,018,216.27	380	919,446.31	-	919,446.31	380	1,274,075.20	-	1,274,075.20	380	892,404.25	-	892,404.25	380	1,049,448.53	-	1,049,448.53
390	1,018,216.27	-	1,018,216.27	390	919,446.31	-	919,446.31	390	1,274,075.20	-	1,274,075.20	390	892,404.25	-	892,404.25	390	1,049,448.53	-	1,049,448.53
400	1,018,216.27	-	1,018,216.27	400	919,446.31	-	919,446.31	400	1,274,075.20	-	1,274,075.20	400	892,404.25	-	892,404.25	400	1,049,448.53	-	1,049,448.53
410	1,018,216.27	-	1,018,216.27	410	919,446.31	-	919,446.31	410	1,274,075.20	-	1,274,075.20	410	892,404.25	-	892,404.25	410	1,049,448.53	-	1,049,448.53
420	1,018,216.27	-	1,018,216.27	420	919,446.31	-	919,446.31	420	1,274,075.20	-	1,274,075.20	420	892,404.25	-	892,404.25	420	1,049,448.53	-	1,049,448.53
430	1,018,216.27	-	1,018,216.27	430	919,446.31	-	919,446.31	430	1,274,075.20	-	1,274,075.20	430	892,404.25	-	892,404.25	430	1,049,448.53	-	1,049,448.53
440	1,018,216.27	-	1,018,216.27	440	919,446.31	-	919,446.31	440	1,274,075.20	-	1,274,075.20	440	892,404.25	-	892,404.25	440	1,049,448.53	-	1,049,448.53
450	1,018,216.27	-	1,018,216.27	450	919,446.31	-	919,446.31	450	1,274,075.20	-	1,274,075.20	450	892,404.25	-	892,404.25	450	1,049,448.53	-	1,049,448.53
460	1,018,216.27	-	1,018,216.27	460	919,446.31	-	919,446.31	460	1,274,075.20	-	1,274,075.20	460	892,404.25	-	892,404.25	460	1,049,448.53	-	1,049,448.53
470	1,018,216.27	-	1,018,216.27	470	919,446.31	-	919,446.31	470	1,274,075.20	-	1,274,075.20	470	892,404.25	-	892,404.25	470	1,049,448.53	-	1,049,448.53
480	1,018,216.27	-	1,018,216.27	480	919,446.31	-	919,446.31	480	1,274,075.20	-	1,274,075.20	480	892,404.25	-	892,404.25	480	1,049,448.53	-	1,049,448.53
490	1,018,216.27	-	1,018,216.27	490	919,446.31	-	919,446.31	490	1,274,075.20	-	1,274,075.20	490	892,404.25	-	892,404.25	490	1,049,448.53	-	1,049,448.53
500	1,018,216.27	-	1,018,216.27	500	919,446.31	-	919,446.31	500	1,274,075.20	-	1,274,075.20	500	892,404.25	-	892,404.25	500	1,049,448.53	-	1,049,448.53

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03697 GR01

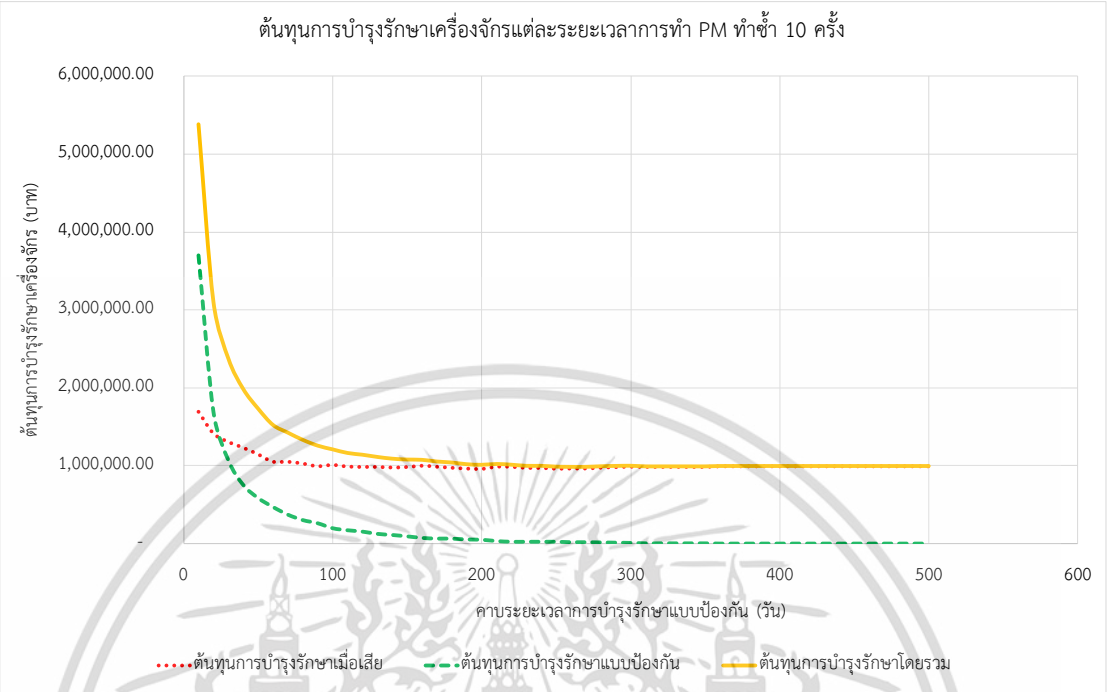
รุ่น OIS-03697 GR01	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)	ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	250	1,061,495.25	1,117,651.02	56,155.77
ครั้งที่ 2	200	1,297,660.55	1,327,677.05	30,016.50
ครั้งที่ 3	200	745,038.53	821,127.98	76,089.44
ครั้งที่ 4	310	699,712.49	744,710.86	44,998.37
ครั้งที่ 5	190	762,440.36	794,073.14	31,632.78
ครั้งที่ 6	190	936,060.47	1,018,216.27	82,155.80
ครั้งที่ 7	190	832,681.11	919,446.31	86,765.20
ครั้งที่ 8	130	1,223,711.19	1,274,075.20	50,364.01
ครั้งที่ 9	190	855,866.60	892,404.25	36,537.65
ครั้งที่ 10	260	993,542.54	1,049,448.53	55,905.99
ค่าเฉลี่ย	211	940,820.91	995,883.06	55,062.15
ค่าน้อยสุด	130	699,712.49	744,710.86	30,016.50
ค่ามากสุด	310	1,297,660.55	1,327,677.05	86,765.20

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{250+200+200+310+190+190+190+130+190+260}{10}$$

= 211 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03697 GR01

จากรูปที่ 4.5 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 พบว่าค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ทุก ๆ 211 วัน ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการทำการบำรุงรักษาป้องกัน เท่ากับ 7.03 เดือน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 940,820.91 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 995,883.06 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 55,062.15 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.16

โดยมีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 130 ถึง 310 วัน ค่าแนะนำที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 699,712.49 ถึง 1,297,660.55 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 744,710.86 ถึง 1,327,677.05 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียค่าระหว่าง 30,016.50 ถึง 86,765.20 บาทต่อ 4 ปี

ดังนั้น อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 ต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 211 วัน หรือ 7.03 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05

จากการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ต่าง ๆ นั้นของอุปกรณ์รุ่น OIS-03697 GR05 ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 ครั้ง อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05

ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ครั้งที่	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
ครั้งที่ 1	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	12.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 6	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.22	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.30	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	237,638.98	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	275,613.66	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	42,419.89	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	42,419.89	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	280,058.87	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	318,033.54	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 2	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	21.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 7	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.51	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.18	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	504,841.79	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	189,820.05	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,279.92	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	42,419.89	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	533,121.72	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	232,239.94	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	15.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 8	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	13.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.31	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.41	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	317,002.41	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	378,640.76	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,279.92	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,279.92	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	345,282.33	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	406,920.68	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 4	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	9.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 9	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	13.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.19	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.34	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	193,127.86	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	327,753.92	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	2.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.02	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	56,559.85	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	28,279.92	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	249,687.70	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	356,033.85	บาทต่อ 4 ปี
ครั้งที่ 5	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	14.00	ครั้งต่อ 4 ปี	ครั้งที่ 10	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	23.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.35	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	0.60	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	339,687.22	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	575,978.72	บาทต่อ 4 ปี
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	3.00	ครั้งต่อ 4 ปี		จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	4.00	ครั้งต่อ 4 ปี
	เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.03	วันต่อ 4 ปี		เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	0.04	วันต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	42,419.89	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	56,559.85	บาทต่อ 4 ปี
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	382,107.11	บาทต่อ 4 ปี		ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	632,538.57	บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR05

Duplicate1				Duplicate2				Duplicate3				Duplicate4				Duplicate5			
Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	642,119.56	1,894,754.88	2,536,874.44	10	730,263.53	1,908,894.84	2,639,158.37	10	989,168.56	1,880,614.92	2,869,783.48	10	764,574.20	1,923,034.80	2,687,609.00	10	941,002.93	1,908,894.84	2,849,897.77
20	465,152.80	919,097.52	1,384,250.31	20	582,006.76	904,957.55	1,486,964.32	20	683,386.32	890,817.59	1,574,203.91	20	597,000.04	904,957.55	1,501,957.60	20	598,132.61	933,237.48	1,531,370.08
30	413,514.08	593,878.40	1,007,392.48	30	574,064.55	537,318.55	1,111,383.10	30	544,979.57	593,878.40	1,138,857.96	30	445,282.04	608,018.36	1,053,300.40	30	583,195.64	593,878.40	1,177,074.04
40	321,506.30	452,478.78	773,985.07	40	662,172.25	353,499.04	1,015,671.30	40	450,020.90	424,198.85	874,219.75	40	416,843.08	438,338.82	855,181.90	40	566,282.19	438,338.82	1,004,621.01
50	275,353.54	353,499.04	628,852.58	50	578,214.22	296,939.20	875,153.42	50	421,358.62	325,219.12	746,577.74	50	373,767.29	339,359.08	713,126.37	50	461,846.45	339,359.08	801,205.53
60	312,940.39	254,519.31	567,459.70	60	541,832.95	240,379.35	782,212.30	60	380,546.35	268,659.27	649,205.62	60	285,257.48	296,939.20	582,196.68	60	409,587.71	282,799.24	692,386.95
70	312,940.39	226,239.39	539,179.78	70	541,832.95	212,099.43	753,932.38	70	398,827.73	226,239.39	625,067.11	70	256,768.25	268,659.27	525,427.52	70	436,037.50	226,239.39	662,276.89
80	306,838.19	183,819.50	490,657.70	80	511,706.69	183,819.50	695,526.19	80	409,550.61	169,679.54	579,230.15	80	256,768.25	226,239.39	483,007.64	80	345,318.76	212,099.43	557,418.18
90	263,491.21	169,679.54	433,170.75	90	489,921.42	169,679.54	659,600.97	90	356,577.46	155,539.58	512,117.04	90	191,105.06	212,099.43	403,204.49	90	386,248.13	155,539.58	541,787.70
100	239,367.67	155,539.58	394,907.24	100	542,655.72	113,119.69	655,775.42	100	356,577.46	141,399.62	497,977.08	100	215,524.11	169,679.54	385,203.65	100	371,996.05	141,399.62	513,395.67
110	226,001.86	141,399.62	367,401.48	110	542,655.72	113,119.69	655,775.42	110	281,436.01	127,259.66	408,695.67	110	236,207.66	141,399.62	377,607.28	110	301,995.19	141,399.62	443,394.81
120	240,626.99	113,119.69	353,746.68	120	506,695.08	98,979.73	605,674.81	120	281,436.01	127,259.66	408,695.67	120	236,207.66	141,399.62	377,607.28	120	313,252.15	127,259.66	440,511.80
130	240,626.99	98,979.73	339,606.72	130	540,504.96	70,699.81	611,204.77	130	289,993.72	98,979.73	388,973.45	130	219,826.45	113,119.69	332,946.14	130	313,252.15	113,119.69	426,371.84
140	204,184.03	98,979.73	303,163.77	140	540,504.96	70,699.81	611,204.77	140	307,077.63	70,699.81	377,777.44	140	195,407.40	113,119.69	308,527.09	140	313,252.15	113,119.69	426,371.84
150	220,230.31	84,839.77	305,070.08	150	540,504.96	56,559.85	597,064.81	150	307,077.63	70,699.81	377,777.44	150	195,407.40	113,119.69	308,527.09	150	302,281.65	98,979.73	401,261.38
160	237,638.98	56,559.85	294,198.83	160	540,504.96	56,559.85	597,064.81	160	300,041.94	56,559.85	356,601.78	160	195,407.40	98,979.73	294,387.13	160	302,281.65	98,979.73	401,261.38
170	237,638.98	56,559.85	294,198.83	170	540,504.96	56,559.85	597,064.81	170	300,041.94	56,559.85	356,601.78	170	251,263.56	84,839.77	336,103.33	170	302,281.65	84,839.77	387,121.42
180	237,638.98	56,559.85	294,198.83	180	508,553.52	56,559.85	565,113.37	180	300,041.94	56,559.85	356,601.78	180	273,630.75	70,699.81	344,330.56	180	321,584.23	70,699.81	392,284.04
190	237,638.98	56,559.85	294,198.83	190	532,064.97	42,419.89	574,484.86	190	337,225.29	28,279.92	365,505.21	190	273,630.75	70,699.81	344,330.56	190	321,584.23	70,699.81	392,284.04
200	237,638.98	56,559.85	294,198.83	200	532,064.97	42,419.89	574,484.86	200	337,225.29	28,279.92	365,505.21	200	248,984.01	56,559.85	305,543.86	200	358,989.80	42,419.89	401,409.69
210	237,638.98	42,419.89	280,058.87	210	532,064.97	42,419.89	574,484.86	210	337,225.29	28,279.92	365,505.21	210	248,984.01	56,559.85	305,543.86	210	339,687.22	42,419.89	382,107.11
220	265,042.46	28,279.92	293,322.38	220	532,064.97	42,419.89	574,484.86	220	317,002.41	28,279.92	345,282.33	220	248,984.01	56,559.85	305,543.86	220	339,687.22	42,419.89	382,107.11
230	265,042.46	28,279.92	293,322.38	230	532,064.97	42,419.89	574,484.86	230	317,002.41	28,279.92	345,282.33	230	248,984.01	56,559.85	305,543.86	230	364,799.49	28,279.92	393,079.41
240	265,042.46	28,279.92	293,322.38	240	532,064.97	42,419.89	574,484.86	240	317,002.41	28,279.92	345,282.33	240	193,127.86	56,559.85	249,687.70	240	364,799.49	28,279.92	393,079.41
250	265,042.46	28,279.92	293,322.38	250	532,064.97	42,419.89	574,484.86	250	317,002.41	28,279.92	345,282.33	250	211,005.57	42,419.89	253,425.46	250	364,799.49	28,279.92	393,079.41
260	265,042.46	28,279.92	293,322.38	260	504,841.79	28,279.92	533,121.72	260	317,002.41	28,279.92	345,282.33	260	211,005.57	42,419.89	253,425.46	260	364,799.49	28,279.92	393,079.41
270	283,671.10	14,139.96	297,811.07	270	504,841.79	28,279.92	533,121.72	270	317,002.41	28,279.92	345,282.33	270	211,005.57	42,419.89	253,425.46	270	387,449.51	14,139.96	401,589.47
280	283,671.10	14,139.96	297,811.07	280	504,841.79	28,279.92	533,121.72	280	317,002.41	28,279.92	345,282.33	280	211,005.57	42,419.89	253,425.46	280	387,449.51	14,139.96	401,589.47
290	314,982.28	-	314,982.28	290	504,841.79	28,279.92	533,121.72	290	317,002.41	28,279.92	345,282.33	290	211,005.57	42,419.89	253,425.46	290	387,449.51	14,139.96	401,589.47
300	314,982.28	-	314,982.28	300	504,841.79	28,279.92	533,121.72	300	358,090.54	14,139.96	372,230.50	300	230,990.27	28,279.92	259,270.19	300	387,449.51	14,139.96	401,589.47
310	314,982.28	-	314,982.28	310	504,841.79	28,279.92	533,121.72	310	358,090.54	14,139.96	372,230.50	310	230,990.27	28,279.92	259,270.19	310	387,449.51	14,139.96	401,589.47
320	314,982.28	-	314,982.28	320	504,841.79	28,279.92	533,121.72	320	358,090.54	14,139.96	372,230.50	320	248,324.38	14,139.96	262,464.34	320	387,449.51	14,139.96	401,589.47
330	314,982.28	-	314,982.28	330	504,841.79	28,279.92	533,121.72	330	381,191.05	-	381,191.05	330	248,324.38	14,139.96	262,464.34	330	387,449.51	14,139.96	401,589.47
340	314,982.28	-	314,982.28	340	504,841.79	28,279.92	533,121.72	340	381,191.05	-	381,191.05	340	248,324.38	14,139.96	262,464.34	340	387,449.51	14,139.96	401,589.47
350	314,982.28	-	314,982.28	350	504,841.79	28,279.92	533,121.72	350	381,191.05	-	381,191.05	350	248,324.38	14,139.96	262,464.34	350	387,449.51	14,139.96	401,589.47
360	314,982.28	-	314,982.28	360	504,841.79	28,279.92	533,121.72	360	381,191.05	-	381,191.05	360	280,858.74	-	280,858.74	360	387,449.51	14,139.96	401,589.47
370	314,982.28	-	314,982.28	370	504,841.79	28,279.92	533,121.72	370	381,191.05	-	381,191.05	370	280,858.74	-	280,858.74	370	387,449.51	14,139.96	401,589.47
380	314,982.28	-	314,982.28	380	504,841.79	28,279.92	533,121.72	380	381,191.05	-	381,191.05	380	280,858.74	-	280,858.74	380	387,449.51	14,139.96	401,589.47
390	314,982.28	-	314,982.28	390	504,841.79	28,279.92	533,121.72	390	381,191.05	-	381,191.05	390	280,858.74	-	280,858.74	390	412,728.28	-	412,728.28
400	314,982.28	-	314,982.28	400	504,841.79	28,279.92	533,121.72	400	381,191.05	-	381,191.05	400	280,858.74	-	280,858.74	400	412,728.28	-	412,728.28
410	314,982.28	-	314,982.28	410	504,841.79	28,279.92	533,121.72	410	381,191.05	-	381,191.05	410	280,858.74	-	280,858.74	410	412,728.28	-	412,728.28
420	314,982.28	-	314,982.28	420	504,841.79	28,279.92	533,121.72	420	381,191.05	-	381,191.05	420	280,858.74	-	280,858.74	420	412,728.28	-	412,728.28
430	314,982.28	-	314,982.28	430	504,841.79	28,279.92	533,121.72	430	381,191.05	-	381,191.05	430	280,858.74	-	280,858.74	430	412,728.28	-	412,728.28
440	314,982.28	-	314,982.28	440	504,841.79	28,279.92	533,121.72	440	381,191.05	-	381,191.05	440	280,858.74	-	280,858.74	440	412,728.28	-	412,728.28
450	314,982.28	-	314,982.28	450	565,957.20	14,139.96	580,097.16	450	381,191.05	-	381,191.05	450	280,858.74	-	280,858.74	450	412,728.28	-	412,728.28
460	314,982.28	-	314,982.28	460	565,957.20	14,139.96	580,097.16	460	381,191.05	-	381,191.05	460	280,858.74	-	280,858.74	460	412,728.28	-	412,728.28
470	314,982.28	-	314,982.28	470	565,957.20	14,139.96	580,097.16	470	381,191.05	-	381,191.05	470	280,858.74	-	280,858.74	470	412,728.28	-	412,728.28
480	314,982.28	-	314,982.28	480	565,957.20	14,139.96	580,097.16	480	381,191.05	-	381,191.05	480	280,858.74	-	280,858.74	480	412,728.28	-	412,728.28
490	314,982.28	-	314,982.28	490	565,957.20	14,139.96	580,097.16	490	381,191.05	-	381,191.05	490	280,858.74	-	280,858.74	490	412,728.28	-	412,728.28
500	314,982.28	-	314,982.28	500	565,957.20	14,139.96	580,097.16	500	381,191.05	-	381,191.05	500	280,858.74	-	280,858.74	500	412,728.28	-	412,728.28

ตารางที่ 4.18 ผลของการทำซ้ำ ทั้งหมด 10 ครั้ง ของอุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR05 (ต่อ)

Duplicate6				Duplicate7				Duplicate8				Duplicate9				Duplicate10			
Tpm	ดัมทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ดัมทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดัมทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดัมทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ดัมทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดัมทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดัมทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ดัมทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดัมทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดัมทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ดัมทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดัมทุนการบำรุงรักษาโดยรวม	Tpm	ดัมทุนการบำรุงรักษาเชื่อเสีย	ดัมทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	ดัมทุนการบำรุงรักษาโดยรวม
10	733,532.59	1,894,754.88	2,628,287.47	10	798,226.53	1,894,754.88	2,692,981.41	10	687,002.33	1,908,894.84	2,595,897.17	10	708,492.07	1,894,754.88	2,603,246.95	10	1,111,831.61	1,781,635.19	2,893,466.79
20	524,599.21	947,377.44	1,471,976.65	20	439,553.22	947,377.44	1,386,930.66	20	754,963.60	848,397.71	1,603,361.30	20	565,912.01	919,097.52	1,485,009.52	20	858,090.12	862,537.67	1,720,627.78
30	403,854.41	636,298.28	1,040,152.69	30	344,454.05	636,298.28	980,752.33	30	685,864.01	551,458.51	1,237,322.52	30	582,866.77	593,878.40	1,176,745.17	30	807,332.69	551,458.51	1,358,791.20
40	341,236.07	452,478.78	793,714.85	40	289,350.51	452,478.78	741,829.29	40	657,127.60	410,058.89	1,067,186.50	40	607,739.22	424,198.85	1,031,938.07	40	778,547.03	381,778.97	1,160,326.00
50	407,517.39	339,359.08	746,876.47	50	352,780.93	339,359.08	692,140.01	50	540,871.46	325,219.12	866,090.58	50	579,487.39	339,359.08	918,846.47	50	734,175.68	282,799.24	1,016,974.91
60	470,214.09	226,239.39	696,453.47	60	437,560.29	226,239.39	663,799.68	60	472,318.67	254,519.31	726,837.98	60	560,023.31	268,659.27	828,682.58	60	631,733.56	240,379.35	872,112.91
70	467,451.97	183,819.50	651,271.47	70	424,321.08	183,819.50	608,140.58	70	509,080.66	212,099.43	721,180.09	70	476,233.14	240,379.35	716,612.49	70	591,010.99	212,099.43	803,110.42
80	454,748.48	183,819.50	638,567.98	80	407,026.00	183,819.50	590,845.51	80	445,316.67	197,959.47	643,276.14	80	451,066.53	183,819.50	634,886.03	80	569,638.05	197,959.47	767,597.51
90	422,395.49	169,679.54	592,075.03	90	381,110.01	169,679.54	550,789.55	90	483,216.96	141,399.62	624,616.58	90	410,171.61	169,679.54	579,851.15	90	565,792.56	169,679.54	735,472.10
100	422,395.49	155,539.58	577,935.07	100	381,110.01	155,539.58	536,649.59	100	431,931.97	141,399.62	573,331.59	100	410,171.61	155,539.58	565,711.19	100	521,940.37	155,539.58	677,479.95
110	363,268.23	141,399.62	504,667.85	110	327,081.01	141,399.62	468,480.63	110	431,931.97	127,259.66	559,191.63	110	410,171.61	141,399.62	551,571.23	110	521,940.37	141,399.62	663,339.99
120	363,268.23	127,259.66	490,527.89	120	327,081.01	127,259.66	454,340.67	120	431,931.97	127,259.66	559,191.63	120	442,444.24	113,119.69	555,563.93	120	546,045.94	98,979.73	645,025.67
130	363,268.23	127,259.66	490,527.89	130	327,081.01	127,259.66	454,340.67	130	448,545.21	98,979.73	547,524.94	130	452,459.14	98,979.73	551,438.87	130	546,045.94	98,979.73	645,025.67
140	380,036.14	98,979.73	479,015.88	140	346,115.89	98,979.73	445,095.63	140	400,891.64	84,839.77	485,731.41	140	438,417.30	84,839.77	523,257.07	140	575,978.72	70,699.81	646,678.53
150	380,036.14	98,979.73	479,015.88	150	346,115.89	98,979.73	445,095.63	150	431,453.96	70,699.81	502,153.77	150	457,396.63	70,699.81	528,096.44	150	575,978.72	70,699.81	646,678.53
160	380,036.14	84,839.77	464,875.91	160	346,115.89	84,839.77	430,955.66	160	431,453.96	70,699.81	502,153.77	160	360,401.81	70,699.81	431,101.62	160	575,978.72	70,699.81	646,678.53
170	393,411.85	70,699.81	464,111.66	170	334,480.40	70,699.81	405,180.21	170	431,453.96	56,559.85	488,013.81	170	360,401.81	70,699.81	431,101.62	170	575,978.72	56,559.85	632,538.57
180	351,561.95	70,699.81	422,261.76	180	301,674.99	70,699.81	372,374.80	180	453,393.28	42,419.89	495,813.16	180	360,401.81	70,699.81	431,101.62	180	649,419.54	28,279.92	677,699.47
190	363,562.15	56,559.85	420,122.00	190	291,520.57	56,559.85	348,080.41	190	453,393.28	42,419.89	495,813.16	190	360,401.81	70,699.81	431,101.62	190	624,183.06	28,279.92	652,462.98
200	339,130.74	56,559.85	395,690.58	200	260,895.56	56,559.85	317,455.41	200	436,780.04	42,419.89	479,199.92	200	340,586.17	56,559.85	397,146.02	200	645,178.12	14,139.96	659,318.08
210	292,381.57	56,559.85	348,941.42	210	208,854.93	56,559.85	265,414.78	210	397,936.26	42,419.89	440,356.15	210	340,586.17	56,559.85	397,146.02	210	645,178.12	14,139.96	659,318.08
220	292,381.57	56,559.85	348,941.42	220	208,854.93	56,559.85	265,414.78	220	397,936.26	42,419.89	440,356.15	220	340,586.17	56,559.85	397,146.02	220	645,178.12	14,139.96	659,318.08
230	308,702.72	42,419.89	351,122.61	230	227,871.89	42,419.89	270,291.77	230	397,936.26	42,419.89	440,356.15	230	308,313.55	56,559.85	364,873.39	230	645,178.12	14,139.96	659,318.08
240	308,702.72	42,419.89	351,122.61	240	227,871.89	42,419.89	270,291.77	240	397,936.26	42,419.89	440,356.15	240	308,313.55	56,559.85	364,873.39	240	645,178.12	14,139.96	659,318.08
250	291,934.81	42,419.89	334,354.70	250	208,837.01	42,419.89	251,256.89	250	378,640.76	42,419.89	421,060.64	250	308,313.55	56,559.85	364,873.39	250	645,178.12	14,139.96	659,318.08
260	291,934.81	42,419.89	334,354.70	260	208,837.01	42,419.89	251,256.89	260	378,640.76	42,419.89	421,060.64	260	308,313.55	56,559.85	364,873.39	260	645,178.12	14,139.96	659,318.08
270	291,934.81	42,419.89	334,354.70	270	208,837.01	42,419.89	251,256.89	270	378,640.76	42,419.89	421,060.64	270	308,313.55	56,559.85	364,873.39	270	645,178.12	14,139.96	659,318.08
280	291,934.81	42,419.89	334,354.70	280	208,837.01	42,419.89	251,256.89	280	378,640.76	42,419.89	421,060.64	280	308,313.55	56,559.85	364,873.39	280	645,178.12	14,139.96	659,318.08
290	291,934.81	42,419.89	334,354.70	290	208,837.01	42,419.89	251,256.89	290	378,640.76	42,419.89	421,060.64	290	308,313.55	56,559.85	364,873.39	290	645,178.12	14,139.96	659,318.08
300	291,934.81	42,419.89	334,354.70	300	208,837.01	42,419.89	251,256.89	300	378,640.76	42,419.89	421,060.64	300	327,753.92	42,419.89	370,173.81	300	645,178.12	14,139.96	659,318.08
310	291,934.81	42,419.89	334,354.70	310	208,837.01	42,419.89	251,256.89	310	378,640.76	42,419.89	421,060.64	310	327,753.92	28,279.92	356,033.85	310	645,178.12	14,139.96	659,318.08
320	275,613.66	42,419.89	318,033.54	320	189,820.05	42,419.89	232,239.94	320	378,640.76	42,419.89	421,060.64	320	367,527.89	14,139.96	381,667.85	320	645,178.12	14,139.96	659,318.08
330	275,613.66	42,419.89	318,033.54	330	189,820.05	42,419.89	232,239.94	330	378,640.76	42,419.89	421,060.64	330	367,527.89	14,139.96	381,667.85	330	645,178.12	14,139.96	659,318.08
340	275,613.66	42,419.89	318,033.54	340	189,820.05	42,419.89	232,239.94	340	378,640.76	42,419.89	421,060.64	340	367,527.89	14,139.96	381,667.85	340	667,014.49	-	667,014.49
350	313,412.85	28,279.92	341,692.77	350	225,529.39	28,279.92	253,809.31	350	378,640.76	42,419.89	421,060.64	350	367,527.89	14,139.96	381,667.85	350	667,014.49	-	667,014.49
360	348,873.54	14,139.96	363,013.50	360	253,889.53	14,139.96	268,029.49	360	378,640.76	42,419.89	421,060.64	360	367,527.89	14,139.96	381,667.85	360	667,014.49	-	667,014.49
370	348,873.54	14,139.96	363,013.50	370	253,889.53	14,139.96	268,029.49	370	378,640.76	42,419.89	421,060.64	370	367,527.89	14,139.96	381,667.85	370	667,014.49	-	667,014.49
380	348,873.54	14,139.96	363,013.50	380	253,889.53	14,139.96	268,029.49	380	378,640.76	28,279.92	406,920.68	380	367,527.89	14,139.96	381,667.85	380	667,014.49	-	667,014.49
390	348,873.54	14,139.96	363,013.50	390	253,889.53	14,139.96	268,029.49	390	409,592.71	14,139.96	423,732.67	390	367,527.89	14,139.96	381,667.85	390	667,014.49	-	667,014.49
400	348,873.54	14,139.96	363,013.50	400	253,889.53	14,139.96	268,029.49	400	409,592.71	14,139.96	423,732.67	400	367,527.89	14,139.96	381,667.85	400	667,014.49	-	667,014.49
410	348,873.54	14,139.96	363,013.50	410	253,889.53	14,139.96	268,029.49	410	409,592.71	14,139.96	423,732.67	410	367,527.89	14,139.96	381,667.85	410	667,014.49	-	667,014.49
420	348,873.54	14,139.96	363,013.50	420	253,889.53	14,139.96	268,029.49	420	438,597.39	-	438,597.39	420	367,527.89	14,139.96	381,667.85	420	667,014.49	-	667,014.49
430	377,899.27	-	377,899.27	430	267,422.83	-	267,422.83	430	438,597.39	-	438,597.39	430	367,527.89	14,139.96	381,667.85	430	667,014.49	-	667,014.49
440	377,899.27	-	377,899.27	440	267,422.83	-	267,422.83	440	438,597.39	-	438,597.39	440	388,918.36	-	388,918.36	440	667,014.49	-	667,014.49
450	377,899.27	-	377,899.27	450	267,422.83	-	267,422.83	450	438,597.39	-	438,597.39	450	388,918.36	-	388,918.36	450	667,014.49	-	667,014.49
460	377,899.27	-	377,899.27	460	267,422.83	-	267,422.83	460	438,597.39	-	438,597.39	460	388,918.36	-	388,918.36	460	667,014.49	-	667,014.49
470	377,899.27	-	377,899.27	470	267,422.83	-	267,422.83	470	438,597.39	-	438,597.39	470	388,918.36	-	388,918.36	470	667,014.49	-	667,014.49
480	377,899.27	-	377,899.27	480	267,422.83	-	267,422.83	480	438,597.39	-	438,597.39	480	388,918.36	-	388,918.36	480	667,014.49	-	667,014.49
490	377,899.27	-	377,899.27	490	267,422.83	-	267,422.83	490	438,597.39	-	438,597.39	490	388,918.36	-	388,918.36	490	667,014.49	-	667,014.49
500	377,899.27	-	377,899.27	500	267,422.83	-	267,422.83	500	438,597.39	-	438,597.39	500	388,918.36	-	388,918.36	500	667,014.49	-	667,014.49

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน รุ่น OIS-03697 GR05

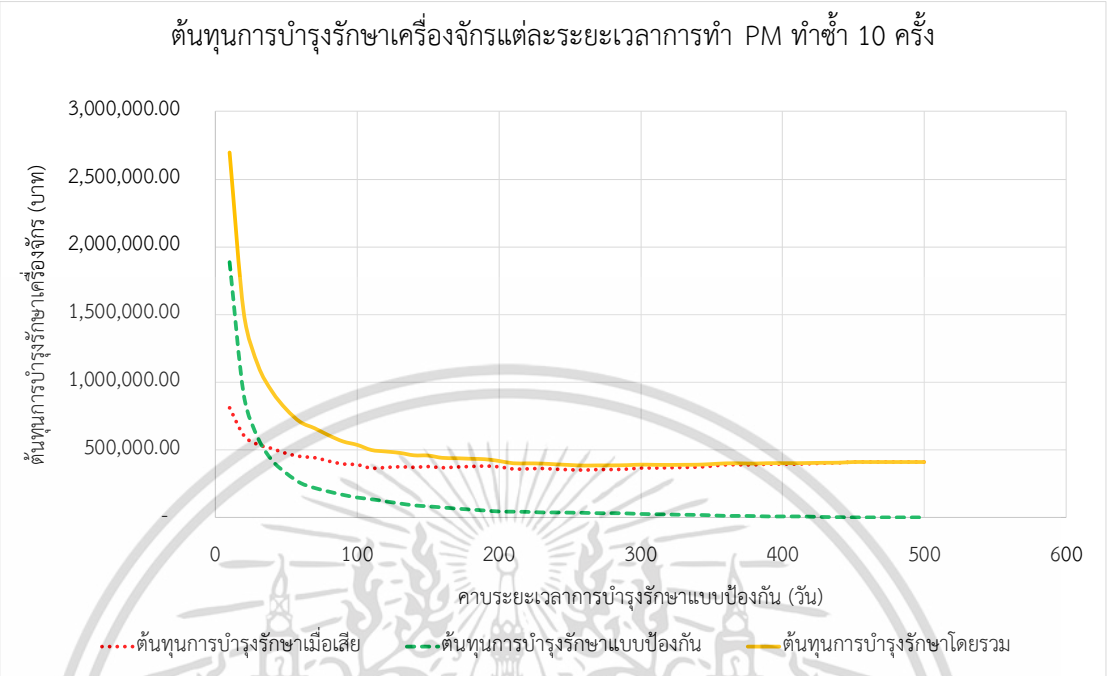
รุ่น OIS-03697 GR05	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ค่าแนะนำที่ดีที่สุด (บาทต่อ 4ปี)	ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
ครั้งที่ 1	210	280,058.87	314,982.28	34,923.41
ครั้งที่ 2	260	533,121.72	580,097.16	46,975.44
ครั้งที่ 3	220	345,282.33	381,191.05	35,908.72
ครั้งที่ 4	240	249,687.70	280,858.74	31,171.04
ครั้งที่ 5	210	393,079.41	412,728.28	19,648.87
ครั้งที่ 6	320	318,033.54	377,899.27	59,865.73
ครั้งที่ 7	320	232,239.94	267,422.83	35,182.90
ครั้งที่ 8	380	406,920.68	438,597.39	31,676.71
ครั้งที่ 9	310	356,033.85	388,918.36	32,884.52
ครั้งที่ 10	170	632,538.57	667,014.49	34,475.92
ค่าเฉลี่ย	264	374,699.66	410,970.99	36,271.32
ค่าน้อยสุด	170	232,239.94	267,422.83	35,182.90
ค่ามากสุด	380	632,538.57	667,014.49	59,865.73

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

$$= \frac{210+260+220+240+210+320+320+380+310+170}{10}$$

= 264 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ OIS-03697 GR05

จากรูปที่ 4.6 ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 พบว่าค่าเฉลี่ยคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เท่ากับ 264 วัน ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการทำการบำรุงรักษาป้องกันทุก ๆ 8.80 เดือน โดยมีค่าแนะนำที่ดีที่สุดเท่ากับ 374,699.66 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 410,970.99 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 36,271.32 บาทต่อ 4 ปี พบว่ามีข้อมูลค่าเฉลี่ยและช่วงของชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.19

โดยมีช่วงคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 170 ถึง 380 วัน ค่าแนะนำที่ดีที่สุดมีค่าระหว่าง 232,239.94 ถึง 632,538.57 บาทต่อ 4 ปี ค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 267,422.83 ถึง 667,014.49 บาทต่อ 4 ปี และค่าความแตกต่างระหว่างค่าแนะนำที่ดีที่สุดและค่าเมื่อเกิดการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีค่าระหว่าง 35,182.90 ถึง 59,865.73 บาทต่อ 4 ปี

ดังนั้น อุปกรณ์ Take Out Arm OIS-03697 GR05 ต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 264 วัน หรือ 8.80 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สรุปผลในการเลือกทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

4.7.1 การเปรียบเทียบต้นทุนของการบำรุงรักษาโดยรวมจากการจำลองสถานการณ์

จากการจำลองสถานการณ์อุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 6 รุ่น (จากหัวข้อ 4.1 ถึง 4.6) สามารถสรุปผลเบื้องต้นในการเลือกทำการบำรุงรักษาได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของอุปกรณ์ Take Out Arm จากการจำลองสถานการณ์และข้อแนะนำ

รุ่นของอุปกรณ์	ทำ PM / BM	ต้นทุนที่ดีที่สุดจากการแนะนำ (บาทต่อ 4 ปี)			ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)			ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)			Tpm			หมายเหตุ อายุการใช้งานเฉลี่ย
		min	average	max	min	average	max	min	average	max	min	average	max	
210-431-1	ควรทำ PM	390,222.37	533,679.45	749,912.67	428,517.02	476,189.88	791,029.72	31,902.26	42,510.44	57,095.02	110	153	190	75.4710
221320006	ควรทำ PM	127,650.48	195,464.74	247,514.30	157,486.21	228,946.65	280,336.15	24,741.45	32,581.92	44,146.27	150	247	340	241.0600
OIS-03218 GR22	ควรทำ BM	41,951.28	75,142.03	98,226.76	44,578.86	78,336.79	102,311.55	210.54	3,194.76	7,324.42	340	403	490	217.2500
OIS-03530 GR05	ควรทำ BM	39,245.03	57,321.69	84,383.08	39,245.03	57,321.69	84,383.08	-	-	-	1000	1000	1000	271.1200
OIS-03597 GR01	ควรทำ PM	699,712.49	940,820.91	1,297,660.55	744,710.86	995,883.06	1,327,677.05	30,016.50	55,062.15	86,765.20	130	211	310	54.3300
OIS-03597 GR05	ควรทำ PM	232,239.94	374,699.66	632,538.57	267,422.83	410,970.99	667,014.49	30,621.17	37,368.55	59,865.73	170	264	380	103.5700

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หารุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm ที่ควรจะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากตารางที่ 3.20 สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังต่อไปนี้

1. รุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm ที่ควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) มีจำนวน 4 รุ่น ได้แก่

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 153 วัน (หรือ 5.10 เดือน) โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 553,679.45 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 476,189.88 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่าง 42,510.44 บาทต่อ 4 ปี
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 247 วัน (หรือ 8.23 เดือน) โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 195,464.74 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 228,946.65 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่าง 32,581.92 บาทต่อ 4 ปี
- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 211 วัน (หรือ 7.03 เดือน) โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 940,820.91 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 995,883.06 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่าง 55,062.15 บาทต่อ 4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 มีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 264 วัน (หรือ 8.80 เดือน) โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 374,699.66 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 410,970.99 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่าง 37,368.55 บาทต่อ 4 ปี

2. รุ่นของอุปกรณ์ Take Out Arm ที่ควรทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) มีจำนวน 2 รุ่น ได้แก่

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 75,142.03 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 78,336.79 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่างเพียง 3,194.76 บาทต่อ 4 ปี จึงควรทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย ไม่คุ้มค่าที่จะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 โดยมีต้นทุนที่ดีที่สุดที่แนะนำเท่ากับ 57,321.69 บาทต่อ 4 ปี ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย 57,321.69 บาทต่อ 4 ปี มีค่าความแตกต่าง 0.00 บาทต่อ 4 ปี เนื่องจากเมื่อจำลองสถานการณ์ พบว่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเท่ากับ 1,000 วัน ซึ่งหมายถึงไม่มีความจำเป็นในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จึงจัดให้รุ่นนี้เป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

4.7.2 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับค่าปัจจุบัน

ดัชนีชี้วัดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ถูกนำมาเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดที่ได้จากค่าปัจจุบัน (อ้างอิงจากหัวข้อที่ 3.2) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.21

จากตารางที่ 4.21 อาจจะแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นที่แนะนำให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1ให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 595,199.00 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 533,679.45 บาท จะสามารถลดต้นทุนลงได้ 61,519.55 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 ให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 216,735.03 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 195,464.73 บาท จะสามารถลดต้นทุนลงได้ 21,270.30 บาท

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 ให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 1,087,846.00 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 940,820.91 บาท จะสามารถลดต้นทุนลงได้ 147,025.09 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 ให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 438,221.15 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 373,602.43 บาท จะสามารถลดต้นทุนลงได้ 64,618.72 บาท

กลุ่มที่ 2 อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นที่ไม่แนะนำให้ทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 ให้ทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 71,142.00 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 75,142 บาท โดยจะมีค่าใกล้เคียงหรือคงเดิมจากค่าปัจจุบัน

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR30 ให้ทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย โดยต้นทุนการบำรุงรักษาปัจจุบันเท่ากับ 75,142.00 บาท และค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 57,321.69 บาท โดยจะมีค่าใกล้เคียงหรือคงเดิมจากค่าปัจจุบัน (อ้างอิงจากหัวข้อที่ 3.7.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาท ต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ BM	ผลลัพธ์
210-431-1	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	595,199.00			482,218.77
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			51,460.68
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	595,199.00			533,679.45
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	143	✓		19.7
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			3.3
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	2.63			PM = 0.034375 BM = 0.36030
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			153
2213200006	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	216,735.03			136,346.29
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			59,118.44
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	216,735.03			195,464.73
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	64	✓		5.5
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			3.7
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	1.4375			PM = 0.038542 BM = 0.108640
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น (ต่อ)

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาท ต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ BM	ผลลัพธ์
OIS-03218 GR22	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	71,142.00			65,605.53
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			9,536.50
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	71,142.00			75,142.03
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	30		✓	6.8
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			1.3
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	0.97061			PM = 0.013542 BM = 0.15492
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			403
OIS-03530 GR05	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	68,730.00			53,228.26
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			4,093.42
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	68,730.00			57,321.69
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	82		✓	6.1
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			0.7
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	2.04167			PM = 0.007292 BM = 0.139317
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			ควรทำการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 การออกแบบตารางดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมของข้อความแห่งปัญหาเบื้องต้น (ต่อ)

รุ่นของอุปกรณ์	ดัชนีชี้วัดเพิ่มเติม	ค่าปัจจุบัน (บาท ต่อ 4 ปี)	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์		
			ทำ PM	ทำ BM	ผลลัพธ์
OIS-03697 GR01	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	1,087,846.00			891,642.51
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			49,178.40
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	1,087,846.00			940,820.91
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	231	✓		23.6
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			1.7
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	3.37219			PM = 0.017708 BM = 0.337288
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			211
OIS-03697 GR05	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Unplanned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	438,221.15			334,010.54
	ต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Planned Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			40,689.12
	ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Cost) (บาทต่อ 4 ปี)	438,221.15			374,699.66
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (ครั้งต่อ 4 ปี)	222	✓		13.8
	จำนวนครั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (ครั้งต่อ 4 ปี)	ไม่ระบุ			2.8
	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย(Downtime) (วันต่อ 4 ปี)	5.79393			PM = 0.029167 BM = 0.34096
	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเฉพาะในกรณีที่ตัดสินใจใช้นโยบายการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (วัน)	ไม่ระบุ			264

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.3 ผลการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ได้จากการหารือจากโรงงาน

ทางโรงงานกรณีศึกษา มีนโยบายเกี่ยวกับแผนหรือระยะเวลาการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันออกเป็น 3 หมวดหมู่ โดยคำนึงถึงการจดจำหรือการจัดการที่ง่าย ๆ คือ

1. ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน
2. ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 1 ปี
3. ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 1 ปี 6 เดือน

จากการประชุมกับทางโรงงานกรณีศึกษา ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับตารางหมวดหมู่การบำรุงรักษาของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนพร้อมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ ทางผู้วิจัยและโรงงานกรณีศึกษาจึงได้กำหนดช่วงของคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันขึ้นมาใหม่ โดยอ้างอิงจากผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้และนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แผนการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 4 รุ่น เมื่อปรับตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา

รุ่นของอุปกรณ์	**คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ได้จากการจำลองสถานการณ์**	**คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ปรับตามนโยบายของโรงงาน**
210-431-1	ควรทำการ PM ที่ T_{PM} เท่ากับ 153 วัน (5.10 เดือน)	ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน
2213200006	ควรทำการ PM ที่ T_{PM} เท่ากับ 247 วัน (8.23 เดือน)	ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน
OIS-03697 GR01	ควรทำการ PM ที่ T_{PM} เท่ากับ 211 วัน (7.03 เดือน)	ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน
OIS-03697 GR05	ควรทำการ PM ที่ T_{PM} เท่ากับ 264 วัน (8.80 เดือน)	ทำการบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน

หมายเหตุ PM = การเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นนั้น ๆ ใหม่ ไม่ใช่การทำการบำรุงรักษารายวัน

จากตารางที่ 4.22 สามารถแสดงผลลัพธ์ของแผนซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ Take Out Arm จำนวน 4 รุ่น ได้แก่ รุ่น 210-431-1, 2213200006, OIS-03697 GR01 และ OIS-03697 GR05 ได้ว่า ควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันทุก ๆ 6 เดือน ซึ่งจะสอดคล้องตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษาที่มีอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

อุปกรณ์ Take Out Arm รวมทั้งสิ้น 6 รุ่น ทางโรงงานไม่ได้มีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน แต่ในปัจจุบันเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสียกับอุปกรณ์ นั่นคือ ถ้าอุปกรณ์ Take Out Arm เกิดการชำรุดเสียหาย พนักงานจึงจะเข้าไปทำการบำรุงรักษา พนักงานจะวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นและเปลี่ยนเอาอะไหล่สำรองเข้าไปแทนที่อุปกรณ์ตัวเดิมทันที ทางโรงงานยังไม่มั่นใจว่าจะทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำกว่าแบบการบำรุงรักษาเมื่อเสียหรือไม่ ถ้าต่ำกว่าจะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เท่าใด

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ คือ ทำการศึกษาและจำลองสถานการณ์การทำงานและการเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อคำนวณหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมภายใต้อายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียแบบไม่แน่นอน (Stochastic Process) และวิเคราะห์หาต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียและต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งการทดลอง เพื่อคำนวณหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่นำไปสู่ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุดและเหมาะสมที่สุด โดยทางโรงงานจะทราบถึงแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละรุ่น และสามารถทำการบำรุงรักษาพร้อม ๆ กับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีการทำงานคล้ายคลึงกันได้อีกด้วย

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการจำลองสถานการณ์ ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ระยะเวลา คือ อายุการใช้งาน เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน 2) ต้นทุน คือ มูลค่าอุปกรณ์ ความสูญเสียทางด้านต้นทุน และค่าแรงงานในการซ่อม โดยเมื่อนำข้อมูลขาเข้าทั้ง 2 กลุ่มมาจำลองสถานการณ์ จะได้ตัวแปรที่สำคัญ คือ เวลาและจำนวนครั้งของการบำรุงรักษาแบบป้องกันและเมื่อเสีย และออกมาเป็นข้อมูลขาออก คือ ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย และต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยนำไปคัดเลือกหาคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมต่ำที่สุดต่อไป และยังมีการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การทวนสอบแบบจำลองสถานการณ์และการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งเมื่อทำการทวนสอบและตรวจสอบแล้วมีความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ทั้งสิ้น

โดยบทที่ 5 ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 การเปรียบเทียบโมเดลต้นทุนการบำรุงรักษา

5.3 ปัญหาและอุปสรรคของการทำวิจัย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการจำลองสถานการณ์ด้วยระยะเวลาการจำลอง 4 ปี (1,460 วัน) ภายใต้การทดลองซ้ำ 10 ครั้ง สามารถแบ่งแผนการซ่อมบำรุงรักษาให้แก่อุปกรณ์ Take Out Arm ที่ได้จากผลการวิจัยของงานวิจัยฉบับนี้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

<u>กลุ่มที่ 1 แนะนำให้ใช้แผนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน</u> จำนวน 4 รุ่น (ดังตารางที่ 5.1) ได้แก่

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1 โดยใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้อง (T_{PM}) เท่ากับ 153 วัน (ประมาณ 5 เดือน) คาดว่าจะให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม 533,679.45 บาทต่อ 4 ปี เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาเมื่อเสียจะทำให้ต้นทุนลดลง 61,519.55 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 โดยใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้อง (T_{PM}) เท่ากับ 247 วัน (ประมาณ 8 เดือน) คาดว่าจะให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม 195,464.74 บาทต่อ 4 ปี เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาเมื่อเสียจะทำให้ต้นทุนลดลง 21,270.30 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01 โดยใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้อง (T_{PM}) เท่ากับ 211 วัน (ประมาณ 7 เดือน) คาดว่าจะให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม 940,820.91 บาทต่อ 4 ปี เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาเมื่อเสียจะทำให้ต้นทุนลดลง 140,025.09 บาทต่อ 4 ปี

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 โดยใช้คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้อง (T_{PM}) เท่ากับ 264 วัน (ประมาณ 5 เดือน) คาดว่าจะให้ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม 374,699.66 บาทต่อ 4 ปี เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาเมื่อเสียจะทำให้ต้นทุนลดลง 64,618.72 บาทต่อ 4 ปี

<u>กลุ่มที่ 2 แนะนำให้ใช้แผนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย</u> จำนวน 2 รุ่น (ดังตารางที่ 5.2) ได้แก่

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 ไม่คุ้มค่าที่จะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

- อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 ไม่คุ้มค่าที่จะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ Take Out Arm ดังนี้

- อายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น ได้แก่ Exponential, Weibull, Loglogistic และ Gamma

- เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น ได้แก่ 3-Parameter Weibull, Lognormal, 3Parameter Loglogistic และ Gamma

ตารางที่ 5.1 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จำนวน 4 รุ่น

รุ่นของอุปกรณ์	ต้นทุนที่ดีที่สุดจากการแนะนำ (บาทต่อ 4 ปี)	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย * (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง ** (บาทต่อ 4 ปี)	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันจริง	คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาจากการหารือ
210-431-1	533,679.45	595,199.00	61,519.55	5.10 เดือน	6 เดือน
221320006	195,464.74	216,735.03	21,270.29	8.23 เดือน	6 เดือน
OIS-03697 GR01	940,820.91	1,087,846.00	147,025.09	7.03 เดือน	6 เดือน
OIS-03697 GR05	374,699.66	438,221.15	63,521.49	8.80 เดือน	6 เดือน

หมายเหตุ

* ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย คือ ค่าปัจจุบันซึ่งไม่มีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

** ค่าความแตกต่าง มาจากค่าปัจจุบัน ลบกับค่าจากการจำลองสถานการณ์

ตารางที่ 5.2 ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมของการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จำนวน 2 รุ่น

รุ่นของอุปกรณ์	ต้นทุนที่ดีที่สุดจากการแนะนำ (บาทต่อ 4 ปี)	ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (บาทต่อ 4 ปี)	ค่าความแตกต่าง (บาทต่อ 4 ปี)
OIS-03218 GR22	75,142.03	78,336.79	3,194.76
OIS-03530 GR05	57,321.69	57,321.69	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบโมเดลต้นทุนการบำรุงรักษา

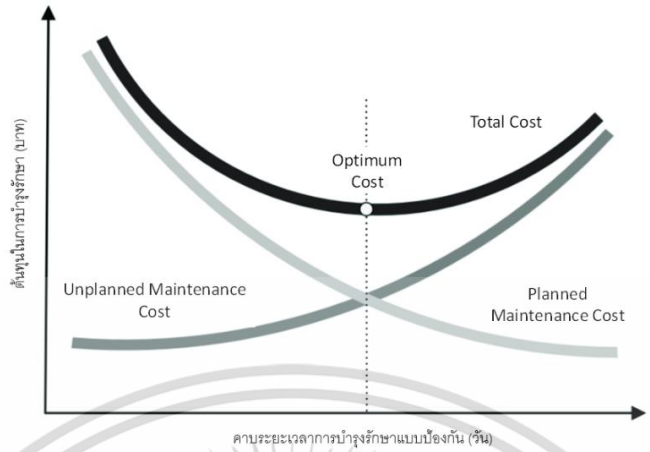
โดยทั่วไปเมื่อพิจารณาจากกราฟของโมเดลต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อแกน X เป็นคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และแกน y เป็นต้นทุนการบำรุงรักษา (บาท) มักพบว่า ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมจะมีลักษณะเป็นพาราโบล่าหงาย (Netto et al., 2010) ซึ่งจุดที่ต่ำสุดของกราฟ เกิดจากค่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันคงที่ 1 ค่า (ไม่ใช่ค่าคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เข้าสู่อนันต์) และมีต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียในตอนแรกที่ค่อนข้างมาก และลดลงมาเรื่อย ๆ ตัดกับต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกันในตอนแรกที่มีค่าน้อย และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเกิดเป็นจุดตัด ดังรูปที่ 5.1 ก)

ในหัวข้อที่ 3.7.1) ของงานวิจัยฉบับนี้ได้สมมติให้อายุการใช้งานเป็นแบบ Uniform (10,20) ซึ่งก็เป็นกราฟพาราโบล่าหงาย ดังรูป 5.1 ข) ต้นทุนการบำรุงรักษาเมื่อเสียในช่วงระยะเวลาแรก ๆ มีต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรน้อย และค่อยๆสูงขึ้นเมื่อมีคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ระยะเวลาแรก ๆ มีต้นทุนการบำรุงรักษาสูง เพราะไม่มีความจำเป็นหรือยังไม่ถึงเวลาที่ต้องทำการบำรุงรักษา ส่วนต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมมีต้นทุนการบำรุงรักษาที่สูงและค่อย ๆ ลดลงมาเรื่อย ๆ จนถึงจุดคงที่ ซึ่งมีลักษณะตรงกับทฤษฎีดังรูปที่ 5.1 ก) (Netto et al., 2010)

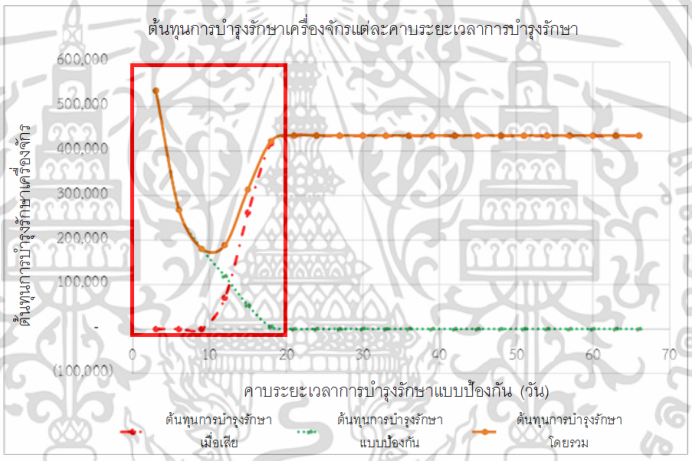
แต่กราฟที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 5.1 ค) มาจากหัวข้อที่ 4.3 มีการทำซ้ำทั้งอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด 10 ครั้ง มีโอกาสที่จะได้กราฟของต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเป็นลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) โดยที่ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมค่อย ๆ ลดลง และเข้าสู่ค่าคงที่เมื่อคาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (T_{PM}) เข้าสู่ค่าอนันต์ ซึ่งไม่เป็นรูปแบบพาราโบล่าตามรูปที่ 5.1 ก) และ ข) เพราะการเกิดค่าการบำรุงรักษาเมื่อเสียมีลักษณะไม่รุนแรงมาก จึงได้กราฟในลักษณะนี้ออกมา และผลการสรุปของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่นนี้ (รุ่น OIS-03218 GR222) ไม่ต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

จากงานวิจัยฉบับนี้ จะเห็นได้ว่า โมเดลต้นทุนการบำรุงรักษาไม่จำเป็นต้องเป็นกราฟพาราโบล่าหงายเสมอไป

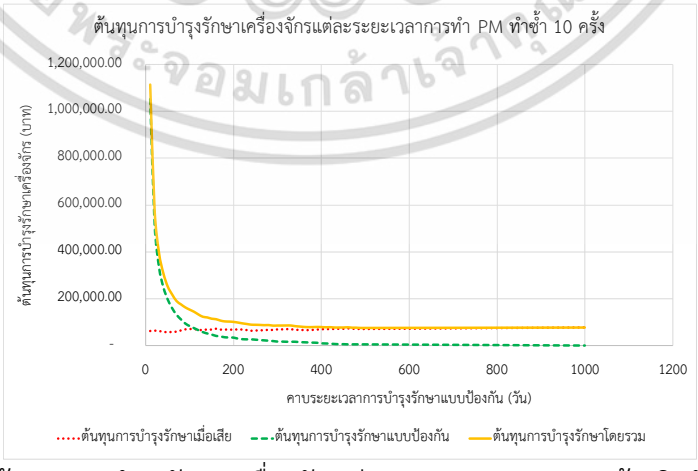
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) โมเดลต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมอ้างอิงจากทฤษฎี (Netto et al., 2010)



ข) ต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักร (ตามหัวข้อที่ 3.7.1)



ค) กราฟต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักร รุ่น OIS-03218 GR22 (อ้างอิงหัวข้อ 4.3)

รูปที่ 5.1 โมเดลต้นทุนการบำรุงรักษากรณีต่าง ๆ

หมายเหตุ คาบระยะเวลาการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เข้าสู่อนันต์ คือ เป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรคของการทำวิจัย

1. เทคนิคการจำลองสถานการณ์จะต้องทำการสุ่มค่าตัวเลข ซึ่งค่าตัวเลขมีช่วงที่ยาวเกิน อาจทำให้ชุดข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์บ่งบอกได้ไม่ชัดเจน

2. เนื่องด้วยโรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถให้ข้อมูลแน่ชัดในเรื่องของต้นทุนเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะมีมากกว่าที่ทำการจำลองสถานการณ์ ทำให้การจำลองสถานการณ์ไม่ครอบคลุมถึงต้นทุนเพิ่มเติมต่าง ๆ ได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์ผลในโปรแกรม Minitab และ Microsoft Excel ในระยะการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการใช้ Visual Basic for Application (VBA) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์งานและสรุปผล เพื่อจะได้ลดความซับซ้อนและใช้งานง่ายมากขึ้น

2. ควรมีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อของอุปกรณ์ Take Out Arm รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้วยทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลัง

3. ควรมีการวิเคราะห์และระบุหาสาเหตุความล้มเหลว (Root Cause Analysis) ของอุปกรณ์ Take Out Arm เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชลณุพงษ์ ศิริตัน. 2557. **การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ กรณีศึกษา แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)).** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวัฒน์ นุ่มทอง และ จิรเกียรติ ทรายทอง. 2561. **การบำรุงรักษาเครื่องจักร (Maintenance). คณะวิศวกรรมศาสตรศรีราชา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศรีราชา.**

วัฒนา เชียงกูล, เกรียงไกร ดำรงรัตน์ และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. 2553. **การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability.** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน).

Alaswad, S., & Xiang, Y., 2017. A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system. **Reliability engineering & system safety,** 157, 54-63.

Andrs, C. J., Fabrizio, R., & Enrique, V., 2011. Utility based maintenance analysis using a Random Sign censoring model [J]. **Reliability Engineering and System Safety,** 96(3), 425-431.

Barros, B., Conde, B., Cabaleiro, M., & Riveiro, B., 2023, August). Deterministic and probabilistic-based model updating of aging steel bridges. **In Structures** (Vol. 54, pp. 89-105). Elsevier.

Beheshti Fakher, H., Nourelfath, M., & Gendreau, M., 2017. A cost minimisation model for joint production and maintenance planning under quality constraints. **International Journal of Production Research,** 55(8), 2163-2176.

Bentley, J. P. ,1999. **An introduction to reliability and quality engineering.**

Cadenazzi, T., Lee, H., Suraneni, P., Nolan, S., & Nanni, A., 2021. Evaluation of probabilistic and deterministic life-cycle cost analyses for concrete bridges exposed to chlorides. **Cleaner Engineering and Technology,** 4, 100247.

Calixto, E., 2016. **Gas and oil reliability engineering**: modeling and analysis. Gulf Professional Publishing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Ding, W., Li, J., Mao, W., Meng, Z., & Shen, Z., 2023. Rolling bearing remaining useful life prediction based on dilated causal convolutional DenseNet and an exponential model. **Reliability Engineering & System Safety,** *232*, 109072.

Dui, H., Zhang, C., Tian, T., & Wu, S., 2022. Different costs-informed component preventive maintenance with system lifetime changes. **Reliability Engineering & System Safety,** 228, 108755.

Ekpenyong, M. E., & Udoh, N. S., 2024. Intelligent optimal preventive replacement maintenance policy for non- repairable systems. **Computers & Industrial Engineering,** *190*, 110091.

Finkelstein, M., Cha, J. H., & Bedford, T., 2023. Optimal preventive maintenance strategy for populations of systems that generate outputs. **Reliability Engineering & System Safety,** 237, 109334.

Florian, E., Sgarbossa, F., & Zennaro, I., 2021. Machine learning-based predictive maintenance: A cost-oriented model for implementation. **International Journal of Production Economics,** 236, 108114.

Gao, F., Feng, Y., Wang, R., & Abouelmagd, E. I., 2024. Analysis of motion in RTBP with variable mass based on Loglogistic distribution. **Results in Physics,** *60*, 107637.

Han, F., Li, X., Qi, S., Wang, W., & Shi, W., 2023. Reliability analysis of wind turbine subassemblies based on the 3-P Weibull model via an ergodic artificial bee colony algorithm. **Probabilistic Engineering Mechanics,** *73*, 103476.

Hu, W., Yang, Z., Chen, C., Wu, Y., & Xie, Q., 2021. A Weibull-based recurrent regression model for repairable systems considering double effects of operation and maintenance: A case study of machine tools. **Reliability Engineering & System Safety,** *213*, 107669.

Ikonen, T.J., Mostafaei, H., Ye, Y., Bernal, D.E., Grossmann, I.E. and Harjunkoski, I., 2020. Large-scale selective maintenance optimization using bathtub-shaped failure rates. **Computers & Chemical Engineering,** *139,* p.106876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Kančev, D., & Čepin, M., 2011. Evaluation of risk and cost using an age-dependent unavailability modelling of test and maintenance for standby components. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries,** 24(2), 146-155.

Karim, M.R. and Islam, M.A., 2019. **Reliability and survival analysis.** Springer Singapore.

Kline, M. B., 1984. Suitability of the lognormal distribution for corrective maintenance repair times. **Reliability engineering,** *9*(2), 65-80.

Li, X., Gao, P., & Sun, F., 2015. Acceptance sampling plan of accelerated life testing for lognormal distribution under time-censoring. **Chinese Journal of Aeronautics,** *28*(3), 814-821.

Lopes, R., 2018. Integrated model of quality inspection, preventive maintenance and buffer stock in an imperfect production system. **Computers & Industrial Engineering,** 126, pp.650-656.

Mansor, M. A., Ohsato, A., & Sulaiman, S., 2012. Knowledge management for maintenance activities in the manufacturing sector. **International Journal of Automotive and Mechanical Engineering,** 5, 612-621.

Nakajima, S. and Shirase, K., 1992. New TPM development program for assembly process (in Japanese). **JIPM Solution**, Tokyo, Japan

Netto, Adherbal Caminada, et al. "A novel approach to defining maintenance significant items: A hydro generator case study." **Energies** 13.23, 2020: 6273.

Peng, S., Jiang, W., Wei, L., & Wang, X. L., 2022. A new cost-sharing preventive maintenance program under two-dimensional warranty. **International Journal of Production Economics,** 254, 108580.

Peng, S., Jiang, W., Huang, W., & Luo, Q., 2024. The impact of gamma usage processes on preventive maintenance policies under two-dimensional warranty. **Reliability Engineering & System Safety,** *242*, 109743.

Pyzdek, T., & Keller, P. A., 2003. **Quality engineering handbook.** CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Ramakumar, R., 1993. Engineering reliability: fundamentals and applications. **In Engineering reliability: fundamentals and applications** (pp. 482-482).

Salem, M. B., Fouladirad, M., & Deloux, E., 2022. Variance Gamma process as degradation model for prognosis and imperfect maintenance of centrifugal pumps. **Reliability Engineering & System Safety,** *223*, 108417.

Şenaras, A. E. (2019). Parameter optimization using the surface response technique in automated guided vehicles. **In Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies** (pp. 187-197). Academic Press.

Sharifi, M. and Taghipour, S., 2021. Optimal production and maintenance scheduling for a degrading multi-failure modes single-machine production environment. **Applied Soft Computing,** *106,* p.107312.

Sheu, S.H., Liu, T.H., Zhang, Z.G. and Tsai, H.N., 2018. The generalized age maintenance policies with random working times. **Reliability Engineering & System Safety,** *169*, pp.503-514.

Sgarbossa, F., Zennaro, I., Florian, E., & Persona, A., 2018. Impacts of weibull parameters estimation on preventive maintenance cost. **IFAC-PapersOnLine,** *51*(11), 508-513.

Soares, E., da Silva Lopes, I. and Pinheiro, J., 2021. Methodology to Support Maintenance Management for the Identification and Analysis of the Degradation of Equipment **Reliability. IFAC-PapersOnline,** *54(1),* pp.1272-1277.

Solution Center Minitab., 2020. **How to Identify the Distribution of Your Data using Minitab.** Retrieved April, 14, 2566 from https://www.solutioncenterminitab.com/blog/how-to-identify-the-distribution-of-_your-data-using-minitab/

Sun, H., Yang, M., & Wang, H., 2022. Resilience-based approach to maintenance asset and operational cost planning. **Process Safety and Environmental Protection,** 162, 987-997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Sun, M., Guo, K., Zhang, D., Yang, B., Sun, J., Li, D., & Huang, T., 2024. A novel exponential model for tool remaining useful life prediction. **Journal of Manufacturing Systems,** 73, 223-240.

Tambe, P.P. and Kulkarni, M.S., 2022. A reliability based integrated model of maintenance planning with quality control and production decision for improving operational performance. **Reliability Engineering & System Safety,** *226*, p.108681

Thai Glass Industries Public Company Limited. 2011. Retrieved from https://www.thaiglass.co.th/

Van der Weide, J. A., Pandey, M. D., & Van Noortwijk, J. M., 2010. Discounted cost model for condition-based maintenance optimization. **Reliability Engineering & System Safety**, *95*(3), 236-246.

Van Dijkhuizen, G., & Van Harten, A.,1998. Two-stage maintenance of a production system with exponentially distributed On-and Off-periods. **International Transactions in Operational Research,** *5*(1), 79-85.

Vanderschueren, T., Boute, R., Verdonck, T., Baesens, B., & Verbeke, W., 2023. Optimizing the preventive maintenance frequency with causal machine learning. **International Journal of Production Economics,** 258, 108798.

Wu, S. and Coolen, F.P., 2013. A cost-based importance measure for system components: An extension of the Birnbaum importance. European Journal of **Operational Research,** 225(1), pp.189-195.

Yang, D.Y., Frangopol, D.M. and Teng, J.G., 2019. Probabilistic life-cycle optimization of durability-enhancing maintenance actions: Application to FRP strengthening planning. **Engineering Structures,** *188*, pp.340-349.

Yuan, X. X., Higo, E., & Pandey, M. D., 2021. Estimation of the value of an inspection and maintenance program: A Bayesian gamma process model. **Reliability Engineering & System Safety,** *216*, 107912.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Zhao, X., Cai, J., Mizutani, S. and Nakagawa, T., 2021. Preventive replacement policies with time of operations, mission durations, minimal repairs and maintenance triggering approaches. **Journal of Manufacturing Systems,** *61,* pp.819-829.

Zhen, X., Han, Y. and Huang, Y., 2021. Optimization of preventive maintenance intervals integrating risk and cost for safety critical barriers on offshore petroleum installations. **Process Safety and Environmental Protection,** 152, pp.230-239.

Zou, G., Faber, M.H., González, A. and Banisoleiman, K., 2021. Fatigue inspection and maintenance optimization: A comparison of information value, life cycle cost and reliability-based approaches. **Ocean Engineering,** *220*, p.108286.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของอุปกรณ์ T/O arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 2213200006

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
1	7/3/2020 7:30	7/3/2020 8:15			22	1	10	45.00
2	21/8/2020 21:00	21/8/2020 21:30	00 15 12:45	167.53125	22	1	10	30.00
3	14/4/2022 1:50	14/4/2022 2:10	01 22 4:20	600.1805556	22	1	10	20.00
4	3/2/2020 12:45	3/2/2020 13:00			22	2	10	15.00
5	8/6/2021 8:15	8/6/2021 9:00	01 4 19:15	490.8020833	22	2	10	45.00
6	9/9/2021 16:20	9/9/2021 16:55	00 2 7:20	93.30555556	22	2	10	35.00
7	6/2/2022 20:00	6/2/2022 20:15	00 29 3:05	150.1284722	22	2	10	15.00
8	18/9/2022 10:10	18/9/2022 11:10	00 10 13:55	223.5798611	22	2	10	60.00
9	11/4/2020 0:20	11/4/2020 0:40			22	3	10	20.00
10	12/8/2020 0:20	12/8/2020 0:40	00 1 23:40	122.9861111	22	3	10	20.00
11	7/8/2021 5:20	7/8/2021 5:50	00 25 4:40	360.1944444	22	3	10	30.00
12	25/10/2021 17:30	25/10/2021 17:55	00 19 11:40	79.48611111	22	3	10	25.00
13	25/3/2022 15:30	25/3/2022 15:50	00 29 21:35	150.8993056	22	3	10	20.00
14	4/4/2020 1:45	4/4/2020 2:10			22	4	10	25.00
15	3/9/2021 15:20	3/9/2021 15:40	01 31 13:10	517.5486111	22	4	10	20.00
16	13/10/2021 21:45	13/10/2021 22:35			22	5	10	50.00
17	26/5/2022 19:35	26/5/2022 19:50	00 11 21:00	224.875	22	5	10	15.00
18	18/3/2019 12:40	18/3/2019 13:20			22	6	10	40.00
19	31/3/2021 15:45	31/3/2021 16:15	02 13 2:25	744.1006944	22	6	10	30.00
20	13/4/2022 3:50	13/4/2022 4:25	01 11 11:35	377.4826389	22	6	10	35.00
21	16/4/2020 15:10	16/4/2020 15:20			22	7	10	10.00
22	24/4/2020 19:35	24/4/2020 20:00	00 8 4:15	8.177083333	22	7	10	25.00
23	30/6/2021 11:00	30/6/2021 11:45	01 6 15:00	431.625	22	7	10	45.00
24	7/6/2020 2:30	7/6/2020 3:00			22	8	10	30.00
25	14/10/2019 14:20	14/10/2019 15:15			22	9	10	55.00
26	23/11/2019 22:10	23/11/2019 22:25	00 9 6:55	40.28819444	22	9	10	15.00
27	28/4/2021 12:30	28/4/2021 13:20	01 4 14:05	521.5868056	22	9	10	50.00
28	21/7/2021 8:30	21/7/2021 8:45	00 23 19:10	83.79861111	22	9	10	15.00
29	29/7/2021 18:10	29/7/2021 18:35	00 8 9:25	8.392361111	22	9	10	25.00
30	13/5/2021 15:20	13/5/2021 16:00			32	1	10	40.00
31	27/8/2021 18:40	27/8/2021 19:00	00 15 2:40	106.1111111	32	1	10	20.00
32	28/8/2021 10:25	28/8/2021 11:20	00 0 15:25	0.642361111	32	1	10	55.00
33	16/9/2022 2:35	16/9/2022 3:15	01 17 15:15	383.6354167	32	1	9	40.00
34	15/5/2019 18:40	15/5/2019 19:15			32	2	10	35.00
35	1/1/2020 14:20	1/1/2020 15:00	00 17 19:05	230.7951389	32	2	10	40.00
36	18/2/2021 14:50	18/2/2021 15:30	01 16 23:50	413.9930556	32	2	10	40.00
37	1/8/2021 3:30	1/8/2021 4:00	00 11 12:00	163.5	32	2	10	30.00
38	24/3/2022 5:10	24/3/2022 6:00	00 22 1:10	235.0486111	32	2	10	50.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 2213200006 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
41	26/7/2020 13:45	26/7/2020 14:15			34	1	10	30.00
42	17/5/2021 4:50	17/5/2021 5:05	00 20 14:35	294.6076389	34	1	10	15.00
43	18/9/2021 15:00	18/9/2021 15:20	00 3 9:55	124.4131944	34	1	10	20.00
44	26/9/2022 10:45	26/9/2022 11:05	01 6 19:25	372.8090278	34	1	10	20.00
45	15/7/2019 21:30	15/7/2019 22:40			34	2	10	70.00
46	17/12/2019 2:45	17/12/2019 3:00	00 2 4:05	154.1701389	34	2	10	15.00
47	3/9/2020 15:00	3/9/2020 15:25	00 17 12:00	261.5	34	2	10	25.00
48	2/4/2022 6:30	2/4/2022 7:00	01 28 15:05	575.6284722	34	2	10	30.00
49	16/1/2020 0:35	16/1/2020 1:00			34	3	10	25.00
50	29/5/2020 16:25	29/5/2020 17:00	00 13 15:25	134.6423611	34	3	10	35.00
51	10/8/2020 9:40	10/8/2020 10:00	00 12 16:40	72.69444444	34	3	10	20.00
52	31/10/2021 3:00	31/10/2021 3:25	01 21 17:00	446.7083333	34	3	10	25.00
53	2/7/2021 18:50	2/7/2021 19:30			34	4	10	40.00
54	18/12/2021 11:45	18/12/2021 12:15	00 16 16:15	168.6770833	34	4	10	30.00
55	29/8/2020 15:35	29/8/2020 15:50			34	5	10	15.00
56	20/12/2020 5:40	20/12/2020 6:20	00 21 13:50	112.5763889	34	5	10	40.00
57	16/5/2021 16:20	16/5/2021 16:45	00 26 10:00	147.4166667	34	5	10	25.00
58	25/12/2021 12:10	25/12/2021 12:35	00 9 19:25	222.8090278	34	5	10	25.00
59	22/4/2022 14:10	22/4/2022 15:40	00 27 1:35	118.0659722	34	5	10	90.00
60	7/6/2020 3:30	7/6/2020 4:15			34	6	10	45.00
61	23/7/2021 1:50	23/7/2021 2:20	01 13 21:35	410.8993056	34	6	10	30.00
62	24/2/2022 15:00	24/2/2022 15:50	00 3 12:40	216.5277778	34	6	10	50.00
63	27/1/2021 0:15	27/1/2021 0:45			34	8	10	30.00
64	30/5/2022 16:00	30/5/2022 16:30	01 2 15:15	488.6354167	34	8	10	30.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03218 GR22

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
1	2/1/2019 2:25	2/1/2019 2:45	79.13194444	79.13194444	43	1	8	15.04
2	4/1/2019 7:30	4/1/2019 8:00	270.4409722	270.4409722	43	1	8	30
3	3/2/2019 16:40	3/2/2019 17:00	593.1458333	593.1458333	43	1	8	30
4	4/2/2019 10:25	4/2/2019 10:40	246.5729167	246.5729167	43	1	8	25
5	12/2/2019 14:25	12/2/2019 15:10	589.0173611	589.0173611	43	3	8	24
6	24/3/2019 11:10	24/3/2019 11:25	243.2743056	243.2743056	43	3	8	40
7	16/5/2019 7:10	16/5/2019 8:00	168.4375	168.4375	43	3	8	60
8	19/7/2019 17:25	19/7/2019 17:55	98.86111111	98.86111111	43	3	8	30
9	31/7/2019 17:20	31/7/2019 17:50	3.274305556	3.274305556	43	4	8	55.04
10	6/11/2019 22:00	6/11/2019 22:25	31.43402778	31.43402778	43	4	8	40
11	10/11/2019 5:00	10/11/2019 5:55	174.4305556	174.4305556	43	4	8	30
12	11/12/2019 16:20	11/12/2019 17:00	599.2777778	599.2777778	43	4	8	40
13	12/12/2019 12:30	12/12/2019 12:50	46.64930556	46.64930556	43	4	8	20
14	12/12/2019 16:50	12/12/2019 17:45	0.166666667	0.166666667	43	5	8	55.04
15	19/12/2019 22:00	19/12/2019 22:30	220.9479167	220.9479167	43	5	8	64.96
16	3/6/2020 3:20	3/6/2020 3:50	259.2395833	259.2395833	43	5	8	20
17	20/7/2020 16:30	20/7/2020 17:35	104.1701389	104.1701389	43	5	8	92
18	28/10/2020 0:40	28/10/2020 1:15	87.36111111	87.36111111	43	5	8	50
19	28/10/2020 2:40	28/10/2020 3:10	61.05208333	61.05208333	43	5	8	35.04
20	14/1/2021 4:30	14/1/2021 5:05	92.66666667	92.66666667	43	6	8	50
21	27/2/2021 18:20	27/2/2021 18:45	530.6944444	530.6944444	43	6	8	35.04
22	5/4/2021 23:20	5/4/2021 23:40	244.2118056	244.2118056	43	6	8	12.8
23	29/6/2021 6:20	29/6/2021 6:35	358.4722222	358.4722222	43	6	8	50
24	19/7/2021 3:45	19/7/2021 5:20	32.57986111	32.57986111	43	7	8	20
25	4/8/2021 2:00	4/8/2021 2:30	178.0138889	178.0138889	43	7	8	30
26	20/9/2021 11:30	20/9/2021 12:00	454.3680556	454.3680556	43	7	8	30
27	14/10/2021 14:00	14/10/2021 14:50	327.3472222	327.3472222	43	7	8	30
28	29/10/2021 1:20	29/10/2021 2:00	229.1423611	229.1423611	43	7	8	105
29	14/12/2021 16:05	14/12/2021 16:40	37.60763889	37.60763889	43	7	8	20
30	23/1/2022 10:30	23/1/2022 11:10	100.0173611	100.0173611	43	7	8	40
31	11/3/2022 2:45	11/3/2022 3:05	79.13194444	79.13194444	43	1	8	15.04
32	7/4/2022 16:15	7/4/2022 16:40	270.4409722	270.4409722	43	1	8	30
33	15/4/2022 12:30	15/4/2022 13:30	593.1458333	593.1458333	43	1	8	30
34	7/5/2022 15:25	7/5/2022 17:10	246.5729167	246.5729167	43	1	8	25
35	14/6/2022 7:45	14/6/2022 8:05	589.0173611	589.0173611	43	3	8	24
36	22/6/2022 17:55	22/6/2022 18:45	243.2743056	243.2743056	43	3	8	40
37	23/7/2022 10:10	23/7/2022 10:40	168.4375	168.4375	43	3	8	60
38	22/9/2022 8:30	22/9/2022 9:10	98.86111111	98.86111111	43	3	8	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03530 GR05

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
1	15/7/19 5:40	15/7/19 6:10	157.2361111	157.2361111	42	1	10	30
2	25/9/20 0:15	25/9/20 0:35	437.7534722	437.7534722	42	1	10	20
3	24/12/20 7:40	24/12/20 8:15	90.29513889	90.29513889	42	1	10	35
4	2/2/21 12:00	2/2/21 12:35	40.15625	40.15625	42	1	10	35
5	5/2/19 15:05	5/2/19 15:30	30.84375	30.84375	42	2	10	25
6	16/3/19 23:30	16/3/19 23:55	39.33333333	39.33333333	42	2	10	25
7	2/6/19 20:50	2/6/19 21:15	77.87152778	77.87152778	42	2	10	25
8	3/7/19 6:20	3/7/19 6:50	30.37847222	30.37847222	42	2	10	30
9	24/8/19 14:30	24/8/19 15:00	52.31944444	52.31944444	42	2	8	30
10	18/9/19 18:40	18/9/19 19:10	25.15277778	25.15277778	42	2	10	30
11	17/11/21 18:00	17/11/21 20:20	790.9513889	790.9513889	42	2	10	140
12	12/6/21 12:25	12/6/21 13:00	110.6770833	110.6770833	42	3	10	35
13	11/2/20 0:40	11/2/20 1:10	78.62847222	78.62847222	42	4	10	30
14	13/12/20 14:50	13/12/20 15:40	306.5694444	306.5694444	42	4	10	50
15	7/4/21 18:00	7/4/21 18:50	115.0972222	115.0972222	42	4	10	50
16	7/8/21 17:10	7/8/21 17:30	121.9305556	121.9305556	42	4	10	20
17	19/9/22 14:45	19/9/22 15:45	407.8854167	407.8854167	42	4	10	60
18	20/5/19 12:45	20/5/19 13:15	109.8472222	109.8472222	42	5	10	30
19	3/7/19 11:15	3/7/19 11:35	43.91666667	43.91666667	42	5	10	20
20	27/8/19 2:10	27/8/19 2:40	54.60763889	54.60763889	42	5	10	30
21	5/11/19 0:40	5/11/19 1:10	69.91666667	69.91666667	42	5	10	30
22	15/12/19 8:30	15/12/19 9:00	40.30555556	40.30555556	42	5	10	30
23	31/5/20 1:15	31/5/20 1:40	167.6770833	167.6770833	42	5	10	25
24	25/3/21 15:00	25/3/21 15:30	298.5555556	298.5555556	42	5	10	30
25	27/8/21 21:30	27/8/21 22:00	155.25	155.25	42	5	10	30
26	15/5/22 9:50	15/5/22 10:15	719.0798611	719.0798611	42	6	10	25
27	10/3/20 6:45	10/3/20 7:25	264.7465278	264.7465278	42	7	10	40
28	10/8/20 3:25	10/8/20 3:55	152.8333333	152.8333333	42	7	10	30
29	26/10/20 10:40	26/10/20 11:10	77.28125	77.28125	42	7	10	30
30	13/1/21 22:00	13/1/21 22:40	79.45138889	79.45138889	42	7	10	40
31	5/4/21 22:15	5/4/21 22:40	81.98263889	81.98263889	42	7	10	25
32	26/7/21 6:10	26/7/21 6:40	111.3125	111.3125	42	7	10	30
33	28/7/22 8:00	28/7/22 8:30	367.0555556	367.0555556	42	7	10	30
34	10/5/22 9:25	10/5/22 9:45	634.9305556	634.9305556	42	8	10	20
35	17/6/20 13:20	17/6/20 13:55	71.14930556	71.14930556	42	9	10	35
36	11/7/21 20:20	11/7/21 21:00	389.2673611	389.2673611	42	9	10	40
37	30/6/19 8:00	30/6/19 8:20	73.34722222	73.34722222	42	10	10	20
38	11/7/19 17:45	11/7/19 18:15	11.39236111	11.39236111	42	10	10	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR01

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
1	5/9/2019 16:55	5/9/2019 17:10			51	1	12	15.00
2	20/3/2020 10:35	20/3/2020 11:00	14 17:25	196.725694	51	1	12	24.96
3	28/3/2020 13:20	28/3/2020 13:40	8 2:20	8.097222	51	1	12	20.04
4	30/3/2020 11:30	30/3/2020 11:50	1 21:50	1.909722	51	1	12	20.04
5	27/5/2020 5:20	27/5/2020 5:40	26 17:30	57.729167	51	1	12	20.04
6	17/3/2021 9:50	17/3/2021 10:00	20 4:10	294.173611	51	1	12	9.60
7	20/6/2021 12:10	20/6/2021 12:30	4 2:10	95.090278	51	1	12	18.00
8	20/12/2021 21:40	20/12/2021 22:00	1 9:10	183.381944	51	1	12	20.04
9	7/6/2022 11:25	7/6/2022 11:40	16 13:25	168.559028	51	1	12	15.00
10	8/3/2019 18:30	8/3/2019 19:05			51	2	12	35.04
11	9/5/2019 4:15	9/5/2019 4:30	1 9:10	61.381944	51	2	12	15.00
12	17/6/2019 0:30	17/6/2019 1:10	7 20:0	38.833333	51	2	12	39.96
13	4/12/2019 19:35	4/12/2019 19:55	18 18:25	170.767361	51	2	12	20.04
14	12/12/2019 19:40	12/12/2019 20:00	7 23:45	7.989583	51	2	12	20.04
15	8/3/2020 7:55	8/3/2020 8:15	26 11:55	86.496528	51	2	12	20.04
16	24/3/2020 23:30	24/3/2020 23:50	16 15:15	16.635417	51	2	12	20.04
17	21/4/2020 13:55	21/4/2020 14:10	27 14:5	27.586806	51	2	12	15.00
18	8/12/2020 5:10	8/12/2020 5:25	17 15:0	230.625000	51	2	12	15.00
19	25/3/2021 17:10	25/3/2021 17:45	16 11:45	107.489583	51	2	12	33.60
20	20/5/2021 10:35	20/5/2021 11:10	24 16:50	55.701389	51	2	12	33.60
21	6/4/2022 7:40	6/4/2022 8:00	15 20:30	320.854167	51	2	12	20.00
22	15/7/2022 0:00	15/7/2022 0:20	8 16:0	99.666667	51	2	12	20.00
23	6/4/2019 16:40	6/4/2019 17:10			51	3	12	30.00
24	25/10/2019 11:05	25/10/2019 11:30	19 17:55	201.746528	51	3	12	24.96
25	25/1/2020 16:10	25/1/2020 16:40	1 4:40	92.194444	51	3	12	30.00
26	4/3/2020 17:35	4/3/2020 17:55	8 0:55	39.038194	51	3	12	20.04
27	13/3/2020 7:10	13/3/2020 8:00	8 13:15	8.552083	51	3	12	50.04
28	28/4/2020 21:15	28/4/2020 21:35	15 13:15	46.552083	51	3	12	20.04
29	29/4/2020 7:55	29/4/2020 8:15	0 10:20	0.430556	51	3	12	20.04
30	3/5/2020 5:10	3/5/2020 5:30	3 20:55	3.871528	51	3	12	20.04
31	7/5/2020 14:35	7/5/2020 14:45	4 9:5	4.378472	51	3	12	9.96
32	9/5/2020 14:05	9/5/2020 14:15	1 23:20	1.972222	51	3	12	9.96
33	13/6/2020 0:30	13/6/2020 0:45	3 10:15	34.427083	51	3	12	15.00
34	25/8/2020 20:40	25/8/2020 21:30	13 19:55	73.829861	51	3	12	50.04
35	6/12/2020 8:05	6/12/2020 8:20	11 10:35	102.440972	51	3	12	15.00
36	25/3/2022 20:00	25/3/2022 20:15	18 11:40	474.486111	51	3	12	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR01 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
38	27/2/2019 0:00	27/2/2019 0:10	19 18:15	19.760417	51	4	12	9.96
39	11/6/2019 0:35	11/6/2019 1:00	13 0:25	104.017361	51	4	12	24.96
40	31/3/2020 2:40	31/3/2020 3:00	20 1:40	294.069444	51	4	12	20.04
41	26/4/2020 9:05	26/4/2020 9:20	26 6:5	26.253472	51	4	12	15.00
42	7/9/2020 8:40	7/9/2020 8:50	12 23:20	133.972222	51	4	12	9.96
43	16/6/2021 7:35	16/6/2021 7:55	7 22:45	281.947917	51	4	12	18.00
44	6/8/2021 4:40	6/8/2021 5:00	19 20:45	50.864583	51	4	12	20.04
45	12/5/2022 7:30	12/5/2022 7:40	5 2:30	279.104167	51	4	12	10.00
46	25/7/2019 20:25	25/7/2019 20:45			51	5	12	20.04
47	12/1/2020 11:25	12/1/2020 11:35	18 14:40	170.611111	51	5	12	9.96
48	14/1/2020 13:45	14/1/2020 14:00	2 2:10	2.090278	51	5	12	15.00
49	15/1/2020 3:50	15/1/2020 4:05	0 13:50	0.576389	51	5	12	15.00
50	29/3/2020 7:15	29/3/2020 7:35	14 3:10	74.131944	51	5	12	20.04
51	3/6/2020 1:05	3/6/2020 1:20	5 17:30	65.729167	51	5	12	15.00
52	17/7/2020 10:50	17/7/2020 11:20	13 9:30	44.395833	51	5	12	30.00
53	5/1/2022 18:10	5/1/2022 18:25	20 6:50	537.284722	51	5	12	15.00
54	6/6/2022 0:15	6/6/2022 0:30	30 5:50	151.243056	51	5	12	15.00
55	30/1/2019 13:05	30/1/2019 13:25			51	6	12	20.00
56	13/3/2020 7:30	13/3/2020 7:50	10 18:5	407.753472	51	6	12	20.04
57	3/4/2020 13:10	3/4/2020 13:30	21 5:20	21.222222	51	6	12	20.04
58	12/4/2020 21:40	12/4/2020 21:55	9 8:10	9.340278	51	6	12	15.00
59	15/4/2020 15:45	15/4/2020 16:00	2 17:50	2.743056	51	6	12	15.00
60	15/4/2020 17:35	15/4/2020 17:45	0 1:35	0.065972	51	6	12	9.96
61	3/5/2020 12:50	3/5/2020 13:00	17 19:5	17.795139	51	6	12	9.96
62	19/6/2020 20:30	19/6/2020 20:40	16 7:30	47.312500	51	6	12	9.96
63	9/7/2020 20:20	9/7/2020 20:35	19 23:40	19.986111	51	6	12	15.00
64	17/12/2020 7:20	17/12/2020 8:00	8 10:45	160.447917	51	6	12	39.96
65	11/2/2021 5:35	11/2/2021 5:55	24 21:35	55.899306	51	6	12	18.00
66	26/3/2022 13:40	26/3/2022 14:00	11 7:45	408.322917	51	6	12	20.00
67	16/8/2019 20:35	16/8/2019 20:45			51	7	12	9.96
68	17/10/2019 13:50	17/10/2019 14:00	1 17:5	61.711806	51	7	12	9.96
69	11/5/2020 19:30	11/5/2020 19:50	25 5:30	207.229167	51	7	12	20.04
70	27/7/2020 18:15	27/7/2020 18:35	16 22:25	76.934028	51	7	12	20.04
71	26/8/2020 9:25	26/8/2020 10:10	29 14:50	29.618056	51	7	12	45.00
72	8/9/2022 11:00	8/9/2022 11:10	12 0:50	743.034722	51	7	12	10.00
73	17/1/2019 19:00	17/1/2019 19:10			51	8	12	10.00
74	4/3/2019 5:25	4/3/2019 5:40	14 10:15	45.427083	51	8	12	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR01 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
75	29/4/2020 17:50	29/4/2020 18:00	25 12:10	422.506944	51	8	12	9.96
76	7/5/2020 3:50	7/5/2020 4:00	7 9:50	7.409722	51	8	12	9.96
77	8/5/2020 0:00	8/5/2020 0:15	0 20:0	0.833333	51	8	12	15.00
78	7/11/2020 17:30	7/11/2020 17:45	1 17:15	183.718750	51	8	12	15.00
79	1/3/2021 13:30	1/3/2021 13:45	22 19:45	113.822917	51	8	12	15.00
80	15/5/2021 11:35	15/5/2021 11:50	14 21:50	74.909722	51	8	12	15.00
81	14/8/2021 0:25	14/8/2021 0:45	30 12:35	90.524306	51	8	12	20.04
82	24/9/2021 19:50	24/9/2021 20:10	10 19:5	41.795139	51	8	12	20.04
83	29/6/2022 0:40	29/6/2022 1:00	3 4:30	277.187500	51	8	12	20.00
84	5/11/2019 17:45	5/11/2019 18:45			51	9	12	60.00
85	3/5/2020 21:45	3/5/2020 22:00	28 3:0	180.125000	51	9	12	15.00
86	27/6/2020 13:10	27/6/2020 13:30	23 15:10	54.631944	51	9	12	20.04
87	13/7/2020 6:10	13/7/2020 6:35	15 16:40	15.694444	51	9	12	24.96
88	9/8/2020 12:35	9/8/2020 13:00	27 6:0	27.250000	51	9	12	24.96
89	27/6/2021 15:00	27/6/2021 15:30	17 2:0	322.083333	51	9	12	30.00
90	5/8/2021 17:05	5/8/2021 17:20	8 1:35	39.065972	51	9	12	15.00
91	25/9/2021 18:20	25/9/2021 18:50	20 1:0	51.041667	51	9	12	30.00
92	5/4/2022 1:05	5/4/2022 1:25	9 6:15	191.260417	51	9	12	20.00
93	9/2/2019 2:45	9/2/2019 3:00			51	10	12	15.00
94	18/3/2019 9:00	18/3/2019 9:15	6 6:0	37.250000	51	10	12	15.00
95	10/7/2019 0:00	10/7/2019 0:15	22 14:45	113.614583	51	10	12	15.00
96	14/9/2019 12:00	14/9/2019 12:50	6 11:45	66.489583	51	10	12	50.04
97	21/4/2020 14:10	21/4/2020 14:25	7 1:20	220.055556	51	10	12	15.00
98	8/11/2020 15:35	8/11/2020 16:15	19 1:10	201.048611	51	10	12	39.96
99	21/11/2020 22:20	21/11/2020 22:40	13 6:5	13.253472	51	10	12	20.04
100	13/5/2021 22:00	13/5/2021 22:40	20 23:20	172.972222	51	10	12	36.00
101	7/7/2021 19:55	7/7/2021 21:00	23 21:15	54.885417	51	10	12	60.00
102	28/7/2021 14:00	28/7/2021 14:15	20 17:0	20.708333	51	10	12	15.00
103	29/4/2022 0:25	29/4/2022 0:40	30 10:10	274.423611	51	10	12	15.00
104	10/6/2019 12:00	10/6/2019 12:20			51	11	12	20.04
105	16/11/2019 7:20	16/11/2019 7:35	6 19:0	158.791667	51	11	12	15.00
106	13/2/2020 22:45	13/2/2020 23:00	29 15:10	89.631944	51	11	12	15.00
107	18/4/2020 21:55	18/4/2020 22:10	4 22:55	64.954861	51	11	12	15.00
108	6/6/2020 12:40	6/6/2020 12:55	17 14:30	48.604167	51	11	12	15.00
109	7/7/2020 12:20	7/7/2020 12:40	30 23:25	30.975694	51	11	12	20.04
110	9/7/2021 20:05	9/7/2021 20:20	1 7:25	367.309028	51	11	12	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR01 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
111	6/9/2021 4:40	6/9/2021 4:55	27 8:20	58.347222	51	11	12	15.00
112	6/9/2021 4:40	6/9/2021 4:55			51	11	12	15.00
113	22/1/2022 20:30	22/1/2022 20:50	17 15:35	138.649306	51	11	12	20.00
114	19/2/2022 18:40	19/2/2022 18:55	27 21:50	27.909722	51	11	12	15.00
115	13/5/2022 1:05	13/5/2022 1:20	22 6:10	82.256944	51	11	12	15.00
116	22/9/2020 10:10	22/9/2020 10:25			51	12	12	15.00
117	5/3/2022 5:15	5/3/2022 5:30	11 18:50	528.784722	51	12	12	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
1	17/4/2019 22:00	17/4/2019 22:40	36.42361111	36.42361111	31	1	10	40
2	2/7/2019 10:10	2/7/2019 10:30	75.47916667	75.47916667	31	1	10	20
3	20/12/2019 12:05	20/12/2019 12:35	171.0659722	171.0659722	31	1	10	30
4	20/12/2019 13:30	20/12/2019 13:45	0.038194444	0.038194444	31	1	10	15
5	29/2/2020 5:25	29/2/2020 6:00	70.65277778	70.65277778	31	1	10	35
6	24/3/2020 20:35	24/3/2020 21:20	24.60763889	24.60763889	31	1	10	45
7	14/4/2020 16:40	14/4/2020 17:05	20.80555556	20.80555556	31	1	10	25
8	29/4/2020 3:45	29/4/2020 4:20	14.44444444	14.44444444	31	1	10	35
9	4/5/2020 23:30	5/5/2020 0:20	5.798611111	5.798611111	31	1	10	50
10	24/5/2021 15:30	24/5/2021 15:50	384.6319444	384.6319444	31	1	10	20
11	13/4/2019 19:00	13/4/2019 19:55	48.84722222	48.84722222	31	2	10	55
12	24/4/2019 17:00	24/4/2019 17:40	10.87847222	10.87847222	31	2	10	40
13	25/5/2019 11:40	25/5/2019 12:00	30.75	30.75	31	2	10	20
14	10/6/2019 3:40	10/6/2019 4:15	15.65277778	15.65277778	31	2	10	35
15	2/7/2019 11:00	2/7/2019 11:20	22.28125	22.28125	31	2	10	20
16	18/8/2019 5:30	18/8/2019 6:25	46.75694444	46.75694444	31	2	10	55
17	1/10/2019 22:00	1/10/2019 22:25	44.64930556	44.64930556	31	2	10	25
18	23/1/2020 9:00	23/1/2020 9:35	113.4409722	113.4409722	31	2	10	35
19	6/3/2020 20:10	6/3/2020 21:40	43.44097222	43.44097222	31	2	10	90
20	24/4/2020 11:15	24/4/2020 11:30	48.56597222	48.56597222	31	2	10	15
21	24/4/2020 13:30	24/4/2020 14:40	0.083333333	0.083333333	31	2	10	70
22	22/8/2020 16:55	22/8/2020 17:15	120.09375	120.09375	31	2	10	20
23	17/12/2020 9:40	17/12/2020 10:25	116.6840278	116.6840278	31	2	10	45
24	3/7/2021 14:00	3/7/2021 14:55	198.1493056	198.1493056	31	2	10	55
25	21/7/2021 21:00	21/7/2021 21:30	18.25347222	18.25347222	31	2	10	30
26	28/4/2022 0:25	28/4/2022 1:35	280.1215278	280.1215278	31	2	10	70
27	20/8/2021 8:30	20/8/2021 9:00	768.5034722	768.5034722	31	3	10	30
28	16/12/2021 1:20	16/12/2021 2:00	117.6805556	117.6805556	31	3	10	40
29	16/1/2022 20:00	16/1/2022 20:40	31.75	31.75	31	3	10	40
30	1/12/2019 8:00	1/12/2019 8:35	304.3541667	304.3541667	31	4	10	35
31	9/2/2020 1:30	9/2/2020 2:00	69.70486111	69.70486111	31	4	10	30
32	9/2/2020 18:20	9/2/2020 18:45	0.680555556	0.680555556	31	4	10	25
33	9/4/2020 10:50	9/4/2020 11:25	59.67013889	59.67013889	31	4	10	35
34	24/6/2020 9:50	24/6/2020 11:30	75.93402778	75.93402778	31	4	10	100
35	12/12/2020 15:50	12/12/2020 16:40	171.1805556	171.1805556	31	4	10	50
36	10/8/2022 5:00	10/8/2022 5:30	605.5138889	605.5138889	31	4	10	30
37	21/2/2019 1:20	21/2/2019 1:55	19.76388889	19.76388889	31	5	10	35
38	8/3/2019 16:10	8/3/2019 16:30	15.59375	15.59375	31	5	10	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
39	25/5/2019 17:20	25/5/2019 18:00	78.03472222	78.03472222	31	5	10	40
40	17/6/2019 4:30	17/6/2019 5:20	22.4375	22.4375	31	5	10	50
41	30/8/2019 0:00	30/8/2019 0:55	73.77777778	73.77777778	31	5	10	55
42	8/11/2019 14:25	8/11/2019 15:10	70.5625	70.5625	31	5	10	45
43	9/12/2019 17:10	9/12/2019 17:40	31.08333333	31.08333333	31	5	10	30
44	9/12/2019 18:15	9/12/2019 18:55	0.024305556	0.024305556	31	5	10	40
45	3/2/2020 7:00	3/2/2020 7:30	55.50347222	55.50347222	31	5	10	30
46	4/2/2020 6:45	4/2/2020 7:00	0.96875	0.96875	31	5	10	15
47	5/2/2020 17:30	5/2/2020 17:45	1.4375	1.4375	31	5	10	15
48	5/8/2020 23:50	6/8/2020 0:30	182.2534722	182.2534722	31	5	10	40
49	9/10/2020 10:15	9/10/2020 11:00	64.40625	64.40625	31	5	10	45
50	6/11/2020 22:30	6/11/2020 23:30	28.47916667	28.47916667	31	5	10	60
51	27/2/2021 0:40	27/2/2021 1:25	112.0486111	112.0486111	31	5	10	45
52	27/2/2021 15:00	27/2/2021 15:45	0.565972222	0.565972222	31	5	10	45
53	25/6/2021 16:50	25/6/2021 18:20	118.0451389	118.0451389	31	5	10	90
54	18/7/2021 1:50	18/7/2021 2:30	22.3125	22.3125	31	5	10	40
55	5/8/2021 1:05	5/8/2021 2:00	17.94097222	17.94097222	31	5	10	55
56	18/10/2021 21:40	18/10/2021 22:55	74.81944444	74.81944444	31	5	10	75
57	12/11/2021 16:25	12/11/2021 16:55	24.72916667	24.72916667	31	5	10	30
58	16/11/2021 14:00	16/11/2021 14:15	3.878472222	3.878472222	31	5	10	15
59	25/1/2022 11:00	25/1/2022 11:50	69.86458333	69.86458333	31	5	10	50
60	30/1/2022 21:00	30/1/2022 21:40	5.381944444	5.381944444	31	5	10	40
61	5/2/2022 19:20	5/2/2022 19:55	5.902777778	5.902777778	31	5	10	35
62	17/2/2022 16:20	17/2/2022 16:30	11.85069444	11.85069444	31	5	10	10
63	6/3/2022 3:35	6/3/2022 4:20	16.46180556	16.46180556	31	5	10	45
64	6/3/2020 5:25	6/3/2020 6:05	419.5520833	419.5520833	31	6	10	40
65	17/3/2020 15:00	17/3/2020 15:15	11.37152778	11.37152778	31	6	10	15
66	17/4/2020 3:30	17/4/2020 4:05	30.51041667	30.51041667	31	6	10	35
67	22/5/2020 5:10	22/5/2020 5:45	35.04513889	35.04513889	31	6	10	35
68	31/7/2020 22:25	31/7/2020 22:55	70.69444444	70.69444444	31	6	10	30
69	3/8/2020 0:00	3/8/2020 0:40	2.045138889	2.045138889	31	6	10	40
70	8/4/2021 17:35	8/4/2021 18:15	248.7048611	248.7048611	31	6	10	40
71	12/5/2021 14:00	12/5/2021 14:25	33.82291667	33.82291667	31	6	10	25
72	15/8/2022 14:10	15/8/2022 14:40	459.9895833	459.9895833	31	6	10	30
73	25/8/2022 16:20	25/8/2022 17:00	10.06944444	10.06944444	31	6	10	40
74	17/2/2019 12:40	17/2/2019 13:10	29.15277778	29.15277778	31	7	10	30
75	22/3/2019 6:20	22/3/2019 6:45	32.71527778	32.71527778	31	7	10	25
76	14/4/2019 2:40	14/4/2019 3:20	22.82986111	22.82986111	31	7	10	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
77	21/5/2019 0:10	21/5/2019 1:00	36.86805556	36.86805556	31	7	10	50
78	21/5/2019 1:10	21/5/2019 1:35	0.006944444	0.006944444	31	7	10	25
79	5/6/2019 14:10	5/6/2019 14:30	15.52430556	15.52430556	31	7	10	20
80	1/7/2019 20:35	1/7/2019 21:05	26.25347222	26.25347222	31	7	10	30
81	15/2/2020 8:00	15/2/2020 8:25	228.4548611	228.4548611	31	7	10	25
82	19/7/2020 16:00	19/7/2020 17:00	155.3159722	155.3159722	31	7	10	60
83	17/3/2021 9:00	17/3/2021 9:20	240.6666667	240.6666667	31	7	10	20
84	13/7/2021 1:50	13/7/2021 2:40	117.6875	117.6875	31	7	10	50
85	11/4/2019 12:25	11/4/2019 12:50	0.027777778	0.027777778	31	8	10	25
86	11/4/2019 17:30	11/4/2019 17:55	0.194444444	0.194444444	31	8	10	25
87	1/5/2019 18:05	1/5/2019 18:25	20.00694444	20.00694444	31	8	10	20
88	31/5/2019 9:10	31/5/2019 9:20	29.61458333	29.61458333	31	8	10	10
89	28/7/2019 16:50	28/7/2019 17:00	58.3125	58.3125	31	8	10	10
90	5/8/2019 8:00	5/8/2019 8:15	7.625	7.625	31	8	10	15
91	11/9/2019 12:00	11/9/2019 12:20	37.15625	37.15625	31	8	10	20
92	6/3/2020 3:30	6/3/2020 4:20	176.6319444	176.6319444	31	8	10	50
93	14/4/2020 11:10	14/4/2020 11:25	39.28472222	39.28472222	31	8	10	15
94	12/6/2020 0:55	12/6/2020 1:10	58.5625	58.5625	31	8	10	15
95	1/7/2020 10:40	1/7/2020 10:55	19.39583333	19.39583333	31	8	10	15
96	15/8/2020 8:30	15/8/2020 9:20	44.89930556	44.89930556	31	8	10	50
97	1/9/2020 8:30	1/9/2020 9:30	16.96527778	16.96527778	31	8	10	60
98	13/9/2020 16:05	13/9/2020 16:45	12.27430556	12.27430556	31	8	10	40
99	2/6/2021 8:30	2/6/2021 9:20	261.65625	261.65625	31	8	10	50
100	2/10/2021 20:05	2/10/2021 20:30	122.4479167	122.4479167	31	8	10	25
101	17/2/2022 2:10	17/2/2022 2:45	137.2361111	137.2361111	31	8	10	35
102	30/3/2022 1:50	30/3/2022 2:30	40.96180556	40.96180556	31	8	10	40
103	6/6/2022 19:00	6/6/2022 20:15	68.6875	68.6875	31	8	10	75
104	25/3/2019 20:50	25/3/2019 21:25	49.19097222	49.19097222	31	9	10	35
105	24/6/2019 15:00	24/6/2019 15:35	90.73263889	90.73263889	31	9	10	35
106	30/7/2019 2:25	30/7/2019 3:00	35.45138889	35.45138889	31	9	10	35
107	20/3/2021 7:00	20/3/2021 8:10	599.1666667	599.1666667	31	9	10	60
108	3/8/2021 17:00	3/8/2021 17:30	136.3680556	136.3680556	31	9	10	30
109	29/11/2021 0:45	29/11/2021 1:00	117.3020833	117.3020833	31	9	10	15
110	2/2/2019 9:30	2/2/2019 10:00	12.01388889	12.01388889	31	10	10	30
111	15/3/2019 15:30	15/3/2019 16:10	41.22916667	41.22916667	31	10	10	40
112	15/3/2019 18:05	15/3/2019 18:25	0.079861111	0.079861111	31	10	10	20
113	16/8/2019 16:30	16/8/2019 17:00	153.9201389	153.9201389	31	10	10	30
114	5/2/2020 22:00	5/2/2020 22:30	173.2083333	173.2083333	31	10	10	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
121	8/6/2020 14:00	8/6/2020 14:35	5.552083333	5.552083333	31	10	10	35
122	27/6/2020 20:10	27/6/2020 21:00	19.23263889	19.23263889	31	10	10	50
123	30/11/2020 13:45	30/11/2020 14:05	155.6979167	155.6979167	31	10	10	20
124	30/11/2020 14:40	30/11/2020 14:55	0.024305556	0.024305556	31	10	10	15
125	30/11/2020 17:35	30/11/2020 18:20	0.111111111	0.111111111	31	10	10	45
126	19/4/2021 2:15	19/4/2021 2:50	139.3298611	139.3298611	31	10	10	35
127	15/9/2019 16:40	15/9/2019 17:10	249.8923611	249.8923611	33	1	8	30
128	8/6/2020 4:50	8/6/2020 5:15	266.4861111	266.4861111	33	1	8	25.04
129	11/4/2021 20:50	11/4/2021 21:20	307.6493056	307.6493056	33	1	8	28
130	4/11/2021 21:35	4/11/2021 22:20	207.0104167	207.0104167	33	1	8	45.04
131	15/5/2022 0:50	15/5/2022 1:45	191.1041667	191.1041667	33	1	8	55
132	30/7/2022 19:20	30/7/2022 20:00	76.73263889	76.73263889	33	1	8	40
133	31/8/2022 17:35	31/8/2022 18:05	31.89930556	31.89930556	33	1	8	30
134	24/9/2022 9:10	24/9/2022 10:00	23.62847222	23.62847222	33	1	8	50
135	25/9/2022 7:30	25/9/2022 8:00	0.895833333	0.895833333	33	1	8	30
136	7/5/2020 7:00	7/5/2020 7:40	269.625	269.625	33	2	8	40
137	23/5/2020 23:35	24/5/2020 0:25	16.66319444	16.66319444	33	2	8	40
138	6/7/2020 20:10	6/7/2020 20:40	43.82291667	43.82291667	33	2	8	30
139	25/7/2020 2:50	25/7/2020 3:20	18.25694444	18.25694444	33	2	8	30
140	17/8/2020 22:20	17/8/2020 23:10	23.79166667	23.79166667	33	2	8	50
141	1/9/2020 14:45	1/9/2020 15:35	14.64930556	14.64930556	33	2	8	50
142	22/9/2020 14:20	22/9/2020 14:40	20.94791667	20.94791667	33	2	8	20
143	30/10/2020 14:15	30/10/2020 14:50	37.98263889	37.98263889	33	2	8	35.04
144	2/2/2021 9:40	2/2/2021 10:00	94.78472222	94.78472222	33	2	8	20
145	17/5/2021 23:00	17/5/2021 23:30	104.5416667	104.5416667	33	2	8	28
146	28/2/2022 8:00	28/2/2022 8:45	286.3541667	286.3541667	33	2	8	45
147	10/6/2019 21:25	10/6/2019 22:10	62.70833333	62.70833333	33	3	8	45.04
148	14/8/2019 21:15	14/8/2019 21:50	64.96180556	64.96180556	33	3	8	35.04
149	27/3/2020 2:40	27/3/2020 3:20	225.2013889	225.2013889	33	3	8	40
150	2/11/2020 23:45	3/11/2020 0:15	220.8506944	220.8506944	33	3	8	24
151	20/12/2020 5:40	20/12/2020 6:25	47.22569444	47.22569444	33	3	8	45
152	26/1/2021 12:50	26/1/2021 13:10	37.26736111	37.26736111	33	3	8	20
153	23/2/2021 13:30	23/2/2021 14:20	28.01388889	28.01388889	33	3	8	48
154	28/3/2021 18:30	28/3/2021 19:10	33.17361111	33.17361111	33	3	8	40
155	19/5/2021 21:30	19/5/2021 21:50	52.09722222	52.09722222	33	3	8	20
156	13/8/2021 8:00	13/8/2021 8:40	85.42361111	85.42361111	33	3	8	40
157	22/1/2022 2:40	22/1/2022 3:35	161.75	161.75	33	3	8	55
158	11/5/2022 15:40	11/5/2022 16:30	109.5034722	109.5034722	33	3	8	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
159	6/4/2020 2:10	6/4/2020 4:10	365.0902778	365.0902778	33	4	8	120
160	10/3/2021 1:00	10/3/2021 1:40	337.8680556	337.8680556	33	4	8	40
161	26/7/2022 18:50	26/7/2022 19:40	503.7152778	503.7152778	33	4	8	50
162	15/7/2019 5:50	15/7/2019 6:20	35.93055556	35.93055556	33	5	8	30
163	14/12/2019 22:50	14/12/2019 23:25	152.6875	152.6875	33	5	8	35.04
164	26/5/2020 1:40	26/5/2020 2:20	163.09375	163.09375	33	5	8	40
165	24/7/2020 10:30	24/7/2020 11:00	59.34027778	59.34027778	33	5	8	30
166	13/9/2020 18:10	13/9/2020 18:30	51.29861111	51.29861111	33	5	8	20
167	1/5/2021 12:40	1/5/2021 13:10	229.7569444	229.7569444	33	5	8	28
168	16/6/2021 21:20	16/6/2021 22:00	46.34027778	46.34027778	33	5	8	40
169	7/10/2021 13:45	7/10/2021 14:10	112.65625	112.65625	33	5	8	25.04
170	19/10/2019 23:00	19/10/2019 23:20	18.59375	18.59375	33	6	8	20
171	8/9/2020 2:10	8/9/2020 2:35	324.1180556	324.1180556	33	6	8	25.04
172	25/5/2022 2:50	25/5/2022 3:35	624.0104167	624.0104167	33	6	8	45
173	25/2/2021 1:45	25/2/2021 2:30	166.28125	166.28125	33	8	8	44
174	1/10/2021 11:50	1/10/2021 12:20	218.3888889	218.3888889	33	8	8	30
175	8/4/2022 13:25	8/4/2022 14:00	189.0451389	189.0451389	33	8	8	35
176	8/2/2020 19:40	8/2/2020 20:20	217.0868056	217.0868056	41	1	10	40
177	2/11/2020 21:40	2/11/2020 22:05	268.0555556	268.0555556	41	1	10	25
178	4/9/2020 15:20	4/9/2020 16:00	83.3125	83.3125	41	2	10	40
179	7/9/2020 10:45	7/9/2020 11:30	2.78125	2.78125	41	2	10	45
180	13/2/2021 11:20	13/2/2021 11:45	158.9930556	158.9930556	41	2	10	25
181	9/4/2022 13:50	9/4/2022 14:20	420.0868056	420.0868056	41	2	10	30
182	24/5/2022 9:30	24/5/2022 10:25	44.79861111	44.79861111	41	2	10	55
183	26/6/2020 21:55	26/6/2020 22:30	384.4965278	384.4965278	41	3	10	35
184	6/7/2022 16:25	6/7/2022 16:55	739.7465278	739.7465278	41	3	8	30
185	29/1/2021 3:40	29/1/2021 4:15	50.08333333	50.08333333	41	4	10	35
186	29/3/2021 12:50	29/3/2021 14:00	59.35763889	59.35763889	41	4	10	70
187	12/4/2020 2:00	12/4/2020 3:15	316.4930556	316.4930556	41	5	10	75
188	31/5/2021 9:40	31/5/2021 10:30	414.2673611	414.2673611	41	5	10	50
189	19/7/2022 15:00	19/7/2022 15:50	414.1875	414.1875	41	5	8	50
190	5/3/2019 18:30	5/3/2019 18:40	2.53125	2.53125	41	6	10	10
191	6/3/2019 7:10	6/3/2019 7:40	0.520833333	0.520833333	41	6	10	30
192	13/5/2019 15:15	13/5/2019 16:00	68.31597222	68.31597222	41	6	10	45
193	14/5/2019 14:20	14/5/2019 15:40	0.930555556	0.930555556	41	6	10	80
194	1/10/2019 8:10	1/10/2019 8:40	139.6875	139.6875	41	6	10	30
195	15/12/2020 6:40	15/12/2020 6:55	440.9166667	440.9166667	41	6	10	15
196	16/4/2021 17:20	16/4/2021 17:50	122.4340278	122.4340278	41	6	10	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 รายละเอียดจำนวนการซ่อมและต้นทุนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ OIS-03697 GR05 (ต่อ)

อันดับ	วันและเวลาสิ้นสุด i	วันและเวลาเริ่มต้นทำงานครั้งถัดไป I+1	เวลา (วัน ชั่วโมง: นาที)	อายุการใช้งาน (วัน)	ไลน์ผลิต	Section	Section ย่อย	เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (นาที)
197	2/5/2021 21:30	2/5/2021 22:00	16.15277778	16.15277778	41	6	10	30
198	12/1/2022 21:45	12/1/2022 22:15	254.9895833	254.9895833	41	6	10	30
199	25/11/2019 3:40	25/11/2019 4:10	277.0486111	277.0486111	41	7	10	30
200	27/7/2020 20:00	27/7/2020 20:40	245.6597222	245.6597222	41	7	10	40
201	12/3/2021 17:20	12/3/2021 18:00	227.8611111	227.8611111	41	7	10	40
202	11/4/2022 14:05	11/4/2022 14:40	394.8368056	394.8368056	41	7	10	35
203	29/8/2019 0:00	29/8/2019 1:10	189.875	189.875	41	8	10	70
204	8/4/2020 13:30	8/4/2020 14:05	223.5138889	223.5138889	41	8	10	35
205	17/8/2020 5:10	17/8/2020 5:25	130.6284722	130.6284722	41	8	10	15
206	5/9/2020 5:50	5/9/2020 6:25	19.01736111	19.01736111	41	8	10	35
207	8/9/2020 20:05	8/9/2020 20:55	3.569444444	3.569444444	41	8	10	50
208	15/9/2020 20:00	15/9/2020 21:15	6.961805556	6.961805556	41	8	10	75
209	15/12/2020 16:35	15/12/2020 17:10	90.80555556	90.80555556	41	8	10	35
210	4/1/2021 13:30	4/1/2021 14:00	19.84722222	19.84722222	41	8	10	30
211	28/1/2021 3:00	28/1/2021 3:40	23.54166667	23.54166667	41	8	10	40
212	31/1/2021 5:20	31/1/2021 5:50	3.069444444	3.069444444	41	8	10	30
213	4/4/2022 22:10	4/4/2022 22:40	428.6805556	428.6805556	41	8	10	30
214	4/1/2020 10:05	4/1/2020 10:15	126.90625	126.90625	41	9	10	10
215	9/2/2020 15:20	9/2/2020 16:15	36.21180556	36.21180556	41	9	10	55
216	22/8/2020 12:10	22/8/2020 13:00	194.8298611	194.8298611	41	9	10	50
217	8/6/2021 8:30	8/6/2021 9:00	289.8125	289.8125	41	9	10	30
218	27/6/2021 14:30	27/6/2021 15:00	19.22916667	19.22916667	41	9	10	30
219	2/6/2019 3:00	2/6/2019 3:15	53.79861111	53.79861111	41	10	10	15
220	2/6/2019 4:30	2/6/2019 5:00	0.052083333	0.052083333	41	10	10	30
221	17/12/2020 21:10	17/12/2020 21:25	564.6736111	564.6736111	41	10	10	15
222	21/10/2021 10:00	21/10/2021 10:30	307.5243056	307.5243056	41	10	10	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าสำหรับอายุการใช้งาน และเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของสำหรับอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 2213200006

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน (Lifetime)

เมื่อพิจารณาอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Use all distributions and transformations” จะสามารถวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทุกรูปแบบได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.1

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1.025	0.010	
Box-Cox Transformation	0.424	0.305	
Lognormal	2.630	<0.005	
3-Parameter Lognormal	0.489	*	0.000
Exponential	1.602	0.023	
2-Parameter Exponential	1.724	0.011	1.000
Weibull	0.669	0.078	
3-Parameter Weibull	0.467	0.259	0.216
Smallest Extreme Value	1.609	<0.010	
Largest Extreme Value	0.566	0.150	
Gamma	0.915	0.024	
3-Parameter Gamma	0.480	*	0.158
Logistic	1.029	<0.005	
Loglogistic	1.144	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	0.503	*	0.003
Johnson Transformation	0.366	0.420	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	247.41212		168.29526	
Box-Cox Transformation*	14.60356		5.91449	
Lognormal*	5.08937		1.29602	
3-Parameter Lognormal	5.92643		0.41915	-160.79071
Exponential			247.41212	
2-Parameter Exponential			252.78845	-5.37641
Weibull		1.32095	265.51064	
3-Parameter Weibull		1.55034	289.19250	-13.49625
Smallest Extreme Value	333.98834		168.99277	
Largest Extreme Value	168.94934		133.75120	
Gamma		1.32767	186.35010	
3-Parameter Gamma		3.60930	90.25471	-78.35067
Logistic	234.28767		98.91666	
Loglogistic	5.28236		0.58251	
3-Parameter Loglogistic	5.72481		0.30727	-95.85033
Johnson Transformation*	-0.08203		1.01398	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.1 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 2213200006

จากรูปที่ ข.1 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

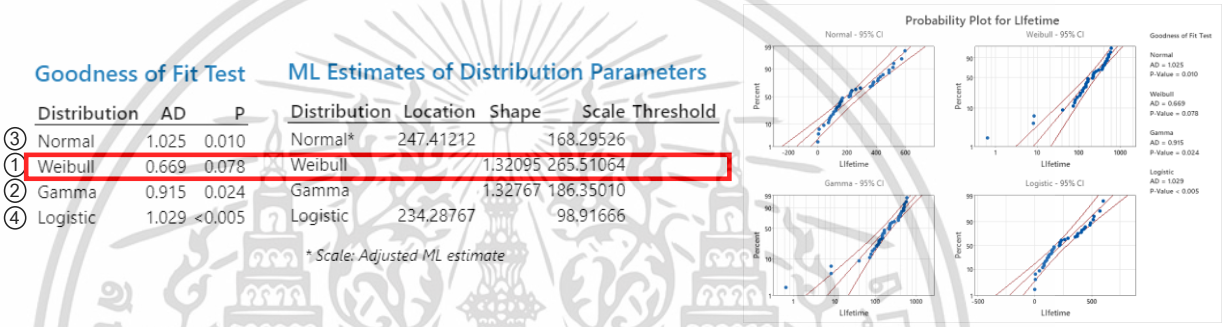
-3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull, 3-Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที 3)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lognormal, Exponential และ Loglogistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Normal, Weibull, Gamma และ Logistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.2 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
③	Normal	1.025	0.010
①	Weibull	0.669	0.078
②	Gamma	0.915	0.024
④	Logistic	1.029	<0.005

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	247.41212		168.29526	
Weibull		1.32095	265.51064	
Gamma		1.32767	186.35010	
Logistic	234.28767		98.91666	

* Scale: Adjusted ML estimate

รูปที่ ข.2 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น 2213200006

จากรูปที่ ข.2 พบว่าการแจกแจงอายุการใช้งานที่สามารถนำมาใช้งานได้ มีดังนี้

- Normal มีค่า AD เท่ากับ 1.025 ค่า P-Value เท่ากับ 0.010 ค่า Location เท่ากับ 247.41212 และค่า Scale เท่ากับ 168.29526 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Normal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 0.669 ค่า P-Value เท่ากับ 0.078 ค่า Shape เท่ากับ 1.32095 และค่า Scale เท่ากับ 265.51064 ซึ่งแตกต่างจากค่าของการแจกแจง Normal ที่ P-Value มีค่าเพียง 0.010 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการแจกแจงแบบ Weibull จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.915 ค่า P-Value เท่ากับ 0.024 ค่า Shape เท่ากับ 1.32767 และค่า Scale เท่ากับ 186.35010 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Logistic มีค่า AD เท่ากับ 1.029 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 234.28767 และค่า Scale เท่ากับ 99.91666 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Logistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Weibull เพราะ ค่า AD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ในการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ (Equipment Degradation Analysis) การแจกแจง Weibull สามารถใช้โมเดลการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ และช่วยในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพและการล้มเหลวในอนาคต (Sgarbossa et al., 2018), (Han et al., 2023) และ (Hu et al., 2021)

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.3

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1.118	0.006	
Box-Cox Transformation	0.635	0.091	
Lognormal	0.635	0.091	
3-Parameter Lognormal	0.728	*	0.372
Exponential	7.370	<0.003	
2-Parameter Exponential	1.378	0.029	0.000
Weibull	0.891	0.021	
3-Parameter Weibull	1.115	0.007	0.001
Smallest Extreme Value	1.921	<0.010	
Largest Extreme Value	0.729	0.052	
Gamma	0.717	0.066	
3-Parameter Gamma	1.484	*	0.004
Logistic	1.018	<0.005	
Loglogistic	0.683	0.044	
3-Parameter Loglogistic	0.787	*	0.283
Johnson Transformation	0.542	0.155	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	29.88095		12.07134	
Box-Cox Transformation*	3.31970		0.39858	
Lognormal*	3.31970		0.39858	
3-Parameter Lognormal	2.93653		0.57223	7.87777
Exponential			29.88095	
2-Parameter Exponential			15.24390	14.63705
Weibull		2.68773	33.70773	
3-Parameter Weibull		1.13173	16.06949	14.43472
Smallest Extreme Value	36.20699		12.96509	
Largest Extreme Value	24.37810		9.18797	
Gamma		6.61187	4.51929	
3-Parameter Gamma		0.94692	16.02970	14.70204
Logistic	28.75462		6.88129	
Loglogistic	3.31471		0.23481	
3-Parameter Loglogistic	2.81675		0.39243	10.04362
Johnson Transformation*	0.06833		0.88666	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.3 การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 2213200006

จากรูปที่ ข.3 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

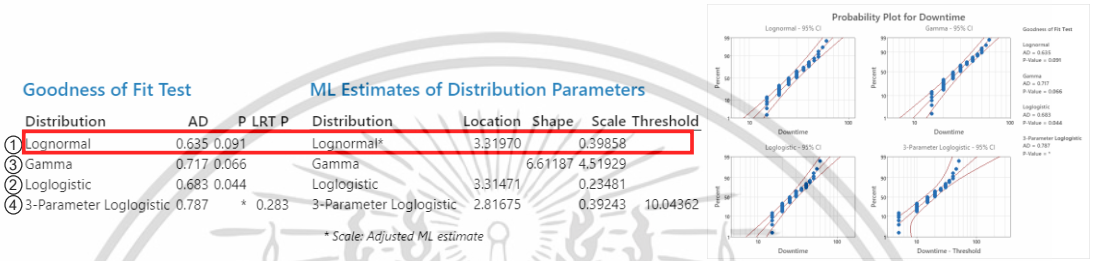
- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

- Normal, 3- Parameter Lognormal, Exponential, 2- Parameter Exponential, Weibull, 3-Parameter Weibull, 3-Parameter Gamma และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, Gamma, Loglogistic และ 3Parameter Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.4 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



รูปที่ ข.4 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 2213200006

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 0.635 ค่า P-Value เท่ากับ 0.091 ค่า Location เท่ากับ 3.31970 และค่า Scale เท่ากับ 0.39858 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ Lognormal จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.717 ค่า P-Value เท่ากับ 0.066 ค่า Shape เท่ากับ 6.61187 และค่า Scale เท่ากับ 4.51929 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 0.683 ค่า P-Value เท่ากับ 0.044 ค่า Location เท่ากับ 3.31471 และค่า Scale เท่ากับ 0.23481 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- 3-Paramter Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 0.787 ค่า LRT P เท่ากับ 0.283 ค่า Location เท่ากับ 2.81675 ค่า Scale เท่ากับ 0.39243 และค่า Threshold เท่ากับ 10.04362 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Paramter Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 2213200006 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ Lognormal ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ Lognormal ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำมากขึ้นในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร ซึ่งพบได้บ่อยในสถานการณ์ที่การเสื่อมสภาพหรือการซ่อมบำรุงรักษามีความแปรปรวนสูง (Kline et al., 1984) และ (Li et al., 2015) และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด ได้ดังตารางที่ ข.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

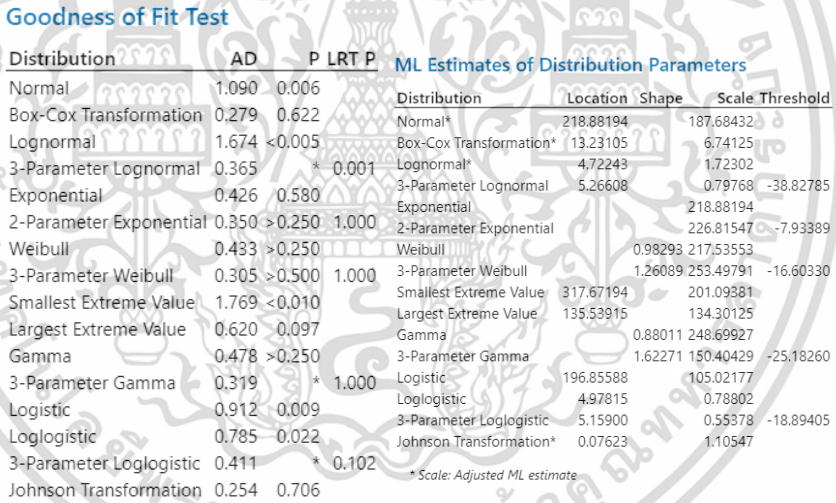
ตารางที่ ข.1 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของ T/O Arm รุ่น 2213200006

ปัจจัย	Distribution	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
		Location	Shape	Scale	Threshold
อายุการใช้งาน	Weibull	-	1.32095	265.51064	-
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	Lognormal	3.31970	-	0.39858	-

ข.2 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของสำหรับอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03218 GR22

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน (Lifetime)

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.5



Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1.090	0.006	
Box-Cox Transformation	0.279	0.622	
Lognormal	1.674	<0.005	
3-Parameter Lognormal	0.365	*	0.001
Exponential	0.426	0.580	
2-Parameter Exponential	0.350	>0.250	1.000
Weibull	0.433	>0.250	
3-Parameter Weibull	0.305	>0.500	1.000
Smallest Extreme Value	1.769	<0.010	
Largest Extreme Value	0.620	0.097	
Gamma	0.478	>0.250	
3-Parameter Gamma	0.319	*	1.000
Logistic	0.912	0.009	
Loglogistic	0.785	0.022	
3-Parameter Loglogistic	0.411	*	0.102
Johnson Transformation	0.254	0.706	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	218.88194		187.68432	
Box-Cox Transformation*	13.23105		6.74125	
Lognormal*	4.72243		1.72302	
3-Parameter Lognormal	5.26608		0.79768	-38.82785
Exponential			218.88194	
2-Parameter Exponential			226.81547	-7.93389
Weibull		0.98293	217.53553	
3-Parameter Weibull		1.26089	253.49791	-16.60330
Smallest Extreme Value	317.67194		201.09381	
Largest Extreme Value	135.53915		134.30125	
Gamma		0.88011	248.69927	
3-Parameter Gamma		1.62271	150.40429	-25.18260
Logistic	196.85588		105.02177	
Loglogistic	4.97815		0.78802	
3-Parameter Loglogistic	5.15900		0.55378	-18.89405
Johnson Transformation*	0.07623		1.10547	

* Scale: Adjusted ML estimate

รูปที่ ข.5 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03218 GR22

จากรูปที่ ข.5 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

- 3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull, 3Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า

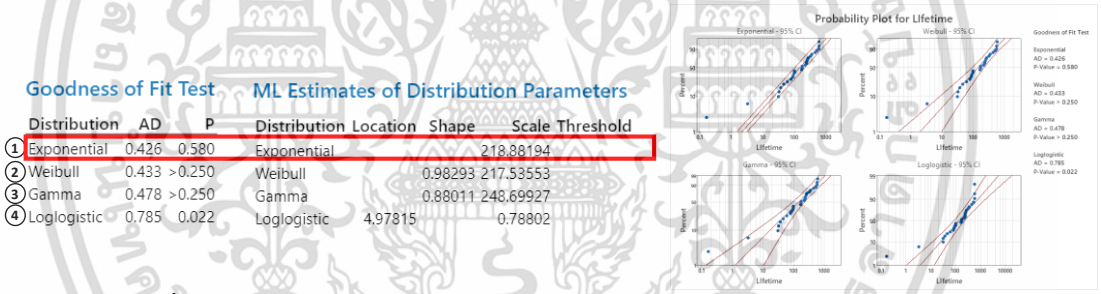
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 3)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1-4)

- Normal, Lognormal และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Exponential, Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.6 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
①	Exponential	0.426	0.580
②	Weibull	0.433	>0.250
③	Gamma	0.478	>0.250
④	Loglogistic	0.785	0.022

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Exponential			218.88194	
Weibull		0.98293	217.53553	
Gamma		0.88011	248.69927	
Loglogistic	4.97815		0.78802	

รูปที่ ข.6 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03218 GR22

- Exponential มีค่า AD เท่ากับ 0.426 ค่า P-Value เท่ากับ 0.580 และค่า Scale เท่ากับ 218.88194 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ Exponential จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 0.433 ค่า P-Value เท่ากับ >0.250 ค่า Shape เท่ากับ 0.98293 และ Scale เท่ากับ 217.53553 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.478 ค่า P-Value เท่ากับ >0.250 ค่า Shape เท่ากับ 0.88011 และ Scale เท่ากับ 248.69927 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 0.785 ค่า P-Value เท่ากับ 0.022 ค่า Location เท่ากับ 4.97815 และ Scale เท่ากับ 0.78802 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Exponential เพราะ ค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยเหตุผลมักใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ ใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ เช่น การล้มเหลวของระบบ การเสียหายของอุปกรณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นแบบสุ่มในช่วงเวลาหนึ่ง (Van and Van, 1998), (Sun et al., 2024) และ (Ding et al., 2023)

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.7

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	0.588	0.116	
Box-Cox Transformation	0.405	0.331	
Lognormal	0.404	0.332	
3-Parameter Lognormal	0.406	*	0.589
Exponential	4.828	<0.003	
2-Parameter Exponential	1.842	<0.010	0.000
Weibull	0.481	0.227	
3-Parameter Weibull	0.383	0.420	0.183
Smallest Extreme Value	1.047	<0.010	
Largest Extreme Value	0.405	>0.250	
Gamma	0.400	>0.250	
3-Parameter Gamma	0.463	*	1.000
Logistic	0.593	0.082	
Loglogistic	0.433	0.238	
3-Parameter Loglogistic	0.429	*	0.856

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	35.07000		13.99459	
Box-Cox Transformation*	5.80635		1.18597	
Lognormal*	3.47633		0.41991	
3-Parameter Lognormal	3.78024		0.30270	-10.78297
Exponential			35.07000	
2-Parameter Exponential			23.09478	11.97519
Weibull		2.76824	39.50864	
3-Parameter Weibull		1.82446	27.46185	10.63241
Smallest Extreme Value	42.20744		14.07169	
Largest Extreme Value	28.53336		11.45023	
Gamma		6.33352	5.53721	
3-Parameter Gamma		19.77846	3.05660	-25.40350
Logistic	34.16011		8.05291	
Loglogistic	3.48849		0.24084	
3-Parameter Loglogistic	3.60016		0.21450	-3.72203

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.7 การทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03218 GR22

จากรูปที่ ข.7 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

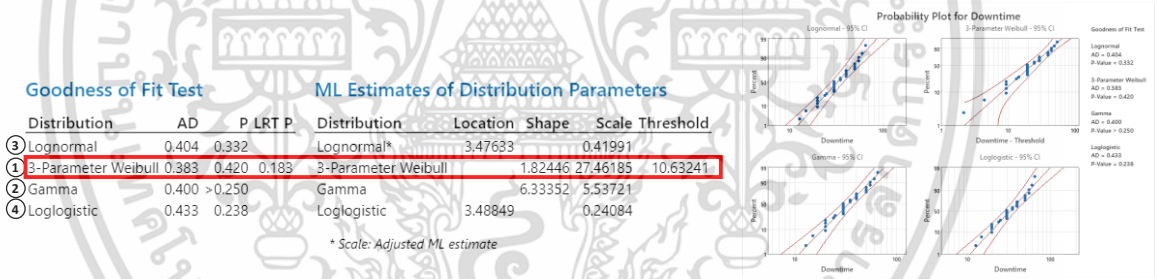
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3-Parameter Lognormal, 3-Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตามจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

- Normal, Exponential, 2-Parameter Exponential, Weibull และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, 3Parameter Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.8 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
③ Lognormal	0.404	0.332	
① 3-Parameter Weibull	0.383	0.420	0.183
② Gamma	0.400	>0.250	
④ Loglogistic	0.433	0.238	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Lognormal*	3.47633		0.41991	
3-Parameter Weibull		1.82446	27.46185	10.63241
Gamma		6.33352	5.53721	
Loglogistic	3.48849		0.24084	

** Scale: Adjusted ML estimate*

Probability Plot for Downtime

รูปที่ ข.8 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03218 GR22

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 0.404 ค่า P-Value เท่ากับ 0.332 ค่า Location เท่ากับ 3.47633 และ Scale เท่ากับ 0.41991 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Lognormal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- 3-Parameter Weibull มีค่า AD เท่ากับ 0.383 P-Value เท่ากับ 0.420 LRT P เท่ากับ 0.183 ค่า Shape เท่ากับ 1.82446 Scale เท่ากับ 27.46185 และ Threshold เท่ากับ 10.63241 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ 3 Parameter Weibull จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.400 ค่า P-Value เท่ากับ >0.250 ค่า Location เท่ากับ 6.33352 และ Scale เท่ากับ 5.3721 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 0.433 ค่า P-Value เท่ากับ 0.238 ค่า Location เท่ากับ 3.48849 และ Scale เท่ากับ 0.24084 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03218 GR22 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ 3-Parameter Weibull ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ในการใช้ 3-Parameter Weibull ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวางแผนและจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถคาดการณ์การล้มเหลวและเวลาการใช้งานได้แม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการแจกแจงอื่น ๆ (Sgarbossa et al., 2018), (Han et al., 2023) และ (Hu et al., 2021) และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด ได้ดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของ T/O Arm รุ่น OIS-03218 GR22

ปัจจัย	Distribution	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
		Location	Shape	Scale	Threshold
อายุการใช้งาน	Exponential	-	-	218.88194	-
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3-Parameter Weibull	-	1.82446	27.46185	10.63241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของสำหรับอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03530 GR05

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน (Lifetime)

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.9

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	4.516	<0.005	
Box-Cox Transformation	0.417	0.324	
Lognormal	1.031	0.010	
3-Parameter Lognormal	0.297	*	0.000
Exponential	0.791	0.210	
2-Parameter Exponential	0.921	0.127	1.000
Weibull	0.587	0.134	
3-Parameter Weibull	0.586	0.135	0.939
Smallest Extreme Value	8.253	<0.010	
Largest Extreme Value	2.021	<0.010	
Gamma	0.526	0.213	
3-Parameter Gamma	0.714	*	1.000
Logistic	3.170	<0.005	
Loglogistic	0.403	>0.250	
3-Parameter Loglogistic	0.375	*	0.081
Johnson Transformation	0.276	0.648	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	168.10966		162.86241	
Box-Cox Transformation*	3.48579		0.91068	
Lognormal*	4.64688		1.18091	
3-Parameter Lognormal	4.83484		0.86203	-11.51336
Exponential			168.10966	
2-Parameter Exponential			170.07500	-1.96535
Weibull		1.09051	173.94197	
3-Parameter Weibull		1.09350	174.19405	-0.06116
Smallest Extreme Value	261.08217		227.41593	
Largest Extreme Value	102.97444		97.73551	
Gamma		1.18551	141.80348	
3-Parameter Gamma		1.43287	122.02900	-6.74217
Logistic	141.43594		80.68646	
Loglogistic	4.71359		0.59878	
3-Parameter Loglogistic	4.76643		0.54229	-4.74827
Johnson Transformation*	-0.01798		1.10917	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.9 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03530 GR05

จากรูปที่ ข.9 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- 3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull, 3-Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที 3)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- Normal, Lognormal และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

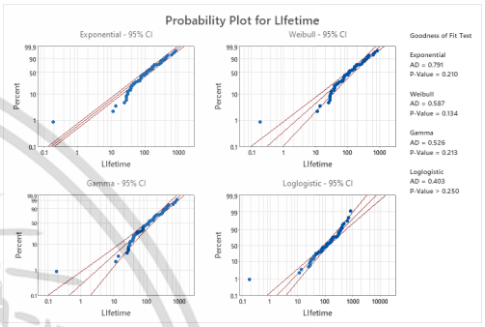
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Exponential, Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.10 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)

Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
4	Exponential	0.791	0.210
3	Weibull	0.587	0.134
2	Gamma	0.526	0.213
1	Loglogistic	0.403	>0.250

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Exponential			168.10966	
Weibull		1.09051	173.94197	
Gamma		1.18551	141.80348	
Loglogistic	4.71359		0.59878	



รูปที่ ข.10 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03530 GR05

- Exponential มีค่า AD เท่ากับ 0.791 ค่า P-Value เท่ากับ 0.210 และ Scale เท่ากับ 168.10966 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Exponential ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 0.587 ค่า P-Value เท่ากับ 0.134 ค่า Shape เท่ากับ 1.09051 และ Scale เท่ากับ 173.94197 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.526 ค่า P-Value เท่ากับ 0.213 ค่า Shape เท่ากับ 1.18551 และ Scale เท่ากับ 141.80348 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 0.403 ค่า P-Value เท่ากับ >0.250 ค่า Location เท่ากับ 4.71359 และ Scale เท่ากับ 0.59878 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ Loglogistic จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Loglogistic เพราะค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ใน Loglogistic ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร ซึ่งพบได้บ่อยในสถานการณ์ที่การเสื่อมสภาพหรือการล้มเหลวที่มีความแปรปรวนสูง (Gao et al., 2024) และ (Ekpenyong and Udoh, 2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.11

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	2.994	<0.005	
Box-Cox Transformation	1.885	<0.005	
Lognormal	1.885	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.852	*	0.644
Exponential	19.758	<0.003	
2-Parameter Exponential	9.331	<0.010	0.000
Weibull	3.127	<0.010	
3-Parameter Weibull	2.107	<0.005	0.000
Smallest Extreme Value	5.286	<0.010	
Largest Extreme Value	1.824	<0.010	
Gamma	2.116	<0.005	
3-Parameter Gamma	2.245	*	1.000
Logistic	2.515	<0.005	
Loglogistic	1.837	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	1.793	*	0.444

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	32.78481		9.59924	
Box-Cox Transformation*	3.45002		0.28279	
Lognormal*	3.45002		0.28279	
3-Parameter Lognormal	3.31576		0.32093	3.78441
Exponential			32.78481	
2-Parameter Exponential			18.01278	14.77199
Weibull		3.54300	36.33409	
3-Parameter Weibull		2.05480	21.09813	14.10283
Smallest Extreme Value	37.92386		10.95909	
Largest Extreme Value	28.44265		7.55107	
Gamma		12.68051	2.58545	
3-Parameter Gamma		19.53818	2.08119	-7.87856
Logistic	31.78264		5.20176	
Loglogistic	3.44268		0.15783	
3-Parameter Loglogistic	3.18081		0.20554	7.06577

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.11 การทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03530 GR05

จากรูปที่ ข.11 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- 3-Parameter Gamma เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที 3)

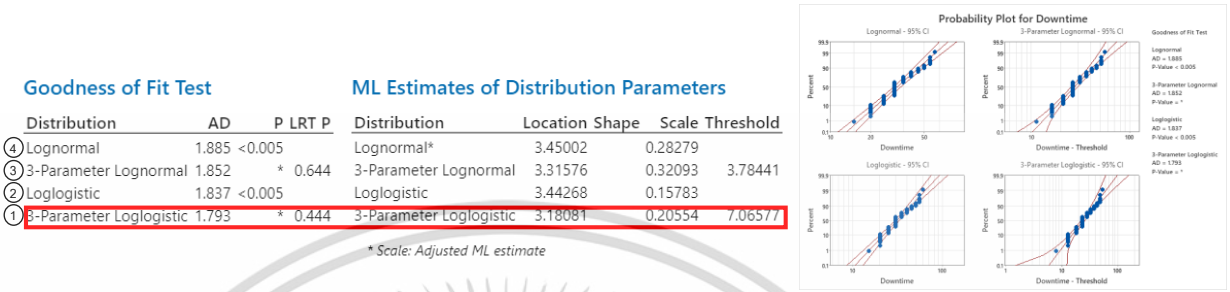
- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที 3)

- Normal, Exponential, 2-Parameter Exponential, Weibull, 3-Parameter Weibull, Gamma และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, 3Parameter Lognormal, Loglogistic และ 3Parameter Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.12 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P	LRT P
④	Lognormal	1.885	<0.005	
③	3-Parameter Lognormal	1.852	*	0.644
②	Loglogistic	1.837	<0.005	
①	3-Parameter Loglogistic	1.793	*	0.444

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Lognormal*	3.45002		0.28279	
3-Parameter Lognormal	3.31576		0.32093	3.78441
Loglogistic	3.44268		0.15783	
3-Parameter Loglogistic	3.18081		0.20554	7.06577

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.12การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03530 GR05

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 1.885 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.45002 และ Scale เท่ากับ 0.28279 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Lognormal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

-3-Parameter Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 1.852 ค่า LRT P เท่ากับ 0.644 ค่า Location เท่ากับ 3.18081 Scale เท่ากับ 0.20554 และค่า Threshold เท่ากับ 7.06577 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Parameter Lognormal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 1.837 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.44268 และ Scale เท่ากับ 0.15783 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- 3-Parameter Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 1.793 ค่า LRT P เท่ากับ 0.444 ค่า Location เท่ากับ 3.18081 ค่า Scale เท่ากับ 0.20554 และค่า Threshold เท่ากับ 7.06577 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า LRT P รองมากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ 3-Parameter Loglogistic จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03530 GR05 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ 3-Parameter Loglogistic ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ใน Loglogistic ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร ซึ่งพบได้บ่อยในสถานการณ์ที่การเสื่อมสภาพหรือการล้มเหลวที่มีความแปรปรวนสูง (Gao et al., 2024) และ (Ekpenyong and Udoh, 2024) ได้ดังตารางที่ ข.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของ T/O Arm รุ่น รุ่น OIS-03530 GR05

ปัจจัย	Distribution	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
		Location	Shape	Scale	Threshold
อายุการใช้งาน	Loglogistic	4.71359	-	0.59878	-
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3-Parameter Loglogistic	3.18081	-	0.20554	7.06577

ข.4 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของสำหรับอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR01

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน (Lifetime)

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.13

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	18.867	<0.005	
Box-Cox Transformation	0.948	0.016	
Lognormal	1.403	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.437	*	0.027
Exponential	12.902	<0.003	
2-Parameter Exponential	12.163	<0.010	1.000
Weibull	1.096	<0.010	
3-Parameter Weibull	1.129	0.007	1.000
Smallest Extreme Value	25.586	<0.010	
Largest Extreme Value	12.689	<0.010	
Gamma	1.643	<0.005	
3-Parameter Gamma	1.643	*	1.000
Logistic	14.831	<0.005	
Loglogistic	1.611	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	1.604	*	0.893
Johnson Transformation	0.292	0.603	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	54.10786		68.08144	
Box-Cox Transformation*	1.54679		0.31784	
Lognormal*	3.05549		1.59895	
3-Parameter Lognormal	3.09130		1.52255	-0.18529
Exponential			54.10786	
2-Parameter Exponential			54.33197	-0.22411
Weibull		0.74799	45.24130	
3-Parameter Weibull		0.75043	45.35623	-0.02224
Smallest Extreme Value	92.83428		90.66680	
Largest Extreme Value	27.01242		38.83648	
Gamma		0.65248	82.92690	
3-Parameter Gamma		0.65249	82.92521	-0.00006
Logistic	41.18569		33.79448	
Loglogistic	3.13108		0.92363	
3-Parameter Loglogistic	3.13041		0.92559	0.00636
Johnson Transformation*	0.03223		0.96586	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.13 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03697 GR01

จากรูปที่ ข.13 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

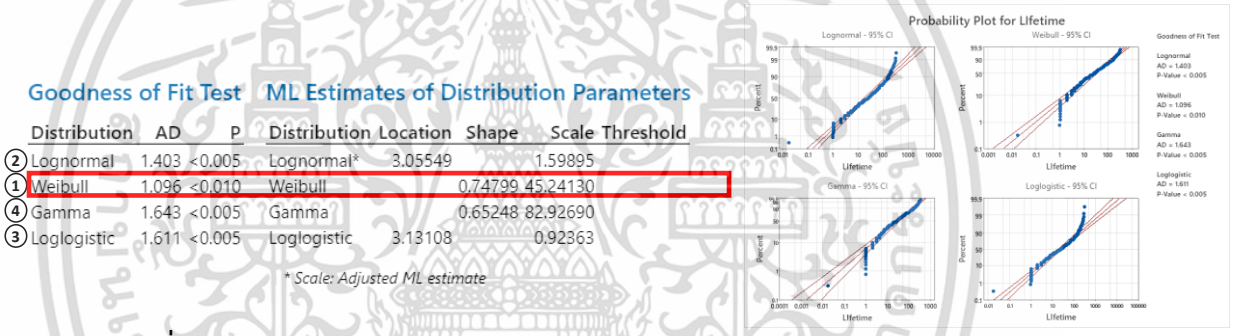
- 3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull และ 3-Parameter Gamma เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- Normal, Exponential, 3-Parameter Loglogistic และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.14 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
②	Lognormal	1.403	<0.005
①	Weibull	1.096	<0.010
④	Gamma	1.643	<0.005
③	Loglogistic	1.611	<0.005

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Lognormal*	3.05549		1.59895	
Weibull		0.74799	45.24130	
Gamma		0.65248	82.92690	
Loglogistic	3.13108		0.92363	

* Scale: Adjusted ML estimate

รูปที่ ข.14 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03697 GR01

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 1.403 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.05549 และ Scale เท่ากับ 1.59895 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Lognormal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 1.096 ค่า P-Value เท่ากับ <0.010 ค่า Shape เท่ากับ 0.74799 และ Scale เท่ากับ 45.24130 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ 3 Parameter Weibull จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 1.643 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Shape เท่ากับ 0.65248 และ Scale เท่ากับ 82.92690 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 1.611 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3013108 และค่า Scale เท่ากับ 0.92363 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Weibull เพราะ ค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ในการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ (Equipment Degradation Analysis): การแจกแจง Weibull สามารถใช้โมเดลการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ และช่วยในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพและการล้มเหลวในอนาคต (Sgarbossa et al., 2018), (Han et al., 2023) และ (Hu et al., 2021)

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.15

Goodness of Fit Test

Distribution	AD		P	LRT P
Normal	14.897	<0.005		
Box-Cox Transformation	5.869	<0.005		
Lognormal	6.408	<0.005		
3-Parameter Lognormal	6.168	*	0.248	
Exponential	38.569	<0.003		
2-Parameter Exponential	23.830	<0.010	0.000	
Weibull	11.595	<0.010		
3-Parameter Weibull	8.897	<0.005	0.000	
Smallest Extreme Value	24.832	<0.010		
Largest Extreme Value	7.000	<0.010		
Gamma	8.273	<0.005		
3-Parameter Gamma	7.262	*	0.002	
Logistic	10.225	<0.005		
Loglogistic	5.705	<0.005		
3-Parameter Loglogistic	5.503	*	0.080	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	20.69298		10.18844	
Box-Cox Transformation*	0.51715		0.04987	
Lognormal*	2.93177		0.43146	
3-Parameter Lognormal	2.83197		0.47427	1.61345
Exponential			20.69298	
2-Parameter Exponential			15.76303	4.92994
Weibull		2.15573	23.45864	
3-Parameter Weibull		1.68707	17.92900	4.76321
Smallest Extreme Value	26.48217		13.63782	
Largest Extreme Value	16.52217		6.61569	
Gamma		5.26195	3.93257	
3-Parameter Gamma		3.29257	5.08201	3.96011
Logistic	19.06626		4.97902	
Loglogistic	2.91065		0.23503	
3-Parameter Loglogistic	2.72981		0.28244	2.92762

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.15 การทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR01

จากรูปที่ ข.15 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

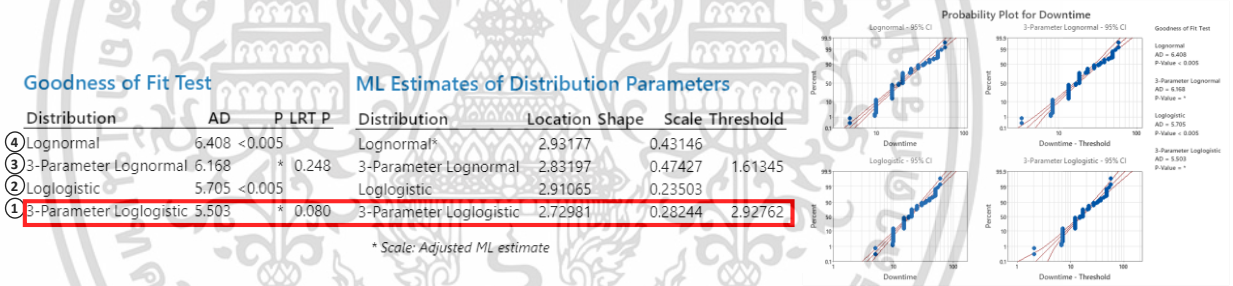
- Box-Cox Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- Normal, Exponential, 2-Parameter Exponential, Weibull, 3-Parameter Weibull, Gamma, 3-Parameter Gamma และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, 3-Parameter Lognormal, Loglogistic และ 3-Parameter Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.16 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD		P	LRT P
④	Lognormal	6.408		<0.005	
③	3-Parameter Lognormal	6.168	*	0.248	
②	Loglogistic	5.705		<0.005	
①	3-Parameter Loglogistic	5.503	*	0.080	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Lognormal*	2.93177		0.43146	
3-Parameter Lognormal	2.83197		0.47427	1.61345
Loglogistic	2.91065		0.23503	
3-Parameter Loglogistic	2.72981		0.28244	2.92762

* Scale: Adjusted ML estimate

Probability Plot for Downtime

รูปที่ ข.16 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR01

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 6.408 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 2.93177 และค่า Scale เท่ากับ 0.43146 59895 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Lognormal ไม่ถูกเลือกเพราะค่า AD มีค่ามาก)

- 3-Parameter Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 6.168 ค่า LRT P เท่ากับ 0.248 ค่า Shape เท่ากับ 2.83197 Scale เท่ากับ 0.47427 และค่า Threshold เท่ากับ 1.61345 59895 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Parameter Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 5.705 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 2.91065 และค่า Scale เท่ากับ 0.23503 59895 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือกเพราะค่า AD มีค่ามาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3-Parameter Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 5.503 ค่า LRT P เท่ากับ 0.080 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า LRT P มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ 3 -Parameter Loglogistic จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR01นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ 3-Parameter Loglogistic ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ใน Loglogistic ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร ซึ่งพบได้บ่อยในสถานการณ์ที่การเสื่อมสภาพหรือการล้มเหลวที่มีความแปรปรวนสูง (Gao et al., 2024) และ (Ekpenyong and Udoh, 2024) ได้ดังตารางที่ ข.4

ตารางที่ ข.4 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของ T/O Arm รุ่น รุ่น OIS-03697 GR01

ปัจจัย	Distribution	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
		Location	Shape	Scale	Threshold
อายุการใช้งาน	Weibull	-	0.74799	45.24130	-
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	3-Parameter Loglogistic	2.72981	-	0.28244	2.92762

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของสำหรับอายุการใช้งานและเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR05

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน (Lifetime)

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.17

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	15.049	<0.005	
Box-Cox Transformation	0.707	0.064	
Lognormal	8.114	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.696	*	0.000
Exponential	9.015	<0.003	
2-Parameter Exponential	7.345	<0.010	1.000
Weibull	1.273	<0.010	
3-Parameter Weibull	1.048	0.010	1.000
Smallest Extreme Value	21.677	<0.010	
Largest Extreme Value	9.915	<0.010	
Gamma	0.976	0.020	
3-Parameter Gamma	0.918	*	1.000
Logistic	12.077	<0.005	
Loglogistic	3.663	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	2.607	*	1.000
Johnson Transformation	0.573	0.136	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	104.59253		121.89927	
Box-Cox Transformation*	2.92879		1.16626	
Lognormal*	3.61068		2.07163	
3-Parameter Lognormal	3.93241		1.37860	-2.68110
Exponential			104.59253	
2-Parameter Exponential			105.07202	-0.47950
Weibull		0.72269	87.37676	
3-Parameter Weibull		0.74162	88.67631	-0.06889
Smallest Extreme Value	173.33717		160.94135	
Largest Extreme Value	54.89610		72.92785	
Gamma		0.59517	175.73539	
3-Parameter Gamma		0.60294	173.49042	-0.01226
Logistic	83.25742		62.47842	
Loglogistic	3.88678		1.02733	
3-Parameter Loglogistic	3.91000		0.94074	-0.30454
Johnson Transformation*	-0.00964		0.96258	

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.17 การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03697 GR05

จากรูปที่ ข.17 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation และ Johnson Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 1-4)

- 3-Parameter Lognormal, 2-Parameter Exponential, 3-Parameter Weibull, 3-Parameter Gamma และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

- Normal, Exponential และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ Lognormal, Weibull, Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.18 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)

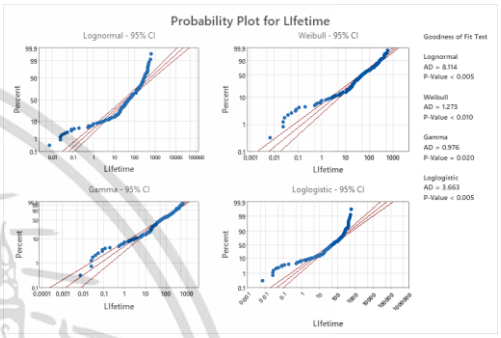
Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P
4	Lognormal	8.114	<0.005
2	Weibull	1.273	<0.010
1	Gamma	0.976	0.020
3	Loglogistic	3.663	<0.005

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Lognormal*	3.61068		2.07163	
Weibull		0.72269	87.37676	
Gamma		0.59517	175.73539	
Loglogistic	3.88678		1.02733	

** Scale: Adjusted ML estimate*



รูปที่ ข.18 การเลือกทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน รุ่น OIS-03697 GR05

- Lognormal มีค่า AD เท่ากับ 8.114 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.61068 และค่า Scale เท่ากับ 2.07163 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Lognormal ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Weibull มีค่า AD เท่ากับ 1.273 ค่า P-Value เท่ากับ <0.010 ค่า Shape เท่ากับ 0.72269 และ Scale เท่ากับ 87.37676 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 0.976 ค่า P-Value เท่ากับ 0.020 ค่า Shape เท่ากับ 0.59517 และ Scale เท่ากับ 175.73539 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ Gamma จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 3.663 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.88678 และค่า Scale เท่ากับ 1.02733 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05 นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ การแจกแจงแบบ Gamma เพราะค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่มากที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงมีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ Gamma ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร และเวลาการล้มเหลวมีความแปรปรวนสูง (Peng et al., 2024), (Salem et al., 2022) และ (Yuan et al., 2021)

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด แล้วจึงเลือก 4 อันดับแรกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมอีกครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.19

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	3.013	<0.005	
Box-Cox Transformation	1.447	<0.005	
Lognormal	2.230	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.456	*	0.020
Exponential	34.262	<0.003	
2-Parameter Exponential	16.801	<0.010	0.000
Weibull	2.198	<0.010	
3-Parameter Weibull	1.700	<0.005	0.000
Smallest Extreme Value	11.354	<0.010	
Largest Extreme Value	1.542	<0.010	
Gamma	1.461	<0.005	
3-Parameter Gamma	1.773	*	1.000
Logistic	2.031	<0.005	
Loglogistic	1.879	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	1.458	*	0.117

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	36.83019		16.00417	
Box-Cox Transformation*	5.92945		1.29599	
Lognormal*	3.51064		0.45143	
3-Parameter Lognormal	3.86332		0.31260	-13.17290
Exponential			36.83019	
2-Parameter Exponential			26.95497	9.87521
Weibull		2.43560	41.58148	
3-Parameter Weibull		1.85186	32.16643	8.22761
Smallest Extreme Value	45.45280		19.70581	
Largest Extreme Value	29.52385		12.83273	
Gamma		5.38702	6.83684	
3-Parameter Gamma		3.66120	8.58531	5.39726
Logistic	35.63169		8.71093	
Loglogistic	3.53176		0.25324	
3-Parameter Loglogistic	3.83511		0.18367	-11.73148

** Scale: Adjusted ML estimate*

รูปที่ ข.19 การทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR05

จากรูปที่ ข.19 พบว่า สามารถตัดการแจกแจงข้อมูลบางประเภทออกไปได้เนื่องจากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เหมาะสม โดยมี

- Box-Cox Transformation เป็นชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้ในการแปลงข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ เป็นชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ เพื่อให้ข้อมูลคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

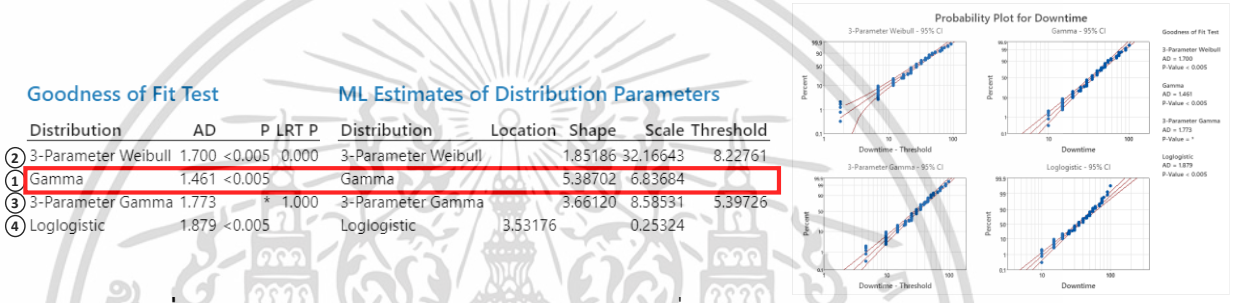
- 3-Parameter Lognormal และ 3-Parameter Loglogistic เป็นชุดข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่า Threshold ที่ติดลบ จึงให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

- Smallest Extreme Value และ Largest Extreme Value เมื่อลองใช้ค่าของชุดข้อมูลดังกล่าว ให้ค่าที่สร้างขึ้นมาใหม่มีค่าติดลบตาม จึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 3)

- Normal, Lognormal, Exponential, 2-Parameter Exponential, Weibull และ Logistic มีค่า AD ที่ไม่ได้ติดอันดับ 4 อันดับแรกจึงไม่เหมาะสมในการใช้ชุดข้อมูลนี้ (ไม่ตรงตามเกณฑ์ข้อที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตัดชุดการแจกแจงที่ไม่เหมาะสม และเลือกออกมา 4 อันดับ ได้แก่ 3-Parameter Weibull, Gamma, 3-Parameter Gamma และ Loglogistic ซึ่งตรงตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์แรกมากที่สุด เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ในเรื่องการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลอายุการใช้งานในคอลัมน์ที่ 5 ในตารางที่ 3.6 มาใช้คำสั่ง “Individual Distribution Identification” แบบ “Specify” ได้ผลดังรูปที่ ข.20 ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลในเรื่องของการพล็อตลงในกราฟทดสอบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงหรือไม่ (เกณฑ์ที่ 4)



Goodness of Fit Test

	Distribution	AD	P	LRT P
②	3-Parameter Weibull	1.700	<0.005	0.000
①	Gamma	1.461	<0.005	
③	3-Parameter Gamma	1.773	*	1.000
④	Loglogistic	1.879	<0.005	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
3-Parameter Weibull		1.85186	32.16643	8.22761
Gamma		5.38702	6.83684	
3-Parameter Gamma		3.66120	8.58531	5.39726
Loglogistic	3.53176		0.25324	

รูปที่ ข.20 การเลือกทดสอบเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR05

- 3-Parameter Weibull มีค่า AD เท่ากับ 1.700 P-Value เท่ากับ <0.005 LRT P เท่ากับ 0.000 ค่า Shape เท่ากับ 1.85186 ค่า Scale เท่ากับ 32.16643 และมีค่า Threshold เท่ากับ 8.22761 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Parameter Weibull ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Gamma มีค่า AD เท่ากับ 1.461 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Shape เท่ากับ 5.38702 และ Scale เท่ากับ 6.83684 ซึ่งมีค่า AD น้อยที่สุด และค่า P-Value มากที่สุดใน 4 การแจกแจง ดังนั้นการแจกแจงแบบ Gamma จึงเป็นชุดการแจกแจงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

-3-Parameter Gamma มีค่า AD เท่ากับ 1.773 ค่า LRT P เท่ากับ 1.000 ค่า Shape เท่ากับ 3.66120 Scale เท่ากับ 8.58531 และค่า Threshold เท่ากับ 5.39726 (ซึ่งการแจกแจงแบบ 3-Parameter Gamma ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

- Loglogistic มีค่า AD เท่ากับ 1.879 ค่า P-Value เท่ากับ <0.005 ค่า Location เท่ากับ 3.53176 และค่า Scale เท่ากับ 0.25324 (ซึ่งการแจกแจงแบบ Loglogistic ไม่ถูกเลือก เพราะค่า AD มีค่ามาก)

จากการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียของอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น OIS-03697 GR05นั้น พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด คือ Gamma ซึ่งมีค่า AD น้อย มีค่า P-Value ที่สูงที่สุด และจากกราฟการทดสอบการแจกแจงก็พบว่ามีจุดเข้าใกล้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีเหตุผลมักใช้ Gamma ในงานซ่อมบำรุงรักษาช่วยให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาและความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่สมมาตร และเวลาการล้มเหลวมีความแปรปรวนสูง (Peng et al., 2024), (Salem et al., 2022) และ (Yuan et al., 2021) ได้ดังตารางที่ ข.5

ตารางที่ ข.5 สรุปผลประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติของ T/O Arm รุ่น รุ่น OIS-03697 GR05

ปัจจัย	Distribution	ประเภทการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ			
		Location	Shape	Scale	Threshold
อายุการใช้งาน	Gamma	-	0.59517	175.73539	-
เวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย	Gamma	-	5.38702	6.83684	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ข้อมูลนำเข้าของอุปกรณ์ Take Out Arm แต่ละอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลนำเข้า (Input) T/O Arm รุ่น 2213200006

ข้อมูลขาเข้า	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
มูลค่าอะไหล่	6,145.75	บาทต่อชิ้น	
ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00	บาทต่อวัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3
มูลค่าสินค้า (ต้นทุน)	2.72	บาทต่อขวด	เฉลี่ยมูลค่าสินค้า BP22, 32, 34
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	34,536.99	ขวดต่อวัน	คิด 24 ชั่วโมง (จำนวนขวด/วัน/section)
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	94,013.88	บาทต่อวัน	หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง = 2.72 × 34,536.99

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลนำเข้า (Input) T/O Arm รุ่น OIS-03218 GR22

ข้อมูลขาเข้า	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
มูลค่าอะไหล่	5,388.07	บาทต่อชิ้น	
ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00	บาทต่อวัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3
มูลค่าสินค้า (ต้นทุน)	0.94	บาทต่อขวด	เฉลี่ยมูลค่าสินค้า BP43
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	24,426.74	ขวดต่อวัน	คิด 24 ชั่วโมง (จำนวนขวด/วัน/section)
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	22,903.23	บาทต่อวัน	หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง = 0.94 × 24,426.74

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลนำเข้า (Input) T/O Arm รุ่น OIS-03697 GR05

ข้อมูลขาเข้า	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
มูลค่าอะไหล่	3,434.23	บาทต่อชิ้น	
ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00	บาทต่อวัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3
มูลค่าสินค้า (ต้นทุน)	1.01	บาทต่อขวด	เฉลี่ยมูลค่าสินค้า BP42, 44
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	22,607.22	ขวดต่อวัน	คิด 24 ชั่วโมง (จำนวนขวด/วัน/section)
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	22,794.44	บาทต่อวัน	หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง = 1.01 × 22,607.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ข้อมูลนำเข้า (Input) T/O Arm รุ่น 210-431-1

ข้อมูลขาเข้า	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
มูลค่าอะไหล่	5,131.31	บาทต่อชิ้น	
ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00	บาทต่อวัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3
มูลค่าสินค้า (ต้นทุน)	4.60	บาทต่อขวด	เฉลี่ยมูลค่าสินค้า BP51, 52
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	41,351.22	ขวดต่อวัน	คิด 24 ชั่วโมง (จำนวนขวด/วัน/section)
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	190,064.51	บาทต่อวัน	หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง = 4.60 × 41,351.22

ตารางที่ ค.5 ข้อมูลนำเข้า (Input) T/O Arm รุ่น OIS-03697 GR05

ข้อมูลขาเข้า	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
มูลค่าอะไหล่	6,804.20	บาทต่อชิ้น	
ค่าแรงงานในการซ่อม	3,753.00	บาทต่อวัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง และคิด 417 บาทต่อคนต่อ 8 ชั่วโมง และมี 3 กะการทำงาน = 417 × 3 × 3
มูลค่าสินค้า (ต้นทุน)	2.95	บาทต่อขวด	เฉลี่ยมูลค่าสินค้า BP31,33,41
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	26,367.20	ขวดต่อวัน	คิด 24 ชั่วโมง (จำนวนขวด/วัน/section)
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	112,451.61	บาทต่อวัน	หรือความเสียหายในการหยุดเครื่อง = 2.95 × 26,367.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมและจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียกับการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐาน รุ่น 2213200006

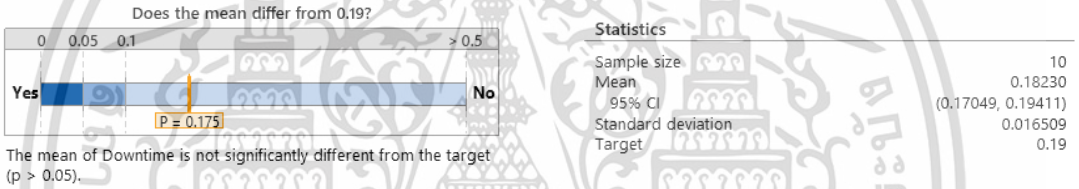
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.1



รูปที่ ง.1 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น 2213200006

จากรูปที่ ง.1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 นาที ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.17049 บาท และ 0.19411 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.175

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

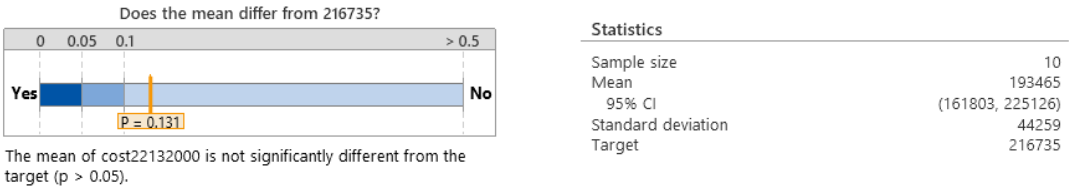
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 216,735 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.2 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น 2213200006

จากรูปที่ ง.2 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 216,735 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 161,803 บาท และ 225,216 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.131

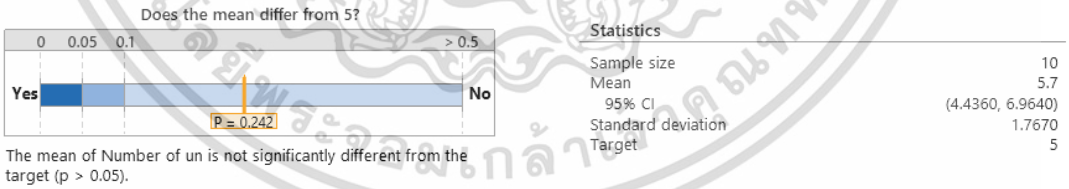
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.3



รูปที่ ง.3 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น 2213200006

จากรูปที่ ง.3 พบว่า มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 5 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.4360 บาท และ 6.9640 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.242

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐาน รุ่น OIS-03218 GR22

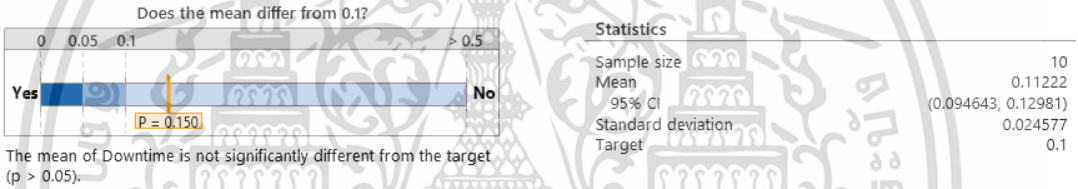
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.4



รูปที่ ง.4 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03218 GR22

จากรูปที่ ง.4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 นาที ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.094643 บาท และ 0.12981 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.150

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

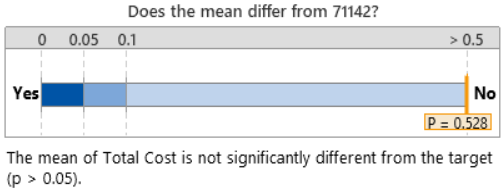
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71,142 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Statistics	
Sample size	10
Mean	75142
95% CI	(61364, 88921)
Standard deviation	19261
Target	71142

รูปที่ ง.5 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น OIS-03218 GR22

จากรูปที่ ง.5 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 71,142 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 61,364 บาท และ 88,921 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.528

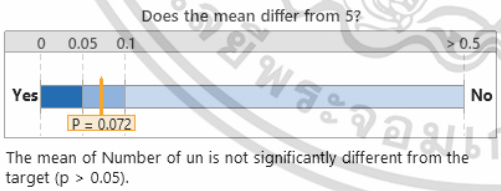
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.6



Statistics	
Sample size	10
Mean	6.4
95% CI	(4.8473, 7.9527)
Standard deviation	2.1705
Target	5

รูปที่ ง.6 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น OIS-03218 GR22

จากรูปที่ ง.6 พบว่า มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 5 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.8473 บาท และ 7.9527 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.3 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐาน รุ่น OIS-03530 GR05

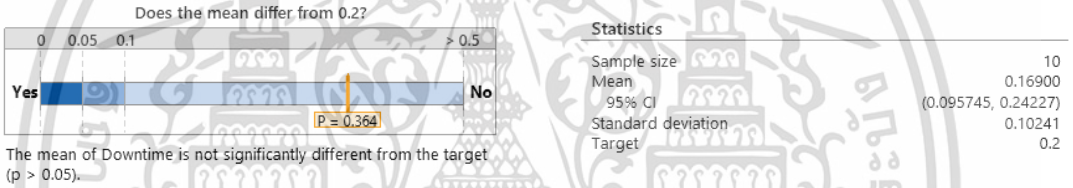
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.7



รูปที่ ง.7 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03530 GR05

จากรูปที่ ง.7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 นาที ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.095745 บาท และ 0.24227 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.364

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

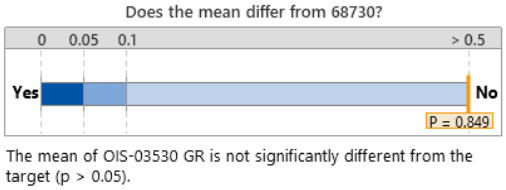
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68,730 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Statistics	
Sample size	10
Mean	66560
95% CI	(41583, 91536)
Standard deviation	34915
Target	68730

รูปที่ ง.8 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น OIS-03530 GR05

จากรูปที่ ง.8 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 68,730 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 41,583 บาท และ 91,536 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.849

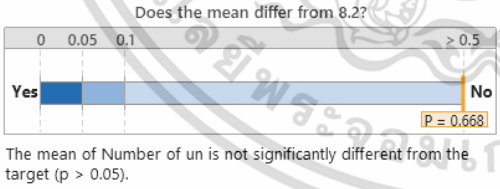
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.9



Statistics	
Sample size	10
Mean	7.6
95% CI	(4.5426, 10.657)
Standard deviation	4.2740
Target	8.2

รูปที่ ง.9 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น OIS-03530 GR05

จากรูปที่ ง.9 พบว่า มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย จากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียเท่ากับ 8.2 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.5426 บาท และ 10.657 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.668

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.4 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐาน รุ่น OIS-03697 GR01

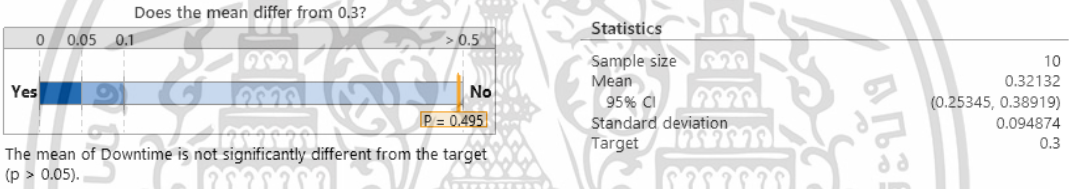
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.10



รูปที่ ง.10 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR01

จากรูปที่ ง.10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 นาที ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.25345 บาท และ 0.38919 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.495

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

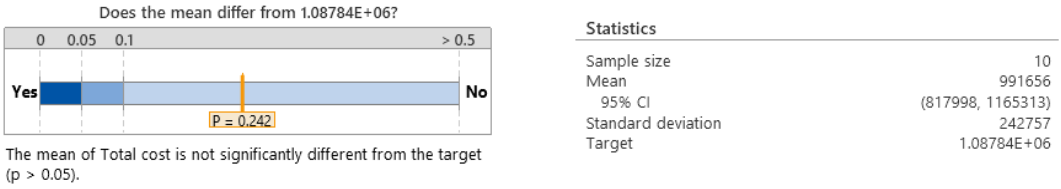
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,087,838.44 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.11 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น OIS-03697 GR01

จากรูปที่ ง.11 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 1,087,838.44 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 817,998 บาท และ 1,165,313 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.242

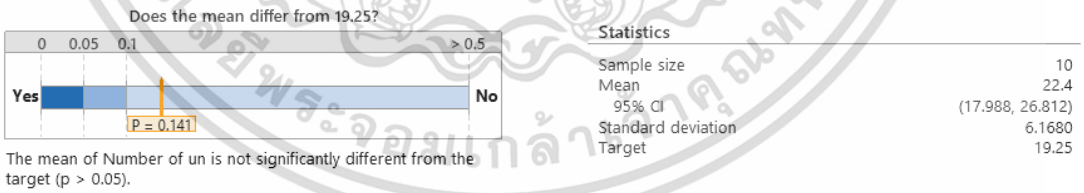
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.25 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.12



รูปที่ ง.12 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น OIS-03697 GR01

จากรูปที่ ง.12 พบว่า มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียจากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 19.25 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 17.988 บาท และ 26.812 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.5 ผล Minitab ตัวแปรระหว่างโรงงานกับการทดสอบสมมติฐาน รุ่น OIS-03697 GR05

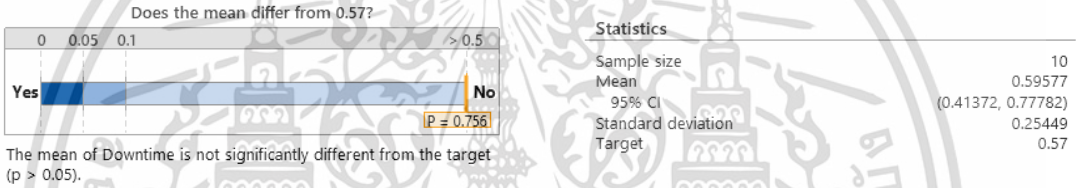
(1) ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 วัน และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.13



รูปที่ ง.13 ผลทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียรุ่น OIS-03697 GR05

จากรูปที่ ง.13 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยจากโรงงาน โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 นาที ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.41372 บาท และ 0.77782 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.756

(2) ต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวม

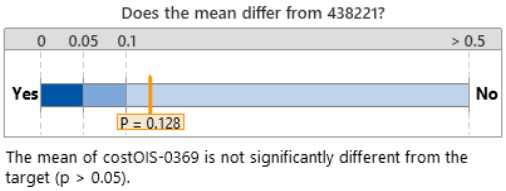
เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 438,221 บาทต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{this\ paper} = \mu_{Factory}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{this\ paper} \neq \mu_{Factory}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Statistics	
Sample size	10
Mean	364203
95% CI	(264347, 464059)
Standard deviation	139589
Target	438221

รูปที่ ง.14 ผลทดสอบสมมติฐานต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมรุ่น OIS-03697 GR05

จากรูปที่ ง.14 พบว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริงทางโรงงานแตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบค่าเฉลี่ยต้นทุนการบำรุงรักษาโดยรวมเท่ากับ 438,221 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 264,347 บาท และ 464,059 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.128

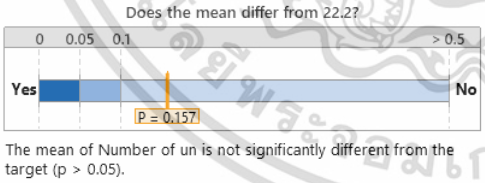
(3) จำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

เมื่อทำการทำซ้ำแล้ว จึงทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่ได้จากโรงงานว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยค่าจากทางโรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.20 ครั้งต่อ 4 ปี และในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_{\text{this paper}} = \mu_{\text{Factory}}$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_{\text{this paper}} \neq \mu_{\text{Factory}}$

เมื่อทำการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ ง.15



Statistics	
Sample size	10
Mean	20.3
95% CI	(17.518, 23.082)
Standard deviation	3.8887
Target	22.2

รูปที่ ง.15 ผลทดสอบสมมติฐานจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย รุ่น OIS-03697 GR05

จากรูปที่ ง.15 พบว่า มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสียจากข้อมูลจริงทางโรงงานไม่แตกต่างจากข้อมูลเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนครั้งการบำรุงรักษาเมื่อเสีย เท่ากับ 22.20 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีช่วงของค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 17.518 บาท และ 23.082 บาท และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ยของรุ่น Take Out Arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 อัตราการผลิตจริงเฉลี่ยของรุ่น Take Out Arm ทั้ง 6 รุ่น

ชื่อเครื่องจักร	ชื่ออุปกรณ์	อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย			
		ขวดต่อวันต่อ Section	ขวดต่อนาทีต่อ Section	Section	ขวดต่อนาทีต่อเครื่อง
BP23	210-431-1	29,474.70	20.47	10	204.70
BP22	2213200006	34,537.00	23.98	10	239.80
BP32		34,537.00	23.98	10	239.80
BP34		34,537.00	23.98	10	239.80
BP43	OIS-03218 GR22	24,426.70	16.96	8	135.68
BP42	OIS-03530 GR05	22,607.20	15.70	10	157.00
BP44		22,607.20	15.70	10	157.00
BP51	OIS-03697 GR01	41,351.20	28.72	12	344.64
BP52		41,351.20	28.72	12	344.64
BP31	OIS-03697 GR05	26,367.20	18.31	10	183.10
BP33		26,367.20	18.31	8	146.48
BP41		26,367.20	18.31	10	183.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบค่า Anderson-Darling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

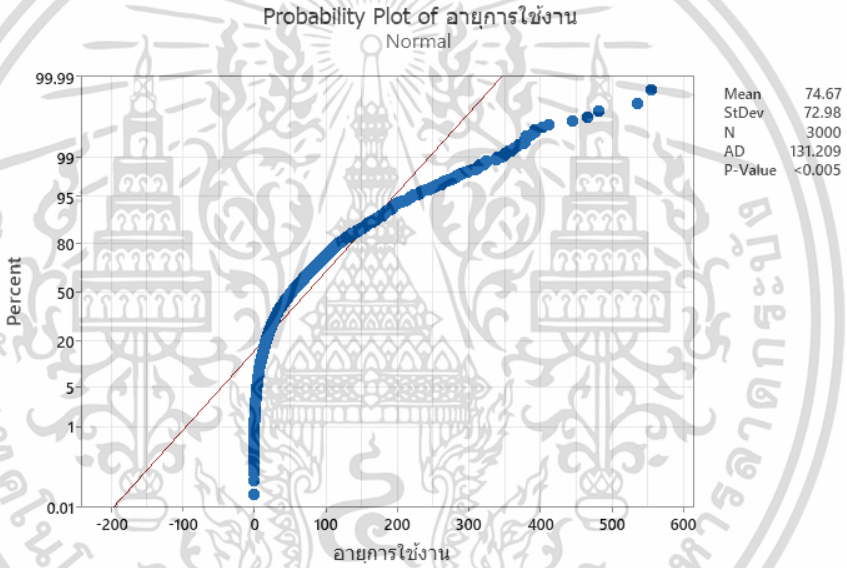
ฉ.1 การทดสอบค่า Anderson-Darling อุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

(1) การทดสอบการกระจายตัวอายุการใช้งาน (Lifetime)

ทำการทดสอบค่า Anderson-Darling ของอายุการใช้งานทั้งหมด โดยใช้ฟังก์ชั่น Stat > Basic Statistics > Normality Test ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ฉ.1 ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก H_0 : ข้อมูลเป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ

สมมติฐานรอง H_1 : ข้อมูลไม่เป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ



รูปที่ ฉ.1 การทดสอบการกระจายตัวอายุการใช้งานอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

จากรูปที่ ฉ.1 พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลไม่เป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่า AD เท่ากับ 131.209 และ P-Value เท่ากับ <0.005

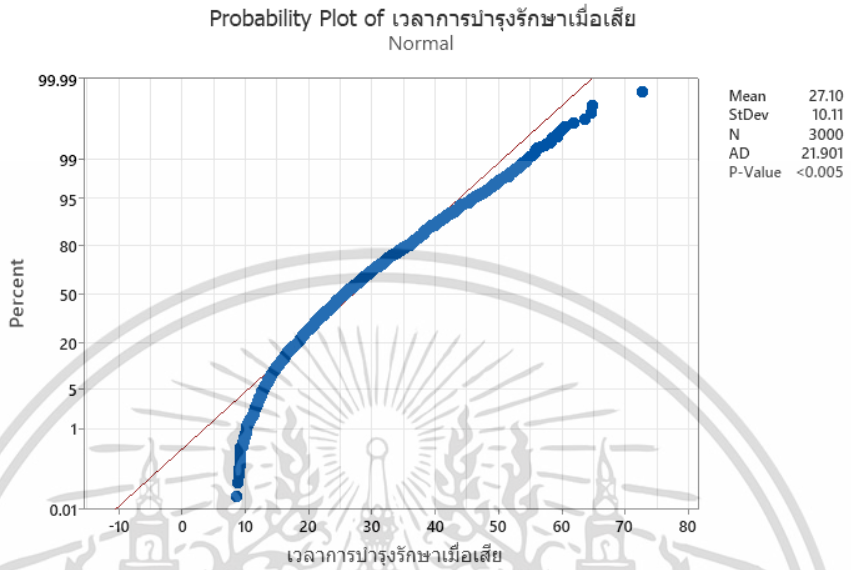
(2) การทดสอบการกระจายตัวเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Downtime)

ทำการทดสอบค่า Anderson-Darling ของเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียทั้งหมด โดยใช้ฟังก์ชั่น Stat > Basic Statistics > Normality Test ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ ฉ.2 ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ 1 Sample-t โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งกำหนดค่าระดับนับสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (Confidence Level = 95 %) มีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

สมมติฐานหลัก H_0 : ข้อมูลเป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานรอง H_1 : ข้อมูลไม่เป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ



รูปที่ ฉ.2 การทดสอบการกระจายตัวเวลาการบำรุงรักษาเมื่อเสียอุปกรณ์ Take Out Arm รุ่น 210-431-1

จากรูปที่ ฉ.2 พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลไม่เป็นไปตามการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่า AD เท่ากับ 21.901 และ P-Value เท่ากับ <0.005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ใบขออนุญาตเข้าศึกษาดูโรงงานเพื่อทำการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

วันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2565

เรื่อง ขออนุญาตเข้าศึกษาดูงาน เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และเผยแพร่งานวิจัย
เรียน คุณสุพรชัย สมบูรณ์ทัทรกิจ ผู้อำนวยการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)

ด้วยนางสาวพิมพิชา โสภณมณี รหัสนักศึกษา 6486110 นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สนใจวิทยานิพนธ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผนการซ่อมบำรุง โดยการหาอายุการใช้งานของชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อลดความสูญเสียต้นทุนที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และเพื่อสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทและมีการตีพิมพ์และเผยแพร่สู่สาธารณะ เพื่อเป็นการเปิดโลกทัศน์

ในการนี้ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยดังกล่าว ณ บริษัท อุตสาหกรรมท่าเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) เป็นระยะเวลาการวิจัยตั้งแต่วันที่ 27 มิถุนายน 2565 จนกว่าผลการวิจัยจะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากทางบริษัทฯ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผศ.ดร. ทิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 084-196-1454 (ผศ.ดร. ทิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข อาจารย์ที่ปรึกษา)

TGI Supornchai Somboonpatarakit <SupornchaiS@bjc.co.th> Tue, Jun 28, 2022, 4:4
to TGI, TGI, me, kittiwat

Dear Khun Pimpicha,

Thanks you for your information.

Our company is welcome for students to visit or to make a research works. You may contact with Khun Nopparut in more details to do your job in our company for your success. Any problem or inconvenience you may have, please tell us.

Regards,
Supornchai.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 14 (CIOD 2023)
The 14th National Conference of Industrial Operations Development 2023
25 พฤษภาคม 2566 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการบำรุงรักษาเมื่อเสียและการบำรุงรักษาแบบป้องกันของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแก้วด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์

Cost comparison between breakdown maintenance and preventive maintenance of glass processing machinery by a simulation technique

พิมพิชา โสภณมณี [1]* และ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข [2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520
E-mail: 64601101@kmitl.ac.th [1]*, kittiwat.si@kmitl.ac.th [2]

บทคัดย่อ

บริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตเครื่องแก้วโดยมีการใช้เครื่องจักรมาช่วยในการผลิตเป็นหลัก ดังนั้น การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรจึงมีความสำคัญ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาและหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ Take Out Arm เนื่องจากอุปกรณ์นี้มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูง ทางบริษัทต้องการเปลี่ยนจากการบำรุงรักษาโดยการบำรุงรักษาเมื่อเสียเป็นการบำรุงรักษาแบบป้องกัน การจำลองสถานการณ์ถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบแผนระหว่างการเสียของอุปกรณ์หลังการบำรุงรักษาโดยการบำรุงรักษาเมื่อเสียและภายใต้การบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ระยะเวลาการซ่อมต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ส่วนโปรแกรม Minitab จะช่วยสร้างตัวเลขสุ่มเพื่อจำลองแต่ละสาเหตุของการเสีย งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์ Take Out Arm ไม่ควรใช้แผนการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพราะมีต้นทุนที่สูงกว่าแผนการบำรุงรักษาโดยการบำรุงรักษาเมื่อเสีย

คำสำคัญ : การบำรุงรักษาแบบป้องกัน แบบจำลองสโตแคสติก แผนการซ่อมบำรุงรักษา อายุการใช้งาน

Abstract

The case study business primarily relies on machines to help with production as it makes glassware. Hence, the maintenance of machinery is important. The purpose of this research is to study and find a maintenance plan for the take-out arm parts because there is a high maintenance cost. The company wants to switch from breakdown maintenance to preventive maintenance. A simulation technique is applied to compare the schemes between breakdown maintenance and preventive maintenance at various planned repair points using the Microsoft Excel program. It is noted that the Minitab program helps generate random numbers to simulate each cause of failure. The research shows that preventive maintenance should not be applied to the take-out arm parts because the cost is higher than the breakdown maintenance plan.

Keywords : preventive maintenance, stochastic model, maintenance scheduling, life-time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 14 (CIOD 2023)
The 14th National Conference of Industrial Operations Development 2023
25 พฤษภาคม 2566 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหันมาให้ความสำคัญกับการพัฒนาและการวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรมากขึ้น หากจะทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ต่อเนื่องนั้น ขึ้นกับค่าประสิทธิผลของเครื่องจักร โดยการวางแผนการบำรุงรักษาสามารถลดเวลาหยุดการทำงานของเครื่องจักรและเพิ่มความพร้อมการใช้งานได้ [1-3]

บริษัทผลิตเครื่องแก้วแห่งหนึ่ง ทำธุรกิจด้านบรรจุภัณฑ์แก้วที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตของกระบวนการ ซึ่งแผนกซ่อมบำรุงของทางบริษัท จะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา เนื่องจากการซ่อมบำรุงที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีผลอย่างมากต่อต้นทุนและระบบการผลิต

ปัจจุบันภายในแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักรนั้นพบเจอกับปัญหาค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง เช่น การเปลี่ยนชิ้นส่วนและอุปกรณ์เครื่องจักร เมื่อชิ้นส่วนเกิดความเสียหายกะทันหัน เป็นต้น และทางโรงงานมีชิ้นส่วนอะไหล่จำนวนมาก เนื่องจากแต่ละชิ้นมีราคาอะไหล่และความถี่ในการชำรุดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นจำนวนที่มาก โดยมีอุปกรณ์ชื่อ Take Out arm มีเวลาการหยุดทำงานสูง และสูญเสียการผลิตสูง ค่าใช้จ่ายในด้านการซ่อมแซมเพิ่มขึ้นทุกปี ไม่ทราบแน่นอนว่าควรใช้อุปกรณ์นี้จนถึงช่วงอายุการทำงานเท่าใดจึงจะทำการเปลี่ยนในปัจจุบันจึงจะเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าวเมื่ออุปกรณ์นี้ชำรุดเท่านั้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา (Maintenance) คือ การบำรุงรักษาเครื่องมือ เครื่องจักรต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่สามารถพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา รวมไปถึงการซ่อมแซมเครื่องจักรด้วย เพื่อให้เครื่องจักรเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานและไม่เสียเวลาโดยสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต โดยสามารถแบ่งการบำรุงรักษาได้เป็น 2 ประเภทหลัก [4-5]

2.1.1 การบำรุงรักษาเมื่อเสีย (Breakdown Maintenance) การบำรุงรักษาประเภทนี้เป็นการรักษาที่เก่าแก่ที่สุด โดยจะเริ่มการบำรุงรักษาก็ต่อเมื่อเครื่องจักรนั้น มีการรายงานว่าชำรุด พนักงานจึงจะเข้าไปทำการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย โดยการเสียหายประเภทนี้จะไม่มีสัญญาณเตือนล่วงหน้าเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุด และทำให้ในบางครั้งไม่สามารถบรรลุเป้าหมายในการปฏิบัติตามแผนการผลิตได้

2.1.2 การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาที่ช่วยยืดอายุการใช้งาน รวมถึงการปรับเปลี่ยนการทำความสะอาด การหล่อลื่น การซ่อมแซมและการเปลี่ยน โดยมีการวางแผนเปลี่ยนให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานมากขึ้น และยังทำให้ลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิตให้มีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความอยู่รอด (Reliability and Survival Analysis)

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความอยู่รอดเป็นสาขาเฉพาะทางของสถิติทางคณิตศาสตร์และได้รับการพัฒนาเพื่อจัดการกับตัวแปรสุ่มเวลาต่อเหตุการณ์ชนิดพิเศษ (อายุการใช้งาน เวลาล้มเหลว เวลาอยู่รอด และอื่นๆ) [6] โดยในอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนนั้น การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์การผลิต การกระทำของผู้คน หรือแม้กระทั่งความล้มเหลวของอุปกรณ์ล้วนเป็นปัจจัยที่เพิ่มต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น จึงทำให้ระบบต้องมีการควบคุมและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับพนักงาน วิ่งแวดล้อมและความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ดังกล่าว

2.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องของการซ่อมบำรุงแบบป้องกันและเมื่อเสีย

การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องและตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ [7] สามารถคำนวณได้จากสมการ โดย

C_{Total} คือ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงโดยรวม (บาท/ปี)

$C_{unplanned}$ คือ ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง กรณีไม่ตามแผน (บาท/ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$C_{planned}$ คือ ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง กรณีตามแผน (บาท/ปี)

$N_{unplanned}$ คือ จำนวนครั้งในการซ่อมแซม กรณีไม่ตามแผน (ครั้ง/ปี)

$N_{planned}$ คือ จำนวนครั้งในการซ่อมแซม กรณีไม่ตามแผน (ครั้ง/ปี)

$T_{unplanned}$ คือ เวลาในการซ่อมแซม กรณีไม่ตามแผน (วัน)

$T_{planned}$ คือ เวลาในการซ่อมแซม กรณีตามแผน (วัน)

C_E คือ มูลค่าอุปกรณ์ (บาท/ชิ้น)

LPP คือ ความสูญเสียทางด้านกำไร (บาท/วัน)

LC คือ ค่าแรงงานในการซ่อม (บาท/วัน)

มีสมการการคำนวณค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง คือ

$$C_{unplanned} = \left(N_{unplanned} \times C_E\right) \times [T_{unplanned} \times (LPP + \mathrm{LC})] \quad (1)$$

$$C_{planned} = \left(N_{planned} \times C_E\right) \times [\left(T_{planned} \times N_{planned}\right) \times (LPP + \mathrm{LC})] \quad (2)$$

$$C_{Total} = C_{unplanned} + C_{planned} \quad (3)$$

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้หลักการและทฤษฎีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่มีความแตกต่างกันออกไป

Yang et al. [8] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรชีวิตและลดต้นทุนค่าบำรุงรักษาให้น้อยที่สุด ที่น่าจะเป็นของการการบำรุงรักษาที่ต้องการเพิ่มความทนทานเสริมความแข็งของไฟเบอร์กลาสเสริมพลาสติก (FRP) มีการคำนวณของการสุ่มตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพและ MOPSO รวมถึงการสร้างแบบจำลองการเสื่อมสภาพและการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ รวมถึงการวิเคราะห์โดยใช้การแจกแจงทางสถิติด้วย

Tambe et al. [7] ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการวางแผนการบำรุงรักษาพร้อมการควบคุมคุณภาพ เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน โดยมีการนำเสนอวิธี การจำลองการอบเหนียว (SA), วิธีการเมตาฮิวริสติก (Meta Heuristic Method) และวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) มีการนำเสนอการศึกษาการจำลองที่ระดับต่างๆ โดยมีการใช้สูตรคำนวณหาต้นทุนค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาทั้งแบบตามแผนและไม่ตามแผน ของการเสื่อมสภาพของส่วนประกอบ และปัจจัยความเข้มงวดตามกำหนดเวลา

Ikonen et al. [9] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาโดยใช้อัตราความล้มเหลวของอ่างอาบน้ำ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอายุการใช้งานเข้ากับการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือก โดยเน้นที่ชุดข้อมูลที่มีอัตราความล้มเหลวในรูปทรงอ่างอาบน้ำ และเสนอการปรับปรุงสองครั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือกตามโปรแกรมจำนวนเต็มแบบไม่เชิงเส้น (MINLP) โดยการปรับปรุงช่วยให้วิธีการที่ใช้ MINLP สามารถจัดการกับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาแบบเลือกขนาดใหญ่ที่มีส่วนประกอบระบบมากถึง 700 - 1,000 ชิ้น

Soares et al. [10] ได้ทำการศึกษาการจัดการการบำรุงรักษาสำหรับการระบุและการวิเคราะห์การลดลงของความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ รวมถึงการประยุกต์ใช้การทดสอบลาปลาส เพื่อระบุอุปกรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ช่วงหนึ่ง โดยมีการอิงเครื่องมือ FMEA และมีการวิเคราะห์ทำแผนภูมิและหาสาเหตุที่ส่วนประกอบที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลความล้มเหลวที่เฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกัน

Zou et al. [11] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบความล้าและการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษา ต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน และความน่าเชื่อถือ โดยใช้ประโยชน์จากการคำนวณต้นทุนของข้อมูล (Vol) และการเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจแบบเบย์ มีการศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับ Vol ต้นทุนวงจรชีวิต (LCC) และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพตามความน่าเชื่อถือ

Sharifi et al. [12] ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตและการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสภาพแวดล้อมการผลิตแบบเครื่องเดียวในโหมดหลายความล้มเหลวที่ลดประสิทธิภาพลง มีการใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (GA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 14 (CIOD 2023)
The 14th National Conference of Industrial Operations Development 2023
25 พฤษภาคม 2566 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อัลกอริทึมการหลอมจำลอง (SA) และอัลกอริทึมการปรับให้เหมาะสมตามการเรียนการสอน (TLBO)

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหา

ทางโรงงานมีปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในแผนกการซ่อมบำรุงรักษาที่ค่อนข้างสูงมาก เมื่อได้ทำการศึกษาข้อมูลพบว่า T/O Arm (Take Out Arm) มีเวลาการหยุดทำงานสูงที่สุดและสูญเสียการผลิตสูง ค่าใช้จ่ายในด้านการซ่อมแซมเพิ่มขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง และถึงแม้ในปีล่าสุดจะลดลง ก็ยังมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพื่อหาแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้กับชิ้นส่วน T/O Arm ซึ่งมีรุ่นย่อยทั้งหมด 7 รุ่น โดยผู้วิจัยจะทำการจำลองสถานการณ์ของรุ่น 210-431-1 เพื่อเป็นการนำร่องให้กับรุ่นอื่นๆ โดยมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายเฉลี่ยการซ่อมแซมเครื่องจักรของแต่ละอุปกรณ์ โดยเฉลี่ยตั้งแต่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2565 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดค่าซ่อมแซมเครื่องจักร ตั้งแต่ พ.ศ. 2562 – 2565

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท/ปี)
1	Plunger Cylinder	295,146.07	449,795.61	347,538.18	251,835.24	336,078.61
2	Take Out Tong Head	142,456.46	163,261.13	373,984.19	134,469.09	163,135.47
3	Blow Head Arm	492,510.35	582,930.08	333,032.27	152,747.67	390,05.27
4	Take Out Arm	687,721.80	939,520.76	1,736,492.69	732,128.13	1,023,965.85
5	Neck Ring Arm	211,035.82	252,776.54	429,913.45	98,997.39	248,180.80

จากตารางที่ 1 พบว่า อุปกรณ์ Take Out Arm มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีสูงถึง 1,023,965.85 บาท โดยแต่ละปี ค่าใช้จ่ายจากการซ่อมแซมเครื่องจักรเพิ่มขึ้น และถึงแม้ลดลงก็ยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าอุปกรณ์อื่นๆ เนื่องจากมีการหยุดการผลิตภายในโรงงานบ่อยครั้ง จึงเป็นที่มาของขอบเขตงานวิจัยฉบับนี้

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต้ในการจัดลำดับความสำคัญในการคัดเลือกปัญหาที่ควรได้รับการถูกแก้ไข อันดับ 1 คือ Take Out Arm ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แผนภาพพาเรโต้แสดงค่าใช้จ่ายการซ่อมแซมเครื่องจักรรวมแต่ละอุปกรณ์

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์และต้นทุนการซ่อมบำรุงรักษา

จากการศึกษาข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษา อุปกรณ์ T/O Arm อยู่ในกระบวนการการขึ้นรูปขวด (Forming) และมีรุ่นย่อยทั้งหมด 7 รุ่น โดยแต่ละรุ่นนั้น นำไปใช้งานกับเครื่องจักรคนละเครื่อง โดย T/O Arm มีหน้าที่เคลื่อนที่ไปตำแหน่งของขวด จะทำงานควบคู่ไปกับอุปกรณ์ Take Out Max และ Take out Tong Head ในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะ รุ่น 210-431-1 ของเครื่องจักร 23 และพบว่า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเกิดจากสาเหตุการเสียหลักๆ 4 สาเหตุ ประกอบด้วย คีมไม่มีแรงคีบขวด,สายพานภายใน T/O Arm ขาด, การทำงานไม่สม่ำเสมอ และอุปกรณ์ภายใน T/O Arm อื่นๆชำรุด จากการเก็บข้อมูลพบว่า สาเหตุจากสายพานขาด มีโอกาสเกิดบ่อยที่สุด จึงทำการจำลองสถานการณ์ โดยใช้ข้อมูลอายุการใช้งานและระยะเวลาการซ่อมแซมเฉพาะของสาเหตุสายพานขาด โดยมีตารางข้อมูลอายุการใช้งาน แสดงดังตารางที่ 2 และรายละเอียดที่มาของต้นทุนการซ่อมบำรุงรักษา ดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 รายละเอียดที่มาของต้นทุนการซ่อมบำรุงรักษา

จำนวนครั้งซ่อมแซม	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด	อายุการใช้งาน (วัน)	เวลาทั้งหมดที่เปลี่ยนชิ้นงาน (นาที)
1	18/1/2019 6:00 AM	18/1/2019 6:15 AM		
2	15/2/2019 11:00 PM	15/2/2019 11:25 PM	28.6979	25.00
3	6/5/2019 11:45 PM	7/5/2019 12:00 AM	20.0139	15.00
4	8/5/2019 4:15 AM	8/5/2019 4:35 AM	1.1771	20.00
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
46	31/7/2022 9:00 AM	31/7/2022 9:30 AM	8.7604	30.00
47	4/8/2022 1:10 AM	4/8/2022 1:20 AM	3.6528	10.00
48	4/8/2022 5:10 AM	4/8/2022 5:30 AM	0.1597	20.00
49	7/8/2022 1:50 AM	7/8/2022 2:25 AM	2.8472	35.00

เมื่อทำการจำลองสถานการณ์ด้วยคาระยะเวลาการเข้าไปทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันด้วยค่าที่แตกต่างกัน (วัน) ได้การจำลองสถานการณ์ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปค่าและตัวแปรที่สำคัญในการคิดคำนวณการหาระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	หมายเหตุ
อัตราค่าแรงมาตรฐาน ปี 2565	353.000	บาท/วัน	
อัตราค่าแรงมาตรฐานต่อชั่วโมง	132.375	บาท/ชั่วโมง	พนักงาน 3 คน/เครื่อง
มูลค่าอะไหล่	3,400.000	บาท/ชิ้น	
ต้นทุนขวด	3.000	บาท/ขวด	
อัตราการผลิตจริงเฉลี่ย	30,614.193	ขวด/วัน	คิด 24 ชั่วโมง
ค่าแรงงานในการซ่อม	1,059.000	บาท/วัน	พนักงาน 3 คน/เครื่อง
ค่าแรงงานต่อขวด	0.035	บาท/ขวด	
ความสูญเสียทางด้านต้นทุน	91,842.580	บาท/วัน	

3.3 การทดสอบรูปแบบการแจกแจงและการสร้างค่าของข้อมูล”

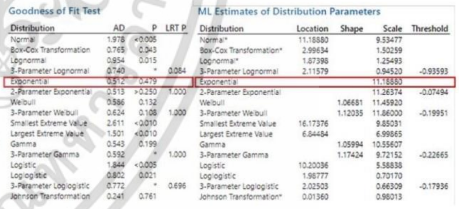
ทำการรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงแต่ละอุปกรณ์ เพื่อระบุรูปแบบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab และสร้างชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงเดียวกันกับข้อมูลจริง โดยมีการอ้างอิงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเลือกรูปแบบการแจกแจงข้อมูล [13]

3.3.1 ทำการทดสอบการแจกแจงและการสร้างค่าของอายุการใช้งานและเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร รุ่น 210-431-1

เมื่อได้ชุดข้อมูลอายุการใช้งานของอุปกรณ์ T/O arm รุ่น 210-431-1 จึงทำการทดสอบการแจกแจงของชุดข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์และตรวจสอบชุดข้อมูลเป็นการแจกแจงประเภทใด ซึ่งจะได้สร้างชุดข้อมูลในการจำลองสถานการณ์เพิ่มเติม

(1) การทดสอบการแจกแจงอายุการใช้งาน

ทำการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชัน Quality Tools > Individual Distribution Identification ได้ผลสรุปว่าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ T/O arm รุ่น 210-431-1 มีการแจกแจงแบบ Exponential ที่นัยสำคัญ 0.05 ให้ค่าพารามิเตอร์ คือ Scale =11.18880, ค่า AD = 0.512 และค่า P-Value = 0.479


Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1.978	<0.005	
Box-Cox Transformation	0.765	0.043	
Lognormal	0.954	0.015	
3-Parameter Lognormal	0.749	*	0.054
Exponential	0.512	0.479	
2-Parameter Exponential	0.513	>0.250	1.000
Weibull	0.586	0.132	
3-Parameter Weibull	0.624	0.108	1.000
Smallest Extreme Value	2.611	<0.010	
Largest Extreme Value	1.501	<0.010	
Gamma	0.543	0.199	
3-Parameter Gamma	0.592	*	1.000
Logistic	1.844	<0.005	
Loglogistic	0.802	0.021	
3-Parameter Loglogistic	0.772	*	0.696
Johnson Transformation	0.241	0.761	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	11.18880		9.33477	
Box-Cox Transformation*	2.99634		1.50259	
Lognormal*	1.87398		1.25493	
3-Parameter Lognormal	2.11579		0.84520	-0.93593
Exponential			11.18880	
2-Parameter Exponential			11.26374	-0.07494
Weibull		1.06681	11.45920	
3-Parameter Weibull		1.12035	11.66020	-0.19951
Smallest Extreme Value	16.17376		9.85031	
Largest Extreme Value	6.84484		6.99865	
Gamma		1.05994	10.55607	
3-Parameter Gamma		1.17424	9.72152	-0.22665
Logistic	10.20036		5.58838	
Loglogistic	1.98777		0.70170	
3-Parameter Loglogistic	2.02503		0.66309	-0.17936
Johnson Transformation*	0.01360		0.99013	

รูปที่ 2 ค่าพารามิเตอร์แต่ละการแจกแจงที่ใช้ในการวิเคราะห์อายุการใช้งาน T/O arm รุ่น 210-431-1

จากการทดสอบค่าพารามิเตอร์เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสม สามารถดูผลจาก Goodness of Fit Test โดยจะถือว่า การแจกแจงที่เหมาะสมนั้นจะมีค่า AD ที่ต่ำ และมีความ P-value มากกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากรูปพบว่าการแจกแจงแบบ Exponential มีความเหมาะสมที่สุด

(2) การทดสอบการแจกแจงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชัน Quality Tools > Individual Distribution Identification ได้ผลสรุปว่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร มีการแจกแจงแบบ Weibull ที่นัยสำคัญ 0.05 ให้ค่าพารามิเตอร์ คือ Shape =2.91522, Scale = 29.58393 ค่า AD = 1.489 และค่า P-Value < 0.01

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1.628	<0.005	
Box-Cox Transformation	1.601	<0.005	
Lognormal	1.601	<0.005	
3-Parameter Lognormal	1.631	*	0.659
Exponential	9.934	<0.003	
2-Parameter Exponential	4.109	<0.010	0.000
Weibull	1.489	<0.010	
3-Parameter Weibull	1.449	<0.005	0.031
Smallest Extreme Value	2.335	<0.010	
Largest Extreme Value	1.654	<0.010	
Gamma	1.578	<0.005	
3-Parameter Gamma	1.587	*	1.000
Logistic	1.726	<0.005	
Loglogistic	1.712	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	1.716	*	0.905

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	28.35417		9.77075	
Box-Cox Transformation*	3.22338		0.27817	
Lognormal*	3.22338		0.27817	
3-Parameter Lognormal	3.26167		0.34592	-1.67819
Exponential			26.35417	
2-Parameter Exponential			16.76212	9.65204
Weibull		3.11532	29.58393	
3-Parameter Weibull		1.60665	19.53961	9.00220
Smallest Extreme Value	31.43738		10.90722	
Largest Extreme Value	21.79923		7.91479	
Gamma		7.48961	3.51877	
3-Parameter Gamma		11.20553	2.67669	-5.30604
Logistic	25.89899		5.63173	
Loglogistic	3.21199		0.22336	
3-Parameter Loglogistic	3.14472		0.23983	1.53867

รูปที่ 3 ค่าพารามิเตอร์แต่ละการแจกแจงที่ใช้ในการวิเคราะห์เวลาการซ่อมแซม T/O arm รุ่น 210-431-1

จากการทดสอบค่าพารามิเตอร์เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสม สามารถดูผลจาก Goodness of Fit Test โดยจะถือว่า การแจกแจงที่เหมาะสมนั้นจะมีค่า AD ที่ต่ำ และมีความ P-value มากกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากรูปพบว่า การแจกแจงแบบ Weibull มีความเหมาะสมที่สุด

3.4 ทำการออกแบบแผนการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เมื่อได้ทำการจำลองแผนการซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมในแต่ละชิ้นงานแล้ว ระยะเวลาในการทำการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกัน ในงานวิจัยฉบับนี้ จะใช้ระยะเวลาดังต่อไปนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในแต่ละช่วงระยะเวลา คือ 0.01, 0.1, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30,35 และ 40 วัน เป็นต้น

3.5 การสร้างค่าของอายุการใช้งานและเวลาการเปลี่ยนชิ้นงานและจำลองระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร

เมื่อทำการหาการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการสร้างเลขของอายุการใช้งาน เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร รุ่น 210-431-1 จำนวน 500 ข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชัน Calc > Random data >> เลือก Distribution แต่ละข้อมูล จะได้รูปดังแสดงในรูปที่ 4

	C1	C2	C3	C4
	Life Time	Repair Time	Life Time_1	Repair Time_1
1	28.6979	25.00	1.0230	30.5479
2	20.0139	15.00	4.9710	28.5512
3	1.1771	20.00	3.5819	15.4956
4	15.1354	20.00	4.6600	21.5399
5				
6	ข้อมูลจริง	.00	ข้อมูลGenerate	
7	2.5174	15.00	3.5153	65.6566
8	16.6806	15.00	8.5884	44.0727
9	4.6528	15.00	31.6996	38.8052
10	8.3958	30.00	21.2338	35.2580
11	28.1563	20.00	3.0868	34.6461
12	21.5694	30.00	4.6063	22.0490
13	15.1493	40.00	33.1267	34.2404

รูปที่ 4 ตัวอย่างการสร้างเลขอายุการใช้งานและระยะเวลาในการซ่อมแซมของอุปกรณ์

การจำลองสถานการณ์การวางแผนการซ่อมบำรุงรักษานั้น ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจำลอง ดังรูปที่ 6 และมีคำอธิบายกลไกของการจำลองข้อมูลดังนี้

3.5.1 ทำการป้อนข้อมูล (Input) ที่เกี่ยวข้องเข้าไปยังการจำลองสถานการณ์

3.5.2 จำลองสถานการณ์ด้วยการกรอกตัวเลขระยะเวลาการเข้าไปทำ PM แต่ละช่วงเวลา เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม และกดปุ่ม Generator เพื่อแสดงข้อมูลการจำลอง

3.5.3 ผู้วิจัยจะสามารถทราบจำนวนครั้งในการซ่อมแซม เวลาในการซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ได้จากช่องแสดงผล (Output) โดยทางโปรแกรมจะทำการเก็บข้อมูลแผนการซ่อมบำรุงรักษาภายในระยะเวลา 1 ปี (365 วัน)

(1) ในกรณีที่เหตุการณ์เกิดการซ่อมแซมในครั้งนั้นเป็นกรณีตามแผน (Planned) จะสามารถทราบได้จากช่องประเภทของการบำรุงรักษา จะแสดง “Planned”

(2) ในกรณีที่เหตุการณ์เกิดการซ่อมแซมในครั้งนั้นเป็นกรณีไม่ตามแผน (Unplanned) จะสามารถทราบได้จากช่องประเภทของการบำรุงรักษา จะแสดง “Unplanned”

หมายเหตุ : โรงงาน ไม่มีการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ผู้วิจัยจึงทำการประมาณเวลาในการทำการบำรุงแบบป้องกัน จากการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง โดยใช้เวลาในการซ่อมที่น้อยที่สุดจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

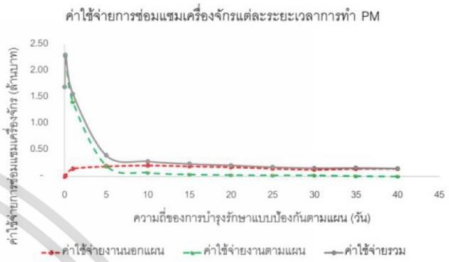
การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 14 (CIOD 2023)
The 14th National Conference of Industrial Operations Development 2023
25 พฤษภาคม 2566 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

4. ผลการวิจัย

จากการจำลองสถานการณ์การซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกัน สามารถสรุปต้นทุนแต่ละระยะเวลาในการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันได้ดังต่อไปนี้

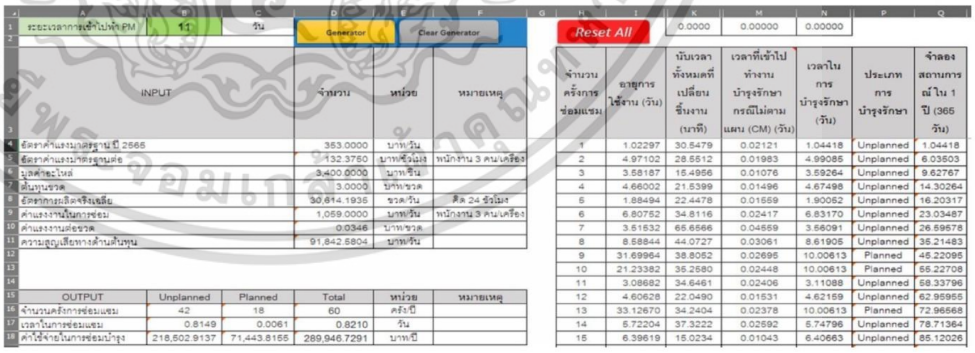
ตารางที่ 4 ต้นทุนแต่ละระยะเวลาในการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

ทำ PM ทุกๆ x (วัน)	ค่าใช้จ่ายงานนอกแผน (บาท)	ค่าใช้จ่ายงานตามแผน (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
0.01	-	1,700,000.00	1,700,000.00
0.1	14,835.04	2,291,340.73	2,306,175.77
1	149,744.78	1,414,949.35	1,564,694.13
5	195,994.00	205,769.41	401,763.41
10	213,342.24	75,412.92	288,755.16
15	196,943.40	43,660.11	240,603.51
20	181,694.26	31,752.81	213,447.06
25	153,021.33	27,783.71	180,805.04
30	134,386.89	26,215.40	160,602.28
35	150,434.29	13,107.70	163,541.99
40	150,592.09	3,889.88	154,481.96



รูปที่ 5 กราฟค่าใช้จ่ายงานนอกแผน งานตามแผนและค่าใช้จ่ายรวมของการทำ PM แต่ละช่วงเวลา

พบว่า เมื่อระยะเวลาการทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายงานตามแผนและค่าใช้จ่ายรวมในช่วงแรกสูงและลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีระยะเวลามากขึ้นและเมื่อกำหนดเวลาในการซ่อมบำรุงรักษาแบบป้องกันจะเกิดต้นทุนโดยรวมจะต่ำสุด เพราะปล่อยให้ชิ้นงานเสียเองจึงค่อยทำการเปลี่ยนชิ้นงานจะให้ต้นทุนต่ำสุด จึงสรุปผลได้ว่า กรณีสายพานขาด ไม่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันทำการเปลี่ยนชิ้นงานจะให้ต้นทุนต่ำสุด จึงสรุปผลได้ว่า กรณีสายพานขาด ไม่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน



รูปที่ 6 แบบจำลองสถานการณ์การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Hadian, S. M., Farughi, H., & Rasay, H., (2023), "Development of a simulation-based optimization approach to integrate the decisions of maintenance planning and safety stock determination in deteriorating manufacturing systems", Computers & Industrial Engineering, Vol.178, p.109132.
2. Lopes, R., (2018), "Integrated model of quality inspection, preventive maintenance and buffer stock in an imperfect production system", Computers & Industrial Engineering, Vol 126, pp.650-656.
3. วัฒนา เชียงกูล, เกรียงไกร ดำรงรัตน์ และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน, (2553), "การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability" บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพมหานคร.
4. Calixto, E., (2016), Gas and oil reliability engineering: modeling and analysis, Gulf Professional Publishing, pp.179-180.
5. Pandey, D., Kulkarni, M. S., & Vrat, P., (2010), "Joint consideration of production scheduling", maintenance and quality policies: a review and conceptual framework. International Journal of Advanced Operations Management, Vol.2, No.1-2, pp.1-24.
6. Karim, M. R., & Islam, M. A., (2019)., Reliability and survival analysis. Springer Singapore.
7. Tambe, P. P., & Kulkarni, M. S., (2022), "A reliability based integrated model of maintenance planning with quality control and production decision for improving operational performance", Reliability Engineering & System Safety, Vol.226, p.108681.
8. Yang, D. Y., Frangopol, D. M., & Teng, J. G., (2019), "Probabilistic life-cycle optimization of durability-enhancing maintenance actions: Application to FRP strengthening planning", Engineering Structures, Vol.188, pp.340-349.
9. Ikonen, T. J., Mostafaei, H., Ye, Y., Bernal, D. E., Grossmann, I. E., & Harjunkoski, I., (2020), "Large-scale selective maintenance optimization using bathtub-shaped failure rates", Computers & Chemical Engineering, Vol.139, p.106876.
10. Soares E., Lopes I. and Pinheiro J., (2022), "Methodology to Support Maintenance Management for the Identification and Analysis of the Degradation of Equipment Reliability", IFAC-PapersOnLine, Vol.54, No.1, pp.1410-1415.
11. Zou, G., Faber, M. H., González, A., & Banisoleiman, K., (2021), "Fatigue inspection and maintenance optimization: A comparison of information value, life cycle cost and reliability based approaches", Ocean Engineering, Vol.220, p.108286.
12. Sharifi, M., & Taghipour, S., (2021), "Optimal production and maintenance scheduling for a degrading multi-failure modes single-machine production environment", Applied Soft Computing, Vol.106, p.107312.
13. Minitab Blog Editor, "How to Identify the Distribution of Your Data using Minitab", Online https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/how-to-identify-the-distribution-of-your-data-using-minitab, accessed on May 1,2023.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพิมพิชา โสภณมณี
วัน เดือน ปีเกิด	18 พฤศจิกายน 2540 ที่ชุมพร
ที่อยู่	71 ถ.กรมหลวงชุมพร ต.ท่าตะเภา อ.เมือง จ.ชุมพร 86000 โทร. 092-7244467
ประวัติการศึกษา	2563 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ (เกียรตินิยมอันดับ2) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	1. “การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการบำรุงรักษาเมื่อเสียและการบำรุงรักษาแบบป้องกันของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแก้วด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์”. การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ครั้งที่ 14 ประจำปี 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้