รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการทำงานของเครื่องจักร และหาสาเหตุของเครื่องจักรเสีย: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

Reliability Analysis for Machine Working and Causes of Defective Machines: A Case study of an Autoparts Manufacturing Factory

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรินทร์ แสงมา

นายทินกร จันทร์กระจ่าง

นางสาวสรวงกนก พิบูลธรรมนนท์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการทำงานของเครื่องจักร และหาสาเหตุของเครื่องจักรเสีย: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรินทร์ แสงมา นายทินกร จันทร์กระจ่าง นางสาวสรวงกนก พิบูลธรรมนนท์

พ.ศ. : 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ เพื่อหาความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะทำงานได้เป็นปกติ อัตราความขัดข้องของเครื่องจักร และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร ข้อมูลเก็บรวมรวมจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่ง ประกอบด้วยระยะเวลาที่เริ่มต้นศึกษาจนเครื่องจักรทำงานบกพร่อง คนงาน และขั้นตอนการผลิต จากเครื่องจักร 8 ชนิด ระเวลาศึกษา 90 วัน บันทึกจำนวนวันที่เริ่มศึกษาจนกระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง ขั้นตอนการผลิต ผลการศึกษาพบว่า ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักร 4 จะใช้งานได้มากกว่า 51 วันมีค่าเท่ากับ 0.40 เครื่องจักร 5 มากกว่า 68 วันมีค่าเท่ากับ 0.32 เครื่องจักร 6 มากกว่า 72 วันมีค่าเท่ากับ 0.31 ที่เครื่องจักร 8 มากกว่า 85 วันมีค่าเท่ากับ 0.26 เครื่องจักร 9 มากกว่า 109 วันมีค่าเท่ากับ 0.80 เครื่องจักร 10 มากกว่า 52 วันมีค่าเท่ากับ 0.38 เครื่องจักร 11 มากกว่า 71 วันมีค่าเท่ากับ 0.30 และ ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักร 12 จะใช้งานได้มากกว่า 85 วันมีค่าเท่ากับ 0.26 อัตราความความขัดข้องของเครื่องจักร 4 ในวันทำงานที่ 51 มีค่าเท่ากับ 0.61 เครื่องจักร 5 ในวันทำงานที่ 68 วัน มีค่าเท่ากับ 1.61 เครื่องจักร 6 ในวันทำงานที่ 72 มีค่าเท่ากับ 0.77 เครื่องจักร 8 ในวันทำงานที่ 85 มีค่าเท่ากับ 1.26 เครื่องจักร 9 ในวันทำงานที่ 109 มีค่าเท่ากับ 1.31 เครื่องจักร 10 ในวันทำงานที่ 52 มีค่าเท่ากับ 0.92 เครื่องจักร 11 ในวันทำงานที่ 71 มีค่าเท่ากับ 1.24 และ อัตราความความขัดข้องของเครื่องจักร 12 ในวันทำงานที่ 85 วันมีค่าเท่ากับ 2.15 ปัจจัยคนงานกลุ่มที่ 2 และขั้นตอนการทำงานที่ 3 มีอิทธิพลต่ออัตราความความขัดข้องของเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้, อัตราความขัดข้อง, ชิ้นงานบกพร่อง, โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

Title : Reliability Analysis for Machine Working and Causes of Defective Machines: A Case study of an Autoparts Manufacturing Factory

Researcher : Assistant Professor Watcharin Sangma, Mr. Tinakorn Chankrathang, Miss. Suangkanok Piboonthamnont

Year : 2014

Abstract

This research proposes reliability analysis in order to find the probability that a machine will work properly, the failure rates of a machine, and the factors related to the failure rates. The data were collected from 8 types of machines in an autoparts manufacturing factory. They consist of the times measured from the first day of the study until the machine produces defective product, workers and production steps. The study duration is 90 days. The results show that the probability that the machine type 4 will work properly more than days is 0.40, machine type 5 more than 68 days is 0.32, machine type 6 more than 72 days is 0.31, machine type 8 more than 85 days is 0.26, machine type 9 more than 109 days is 0.80, machine type 10 at more than 52 days is 0.38, machine type 11 more than 71 days is 0.32, and the probability that the machine type 12 will work properly more than 85 days is 0.26. The failure rate of the machine type 4 at day 51 is 6.61, machine type 5 at day 68 is 1.61, machine type 6 at day 72 is 0.77, machine type 8 at day 85 is 1.26, machine type 9 at day 109 is 1.31, machine type 10 at day 52 is 0.92, machine type 11 at day 71 is 1.24, and the failure rate of the machine type 12 at day 85 is 2.15. The factors influencing on the failure rates are worker group 2 and production step 3 at the significance of 0.05.

Keywords: Reliability analysis, Failure rate, Defective product, Autoparts manufacturing factory

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการทำงานของเครื่องจักร และหาสาเหตุของเครื่องจักรเสีย: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากหลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. สุภัทรา โกไศยกานนท์ รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผศ. ดร. วัลลภ ภูผา คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ผศ.จุฑามาศ พีรพัชระ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มาตั้งแต่เริ่มต้น

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้ทุนสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
สมมุติฐานในการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	13
ตัวแปรสำหรับการวิจัย	13
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	13
การเก็บรวบรวมข้อมูล	14
การวิเคราะห์ข้อมูล	14
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	14
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	15
สัญลักษณ์และตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	15
ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร	16
อัตราความขัดข้องของเครื่องจักร	24
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
สรุปผลการวิจัย	35
อภิปรายผล	36
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	40
ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูล	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติคณะผู้วิจัย 46

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเวลาเริ่มตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาไปจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ แรกเริ่มนั้นเป็นการศึกษาช่วงชีวิตของมนุษย์ (Human lifetimes) ศึกษาสภาวะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของช่วงชีวิตมนุษย์ ต่อมาจึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ในด้านวิศวกรรมศาสตร์ ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักร สินค้า ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นทำการศึกษาช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มใช้จนกระทั่งเครื่องจักรนั้นทำงานบกพร่อง ในด้านการแพทย์และสาธารณสุข ซึ่งใช้ชื่อว่า การวิเคราะห์การอยู่รอด (Survival analysis) เช่น ศึกษาระยะเวลาที่ผู้ป่วยเริ่มเข้ารับการรักษาจนกระทั่งหายป่วย ในด้านการศึกษา เช่นศึกษาระยะเวลาที่เข้าเรียนจนกระทั่งพ้นสภาพการเป็น รวมทั้งมีการประยุกต์ใช้ในด้าน เศรษฐศาสตร์ ใช้ชื่อว่าการวิเคราะห์ช่วงเวลา (duration analysis) และสังคมศาสตร์ เป็นต้น การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ นอกจากมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามที่กล่าวมาแล้ว ยังมีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ ได้แก่ Event history analysis, Transition analysis, Failure time analysis ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ Yang (2005) ศึกษาความน่าเชื่อถือได้ของของ ตัวรีเรย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ตัด-ต่อวงจร ในเครื่องยนต์ (Relay) ข้อมูลที่ใช้ศึกษาคืออายุการใช้งาน และประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood)

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis) นั้นนอกจากจะสามารถตอบคำถามได้ว่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นภายหลังจากจุดเวลาที่กำหนด มีค่ามากน้อยเพียงใด แล้วยังสามารถตอบคำถามว่าอัตราความขัดข้อง (Failure rate) ณ จุดเวลาที่กำหนด มีค่าเท่าไร (Rovine and Eye, 1991) การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ให้ความสำคัญและความสนใจที่จะหาคำตอบว่าเมื่อไรจึงจะเกิดเหตุการณ์นั้น และช่วยให้นักวิจัยอธิบายรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์ (Patterns of occurrence) เปรียบเทียบรูปแบบระหว่างกลุ่ม ต่าง ๆ และสร้างตัวแบบทางสถิติของอัตราความขัดข้องต่อการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เพื่อศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างมีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้อง (Failure rate) หรือ นานเท่าไรที่จะไม่เกิดเหตุการณ์นั้น และมีปัจจัยใดบ้างมีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้อง (Adams and Dial, 1993, Singer and Willett, 1991; 1993)

หลักการของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ คือ การหาค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ (Reliability time) แล้วนำมาสร้างเป็นฟังก์ชั่นความน่าเชื่อถือได้ (Reliability function) และฟังก์ชันความขัดข้อง (Failure function) จากฟังก์ชันความน่าเชื่อถือได้ จะสามารถประมาณค่ามัธยฐานระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ (Median reliability time) ได้ การวิเคราะห์ความ

น่าเชื่อถือได้ทำได้หลายแบบ เช่นการวิเคราะห์ที่นำเสนอผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นตาราง การวิเคราะห์หาฟังก์ชั่นความน่าเชื่อถือได้และฟังก์ชันความขัดข้อง การวิเคราะห์เปรียบเทียบฟังก์ชันความน่าเชื่อถือได้แบบง่ายโดยนำค่าความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ มาสร้างกราฟของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือได้ หรือนำค่าความน่าจะเป็นของความขัดข้อง ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ มาสร้างกราฟของฟังก์ชันความขัดข้อง และการวิเคราะห์ด้วยตัวแบบความขัดข้อง (Failure model) ซึ่งเป็นวิธีที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันความขัดข้องกับตัวทำนาย เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อฟังก์ชั่นความขัดข้อง การวิเคราะห์แบบนี้ใช้หลักการของการวิเคราะห์การถดถอย (Willett and Singer, 1991)

ในทางอุตสาหกรรม การผลิตสินค้าที่มีข้อบกพร่องหรือสินค้าเสียนั้น ทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมาหลายอย่าง เช่น การส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้า อาจทำให้สูญเสียลูกค้าในอนาคต ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เกิดจากเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือผลิตใหม่เพิ่มขึ้น ค่าแรงงาน ค่าทำงานล่วงเวลา เพิ่มขึ้น หรือสูญเสียวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสินค้าเสียนั้นโดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ถ้าสามารถทราบว่า มีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ ข้อบกพร่องนั้นมีผลกระทบรุนแรงมากน้อยเพียงใด ข้อบกพร่องแต่ละลักษณะเกิดจากสาเหตุใด และระบบการตรวจจับข้อบกพร่องนั้นทำได้อย่างไร ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นตอนถัดไป การสร้างระบบการป้องกันหรือลดโอกาสการผลิตสินค้าบกพร่องหรือสินค้าเสียก็จะทำได้ตรงจุด มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สินค้าบกพร่องเกิดขึ้นได้ในโรงงานทุกประเภท อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์จัดเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่รัฐบาลให้การสนับสนุน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทในการสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งไทยเป็นฐานการผลิตขนาดใหญ่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก และมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในส่วนที่ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก และก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องต่างๆ พร้อมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนนับแสนล้านบาท

จากคุณสมบัติและจุดเด่นของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (reliability analysis) คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเอาเทคนิควิธีนี้มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยทางการศึกษาเรื่องการทำงานบกพร่องของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ หาค่าความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักร อัตราขัดข้องของเครื่องจักร และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราขัดข้องของเครื่องจักร ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการ และการวางแผนจัดการผลิตสินค้า เพื่อลดปัญหาการทำงานบกพร่องของเครื่องจักร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักร และอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

2. เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรคือ เครื่องจักรทั้งหมดในโรงงาน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เครื่องจักรที่สุ่มมาศึกษา จำนวน 8 ประเภท

สมมุติฐานในการวิจัย

คนงาน ขั้นตอนการผลิต มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis) หมายถึง เทคนิควิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับเวลาเริ่มตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาไปจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

ระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ (Reliability time) หมายถึง ช่วงเวลาที่เครื่องจักรเริ่มทำงานจนถึงเวลาที่เครื่องจักรทำงานบกพร่อง

กรณีเซนเซอร์ (Censored) หมายถึง กรณีที่เครื่องจักรทำงานปกติตลอดเวลาที่ทำการศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ และค่าอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

2. นำผลการศึกษาไปใช้ประกอบการพิจารณาหาแนวทางแก้ปัญหาเครื่องจักรทำงานบกพร่อง เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตสินค้าบกพร่อง

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการทำงานบกพร่องของเครื่องจักรโดยใช้การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ ในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ทฤษฎีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis)

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้จาก บัณฑิต (2544) และ SAS Institute Inc (2013) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. คำศัพท์และความหมายที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้

1.1 จุดเวลาเริ่มต้น (Begin date)

เป็นจุดเริ่มต้นจริงของกระบวนการที่นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ที่ศึกษา ตัวอย่างเช่น วันเริ่มต้นใช้งานเครื่องจักร วันเกิด วันเริ่มต้นใช้ยา วันเริ่มต้นรับปัจจัย

1.2 เหตุการณ์ (Event)

เช่น เครื่องจักรทำงานบกพร่อง การตาย การติดเชื้อ การเกิดอาการ การกลับซ้ำของโรค การหายจากโรค การปฏิสนธิ การจำหน่ายจากผู้ป่วยใน การเลิกบุหรี่ และการหย่านม

1.3 การวัดการเกิดเหตุการณ์

เมื่อเกิดเหตุการณ์ เรียกว่า ความขัดข้อง (Failure) เหตุการณ์ยังไม่เกิดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ศึกษา เรียกว่า Censored เช่น เครื่องจักรยังทำงานเป็นปกติ เลิกกินยาต่อเนื่อง ตายเนื่องจากสาเหตุอื่นก่อนเหตุการณ์เกิด เช่น ผู้ป่วยที่ติดตามการป่วยด้วยโรคหัวใจแต่ตายก่อน ด้วยอุบัติเหตุ

ตัวแปร คือ เหตุการณ์ เป็นตัวแปรสุ่ม มีค่า 1 = Failure และ 2 = Censored พึงตระหนักว่า เพราะ Censoring จึงไม่สามารถใช้วิธีการทางสถิติที่ใช้โดยทั่วไปได้

1.4 ประเภทของ Censoring

1.4.1 Left censoring

ระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ ไม่สมบูรณ์ทางด้านซ้ายของ Follow-up period กล่าวคือ ไม่สามารถบอกได้ว่าเหตุการณ์เกิดเมื่อไร รู้เพียงว่าเกิดก่อนระยะเวลาที่เริ่มสังเกต เช่น ศึกษาระยะปลอดโรคเอดส์ในกลุ่มผู้ป่วยโรคเอดส์เหตุการณ์ที่ศึกษาคือการติดเชื้อเอดส์ วันที่เริ่มสังเกตคือวันที่ได้รับการวินิจฉัยว่าป่วยคือแสดงอาการและผลตรวจเลือดเป็นบวก แต่ไม่ทราบวันที่ได้รับเชื้อ ข้อสังเกตคือ ระยะเวลาที่สังเกตจะยาวนานกว่าความน่าเชื่อถือได้

1.4.2 Right censoring

ระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ ไม่สมบูรณ์ทางด้านขวาของ Follow-up period เป็นประเภทของ Censoring ที่พบได้บ่อย จะตรงข้ามกับ Left-censoring และระยะเวลาที่สังเกตจะสั้นกว่าความน่าเชื่อถือได้

1.4.3 Interval Censoring

เหตุการณ์ที่ศึกษาสามารถเกิดได้ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งของช่วงเวลาที่ระบุแต่เหตุการณ์นั้นยังไม่เกิด (ถ้าเหตุการณ์เกิด ก็บอกไม่ได้ว่าเมื่อไร รู้แต่ว่าเกิด ณ เวลาใดเวลาหนึ่งของช่วงเวลาที่ระบุ)

1.5 ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis)

1.5.1 ฟังก์ชั่นความน่าเชื่อถือได้ (Reliability function) เป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ เป็นการบอกค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรหนึ่งจะยังคงใช้งานได้เป็นปกติหลังจากเวลา t เขียนแทนด้วย $R(t) = P(T > t)$ เมื่อ T = ระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ ($T \geq 0$) และ t = ค่าของ T เช่น $R(10) = P(T > 10)$ บอกค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรหนึ่งจะยังคงใช้งานได้เป็นปกติ หลังเวลาผ่านไป 10 ปี R(t) เป็นฟังก์ชั่นขั้นบันได (Step functions) ที่ t = 0 ค่า $R(t) = R(0) = 1$ เพราะยังไม่เกิดเหตุการณ์ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรหนึ่งจะยังคงใช้งานได้เป็นปกติ เมื่อเริ่มศึกษานั้น เท่ากับ 1 ที่ $t = \infty$ ค่า $R(t) = R(\infty) = 0$ เพราะไม่มีเครื่องจักรใดที่จะม่เสีย กล่าวอีกนัยหนึ่ง ค่าความน่าจะเป็นของเครื่องจักรหนึ่งจะยังคงใช้งานได้เป็นปกติ เมื่อระยะเวลาที่ศึกษาเป็นอนันต์นั้น เท่ากับ 0

1.5.2 ฟังก์ชั่นความความขัดข้อง (Failure function) แทนด้วย h(t) โดยที่

$$h(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{p(t \le T < t + \Delta t \mid T \ge t)}{\Delta t}$$

h(t) ให้ค่าอัตราการเกิดเหตุการณ์ ณ จุดเวลา t โดยที่มีการทำงานเป็นปกติจนกระทั่งถึงเวลานั้น อัตรานี้เรียกว่า Failure rate มีค่า 0 ถึง ∞ h(t) ให้ค่าเกี่ยวกับการเกิดเหตุการณ์ แต่ R(t) ให้ค่าเกี่ยวกับการปลอดเหตุการณ์

1.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชั่นความน่าเชื่อถือได้ (Survivor function) กับฟังก์ชั่นความความขัดข้อง (Failure function)

h(t) เป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับ การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ h(t) เป็นปฏิภาคผกผันกับ R(t) ตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวจะลด และเมื่อรู้ตัวหนึ่งก็สามารถรู้อีกตัวได้

$H(t) = -Ln(R_{(t)})$ หรือ $(R_{(t)}) = EXP(-H_{(t)})$

2. เป้าหมายของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้

เพื่อประมาณค่าและพรรณนาลักษณะ h(t) และ / หรือ R(t) เปรียบเทียบค่า h(t) และ / หรือ R(t) ระหว่างกลุ่มที่ศึกษา และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความน่าเชื่อถือได้

3. วิธีการการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้

3.1 วิธีการของ Kaplan-Meier

ขั้นแรกจัดเรียงลำดับข้อมูลเวลาก่อน จากนั้นคำนวณค่าความน่าจะเป็น หรือโอกาสที่เครื่องจักรจะยังคงทำงานเป็นปกติ ณ จุดเวลาที่ข้อมูลมี ค่าเหล่านี้สามารถนำเสนอเป็นกราฟต่อไปเป็นลำดับดังนี้

3.1.1 เตรียมข้อมูลสำหรับการคำนวณ

ตารางที่ 1 ข้อมูลเดิม

ID	TIME	Defect
1	48	0
2	22	0
3	14	1
4	40	1
5	26	0
6	13	0

ตารางที่ 2 เรียงลำดับข้อมูลเวลา

ID	TIME	Defect
6	13	0
3	14	0
2	22	1
5	26	1
4	40	0
1	48	0

3.1.2 คำนวณ Reliability probability

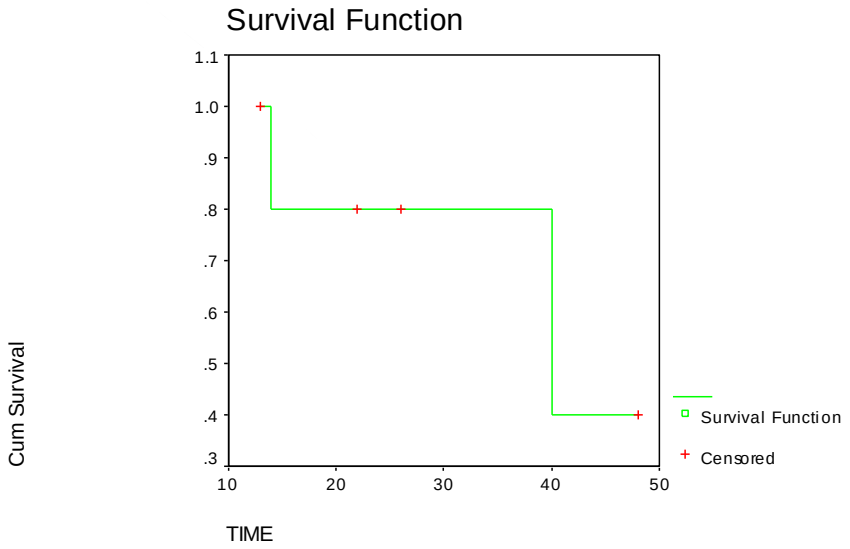
ตารางที่ 3 คำนวณ Reliability probability

Time t_j	Number at risk n_j	Defect d_j	Censored q_j	Reliability probability $R(t_j)$
13	6	0	1	6/6 = 1.0
14	6-1 = 5	1	0	[(5-1)/5]x1.0 = 0.8
22	5-1 = 4	0	1	[(4-0)/4]x0.8 = 0.8
26	4-1 = 3	0	1	[(3-0)/3]x0.8 = 0.8
40	6-1 = 2	1	0	[(2-1)/2]x0.8 = 0.4
48	2-1 = 1	0	1	[(1-0)/1]x0.4 = 0.4

เมื่อเวลา 13 เดือน เครื่องจักรทั้ง 6 เครื่อง ยังทำงานได้เป็นปกติ ความน่าจะเป็นในทำงานได้เป็นปกติ จึงเท่ากับ 6/6 เท่ากับ 1 พอมาถึงเดือนที่ 14 ในเดือนที่ 14 ความน่าจะเป็นของการทำงานได้เป็นปกติ เท่ากับ 4/5 เท่ากับ 0.8 จนถึงเดือนที่ 48 ความน่าจะเป็นของการทำงานได้เป็นปกติ เท่ากับ 0.4

3.1.3 นำเสนอเป็น Kaplan-Meier reliability curve

การสร้าง Kaplan-Meier reliability curve ทำได้โดยนำค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้ไปสร้างกราฟที่มีลักษณะขั้นบันได (Step function) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Kaplan-Meier reliability curve

Kaplan-Meier reliability probability ไม่มี Assumption เกี่ยวกับการแจกแจงข้อมูล จึงเป็น Nonparametric

ข้อสมมติ (Assumption) สำหรับ Kaplan-Meier reliability curve คือ สาเหตุของ Censoring ต้องไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดเหตุการณ์

3.2 วิธีการของ Cox Model

Cox model หรือ Cox regression สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้คล้ายกันกับ Multiple regression เพียงแต่ตัวแปรตามใน Multiple regression เป็นตัวแปรต่อเนื่อง ส่วนใน Cox regression ตัวแปรตามเป็น อัตราความความขัดข้องต่อการเกิดเหตุการณ์ ณ เวลา t

ถ้ามีตัวแปรต้น p ตัว แทนด้วย X_1 , X_2, X_3 และ X_p สามารถเขียน Model ได้ดังนี้

$$h(t) = h_0(t) \text{ X } EXP\left(b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + ... + b_pX_p\right)$$

เมื่อ $h_0(t)$ ความเป็น Baseline หรือ Underlying failure function ได้จากเมื่อให้ ค่า X ตัวเป็น 0 (เพราะ EXP(0) เท่ากับ 1)

EXP(θ) คือ Exponential ของค่า θ อาจเขียนใหม่เป็น e^{θ} ซึ่งเท่ากับ 2.71828^{θ}

สิ่งที่ควรทราบคือ $Log_e(EXP(\theta)) = Ln(EXP(\theta)) = \theta$

b_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่ได้จากการ Fit model

จากสมการข้างต้น จะเห็นว่า Failure ของ X คือ Exponential ของ bX ดังนั้น อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า bX ก็คือ Log Failure ของ X นั่นเอง

ค่า b คือค่าสัมประสิทธิ์ คำนวณด้วยวิธีการที่สลับซับซ้อนโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ เรียกว่า Fit Model วิธีการที่ใช้ประมาณค่า b เรียกว่า Partial maximum likelihood

ค่า Likelihood (L) คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ค่าสังเกตจะถูกอธิบายโดย Model ค่ายิ่งสูง ยิ่งดี ปกติผลจากคอมพิวเตอร์รายงานค่านี้เป็นสเกล Log เรียก Log-likelihood เพราะง่ายที่จะนำไปคำนวณขั้นต่อไป ด้วยค่าความน่าจะเป็นอยู่ระหว่าง 0-1 ค่าที่สูงคือค่าที่เข้าใกล้ 1 เมื่อเป็นค่า

Log แล้ว ค่าที่เข้าใกล้ 1 จะได้ค่า Log เข้าใกล้ 0 และ Log ของค่าที่น้อยกว่า 1 มีค่าติดลบเสมอ ดังนั้น ค่า Log-likelihood จึงเป็นค่าที่ติดลบเสมอ และค่ายิ่งใกล้ 0 ยิ่งดี

การได้มาซึ่งค่า b นั้นเป็นการเปรียบเทียบ Likelihood ของ Model ที่กำหนดให้ตัวแปรต้นตัวไม่มีผลต่อ Model เขียนแทนด้วย L(0) กับ Likelihood ของ Model ที่ตัวแปรต้นตัวมีผลต่อ Model เขียนแทนด้วย L(b) แล้วคำนวณหาค่า L(b) ที่มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ที่ยังผลให้ได้ค่าสัดส่วนระหว่าง L(0)/L(b) หรือ Likelihood นี้มีค่าต่ำสุด จึงเรียกว่า Maximum likelihood

ค่าของ Linear combination คือ $b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + ...+ b_pX_p$ ของคนคนหนึ่ง หาได้จากการแทนค่า X ต่าง ๆ ลงในสมการที่ได้จากการ Fit model ค่าที่ได้เรียกว่า Prognostic Index หรือ Risk score มีค่าเท่ากับ Log Failure

ภายใต้ Model นี้มี Assumption เกี่ยวกับ Proportional failure เป็นหลัก กล่าวคือความแตกต่างสัมพัทธ์หรือสัดส่วนของ Log failure ระหว่างกลุ่มนั้น เท่ากันตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ไม่ว่าจะมีลักษณะใดก็ตามจะเพิ่มหรือลด เมื่อเวลาเปลี่ยนไป หรือเพิ่มแล้วลด หรือลดแล้วเพิ่ม ขอเพียงแต่ต้องเป็นสัดส่วนคงที่ระหว่างกลุ่มหรือหน่วยศึกษาหน่วย

นั่นคือ Cox proportional failure ไม่มีการระบุลักษณะของ Baseline failure แต่ให้คงที่ (Baseline failure is left unparameterized but fixed) แต่ยังคงมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสัมประสิทธิ์ จึงเรียกว่าเป็น Semi parametric model แบบหนึ่ง

Failure บอกความความขัดข้องต่อการเกิดเหตุการณ์ ณ เวลา t ถ้าต้องการทราบความความขัดข้องต่อการเกิดเหตุการณ์ระหว่างเวลา 0 ถึง เวลา t ก็เพียงแต่รวมค่า failure จุดเวลาจนถึงเวลา t เรียกว่า Cumulative failure เขียนแทนด้วย H(t) ดั้งนั้น Model สามารถเขียนใหม่เป็น

$$H(t) = H_0(t)\ \ EXP\left(b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + ... + b_pX_p\right)$$

จากที่กล่าวข้างต้น เราทราบว่า โอกาสที่อยู่อย่างปลอดเหตุการณ์จนถึงเวลา t ซึ่งเขียนแทนด้วย R(t) นั้น สามารถหาได้จาก EXP(-H(t)) ดังนั้นเราจึงสามารถหาโอกาสที่เครื่องจักรเครื่องหนึ่งจะอยู่อย่างปลอดเหตุการณ์เมื่อเราทราบค่าตัวแปรต้นต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลของเครื่องจักรนั้น

การแปลความหมายจาก $h(t) = h_0(t)\ \ EXP\left(b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + ... + b_pX_p\right)$ สามารถดูที่ขนาดของค่า b ค่ายิ่งมาก บ่งชี้ว่ายิ่งมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ได้มาก Exponentiate ค่า b เรียกว่า Failure แปลความหมายคล้ายอัตรา (Rate)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกัญญา (2541) ใช้ตัวแบบ Kaplan-Mier และตัวแบบ Cox สำหรับวิเคราะห์การรอดชีพ (survival analysis) ของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในประเทศไทย

แคทลียา (2543) ได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความอยู่รอดในการศึกษาฟังก์ชันการอยู่รอด มัธยฐาน ระยะเวลาการอยู่รอด อัตราเสี่ยงอันตรายต่อการออกกลางคันของนักศึกษาสูงสุด และเพื่อศึกษาฟังก์ชันการอยู่รอดและโมเดลฟังก์ชันความเสี่ยงอันตรายของนิสิตที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน

สมศักดิ์ และคณะ (2011) ศึกษาการลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากความเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในระหว่างทำการผลิต เนื่องมาจากแผนการบำ รุงรักษาที่ไม่เหมาะสม โช้การประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือมาคำนวณรอบการเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์และกำ หนดเป็นแผนการบำ รุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร

สรัณยา (2551) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ในการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องบรรจุเบียร์ เพื่อนำมาวางแผนการบำรุงรักษา และใช้วิธีการบำารุงรักษาเชิงป้องกัน โดยกำหนดรอบการบำรุงรักษา จากเทคนิคการหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF)

Ronco (1995) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสำเร็จการศึกษา การย้าย และการออกกลางคันของนักเรียนกับตัวแบบความเสี่ยง ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ปี 1987 และติดตามจนถึงฤดูใบไม้ผลิ ปี 1994 จำนวนทั้งสิ้น 1,635 คน

Jones and Hayes (1991) ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ความน่าเชื่อถือได้ และอัตราความขัดข้อง ของแผงวงจรไฟฟ้า (Circuit board) หลายชนิด ข้อมูลที่ใช้ศึกษารวบรวมมาจากฐานข้อมูลบริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศอังกฤษและเดนมาร์ก

Houshyar (2004) ศึกษาวิจัยเรื่อง ความน่าเชื่อถือได้ และการบำรุงรักษา เครื่องจักร และอุปกรณ์ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อใช้หลักการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์ทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้ ทำให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และยังสามารถพยากรณ์อายุการใช้งานของเครื่องจักรได้อีกด้วย

Saravanan et al. (2006) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องจักรเสีย สำหรับการควบคุมคุณภาพและลดต้นทุนการผลิต เครื่องจักรต้องไม่เกิดข้อบกพร่อง หรือถ้าเกิดต้องระบุได้ว่ามาจาก

สาเหตุใด ทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้และยังสามารถพยากรณ์อายุการใช้งานของเครื่องจักรได้อีกด้วยเช่นกัน

Tekcan and Kirisken (2010) ศึกษาการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักรในโรงงานขนาดใหญ่ที่ผลิตโทรทัศน์ได้ประมาณ 10 ล้านเครื่องใน 1 ปี ประกอบด้วยลำดับของการทดสอบความเชื่อถือได้ กระบวนการทดสอบ และการวิเคราะห์ข้อมูล

จะเห็นว่าตัวแบบการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในประเทศไทยถูกนำไปใช้ในด้านการแพทย์ สาธารณสุข ด้านการศึกษา และสังคมศาสตร์ ในชื่อของการวิเคราะห์ความอยู่รอด (survival analysis) แต่การนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านอุตสาหกรรมยังมีน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำตัวแบบดังกล่าวมาใช้กับงานด้านอุตสาหกรรมในงานวิจัยนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษา การทำงานบกพร่องของเครื่องจักร โดยใช้การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการศึกษาไว้ตามขั้นตอนดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
ตัวแปรสำหรับการวิจัย
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
การเก็บรวบรวมข้อมูล
การวิเคราะห์ข้อมูล
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
ประเมิณผลการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือ เครื่องจักรทั้งหมดในโรงงาน
ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เครื่องจักร จำนวน 8 เครื่อง ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย

3.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ขั้นตอนการทำงาน คนงาน
ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรเริ่มทำงาน จนถึงเครื่องจักรบกพร่อง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือแบบบันทึกข้อมูลการทำงานของงเครื่องจักร มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีความน่าเชื่อถือได้ เพื่อดูว่าข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยข้อมูลใดบ้าง
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาข้อมูลการทำงานของเครื่องจักร
4. สร้างแบบบันทึกข้อมูล

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะวิจัยนำแบบบันทึกข้อมูลเครื่องจักรไปใช้ในการเก็บข้อมูลเครื่องจักร 8 ประเภท เป็นเวลา 90 วัน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS for Windows

1. ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างใช้ค่าร้อยละ
2. ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร ใช้การวิเคราะห์ของ Kaplan-Meier
3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร ใช้ตัวแบบ Cox

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ การวิเคราะห์ของ Kaplan-Meier และตัวแบบ Cox

ประเมินผลการวิจัย

นำผลการวิจัยที่ได้มาวิเคราะห์ และพิจารณาเพื่อหาข้อสรุป และข้อเสนอแนะ

สถานที่เก็บรวบรวมข้อมูล

โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี

สถานที่ใช้ในการทำวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ศูนย์พระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 สิ้นสุดการวิจัย 30 กันยายน 2557

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การทำงานบกพร่องของเครื่องจักร โดยใช้การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 สัญลักษณ์และตัวแปรใช้ที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และตัวแปร ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

W1 – W12 แทน คนงานกลุ่มที่ 1 ถึง 12 และให้คนงานกลุ่มที่ 1 เป็นบุคคลอ้างอิง
Step1 –Step4 แทน ขั้นตอนการทำงานที่ 1 ถึง 4 และให้เครื่องจักรที่ 1 เป็นเครื่องอ้างอิง
Machine4-Machine12 (ไม่มี Machine7) หมายถึงชนิดของเครื่องขจักร
B แทนค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น
SE แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ B
Wald แทนค่าสถิติ Wald
df แทน องศาแห่งอิสระ
Sig. แทน ค่า p-value คือค่าที่ใช้ตรวจสอบถึงการปฏิเสธหรือยอมรับสมมุติฐานหลัก
Exp(B) แทนค่า อัตราความขัดข้องในการทำงานบกพร่อง

4.1.1 ลักษณะทั่วไปของตัวอย่าง
ข้อมูลของเครื่องจักรตัวอย่าง 8 ชนิด มีลักษณะทั่วไปดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยเวลาทำงานของเครื่องจักรกระทั่งทำงานบกพร่อง

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย			
	ค่าประมาณ	ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
			ขอบล่าง	ขอบบน
4.00	45.800	12.018	22.245	69.355
5.00	48.200	8.686	31.176	65.224
6.00	49.000	7.888	33.540	64.460
8.00	49.196	4.658	40.065	58.326
9.00	31.962	6.963	18.314	45.609

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย			
	ค่าประมาณ	ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
			ขอบล่าง	ขอบบน
10.00	53.000	14.784	24.024	81.976
11.00	41.645	6.558	28.792	54.498
12.00	41.977	4.302	33.546	50.408
Overall	43.899	2.483	39.034	48.765

ค่าเฉลี่ยเวลาความเชื่อถือได้ หรือช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาถึงเวลาที่เครื่องจักรทำงานบกพร่อง สรุปได้ดังนี้ เครื่องจักรชนิดที่ 4 เฉลี่ย 45.800 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 5 เฉลี่ย 48.200 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 6 เฉลี่ย 49.000 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 8 เฉลี่ย 49.196 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 9 เฉลี่ย 31.962 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 10 เฉลี่ย 53.000 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 11 เฉลี่ย 41.645 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 12 เฉลี่ย 41.977 วัน เฉลี่ย ทุกเครื่อง 43.899 วัน

4.2 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

4.2.1 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้

ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ โดยใช้การวิเคราะห์ของ Kaplan-Mier แสดงในตารางที่ 5 -12 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows แสดงในตารางที่ 1 ในภาคผนวก

ตารางที่ 5 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 4

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
11	0.76
26	0.57
51	0.40
51	0.40
90	-

จากตารางที่ 5 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 4 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 51 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 40% รองลงไปคือมากกว่า 26 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 57%

ตารางที่ 6 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 5

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
22	0.60
42	0.43
42	0.43
67	0.34
68	0.32

จากตารางที่ 6 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 5 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 68 วัน มีค่าน้อยที่สุด คือ 32% รองลงไปคือมากกว่า 67 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 34%

ตารางที่ 7 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 6

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
2	0.96
2	0.96
2	0.96
3	0.93
3	0.93
3	0.93
4	0.91
5	0.86
5	0.86
5	0.86
5	0.86
9	0.80
10	0.79
72	0.31
72	0.31
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 7 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 6 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 72 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 31% รองลงไปคือมากกว่า 10 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 79%

ตารางที่ 8 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 8

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
5	0.86
6	0.85
12	0.72
12	0.72
12	0.72
12	0.72
14	0.67
14	0.67
14	0.67
14	0.67
19	0.62
19	0.62
21	0.62
23	0.60
24	0.59
28	0.55
29	0.53
29	0.53
30	0.53

ตารางที่ 8 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
34	0.51
36	0.49
36	0.49
37	0.48
41	0.44
43	0.42
52	0.38
52	0.38
53	0.37
64	0.35
67	0.34
73	0.30
83	0.29
85	0.26
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 8 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 8 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 85 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 26% รองลงไปคือมากกว่า 73 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 30%

ตารางที่ 9 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรที่ชนิดที่ 9

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
1	0.98
3	0.93
4	0.91
5	0.86
8	0.82
8	0.82
9	0.80
9	0.80
10	0.79
11	0.76
12	0.72
12	0.72
12	0.72
13	0.69
13	0.69
13	0.69
17	0.65
19	0.62
22	0.60
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 9 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 9 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 22 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 60% รองลงไปคือมากกว่า 19 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 62%

ตารางที่ 10 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 10

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
11	0.76
22	0.60
52	0.38
90	-
90	-

จากตารางที่ 10 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 10 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 52 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 38% รองลงไปคือมากกว่า 22 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 60%

ตารางที่ 11 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 11

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
1	0.98
1	0.98
2	0.96
3	0.93
3	0.93
4	0.91
5	0.86
5	0.86
6	0.85
7	0.84
8	0.82
8	0.82
12	0.72
13	0.69
37	0.48
39	0.45
41	0.44
44	0.41
52	0.38
54	0.37

ตารางที่ 11 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
58	0.36
78	0.30
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 11 โอกาสที่เครื่องจักรชนิดที่ 11 จะทำงานเป็นปกติมากกว่า 78 วัน มีค่าน้อยที่สุดคือ 30% รองลงไปคือมากกว่า 58 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 36%

ตารางที่ 12 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้เครื่องจักรชนิดที่ 12

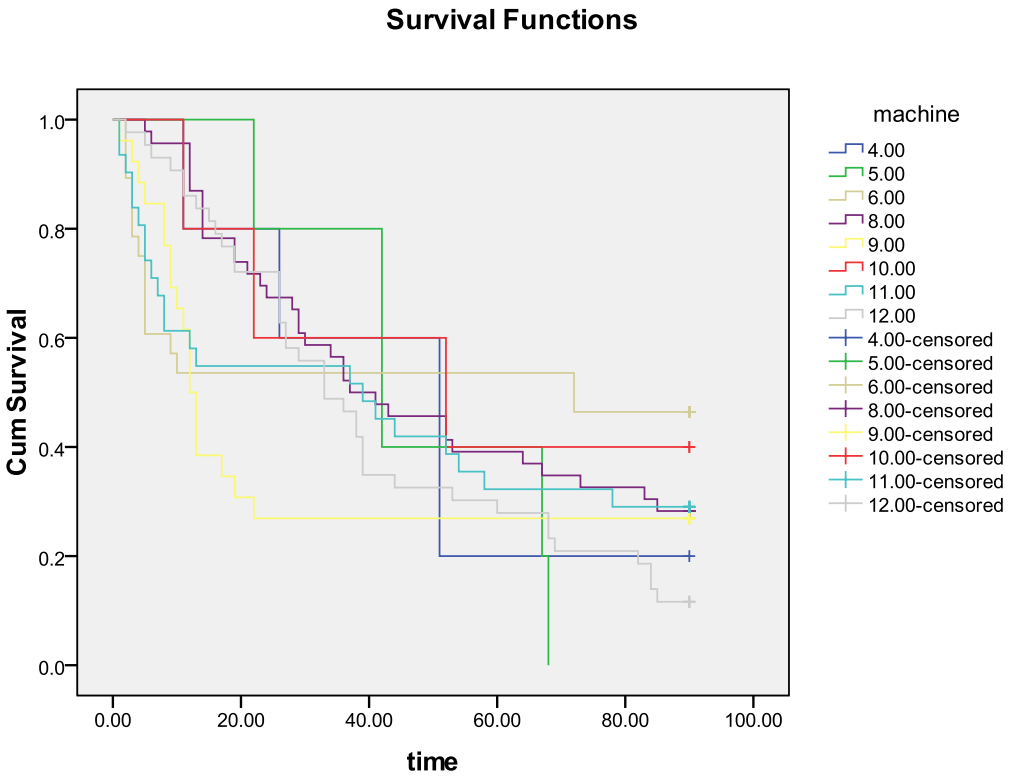
เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
2	0.96
5	0.86
6	0.85
9	0.80
11	0.76
11	0.76
13	0.69
15	0.67
16	0.66
17	0.65
19	0.62
19	0.62
26	0.57
26	0.57

ตารางที่ 12 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าความน่าเชื่อถือได้
26	0.57
26	0.57
27	0.56
27	0.56
29	0.53
33	0.51
33	0.51
33	0.51
36	0.49
38	0.47
38	0.47
39	0.45
39	0.45
39	0.45
44	0.41
53	0.37
60	0.35
68	0.32
68	0.32
69	0.32
82	0.29
84	0.28
84	0.28
85	0.26
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 12 ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรชนิดที่ 12 ทำงานเป็นปกติมากกว่า 85 วัน ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้น 26% และมากกว่า 84 วันมีโอกาสเกิดขึ้น 28%

ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักรแสดงได้ด้วยกราฟภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องจักร (Failure Function)

4.3 **อัตราความขัดข้องของเครื่องจักร**

4.3.1 ผลการวิเคราะห์อัตราความขัดข้องของเครื่องจักร โดยใช้การวิเคราะห์ของ Kaplan-Mier แสดงในตารางที่ 13 -20

ตารางที่ 13 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 4

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
11	0.22
26	0.51
51	1.61

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
51	1.61
90	-

จากตารางที่ 13 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักรชนิดที่ 4 อยู่ในวันทำงานที่ 51 คือมีอัตราความขัดข้อง 1.61 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 26 มีอัตราความขัดข้อง 0.51

ตารางที่ 14 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 5

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
22	0.22
42	0.92
42	0.92
67	1.61
68	-

จากตารางที่ 14 อัตราความขัดข้องสูงสุดของ เครื่องจักร 5 อยู่ในวันทำงานที่ 67 คือมีอัตราความขัดข้อง1.61 และในวันทำงานที่ 42 มีอัตราความขัดข้อง 0.92

ตารางที่ 15 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 6

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
2	0.11
2	0.11
2	0.11
3	0.24
3	0.24
3	0.24
4	0.29
5	0.50
5	0.50
5	0.50
5	0.50
9	0.56

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
10	0.62
72	0.77
72	0.77
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 15 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักร 5 อยู่ในวันทำงานที่ 72 คือมีอัตราความขัดข้อง 0.77 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 10 มีอัตราความขัดข้อง 0.62

ตารางที่ 16 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 8

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
5	0.02
6	0.04
12	0.14
12	0.14
12	0.14
12	0.14
14	0.25
14	0.25
14	0.25
14	0.25

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
19	0.30
19	0.30
21	0.33
23	0.36
24	0.39
28	0.43
29	0.50
29	0.50
30	0.53
34	0.57
36	0.65
36	0.65
37	0.69
41	0.74
43	0.78
52	0.88
52	0.88
53	0.94
64	1.00
67	1.06
73	1.12
83	1.19
85	1.26
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 16 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักร 8 อยู่ในวันทำงานที่ 85 คือมีอัตราความขัดข้อง 1.26 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 83 มีอัตราความขัดข้อง 1.19

ตารางที่ 17 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 9

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
1	0.04
3	0.08
4	0.12
5	0.17
8	0.26
8	0.26
9	0.37
9	0.37
10	0.42
11	0.49
12	0.69
12	0.69
12	0.69
13	0.96
13	0.96
13	0.96
17	1.06
19	1.18
22	1.31
90	-
90	-

ตารางที่ 17 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 17 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักร 8 อยู่ในวันทำงานที่ 22 คือมีอัตราความขัดข้อง 1.31 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 19 มีอัตราความขัดข้อง 1.18

ตารางที่ 18 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 10

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
11	0.22
22	0.51
52	0.92
90	-
90	-

จากตารางที่ 18 อัตราความขัดข้องสูงสุงของเครื่องจักร 10 อยู่ในวันทำงานที่ 52 คือมีอัตราความขัดข้อง 0.92 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 22 มีอัตราความขัดข้อง 0.51

ตารางที่ 19 อัตราความขัดข้องของการทำงานบกพร่องของเครื่องจักรที่ 11

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
1	0.07
1	0.07
2	0.10
3	0.18
3	0.18
4	0.22
5	0.30
5	0.30
6	0.34

ตารางที่ 19 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
7	0.39
8	0.49
8	0.49
12	0.54
13	0.60
37	0.66
39	0.73
41	0.79
44	0.87
52	0.95
54	1.04
58	1.13
78	1.24
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 19 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักร 11 อยู่ในวันทำงานที่ 78 คือมีอัตราความขัดข้อง หรือความเสี่ยง 1.24 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 58 มีอัตราความขัดข้อง 1.13

ตารางที่ 20 อัตราความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 12

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
2	0.02
5	0.05
6	0.07
9	0.10

ตารางที่ 20 (ต่อ)

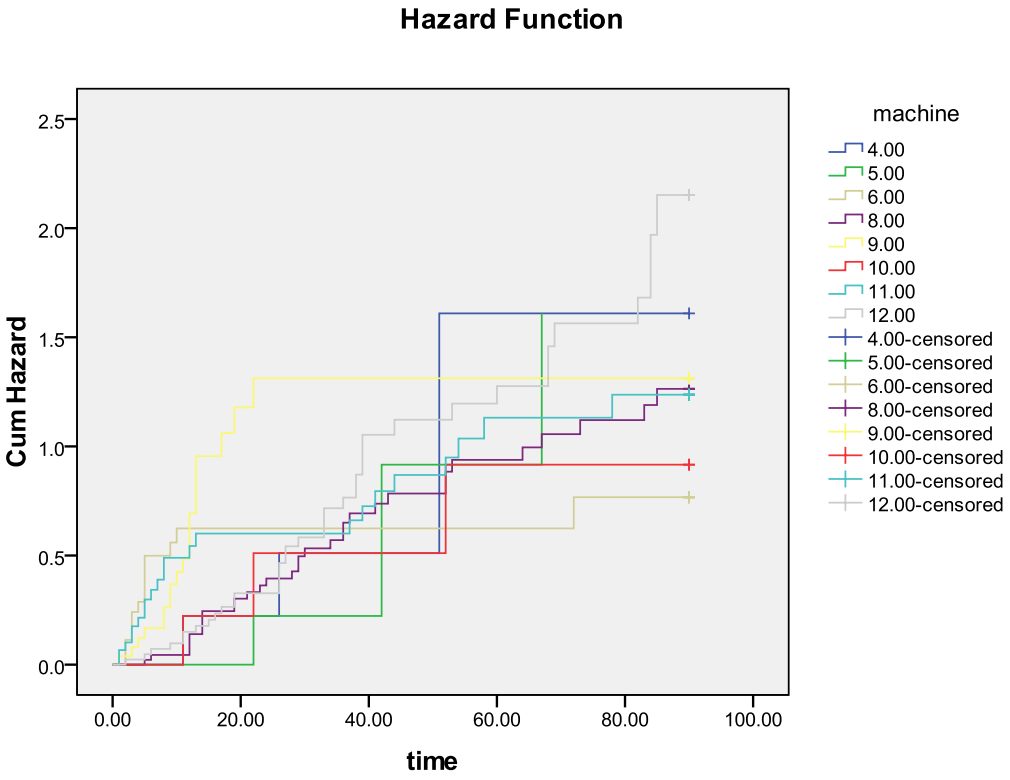
เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
11	0.15
11	0.15
13	0.18
15	0.21
16	0.23
17	0.26
19	0.33
19	0.33
26	0.47
26	0.47
26	0.47
26	0.47
27	0.54
27	0.54
29	0.58
33	0.72
33	0.72
33	0.72
36	0.77
38	0.87
38	0.87
39	1.05
39	1.05
39	1.05
44	1.12
53	1.20
60	1.28
68	1.46
68	1.46
69	1.56
82	1.68
84	1.97

ตารางที่ 20 (ต่อ)

เวลากระทั่งเครื่องจักรทำงานบกพร่อง	ค่าอัตราความขัดข้อง
84	1.97
85	2.15
90	-
90	-
90	-
90	-
90	-

จากตารางที่ 20 อัตราความขัดข้องสูงสุดของเครื่องจักร 12 อยู่ในวันทำงานที่ 85 คือมีอัตราความขัดข้อง 2.15 และรองลงมาคือในวันทำงานที่ 84 มีอัตราความขัดข้อง 1.97

ค่าอัตราความขัดข้อง หรือความเสี่ยงของเครื่องจักรแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักรโดยใช้ Cox Model

โดยปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ ขั้นตอนการผลิต และคนงาน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร

ปัจจัย	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
คนงานกลุ่ม 1	-	-	-	-	-	-
คนงานกลุ่ม 2	-.322	.478	.454	1	.500	.725
คนงานกลุ่ม 3	1.552	.706	4.835	1	.028	4.719
คนงานกลุ่ม 4	.333	.327	1.032	1	.310	1.395
คนงานกลุ่ม 5	-.188	.442	.181	1	.670	.829
คนงานกลุ่ม 6	.187	.372	.251	1	.616	1.205
คนงานกลุ่ม 7	.047	.411	.013	1	.908	1.048
คนงานกลุ่ม 8	-.095	.395	.057	1	.811	.910
คนงานกลุ่ม 9	.361	.733	.242	1	.623	1.435
คนงานกลุ่ม 10	-.126	.756	.028	1	.868	.882
คนงานกลุ่ม 11	-.285	.358	.633	1	.426	.752
ขั้นตอน 1	-	-	-	-	-	-
ขั้นนตอน 2	.026	.545	.002	1	.962	1.026
ขั้นนตอน 3	.594	.567	1.097	1	.029	1.811
ขั้นนตอน 4	-.192	.571	.112	1	.737	.826

จากตารางที่ 21 จะเห็นว่าค่า B ของ คนงานกลุ่มที่ 2 มีค่า -0.322 และ Sig. = 0.028 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ปัจจัย คนงานกลุ่มที่ 2 มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่า Exp(B) = 4.719 แสดงว่า คนงานกลุ่มที่ 2 ทำให้เกิดอัตราความขัดข้องของเครื่องจักรเป็น 4.719 เท่า ของคนงาน 1 (คนงานกลุ่มที่ 1 ใช้อ้างอิง)

ค่า B ของ ขั้นตอน 3 มีค่า 0.594 และ Sig. = 0.029 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ปัจจัย ขั้นตอน 3 มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่า Exp(B) =

1.811 แสดงว่า ขั้นตอนการทำงานที่ 3 ทำให้เกิดอัตราความขัดข้องของเครื่องจักรเป็น 1.811 เท่าของขั้นตอนการทำงานที่ 1 (ขั้นตอน 1 ใช้อ้างอิง) หรือมากกว่าอยู่ 81.1%

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการทำงานบกพร่องของเครื่องจักร โดยใช้การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ และอัตราความขัดข้องของเครื่องจักร และหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักร โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องจักร จำนวน 8 ชนิด ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ตัวอย่างคือเครื่องจักรจำนวน 8 ชนิด ค่าเฉลี่ยของเวลาความเชื่อถือได้ คือช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาจนถึงเวลาที่เครื่องจักรทำงานบกพร่อง สรุปได้ดังนี้ เครื่องจักรชนิดที่ 4 เฉลี่ย 45.800 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 5 เฉลี่ย 48.200 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 6 เฉลี่ย 49.000 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 8 เฉลี่ย 49.196 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 9 เฉลี่ย 31.962 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 10 เฉลี่ย 53.000 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 11 เฉลี่ย 41.645 วัน เครื่องจักรชนิดที่ 12 เฉลี่ย 41.977 วัน เฉลี่ย ทุกเครื่อง 43.899 วัน

ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรชนิดที่ 4 จะใช้งานได้มากกว่า 51 วันมีค่าเท่ากับ 0.40 เครื่องจักรชนิดที่ 5 จะใช้งานได้มากกว่า 68 วันมีค่าเท่ากับ 0.32 เครื่องจักรชนิดที่ 6 จะใช้งานได้มากกว่า 72 วันมีค่าเท่ากับ 0.31 เครื่องจักรชนิดที่ 8 จะใช้งานได้มากกว่า 85 วันมีค่าเท่ากับ 0.26 เครื่องจักรชนิดที่ 9 จะใช้งานได้มากกว่า 109 วันมีค่าเท่ากับ 0.80 เครื่องจักรชนิดที่ 10 จะใช้งานได้มากกว่า 52 วันมีค่าเท่ากับ 0.38 เครื่องจักรชนิดที่ 11 จะใช้งานได้มากกว่า 71 วันมีค่าเท่ากับ 0.30 และ ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรชนิดที่ 12 จะใช้งานได้มากกว่า 85 วันมีค่าเท่ากับ 0.26

อัตราความความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 4 ในวันทำงานที่ 51 มีค่าเท่ากับ 0.61 เครื่องจักรชนิดที่ 5 ในวันทำงานที่ 68 มีค่าเท่ากับ 1.61 เครื่องจักรชนิดที่ 6 ในวันทำงานที่ 72 มีค่าเท่ากับ 0.77 เครื่องจักรชนิดที่ 8 ในวันทำงานที่ 85 มีค่าเท่ากับ 1.26 เครื่องจักรชนิดที่ 9 ในวันทำงานที่ 109 มีค่าเท่ากับ 1.31 เครื่องจักรชนิดที่ 10 ในวันทำงานที่ 52 มีค่าเท่ากับ 0.92 เครื่องจักรชนิดที่ 11 ในวันทำงานที่ 71 มีค่าเท่ากับ 1.24 และ ความความขัดข้องของเครื่องจักรชนิดที่ 12 ในวันทำงานที่ 85 มีค่าเท่ากับ 2.15

ปัจจัย คนงานกลุ่มที่ 2 มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่า Exp(B) = 4.719 แสดงว่า คนงานกลุ่มที่ 2 ทำให้เกิดอัตราความขัดข้องของเครื่องจักรเป็น

4.719 เท่า ของคนงานกลุ่มที่ 1 (คนงานกลุ่มที่ 1 ใช้อ้างอิง) ขั้นตอนการทำงาน 3 มีอิทธิพลต่ออัตราความขัดข้องของเครื่องจักรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่า Exp(B) = 1.811 แสดงว่า ขั้นตอนการทำงานที่ 3 มีทำให้เกิดอัตราความขัดข้องของเครื่องจักรเป็น 1.811 เท่า ของขั้นตอนการทำงานที่ 1 (ขั้นตอนการทำงานที่ 1 ใช้อ้างอิง)

อภิปรายผล

การผลิตสินค้าที่มีข้อบกพร่องหรือสินค้าเสียนั้น ทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมาหลายอย่าง เช่น การส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้า อาจทำให้สูญเสียลูกค้าในอนาคต ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เกิดจากเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือผลิตใหม่เพิ่มขึ้น ค่าแรงงาน ค่าทำงานล่วงเวลา เพิ่มขึ้น หรือสูญเสียวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสินค้าเสียนั้นโดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การทราบ ความน่าจะแป็นที่เครื่องจักรจะทำงานเป็นปกติได้ถึงเมื่อไร และอัตราการขัดข้องล่วงหน้า ทำให้สามารถวางแผนซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การซ่อมบำรุงหมายถึงกิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์ ตลอดจนสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ทันทีตามที่ต้องการ การซ่อมบำรุง จึงเป็นการรักษาสมรรถนะและความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามที่ฝ่ายผลิตต้องการ เพื่อให้การผลิตสินค้าดำเนินไปตามแผนที่กำหนดไว้ นอกจากนี้การซ่มบำรุงเครื่องจักร อุปกรณ์ยังเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน สรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ขงการซ่อมบำรุงคือ เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะก่อให้เกิดรายได้กับองคืกร เพื่อให้สามารถใช้บุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพตามแผนการผลิต และตารางการดำเนินการผลิตที่กำหนดไว้ รวมทั้งเพื่อให้สามารถสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีที่สินค้าบกพร่องเกิดจากคนงาน แนวทางแก้ไขคือ การจัดโปรแกรมฝึกอบรม เพิ่มทักษะ สร้างแรงจูงใจ ให้เกิดความรักในองค์กรปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ในกรณีที่เกิดจากเครื่องจักรต้องจัดตารางซ่อมบำรุงให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา ส่วนในกรณีเกิดจากขั้นตอนการผลิต ควรวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องในขั้นตอนนั้น เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่นในขั้นตอนที่ใช้แปรงปัดเศษผงโลหะที่ติดอยู่กับชิ้นงาน ควรใช้วิธีอื่นที่สามารถทำความสะอาดได้ดีขึ้นเช่นการใช้แรงลม เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไป อาจพิจารณาเพิ่มปัจจัยอื่นๆ ที่น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องการการทำงานบกพร่องของเครื่องจักรแต่ละชนิด

2. วิเคราะห์ ความน่าเชื่อถือได้ของชิ้นส่วนย่อยๆ ในแต่ละเครื่องจักร เพื่อใช้ในการวางแผนซ่อมบำรุง

3. นำการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูล ทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าอื่นๆ

บรรณานุกรม

แคทลียา ทาวะรมย์. 2543. การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การอยู่รอดในการศึกษาการทำงานบกพร่องของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัณฑิต ถิ่นคำรพ. 2544. แนวปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ระยะปลอดเหตุการณ์. ภาควิชาชีวสถิติและประชากรศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมศักดิ์ สัมฤทธิ์, อรรถกร เก่งพล และ สมภพ ตลับแก้ว. 2554. การลดเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำ รุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมคอนกรีต. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(2): หน้า 145-157.

สรัณญา ศิลาอาสน์. 2551. การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม อุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

สุกัญญา จงถาวรสถิตย์. 2541. การรอดชีพของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกโรคติดเชื้อ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

Adams, G. J. and M. Dial. 1993. Teacher Reliability: A Cox Regression Model. Education and Urban Society, 26(1):pp. 90-99.

Houshyar, A. 2004. Reliability and Maintainability of Machinery and Equipment. International Journal of Modelling and Simulation, pp. 205.

Jones, J. and J. Hayes. 1999. A Comparison of Electronic- Reliability Prediction Models. IEEE Transactions on Reliability, 48(2):pp. 127-134.

Ronco, S. L. 1995. How Enrollment Ends: Analyzing the Correlates of Student Graduation, Transfer and Dropout with a Competing Risks Model. AIR 1995 Annual Forum Paper,pp. 1-24.

Rovine, M.J. and A. V. Eye. 1991. Applied Computational Statistics in Longitudinal Research. New York. Academic Press, Inc.

Saravanan, S., G.S. Yadava and P. V. Rao. 2006. Condition Monitoring Studies on Spindle bearing of a lathe. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28(9-10):pp. 993-1005.

SAS Institute Inc. 2013. JMP 11 Reliability and Survival Methods. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Singer, J. D. and J. B. Willett. 1991. Modeling the Days of Our Lives: Using Reliability Analysis When Designing and Analyzing Longitudinal Studies of Duration and the Timing of Events. Psychological Bulletin, 110(2):pp. 268-290.

Singer, J. D. and J. B. Willett. 1993. It's About Time Discrete-Time Reliability Analysis to Study Duration and the Timing of Events. Journal of Educational Statistics, 18(2):pp. 155-195.

Tekcan, T. and B. Kirisken. 2010. Reliability test procedures for achieving highly robust electronic products. Reliability and Maintainability Symposium (RAMS) Proceedings - Annual,pp. 1-6.

Yang, G. 2005. Accelerated Life Tests at Higher Usage Rates. IEEE Transactions on Reliability, 54(1) :pp. 53- 57.

Willett, J. B. and J. D. Singer. 1991. From Whether to When: New Methods for Studying Student Dropout and Teacher Attrition. Review of Educational Research 61(4):pp. 407-450.

ภาคผนวก

ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้

ตารางผนวก 1 ความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้

Survival Table						
			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
1	1.000	1.00	.	.	1	188
2	1.000	1.00	.	.	2	187
3	1.000	1.00	.984	.009	3	186
4	2.000	1.00	.	.	4	185
5	2.000	1.00	.	.	5	184
6	2.000	1.00	.	.	6	183
7	2.000	1.00	.	.	7	182
8	2.000	1.00	.958	.015	8	181
9	3.000	1.00	.	.	9	180
10	3.000	1.00	.	.	10	179
11	3.000	1.00	.	.	11	178
12	3.000	1.00	.	.	12	177
13	3.000	1.00	.	.	13	176
14	3.000	1.00	.926	.019	14	175
15	4.000	1.00	.	.	15	174
16	4.000	1.00	.	.	16	173
17	4.000	1.00	.910	.021	17	172
18	5.000	1.00	.	.	18	171
19	5.000	1.00	.	.	19	170
20	5.000	1.00	.	.	20	169
21	5.000	1.00	.	.	21	168
22	5.000	1.00	.	.	22	167

Survival Table

	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
			Estimate	Std. Error		
23	5.000	1.00	.	.	23	166
24	5.000	1.00	.	.	24	165
25	5.000	1.00	.	.	25	164
26	5.000	1.00	.862	.025	26	163
27	6.000	1.00	.	.	27	162
28	6.000	1.00	.	.	28	161
29	6.000	1.00	.847	.026	29	160
30	7.000	1.00	.841	.027	30	159
31	8.000	1.00	.	.	31	158
32	8.000	1.00	.	.	32	157
33	8.000	1.00	.	.	33	156
34	8.000	1.00	.820	.028	34	155
35	9.000	1.00	.	.	35	154
36	9.000	1.00	.	.	36	153
37	9.000	1.00	.	.	37	152
38	9.000	1.00	.799	.029	38	151
39	10.000	1.00	.	.	39	150
40	10.000	1.00	.788	.030	40	149
41	11.000	1.00	.	.	41	148
42	11.000	1.00	.	.	42	147
43	11.000	1.00	.	.	43	146
44	11.000	1.00	.	.	44	145
45	11.000	1.00	.762	.031	45	144
46	12.000	1.00	.	.	46	143
47	12.000	1.00	.	.	47	142
48	12.000	1.00	.	.	48	141
49	12.000	1.00	.	.	49	140
50	12.000	1.00	.	.	50	139
51	12.000	1.00	.	.	51	138
52	12.000	1.00	.	.	52	137
53	12.000	1.00	.720	.033	53	136
54	13.000	1.00	.	.	54	135
55	13.000	1.00	.	.	55	134
56	13.000	1.00	.	.	56	133
57	13.000	1.00	.	.	57	132
58	13.000	1.00	.693	.034	58	131
59	14.000	1.00	.	.	59	130
60	14.000	1.00	.	.	60	129

Survival Table						
			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
61	14.000	1.00	.	.	61	128
62	14.000	1.00	.672	.034	62	127
63	15.000	1.00	.667	.034	63	126
64	16.000	1.00	.661	.034	64	125
65	17.000	1.00	.	.	65	124
66	17.000	1.00	.651	.035	66	123
67	19.000	1.00	.	.	67	122
68	19.000	1.00	.	.	68	121
69	19.000	1.00	.	.	69	120
70	19.000	1.00	.	.	70	119
71	19.000	1.00	.624	.035	71	118
72	21.000	1.00	.619	.035	72	117
73	22.000	1.00	.	.	73	116
74	22.000	1.00	.	.	74	115
75	22.000	1.00	.603	.036	75	114
76	23.000	1.00	.598	.036	76	113
77	24.000	1.00	.593	.036	77	112
78	26.000	1.00	.	.	78	111
79	26.000	1.00	.	.	79	110
80	26.000	1.00	.	.	80	109
81	26.000	1.00	.	.	81	108
82	26.000	1.00	.566	.036	82	107
83	27.000	1.00	.	.	83	106
84	27.000	1.00	.556	.036	84	105
85	28.000	1.00	.550	.036	85	104
86	29.000	1.00	.	.	86	103
87	29.000	1.00	.	.	87	102
88	29.000	1.00	.534	.036	88	101
89	30.000	1.00	.529	.036	89	100
90	33.000	1.00	.	.	90	99
91	33.000	1.00	.	.	91	98
92	33.000	1.00	.513	.036	92	97
93	34.000	1.00	.508	.036	93	96
94	36.000	1.00	.	.	94	95
95	36.000	1.00	.	.	95	94
96	36.000	1.00	.492	.036	96	93
97	37.000	1.00	.	.	97	92
98	37.000	1.00	.481	.036	98	91

Survival Table						
			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
99	38.000	1.00	.	.	99	90
100	38.000	1.00	.471	.036	100	89
101	39.000	1.00	.	.	101	88
102	39.000	1.00	.	.	102	87
103	39.000	1.00	.	.	103	86
104	39.000	1.00	.450	.036	104	85
105	41.000	1.00	.	.	105	84
106	41.000	1.00	.439	.036	106	83
107	42.000	1.00	.	.	107	82
108	42.000	1.00	.429	.036	108	81
109	43.000	1.00	.423	.036	109	80
110	44.000	1.00	.	.	110	79
111	44.000	1.00	.413	.036	111	78
112	51.000	1.00	.	.	112	77
113	51.000	1.00	.402	.036	113	76
114	52.000	1.00	.	.	114	75
115	52.000	1.00	.	.	115	74
116	52.000	1.00	.	.	116	73
117	52.000	1.00	.381	.035	117	72
118	53.000	1.00	.	.	118	71
119	53.000	1.00	.370	.035	119	70
120	54.000	1.00	.365	.035	120	69
121	58.000	1.00	.360	.035	121	68
122	60.000	1.00	.354	.035	122	67
123	64.000	1.00	.349	.035	123	66
124	67.000	1.00	.	.	124	65
125	67.000	1.00	.339	.034	125	64
126	68.000	1.00	.	.	126	63
127	68.000	1.00	.	.	127	62
128	68.000	1.00	.323	.034	128	61
129	69.000	1.00	.317	.034	129	60
130	72.000	1.00	.	.	130	59
131	72.000	1.00	.307	.034	131	58
132	73.000	1.00	.302	.033	132	57
133	78.000	1.00	.296	.033	133	56
134	82.000	1.00	.291	.033	134	55
135	83.000	1.00	.286	.033	135	54
136	84.000	1.00	.	.	136	53

Survival Table						
			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
137	84.000	1.00	.275	.032	137	52
138	85.000	1.00	.	.	138	51
139	85.000	1.00	.265	.032	139	50
140	90.000	.00	.	.	139	49
141	90.000	.00	.	.	139	48
142	90.000	.00	.	.	139	47
143	90.000	.00	.	.	139	46
144	90.000	.00	.	.	139	45
145	90.000	.00	.	.	139	44
146	90.000	.00	.	.	139	43
147	90.000	.00	.	.	139	42
148	90.000	.00	.	.	139	41
149	90.000	.00	.	.	139	40
150	90.000	.00	.	.	139	39
151	90.000	.00	.	.	139	38
152	90.000	.00	.	.	139	37
153	90.000	.00	.	.	139	36
154	90.000	.00	.	.	139	35
155	90.000	.00	.	.	139	34
156	90.000	.00	.	.	139	33
157	90.000	.00	.	.	139	32
158	90.000	.00	.	.	139	31
159	90.000	.00	.	.	139	30
160	90.000	.00	.	.	139	29
161	90.000	.00	.	.	139	28
162	90.000	.00	.	.	139	27
163	90.000	.00	.	.	139	26
164	90.000	.00	.	.	139	25
165	90.000	.00	.	.	139	24
166	90.000	.00	.	.	139	23
167	90.000	.00	.	.	139	22
168	90.000	.00	.	.	139	21
169	90.000	.00	.	.	139	20
170	90.000	.00	.	.	139	19
171	90.000	.00	.	.	139	18
172	90.000	.00	.	.	139	17
173	90.000	.00	.	.	139	16
174	90.000	.00	.	.	139	15

Survival Table						
			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
175	90.000	.00	.	.	139	14
176	90.000	.00	.	.	139	13
177	90.000	.00	.	.	139	12
178	90.000	.00	.	.	139	11
179	90.000	.00	.	.	139	10
180	90.000	.00	.	.	139	9
181	90.000	.00	.	.	139	8
182	90.000	.00	.	.	139	7
183	90.000	.00	.	.	139	6
184	90.000	.00	.	.	139	5
185	90.000	.00	.	.	139	4
186	90.000	.00	.	.	139	3
187	90.000	.00	.	.	139	2
188	90.000	.00	.	.	139	1
189	90.000	.00	.	.	139	0

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรินทร์ แสงมา
(Assist. Prof. Watcharin Sangma)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
การศึกษา: วศ.ม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อ-สกุล: นายทินกร จันทร์กระจ่าง
(Mr. Tinakorn Chankrathang)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
การศึกษา: ค.อ.ม.เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา

ชื่อ-สกุล: นางสาวสรวงกนก พิบูลธรรมนนท์
(Miss. Suangkanok Piboonthamnont)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะศิลปศาสตร์ สาขาวิชาศึกษาทั่วไป (กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ)
การศึกษา: ศศ.ม (ภาษาอังกฤษเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม)