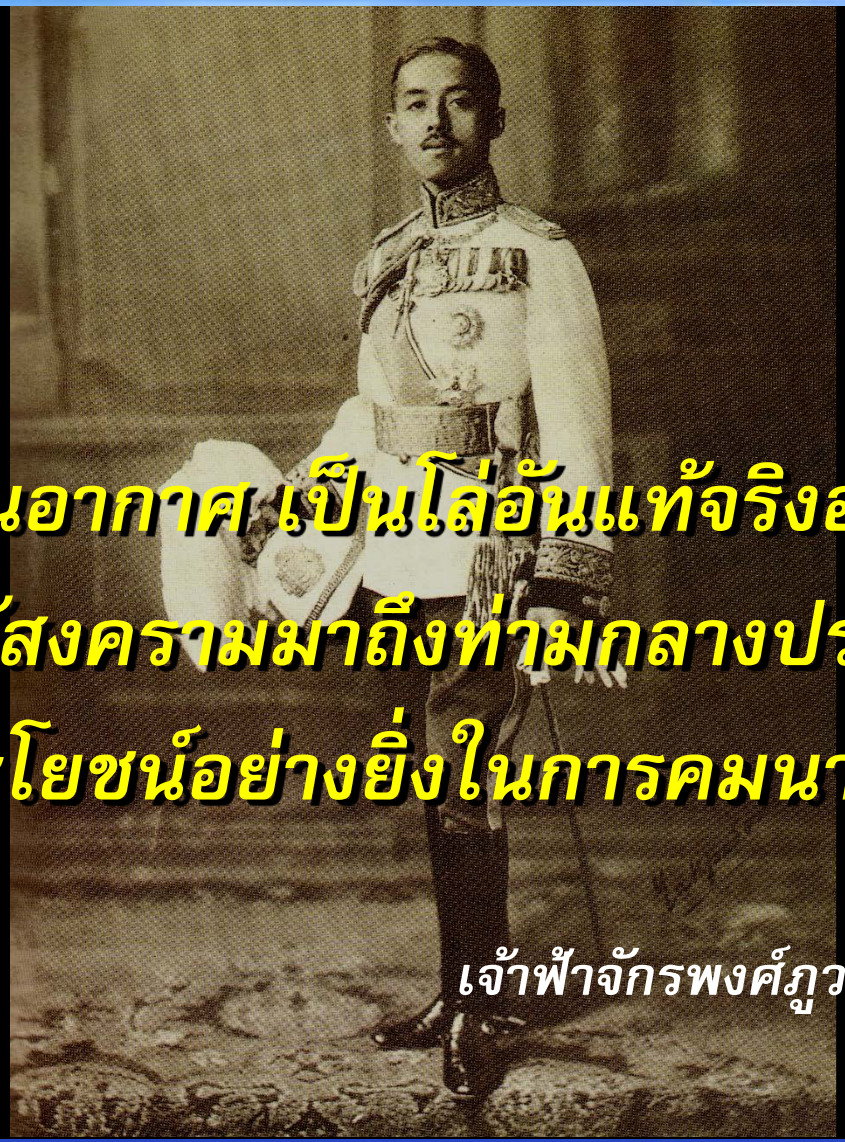
การคำนวณจำนวนอะไหล่ที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม

(Optimum Spare Parts; Reliability Engineering)

As of 17th Nov. 2020



“ กำลังในอากาศ เป็นโล่อันแท้จริงอย่างเดียว
ที่จะป้องกันมิให้สงครามมาถึงท่ามกลางประเทศของเราได้
ทั้งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการคมนาคมปกติ ”

จอมพล สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ
เจ้าฟ้าจักรพงศ์ภูวนาถ กรมหลวงพิศณุโลกประชานารถ
พระบิดากองทัพอากาศ

หัวข้อบรรยาย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการคำนวณอะไหล่ที่เหมาะสม (Reliability Engineering)
2. การใช้ Poisson Distribution เพื่อคำนวณจำนวนพัสดุอะไหล่ที่เหมาะสม (Optimum Spares / Poisson Distribution)
3. การใช้ Reliability Engineering ในการทำแผน MRS / MRL (Master Repair Scheduled / Material Requirements List)

References:

1. James McLinn, “A Short History of Reliability”, The Journal of the Reliability Information Analysis Center, January 2011.
2. Vito Faraci, Jr., “Spares Optimization Algorithm for Calculating Recommended Spares”, The Journal of the Reliability Information Analysis Center, Third Quarter 2008: 6 – 11
3. Mathscinotes. “Spare Parts Math” (On line) Available: http://mathscinotes.wordpress.com/2012/02/27/spare-parts-math/ , Retrieved 12th September 2012.
4. UC Davis Department of Mathematics CA 95616. “Standard Normal Distribution Table” (On line) Available: http://www.math.ucdavis.edu/~gravner/MAT135A/materials/standardnormaltable.pdf, Retrieved 12th September 2012.

References: (continued)

5. Engineering Statistics Handbook, NIST SEMATECH, http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/eda.htm
6. US Department of Defense, “Reliability Design, Military Handbook-338B”, page 69, 1 October 1998.
7. Professor Hoang Pham, PhD and Hongzhou Wang, PhD, “Reliability and Optimal Maintenance”, page 304, November 2005.
8. แจ้งความวิทยาการ ชอ.เลขที่ 62/55 ลง 22 ส.ค.55 เรื่อง “ให้รวบรวมและจัดทำฐานข้อมูล Failure Rate (λ) และ MTBF ของพัสดุ LRU”
9. แจ้งความวิทยาการ ชอ.เลขที่ 59/57 ลง 29 ส.ค.57 เรื่อง “การจัดทำแผนกำหนดการสร้างผลิต หรือซ่อมพัสดุและบริภัณฑ์ ประจำปี”
10. แจ้งความวิทยาการ ชอ.เลขที่ 1/59 ลง 2 มี.ค.39 เรื่อง “การเก็บข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ตัวชี้วัดการบริหารงานซ่อมบำรุงอากาศยานของ ทอ.”

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในการคำนวณอะไหล่ที่เหมาะสม (Reliability Engineering)

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้

- ในสมัยโบราณ: การพยากรณ์เหตุการณ์จากสิ่งบอกเหตุ
  - ฟ้ามักจะร้องก่อนที่ฝนจะตก
  - เมื่อเห็นฝูงมดไต่ขึ้นที่สูงแล้วจะเกิดน้ำท่วม
- ค.ศ.1816: นักปรัชญาชาวอังกฤษ ชื่อ แซมมวล เทเล่อร์ โคลริจด์ (Samuel Taylor Coleridge 21 October 1772 – 25 July 1834) ได้กล่าวถึงคำว่า “ความเชื่อถือได้” หรือ Reliability ไว้ในบทวิจารณ์วรรณกรรมของกวีในยุคนั้น
- หลังปี ค.ศ.1920: รถยนต์เริ่มเป็นที่นิยมและมีการใช้งาน ซึ่งเป็นจุดตั้งต้นในการวัดความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ที่เป็นเครื่องกล (Mechanical Reliability)

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ค.ศ.1927: ชาร์ล ลินเบอร์ก (Charles Lindberg) ได้กำหนดว่าเครื่องบินที่เขาจะทำการบินข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกเป็นคนแรกของโลกนั้น ใช้เครื่องยนต์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ มี 9 กระบอกสูบ จะต้องสามารถใช้งานต่อเนื่องได้นาน 40 ชม.บิน โดยไม่ชำรุด
- หลังปี ค.ศ.1940: การทหารของสหรัฐอเมริกาได้ให้ความหมายของความเชื่อถือได้ (Reliability) คือ “การที่ยุทโธปกรณ์ใด ๆ สามารถทำงานได้ตามปกติเมื่อต้องการใช้งาน” ความเชื่อถือได้ในยุคนั้นมักจะเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ เช่น โทรเลข (Telegraph), หลอดไฟ, โทรศัพท์, เครื่องทำไฟ เป็นต้น
- ค.ศ.1940 – 1950: วิชา Reliability Engineering ก็ยังไม่ได้เกิดขึ้น

A Short History of Reliability

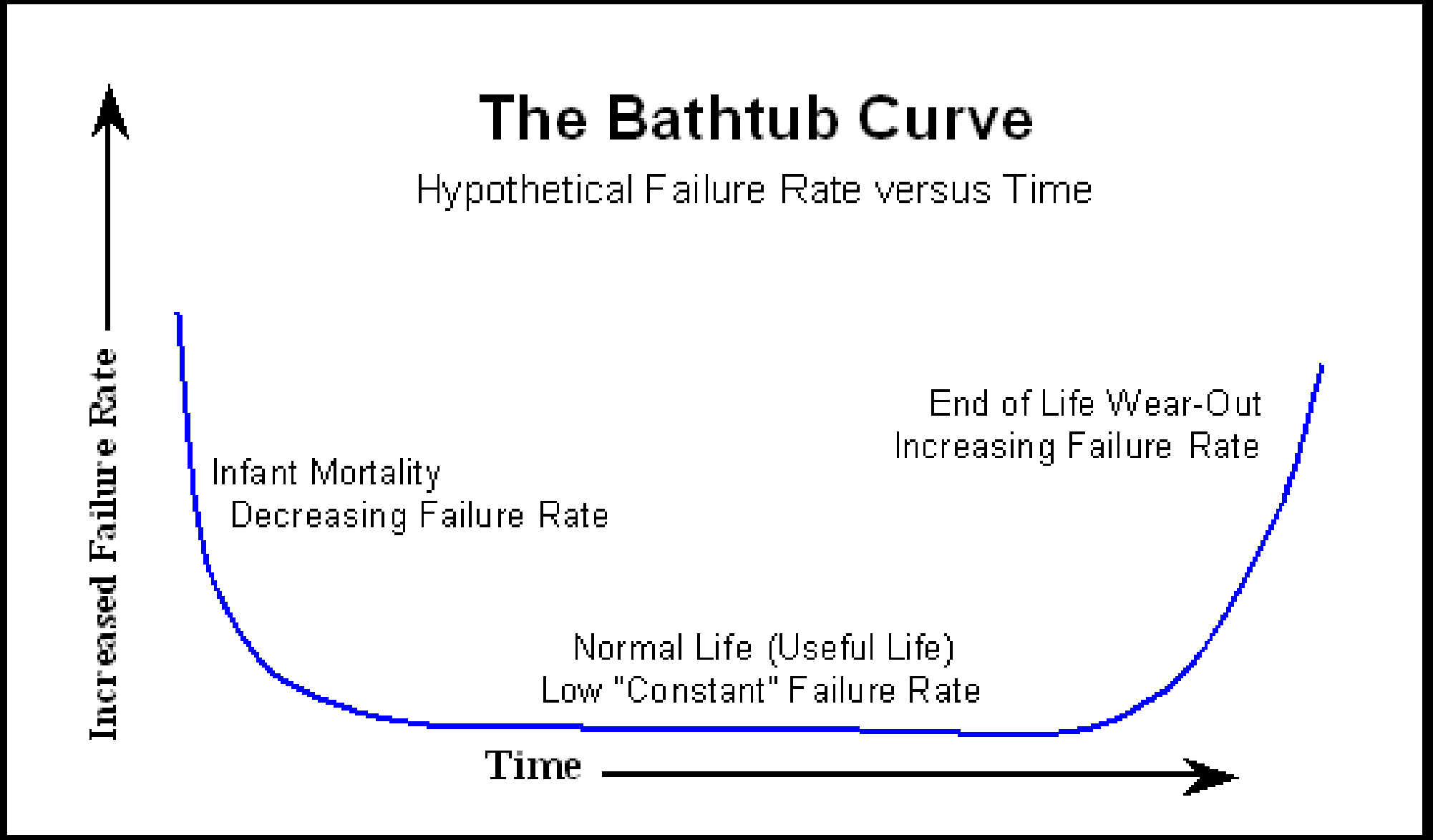
ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ.1939 – 1945): พบว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งบนอากาศยานมีการชำรุดเกินกว่า 50 % โดยอุปกรณ์ทางทหารที่สำคัญที่ต้องการความเชื่อถือได้สูงก็คือหลอดสุญญากาศ (Vacuum Tube) ที่ติดตั้งอยู่ในเรดาร์ หรือในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ
- หลังปี ค.ศ.1950: คอมพิวเตอร์ยุคแรกของบริษัท Sperry ที่ใช้หลอดสุญญากาศมีขนาดใหญ่โตมหึมา สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าสูง มีหน่วยความจำ 1024 Bit ที่สำคัญก็คือ คอมพิวเตอร์นี้จะชำรุดประมาณทุก ๆ 8 ชม. ซึ่งต้องถอดเปลี่ยนหลอดสุญญากาศ

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ค.ศ.1951: Wallodie Weibull ได้พิมพ์เผยแพร่ผลงานเรื่องการนำสถิติการกระจายไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ต่อมาในปี ค.ศ.1959 เขาได้พิมพ์เผยแพร่ผลงานในเรื่องการวิเคราะห์สถิติของความล้าและวิธีการทั่วไปสำหรับทดสอบ Fatigue & Creep Rupture ให้กับทางการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา
- ค.ศ.1957: คณะกรรมการทางทหารของสหรัฐอเมริกา ได้มีรายงานสรุปที่น่าสนใจเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ของหลอดสุญญากาศ (Vacuum Tube) คือหลอดสุญญากาศส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดมีการกระจายของข้อมูลการชำรุดเป็นแบบ Bathtub Curve


The Bathtub Curve
Hypothetical Failure Rate versus Time
Increased Failure Rate
Infant Mortality
Decreasing Failure Rate
End of Life Wear-Out
Increasing Failure Rate
Normal Life (Useful Life)
Low "Constant" Failure Rate
Time

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ในทศวรรษ 1970: สหรัฐอเมริกาเกิดโครงการส่งยานอวกาศไปลงบนดวงจันทร์ครั้งแรก (Apollo Program) โดยองค์การ NASA ได้นำทฤษฎีความเชื่อถือได้มาใช้เพื่อให้แน่ใจได้ว่ายานอวกาศสามารถที่จะไปและกลับสู่โลกได้ตลอดการบินเดินทาง
- องค์การ NASA ยังได้พัฒนาและแผนแบบสร้างกระสวยอวกาศขึ้น โดยได้เน้นในเรื่องการบริหารความเสี่ยงจากสถิติ (Risk Management through the use of Statistics), ความเชื่อถือได้ (Reliability), การบำรุงรักษา (Maintainability), ความปลอดภัยของระบบ (System Safety), การรับรองคุณภาพ (Quality Assurance), มนุษย์ปัจจัย (Human Factors) และการรับรองคุณภาพของ Software (Software Assurance)

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ค.ศ.1984: บทความเรื่อง History of Software Reliability และ หนังสือเรื่อง Software Reliability – Measurement, Prediction, Application ของ Martin Shooman และ Musa ทำให้มีการใช้ทฤษฎีความเชื่อถือได้ในการวัดและพยากรณ์ความเชื่อถือได้ของ Software รวมทั้งได้มีการสอนในภาควิชา Reliability Program ที่มหาวิทยาลัย University of Arizona
- ซึ่งต่อมาผู้ที่สำเร็จการศึกษาในภาควิชานี้ได้เป็นบุคลากรหลักในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่หลากหลาย กล่าวได้ว่าในยุคนั้นอัตราการชำรุดของอุปกรณ์หลายชนิด มีค่าลดน้อยลงราว 10 เท่า

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ค.ศ.1986: โศกนาฏกรรมที่เกิดขึ้นกับกระสวยอวกาศ Challenger เมื่อ 28 มกราคม ค.ศ 1986 ซึ่งทำให้นักบินอวกาศจำนวน 7 คน เสียชีวิตทั้งหมดในช่วงเวลาเพียง 73 วินาที นับตั้งแต่เริ่มปล่อยกระสวยอวกาศออกจากพื้นโลก โดยมีสาเหตุมาจาก O-Ring Seal ชำรุดเพียงอันเดียว ที่บริเวณจรวดขับเคลื่อนด้านขวา ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง ทำให้ก๊าซร้อนภายในจรวดรั่วไหลไปกระทบกับถังเชื้อเพลิงภายนอกลำตัวจนเกิดการระเบิดขึ้นอย่างรุนแรง จากเหตุการณ์ที่น่าสลดใจดังกล่าว ทำให้ผู้เกี่ยวข้องต้องหยุดโครงการอวกาศ และหันมาประเมินค่าความเสี่ยงกันใหม่

Challenger Ascended Disaster

28th January 1986

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ภาพรวมในทศวรรษ 1980: แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าของทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม ทั้งในวงการทหาร อุตสาหกรรมรถยนต์ การสื่อสารโทรคมนาคม และชีวะการแพทย์
- ทศวรรษ 1990: RADC (Rome Air Development Center) ของกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มตีพิมพ์หนังสือ Reliability Tool Kit ฉบับแรกขึ้น ซึ่งต่อมาในถูกพัฒนาให้เป็น COTS (Commercial Off The Shelf) Application เพื่อกำหนดคุณภาพและความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต่าง ๆ

A Short History of Reliability

ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม (ต่อ)

- ปัจจุบัน: ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม จะต้องถูกนำมาใช้ตั้งแต่เริ่มกระบวนการแผนแบบสร้างและกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคย่อมต้องพิจารณาถึงความเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์และราคา ก่อนที่จะลงทุนซื้อเสมอ
- ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใช้ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม ได้เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ และเป็นการคาดหวังเพื่อตัดสินใจของผู้บริโภคในยุคนี้

Reliability & Optimal Maintenance

- ค.ศ.2000: สำหรับทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจการซ่อมบำรุงอากาศยานนั้น Kumar 2000 ได้กล่าวไว้ว่า “ผู้ใช้งานย่อมต้องการสมรรถนะที่ไร้ขีดจำกัดในขณะที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเป็นศูนย์ สามารถใช้งานได้ ๑๐๐ % ทุก ๆ วัน นับตั้งแต่วันที่ได้รับมอบของ จนกระทั่งวันที่ปลดประจำการ”
- คำกล่าวดังกล่าวเป็นความต้องการในอุดมคติ แต่เนื่องจากธรรมชาติของอากาศยานหรือทุกสิ่ง ย่อมต้องมีการชำรุดหรือเสื่อมสภาพจากการใช้งานตามปกติ จึงจำเป็นต้องมีระบบการตรวจซ่อมบำรุงอากาศยานที่มีความเชื่อถือได้ว่า จะสามารถนำมาใช้ในการบูรณรักษาให้อากาศยานมีอายุใช้งานยืนยาว อย่างปลอดภัย ภายใต้ความประหยัด ซึ่งเรียกว่า Reliability and Optimal Maintenance

Reliability & Optimal Maintenance

- ความหมายของ “ความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม” ที่เหมาะสมที่สุดก็คือ “ความน่าจะเป็นของความสำเร็จ” หมายถึง “ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะทำงานเป็นปกติในห้วงเวลาที่กำหนดไว้ (Design Life) ภายใต้สภาวะการใช้งานที่ได้ถูกแผนแบบสร้างไว้ เช่น อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเป็นต้น โดยอุปกรณ์นั้นจะไม่ชำรุด”
- สามารถเขียนแสดงในทางคณิตศาสตร์ได้คือ $R(t) = P(T > t);\ t \geq 0$
  โดยที่ R(t) คือค่า Probability ของความเชื่อถือได้เมื่อใช้งานตั้งแต่เวลา ณ จุดเริ่มต้น (t = 0) ไปจนถึงเวลา t

Reliability & Optimal Maintenance

- ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรมได้แบ่งการซ่อมบำรุงออกไว้ ดังนี้
  - Corrective Maintenance (CM) หมายถึง การซ่อมบำรุงที่ต้องปฏิบัติเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุด
  - Preventive maintenance (PM) หมายถึง การซ่อมบำรุงเพื่อปรนนิบัติรักษาอุปกรณ์ในขณะที่ยังทำงานได้เป็นปกติ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดขึ้น
- การซ่อมบำรุงยังสามารถแบ่งได้ตามระดับของสภาพการทำงานหลังผ่านการซ่อมบำรุงได้อีก 5 ระดับ คือ

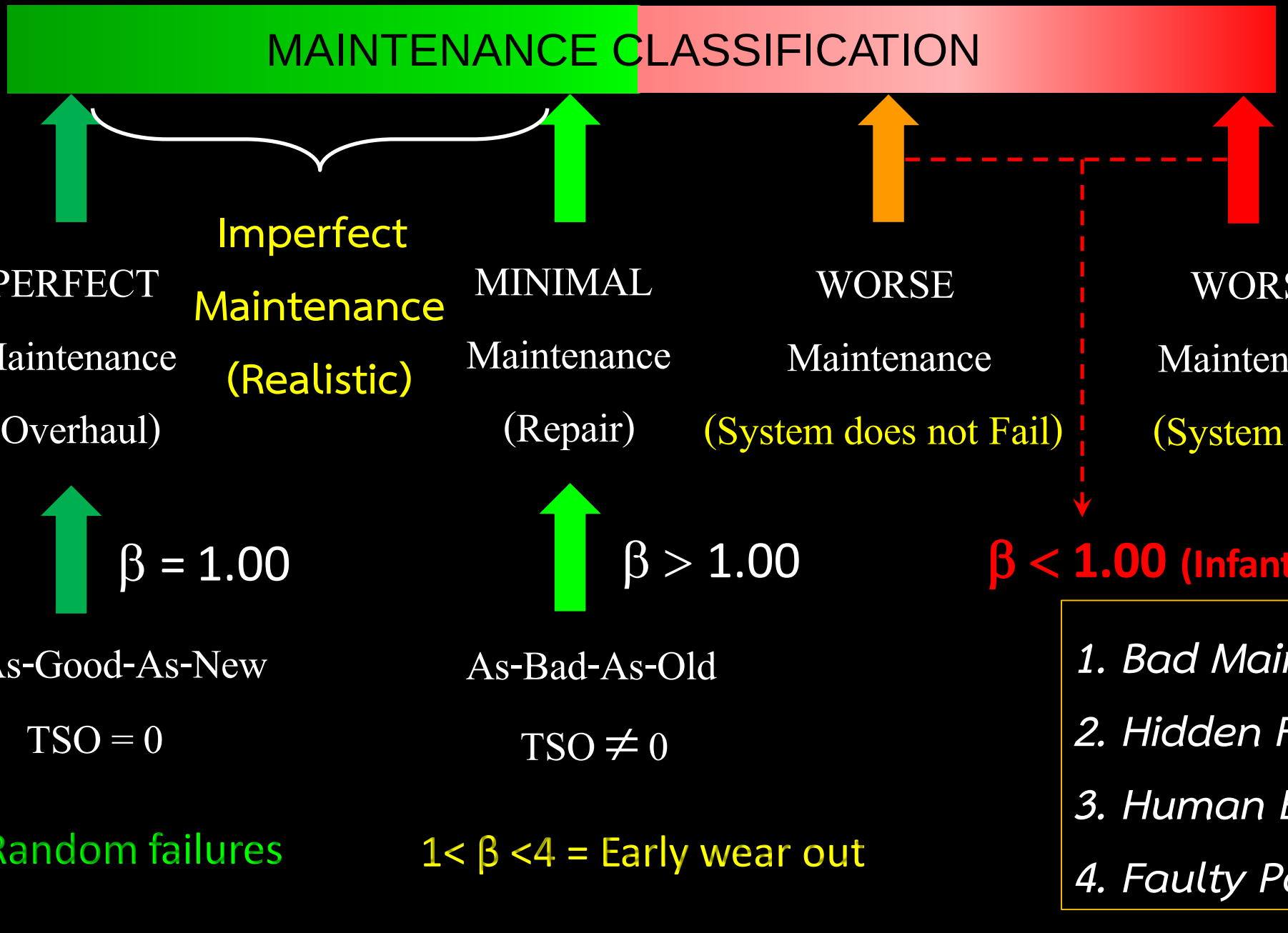
  1. Perfect repair or Perfect maintenance หมายถึง สภาพของอุปกรณ์ภายหลังการซ่อมจะมีสภาพเสมือนของใหม่ หรือ As Good As New
  2. Minimal Repair หมายถึงสภาพของอุปกรณ์ภายหลังการซ่อม จะมีสภาพ As Bad As Old

- การซ่อมบำรุงยังสามารถแบ่งได้ตามระดับของสภาพการทำงานหลังผ่านการซ่อมบำรุงได้อีก 5 ระดับ คือ (ต่อ)

3. Imperfect repair or Imperfect maintenance สภาพของอุปกรณ์หลังซ่อม “อยู่ระหว่าง As Good As New และ As Bad As Old”

4. Worse repair or Worse maintenance หมายถึง สภาพของอุปกรณ์ภายหลังการซ่อมจะมีสภาพที่แย่ลงกว่าก่อนส่งซ่อม แต่ยังไม่ถึงขั้นชำรุดทันทีหลังซ่อม

5. Worst repair or Worst maintenance หมายถึง สภาพของอุปกรณ์ภายหลังการซ่อมจะมีสภาพที่แย่ลงกว่าก่อนส่งซ่อม จนถึงขั้นชำรุดทันทีหลังซ่อม


MAINTENANCE CLASSIFICATION
PERFECT Maintenance (Overhaul)
Imperfect Maintenance (Realistic)
MINIMAL Maintenance (Repair)
WORSE Maintenance (System does not Fail)
WORST Maintenance (System Fail)
β = 1.00
β > 1.00
β < 1.00 (Infant Mortality)
As-Good-As-New
TSO = 0
As-Bad-As-Old
TSO ≠ 0
1. Bad Maintenance
2. Hidden Faults
3. Human Errors
4. Faulty Parts
β = 1: Random failures
1< β <4 = Early wear out

Reliability & Optimal Maintenance

- การทำ Perfect Maintenance นั้นเป็นไปได้จริงทางอุดมคติ (Ideal) เท่านั้น ดังนั้นการใช้ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรมจึงมุ่งศึกษาในส่วนของ Imperfect Maintenance เป็นหลัก ซึ่งจะมีถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด
- สาเหตุ 5 ประการที่เป็นไปได้ ที่ทำให้เกิดสภาพ Imperfect Maintenance

1. Repairing the wrong part
2. Only partially repairing the faulty part
3. Repairing partially or completely the faulty part but damaging adjacent parts
4. Incorrectly assessing the condition of the unit inspected
5. The timing for maintenance is off the schedule

- สาเหตุ 3 ประการที่เป็นไปได้ ที่ทำให้เกิดสภาพ Worse หรือ Worst Maintenance

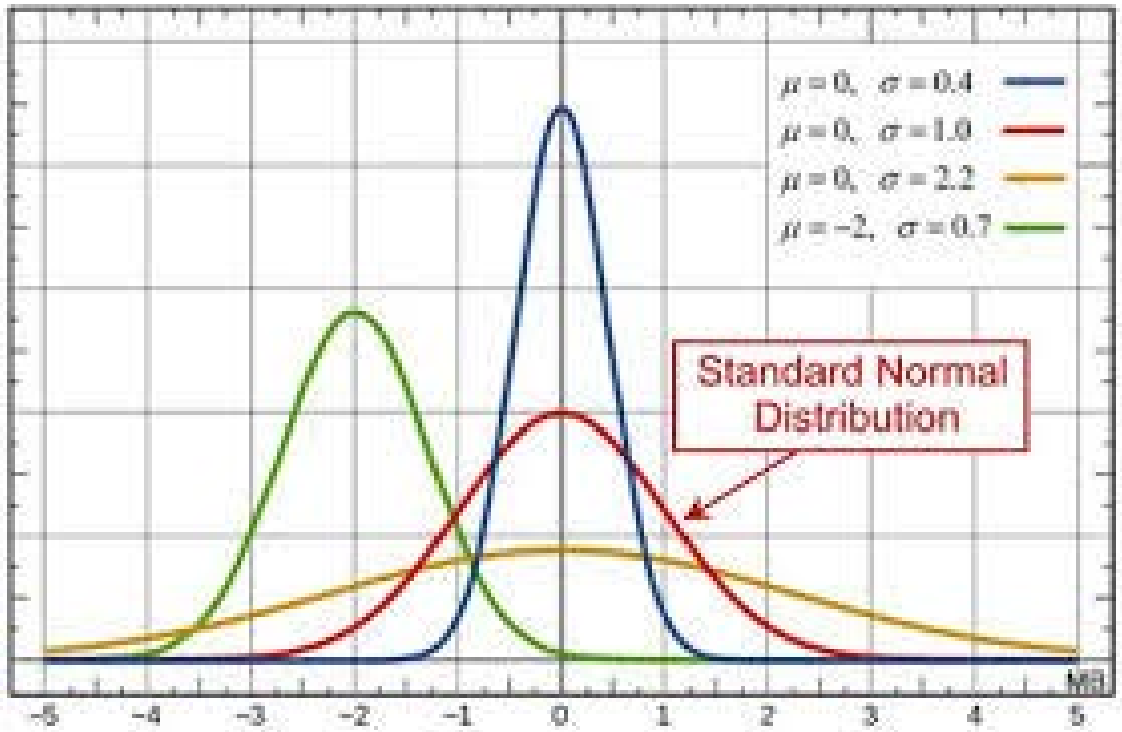
  1. Hidden faults and failures which are not detected during maintenance

  2. Human errors such as wrong adjustments and further damage done during maintenance

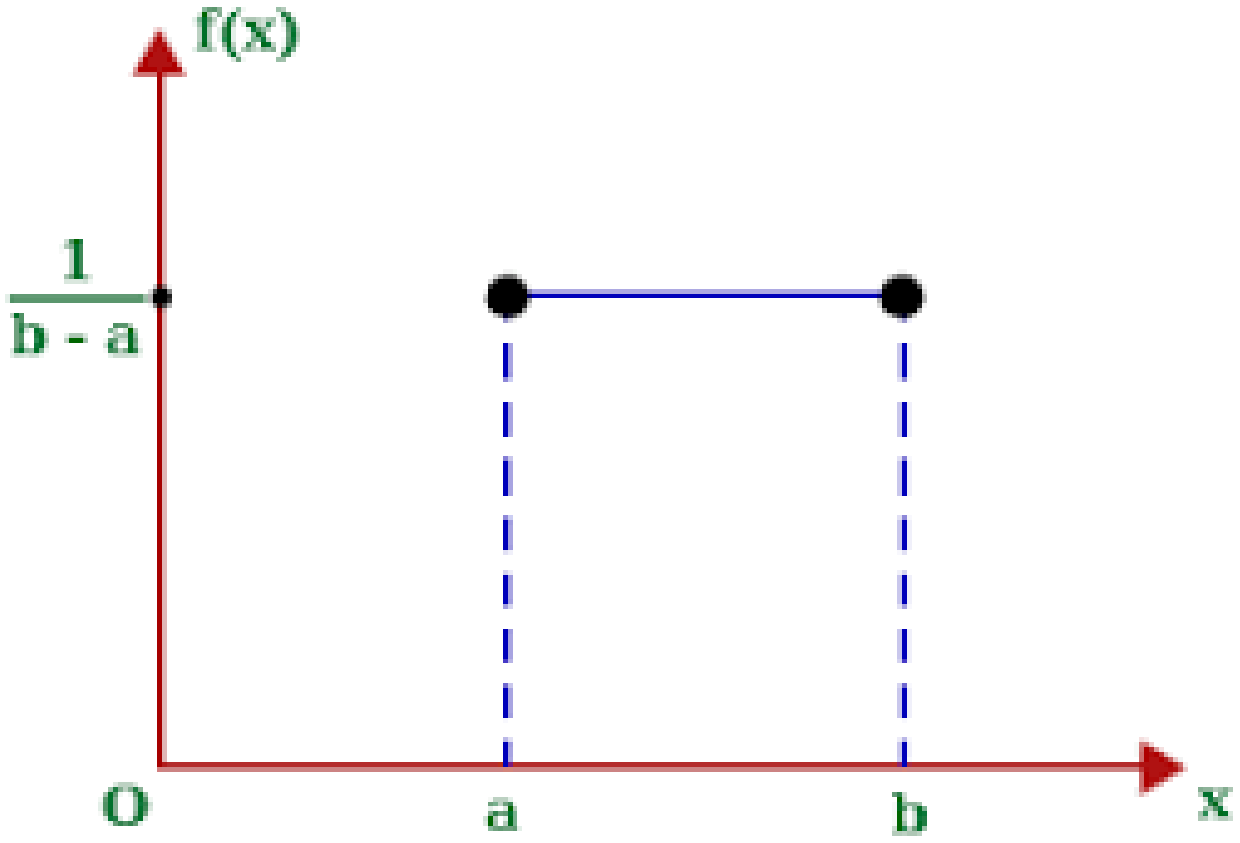
  3. Replacement with faulty parts

All Distributions for Reliability Engineering

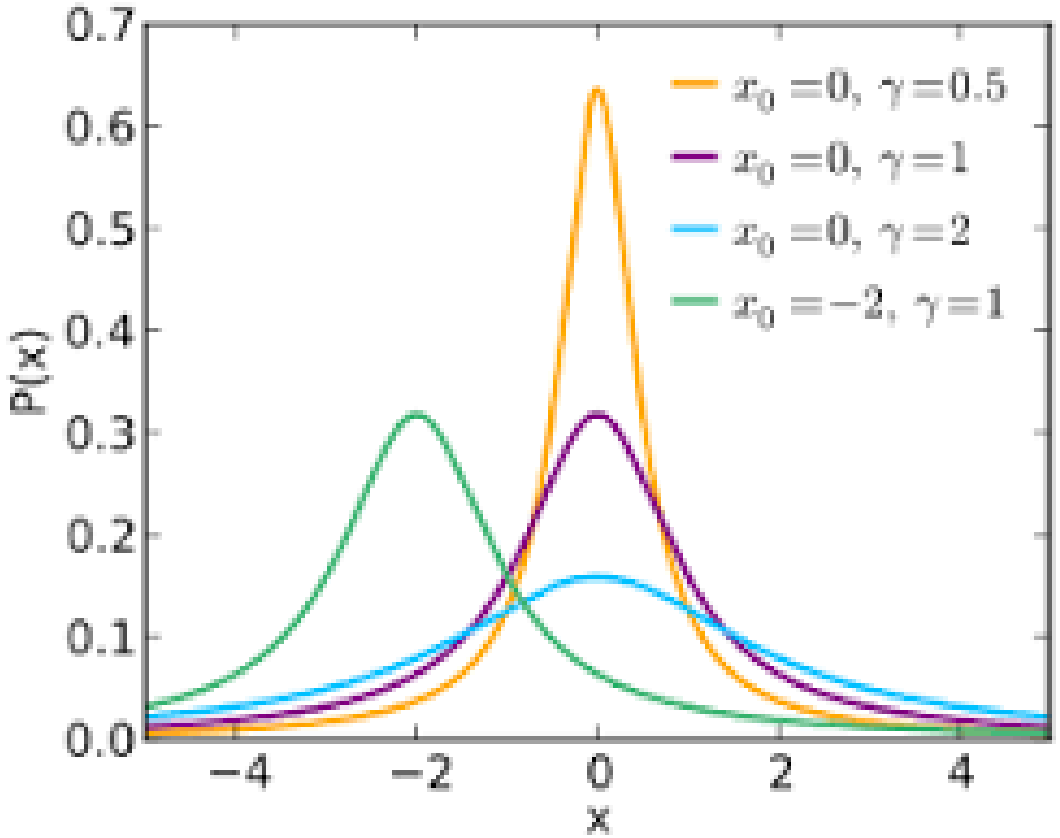
1. Normal Distribution: หรือ Gaussian Distribution เป็นการกระจายแบบต่อเนื่องที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง และเป็นการกระจายที่มีการยอมรับมากที่สุด ตามชื่อนักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน ผู้นิยาม Normal Distribution ครั้งแรก ตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 หรือกราฟทรงระฆังคว่ำ (Bell shape) ถือได้ว่าเป็น Distribution ที่สำคัญที่สุดก็ว่าได้



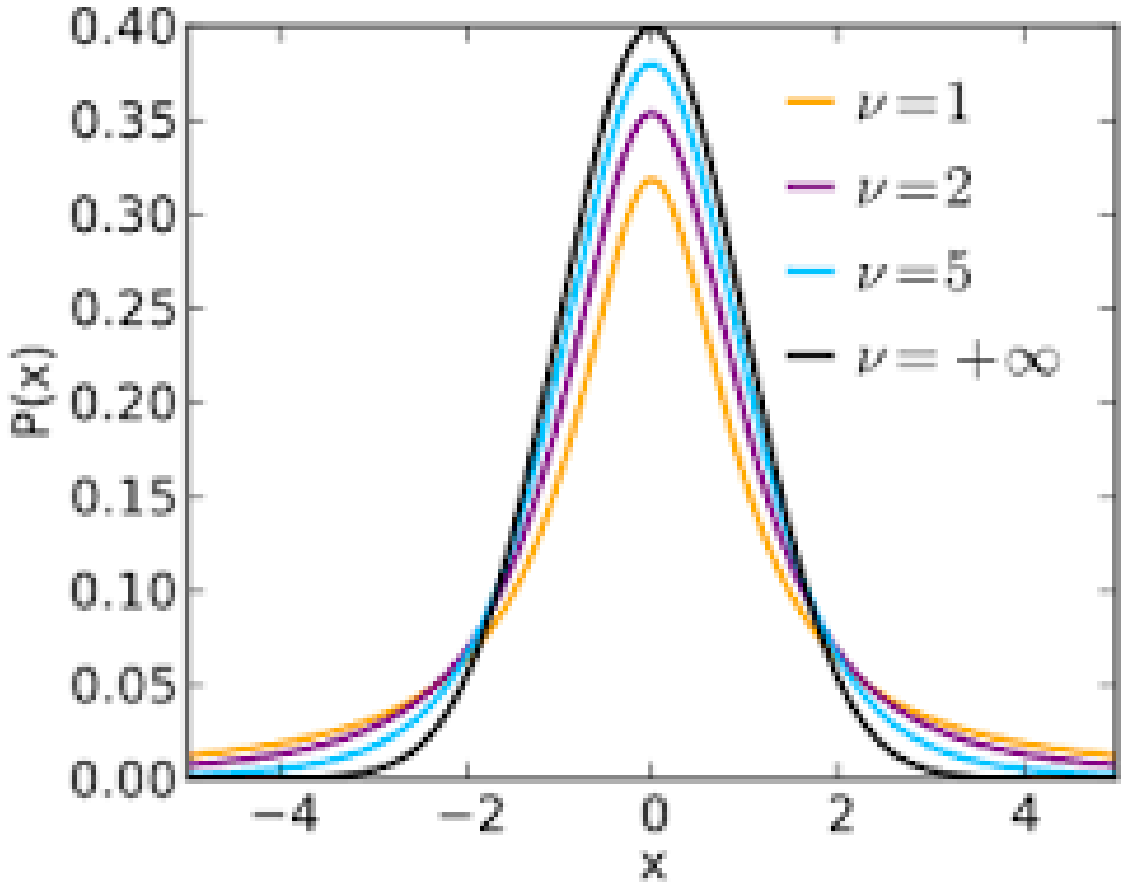
2. Uniform Distribution: การกระจายแบบนี้ใช้สำหรับค่าความน่าจะเป็นที่เท่า ๆ กัน ภายใน Range ของการกระจายแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการกระจายที่ใช้ในการอ้างอิง (Reference Distribution)



3. Cauchy Distribution: การกระจายแบบ Cauchy นั้นมีความสำคัญมากในกรณีศึกษาด้านพยาธิวิทยา ปกติแล้วการกระจายแบบ Cauchy จะมีลักษณะเหมือนกับ Normal Distribution โดยจะใช้ในการศึกษาสมมติฐานที่ถูกสมมติว่าเป็นสภาวะที่ปกติ

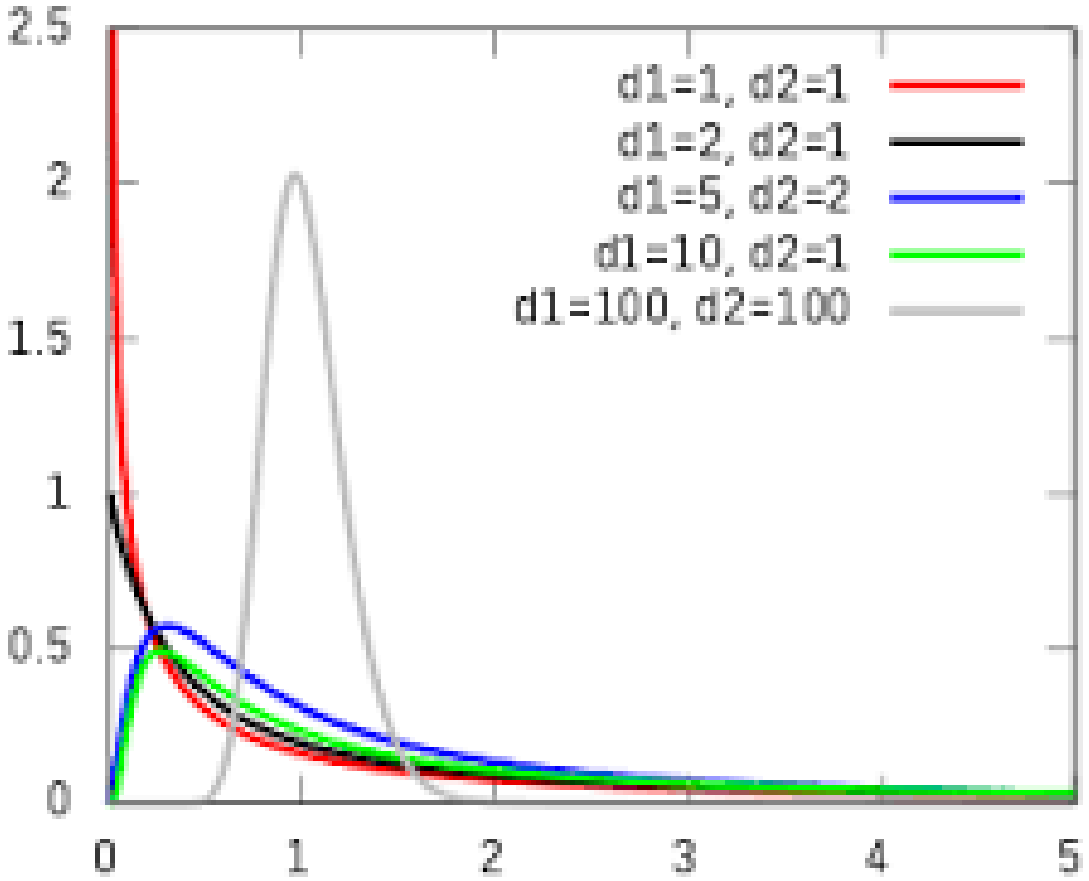


4. t Distribution: การกระจายแบบ t Distribution นิยมจะใช้ในการทดสอบสมมติฐานและระดับของความมั่นใจ ลักษณะของโค้งความถี่คล้าย ๆ กับโค้งความถี่ของ Normal Distribution แต่แบนราบกว่า



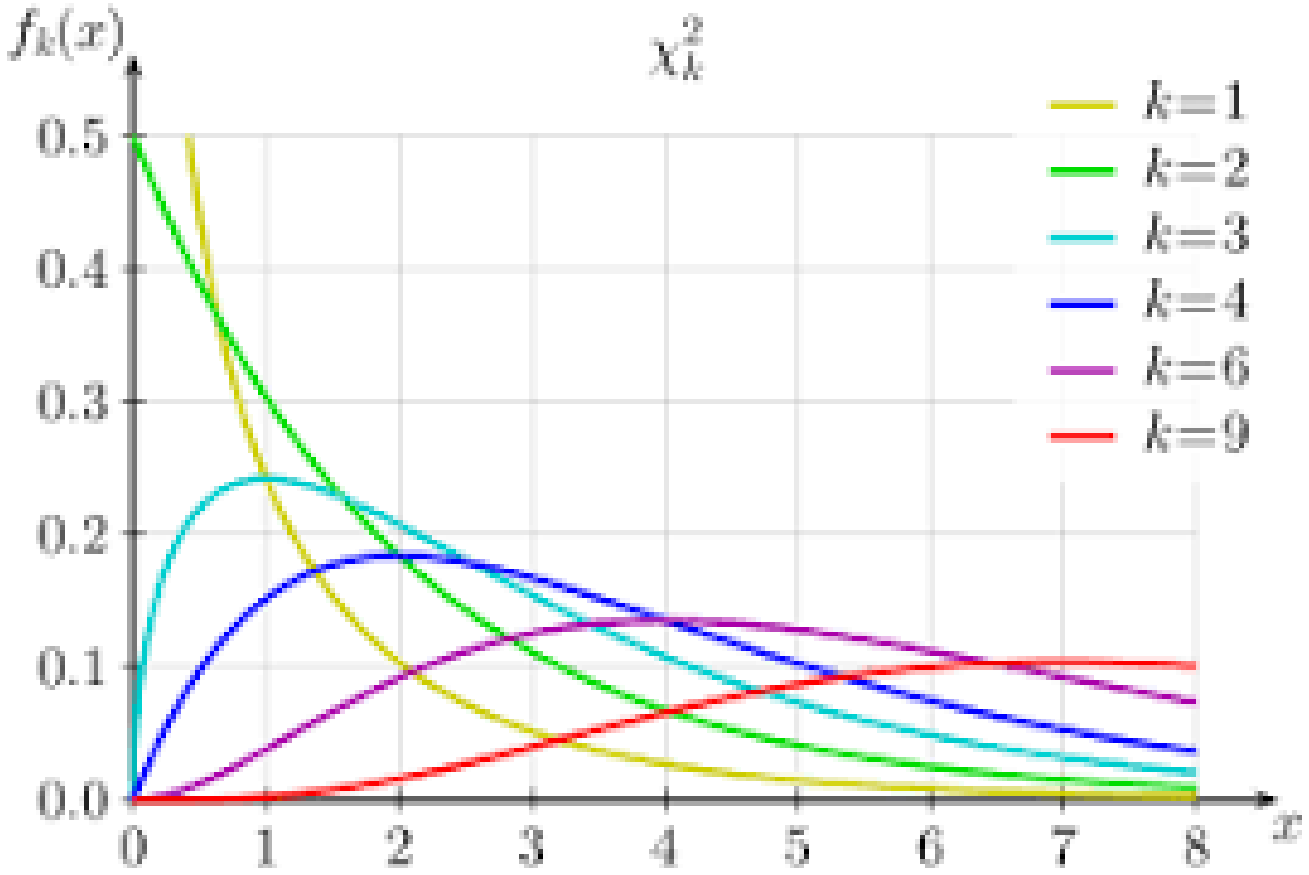
All Distributions for Reliability Engineering

5. F Distribution: การกระจายแบบ F Distribution มักใช้ในการทดสอบสมมติฐานและระดับของความมั่นใจ เป็นการแจกแจงที่นำไปใช้ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแปรปรวน



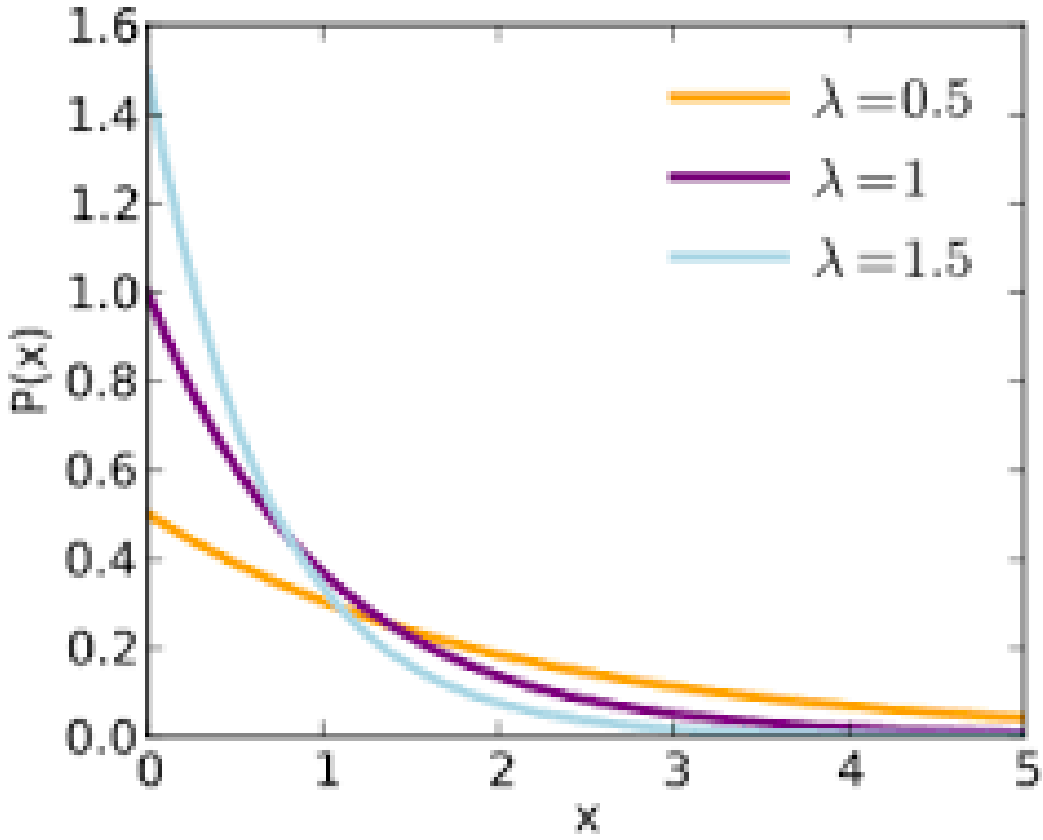
All Distributions for Reliability Engineering

6. Chi-Square Distribution: การกระจายแบบ Chi-Square มักใช้ในการทดสอบสมมติฐานและระดับของความมั่นใจ



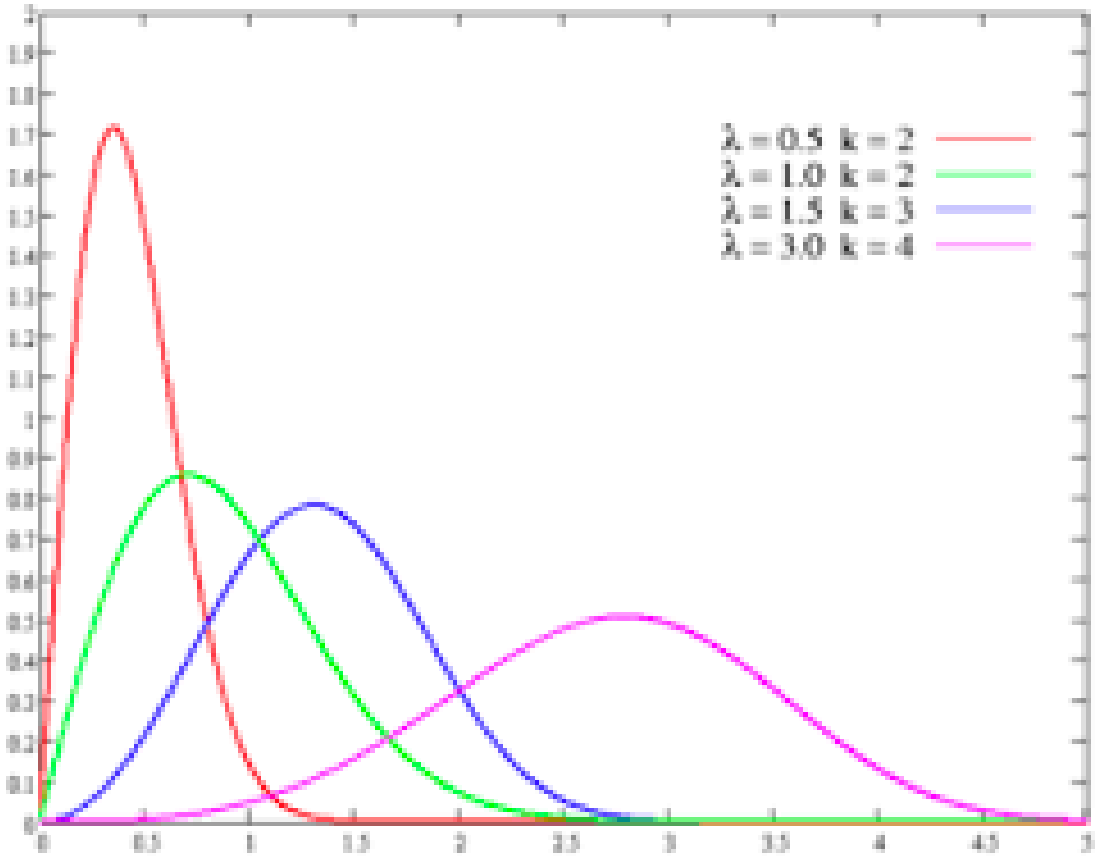
All Distributions for Reliability Engineering

7. Exponential Distribution: การกระจายแบบ Exponential Distribution ส่วนใหญ่จะใช้ในเรื่องของทฤษฎีความเชื่อถือได้ (Reliability Theory) ที่มีอัตราการชำรุดคงที่ (Constant Failure Rate) ถูกนำไปใช้กันอย่างมากในเรื่องของการจำลอง(Simulation) และระบบแถวคอย (Queuing Systems)

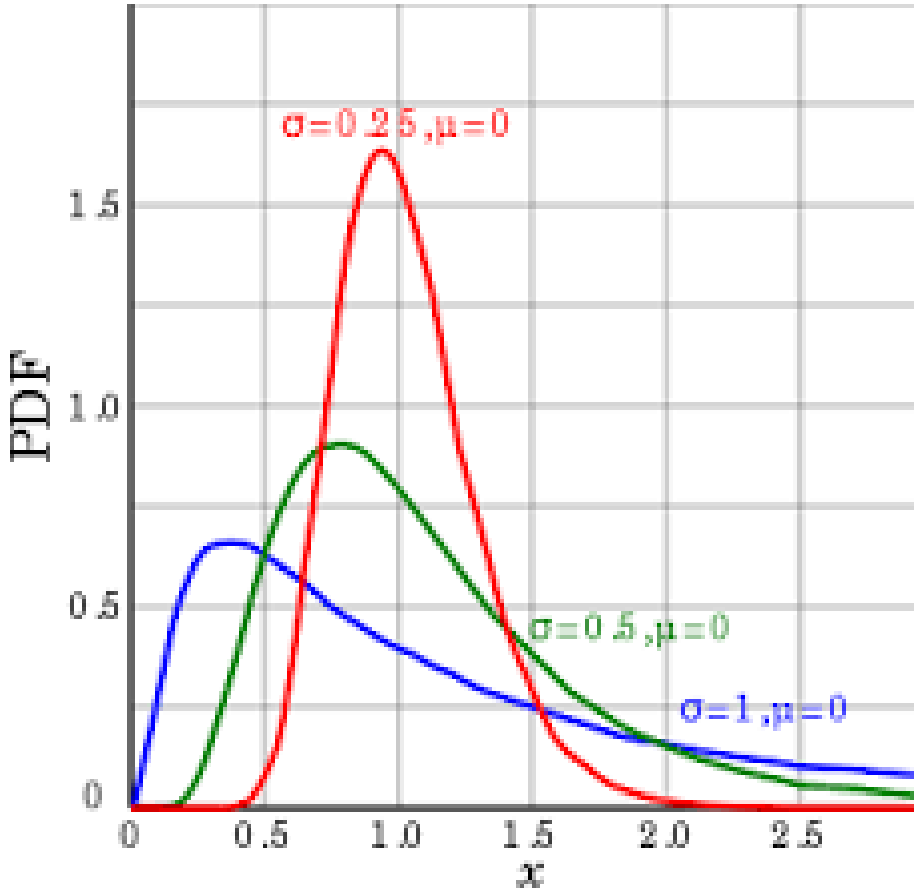


All Distributions for Reliability Engineering

8. Weibull Distribution: การกระจายแบบ Weibull Distribution ส่วนใหญ่จะใช้ในเรื่องของความเชื่อถือได้ ที่มีการชำรุดแบบสุ่ม (Random Failure)

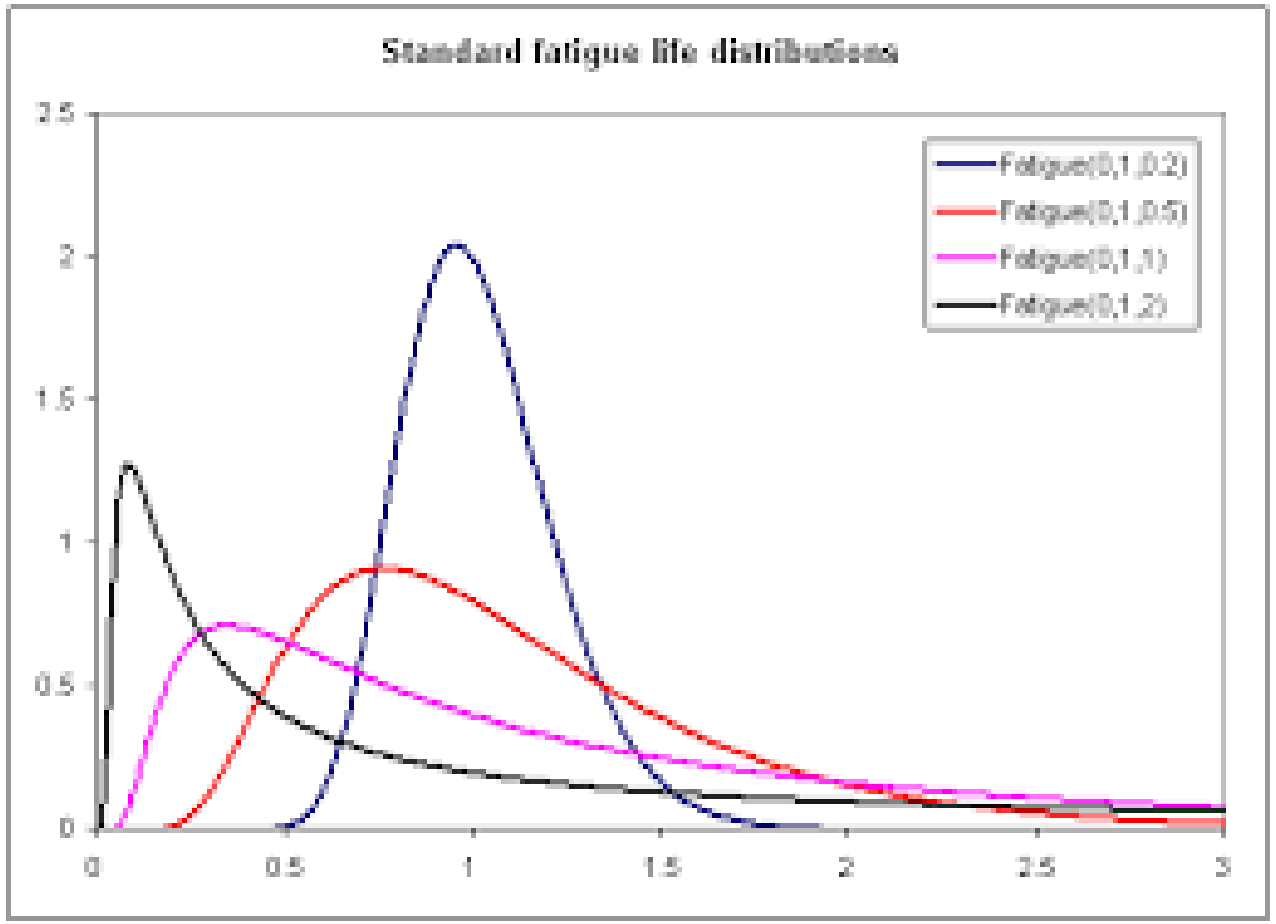


9. Lognormal Distribution: การกระจายแบบ Lognormal Distribution ส่วนใหญ่จะใช้ในเรื่องของความเชื่อถือได้ ที่มีการชำรุดแบบสุ่ม เช่นเดียวกับการกระจายแบบ Weibull Distribution



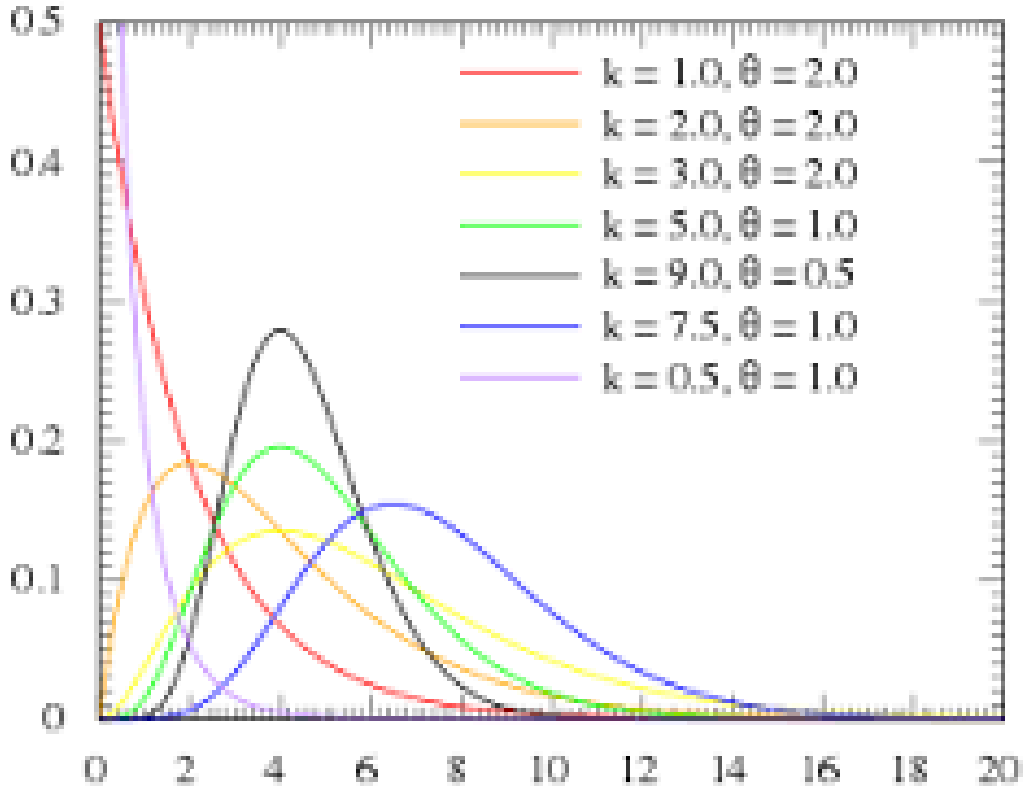
All Distributions for Reliability Engineering

10. Fatigue Life Distribution: การกระจายแบบ Fatigue Life Distribution (บางครั้งเรียกว่า Birnbaum-Saunders Distribution) ส่วนใหญ่จะใช้ในเรื่องของความเชื่อถือได้โดยศึกษาด้านความล้าของวัสดุ

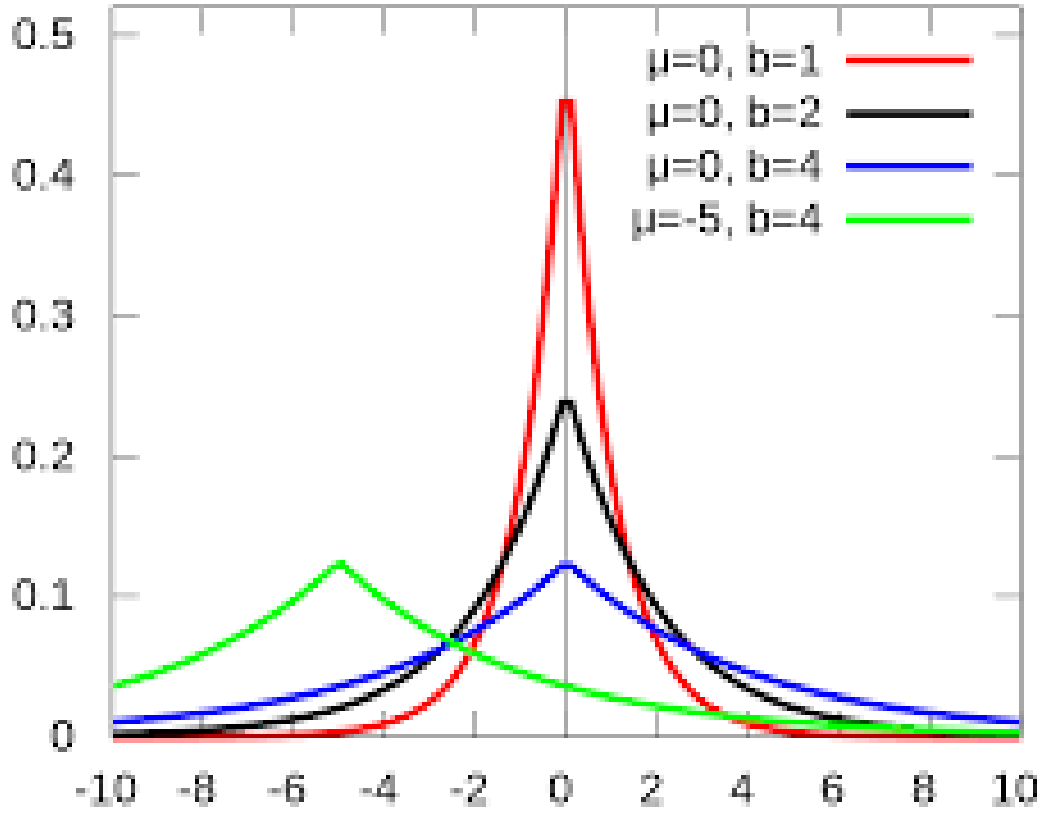


All Distributions for Reliability Engineering

11. Gamma Distribution: การกระจายแบบ Gamma Distribution ใช้ในการจำลองระบบงานต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง

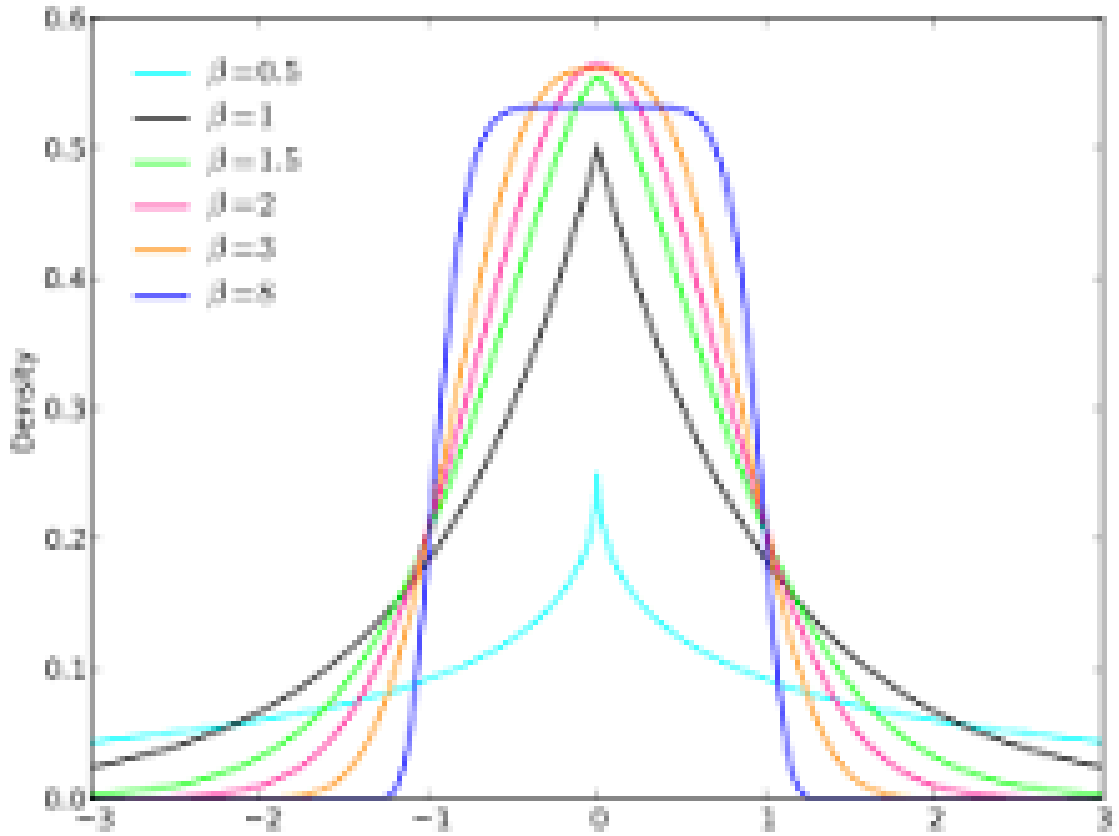


12. Double Exponential Distribution: บางครั้งเรียกว่าการแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) หรือ Laplace Distribution มีรูปร่างเหมือนกับ Exponential 2 อันที่หันหลังและติดกัน

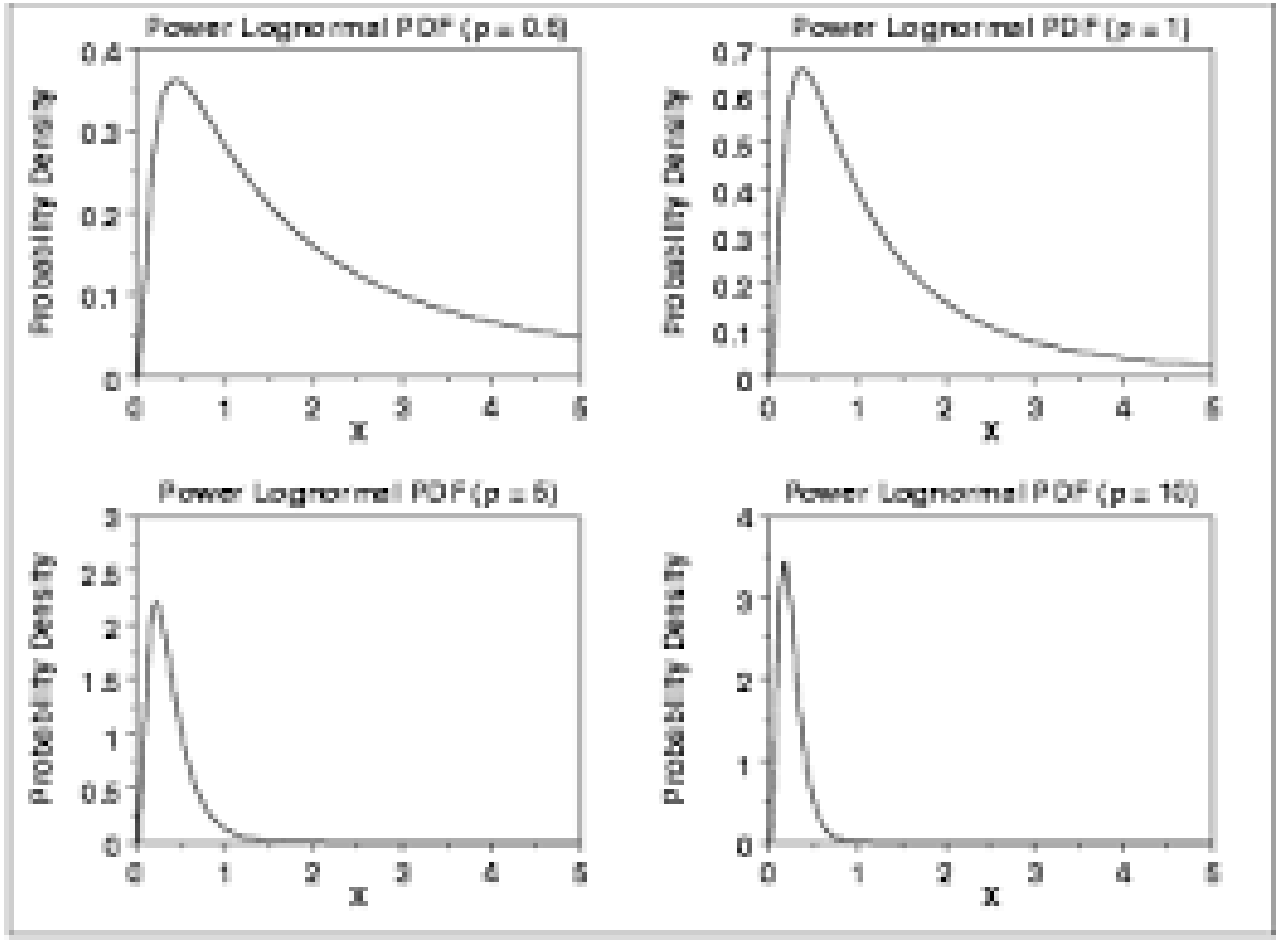


All Distributions for Reliability Engineering

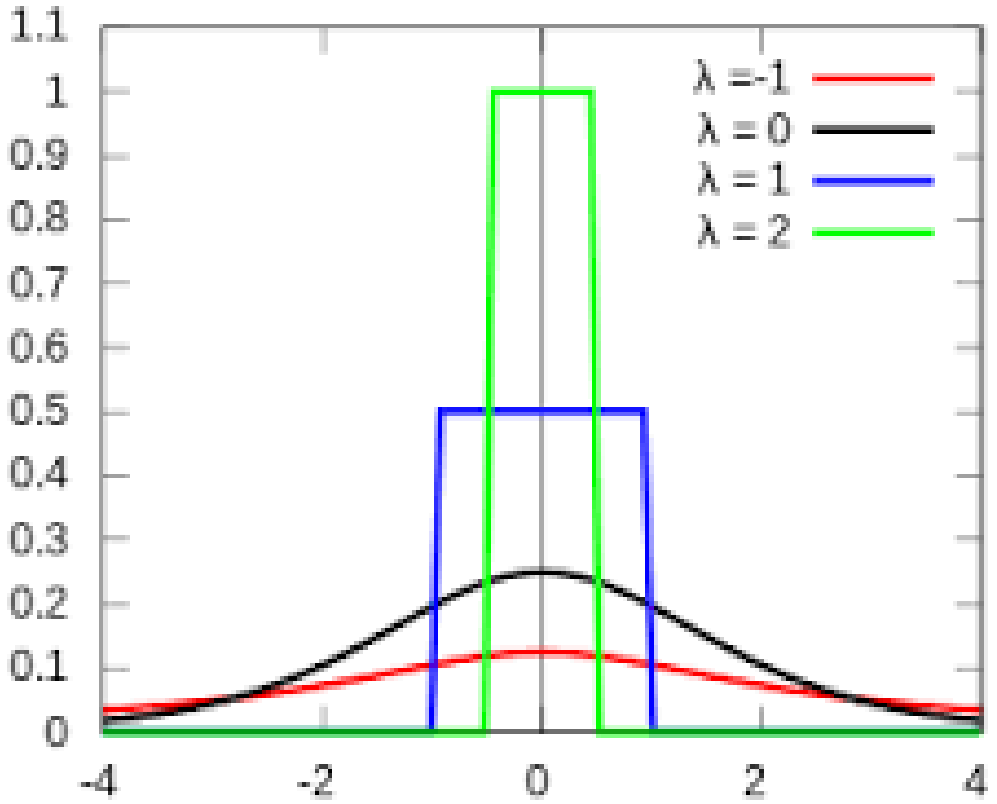
13. Power Normal Distribution: การกระจายแบบ Power Normal Distribution มีความยุ่งยากซับซ้อนทางสถิติ และต้องใช้ตารางประกอบ (Reference Tables)



14. Power Lognormal Distribution: การกระจายแบบ Power Lognormal Distribution มีความยุ่งยากซับซ้อนทางสถิติ และต้องใช้ตารางประกอบ (Reference Tables)

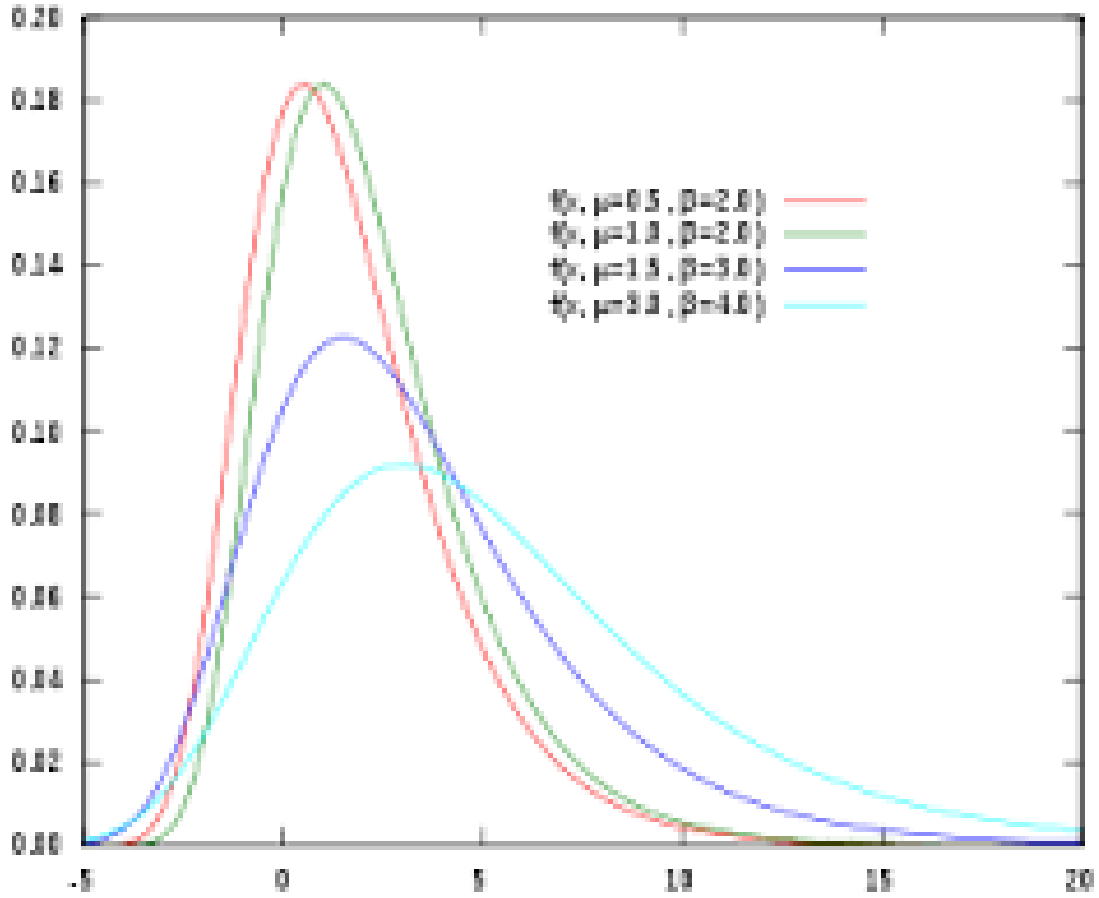


15. Turkey-Lambda Distribution: การกระจายแบบ Tukey-Lambda Distribution ไม่มีรูปแบบที่เป็น Simple Closed Form ทั้งค่า Population Density Function และ Cumulative Distribution Function แต่จะคำนวณออกเป็นค่าตัวเลข Numerical โดยที่การกระจายจะอยู่ในลักษณะสมมาตร (Symmetric Distribution)

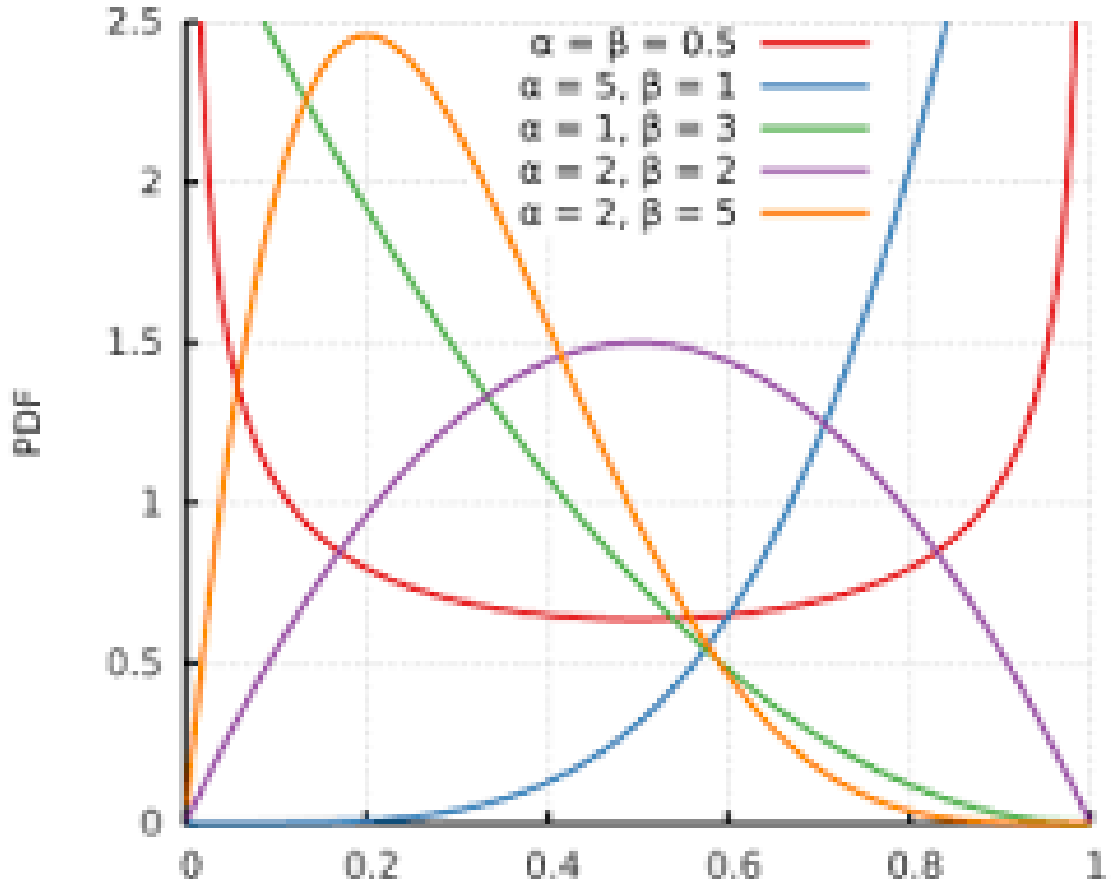


All Distributions for Reliability Engineering

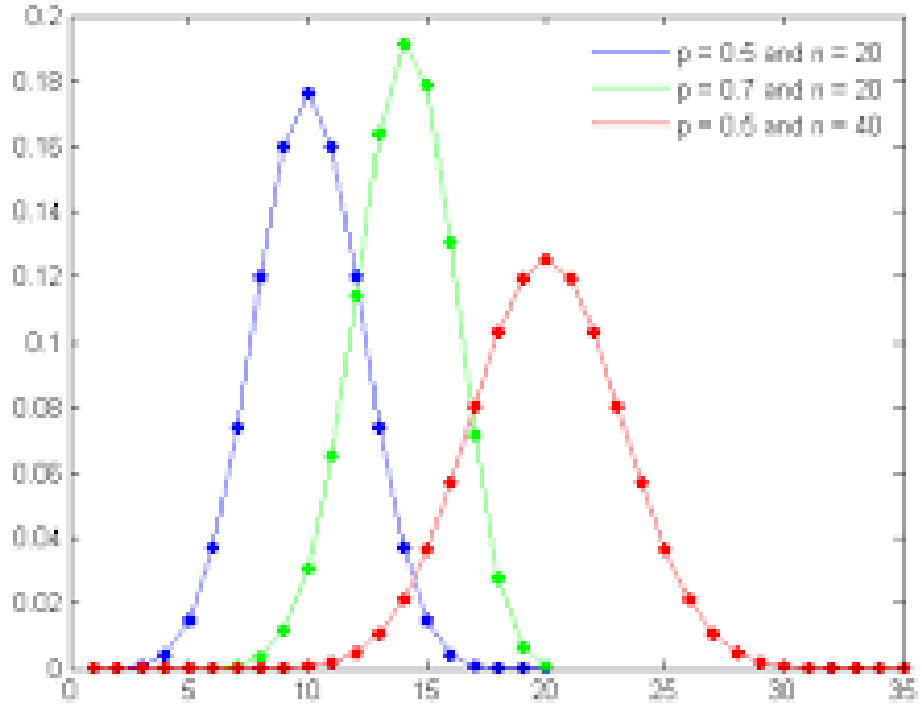
16. Extreme Value Type I Distribution: การกระจายแบบ Extreme Value Type I Distribution มี 2 Forms คือ Smallest Extreme และ Largest Extreme บางครั้งก็เรียกว่า Minimum Case และ Maximum Case



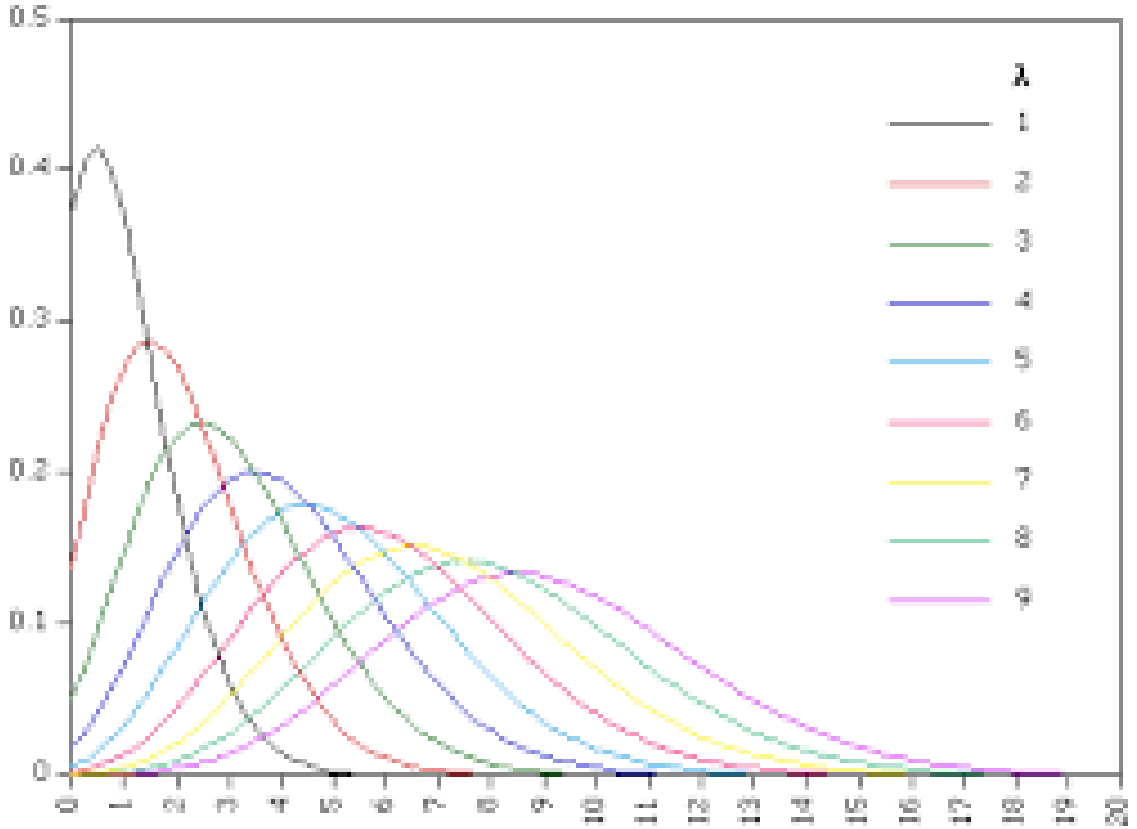
17. Beta Distribution: การกระจายแบบ Beta Distribution ใช้หาความน่าจะเป็นของความสำเร็จ เช่น ความสำเร็จในภารกิจการส่งยานอวกาศ เป็นต้น



18. Binomial Distribution: การกระจายแบบ Binomial Distribution ส่วนใหญ่จะใช้เมื่อมีเพียงสองหนทางที่จะเกิดขึ้นได้ในเวลาเดียวกัน (2 Mutually Exclusive Outcomes of a Trial) นั่นคือสำเร็จ (Success) หรือล้มเหลว (Failure) โดยที่การกระจายแบบ Binomial Distribution จะได้ค่าของความน่าจะเป็นจากการเฝ้าสังเกตความสำเร็จ x ครั้ง จากเหตุการณ์ N ครั้ง โดยมีความน่าจะเป็นของเหตุการณ์แต่ละครั้งที่จะเกิดความสำเร็จเท่ากับ p ครั้ง



19. Poisson Distribution: การกระจายแบบ Poisson Distribution ส่วนใหญ่ใช้ในเรื่องของความเชื่อถือได้ของระบบหรืออุปกรณ์ ที่มีอัตราการชำรุดแบบคงที่ (Constant Failure Rate) ซึ่งเป็นการสร้าง Model ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในห้วงเวลาหนึ่ง



2. การใช้ Poisson Distribution เพื่อคำนวณจำนวนพัสดุอะไหล่ที่เหมาะสม (Optimum Spares / Poisson Distribution)

การใช้ Poisson Distribution:

♦ สมมติว่าทุก ๆ 1,000 ชั่วโมง หลอดไฟ 1 หลอดจะชำรุด

ดังนั้นอัตราการชำรุด (Lambda - λ)ของหลอดไฟ = 1/1,000 = 0.001 หรือ

Mean Time Between Failure (MTBF) ของหลอดไฟ = 1,000 ชั่วโมง หรือ

อัตราการชำรุด (λ) = 1 / MBTF

♦ หรือสมมติว่าเตารีดในบ้านมีอายุใช้งานก่อนชำรุด (MTBF) = 10,000 ชั่วโมง

ดังนั้นอัตราการชำรุดของเตารีด หรือ λ = 1 / MBTF = 1 / 10,000 = 0.0001

การหาค่า Population Density Function (PDF)

และค่า Cumulative Density Function (CDF):

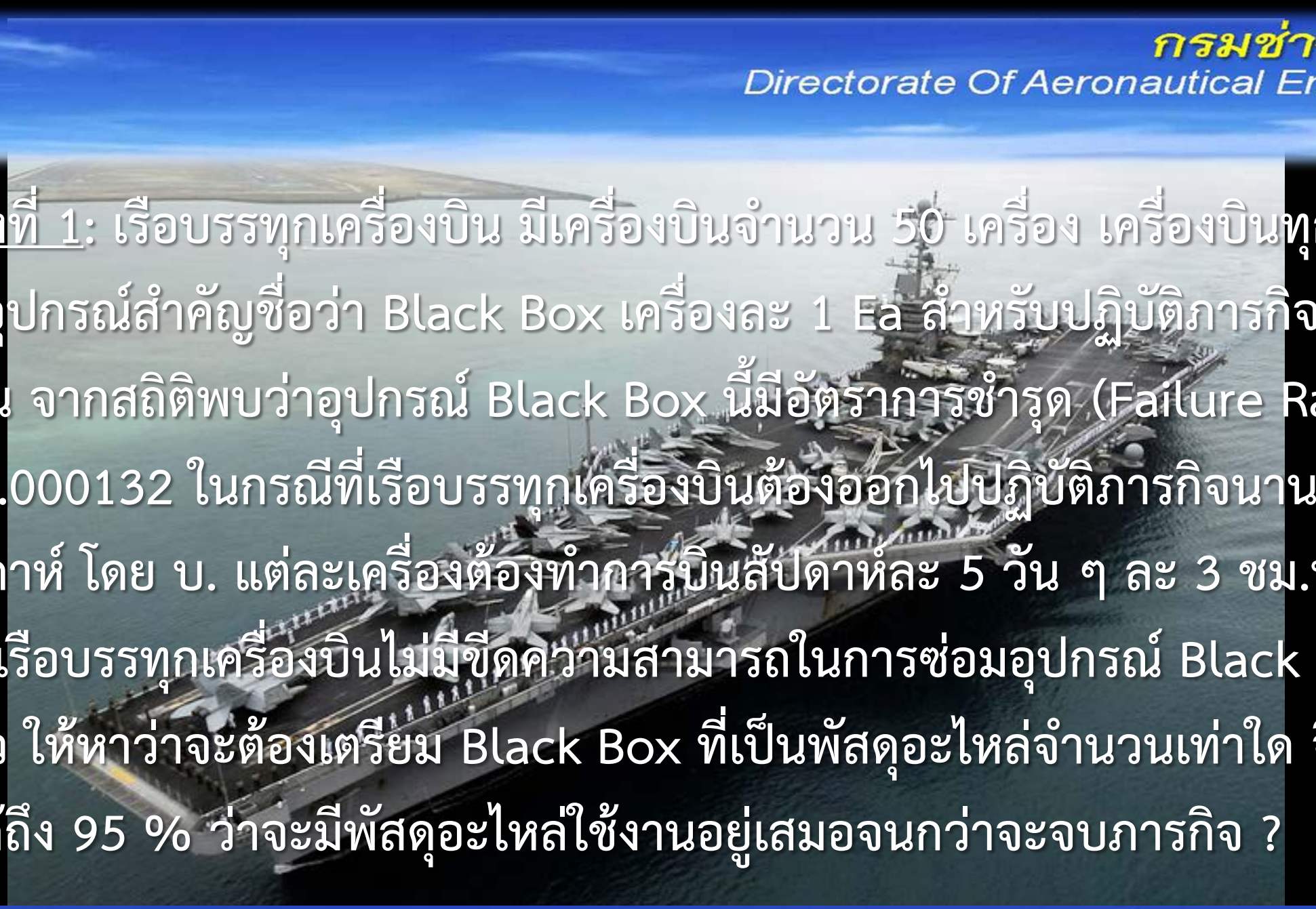
- PDF f (t) = (μ ^ k) * EXP (- μ) / (k !)
- CDF F(t) = Σ (μ ^ j) * EXP (- μ) / (j !)
- โดยที่ n = จำนวนพัสดุทั้งหมด หรือจำนวนประชากรทั้งหมด

  สัมประสิทธิ์ของการชำรุด = μ = n * λ * t

  t = ระยะเวลาหรือ ชม.ใช้งานของพัสดุแต่ละชิ้น

  k = จำนวนครั้งที่พัสดุจะเกิดการชำรุด; j = 0 to k

- C = Confidence Level = CDF * 100



ตัวอย่างที่ 1: เรือบรรทุกเครื่องบิน มีเครื่องบินจำนวน 50 เครื่อง เครื่องบินทุกเครื่องต้องใช้อุปกรณ์สำคัญชื่อว่า Black Box เครื่องละ 1 Ea สำหรับปฏิบัติภารกิจในทุกเที่ยวบิน จากสถิติพบว่าอุปกรณ์ Black Box นี้มีอัตราการชำรุด (Failure Rate - λ) ที่ 0.000132 ในกรณีที่เรือบรรทุกเครื่องบินต้องออกไปปฏิบัติภารกิจนาน 26 สัปดาห์ โดย บ. แต่ละเครื่องต้องทำการบินสัปดาห์ละ 5 วัน ๆ ละ 3 ชม.บิน และบนเรือบรรทุกเครื่องบินไม่มีขีดความสามารถในการซ่อมอุปกรณ์ Black Box ดังกล่าว ให้หาว่าจะต้องเตรียม Black Box ที่เป็นพัสดุอะไหล่จำนวนเท่าใด จึงจะมั่นใจได้ถึง 95 % ว่าจะมีพัสดุอะไหล่ใช้งานอยู่เสมอจนกว่าจะจบภารกิจ ?

วิธีการคำนวณโดยใช้ Poisson Distribution:

ค่าที่ทราบคือ Black Box มี Failure Rate (λ) = 0.000132

หาค่า n คือจำนวนของ Black Box ทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องบิน; n = 50 อัน

หาค่า t คือระยะเวลาหรือ ชม.ใช้งานรวมที่ Black Box แต่ละอันจะถูกใช้ในภารกิจ;

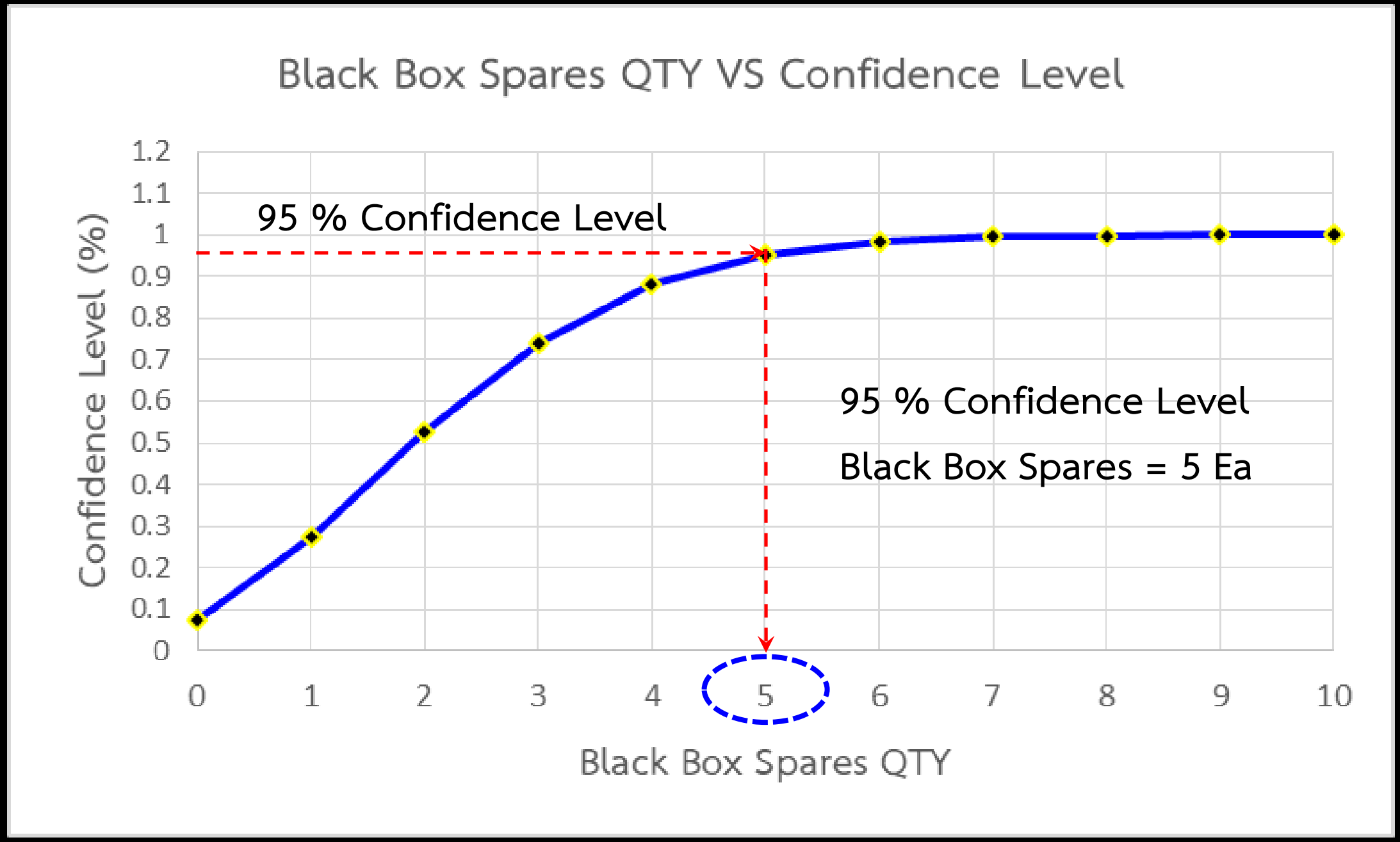
t = 26 สัปดาห์ * 5 วันต่อสัปดาห์ * 3 ชม.บินต่อวัน = 390 ชั่วโมงบิน

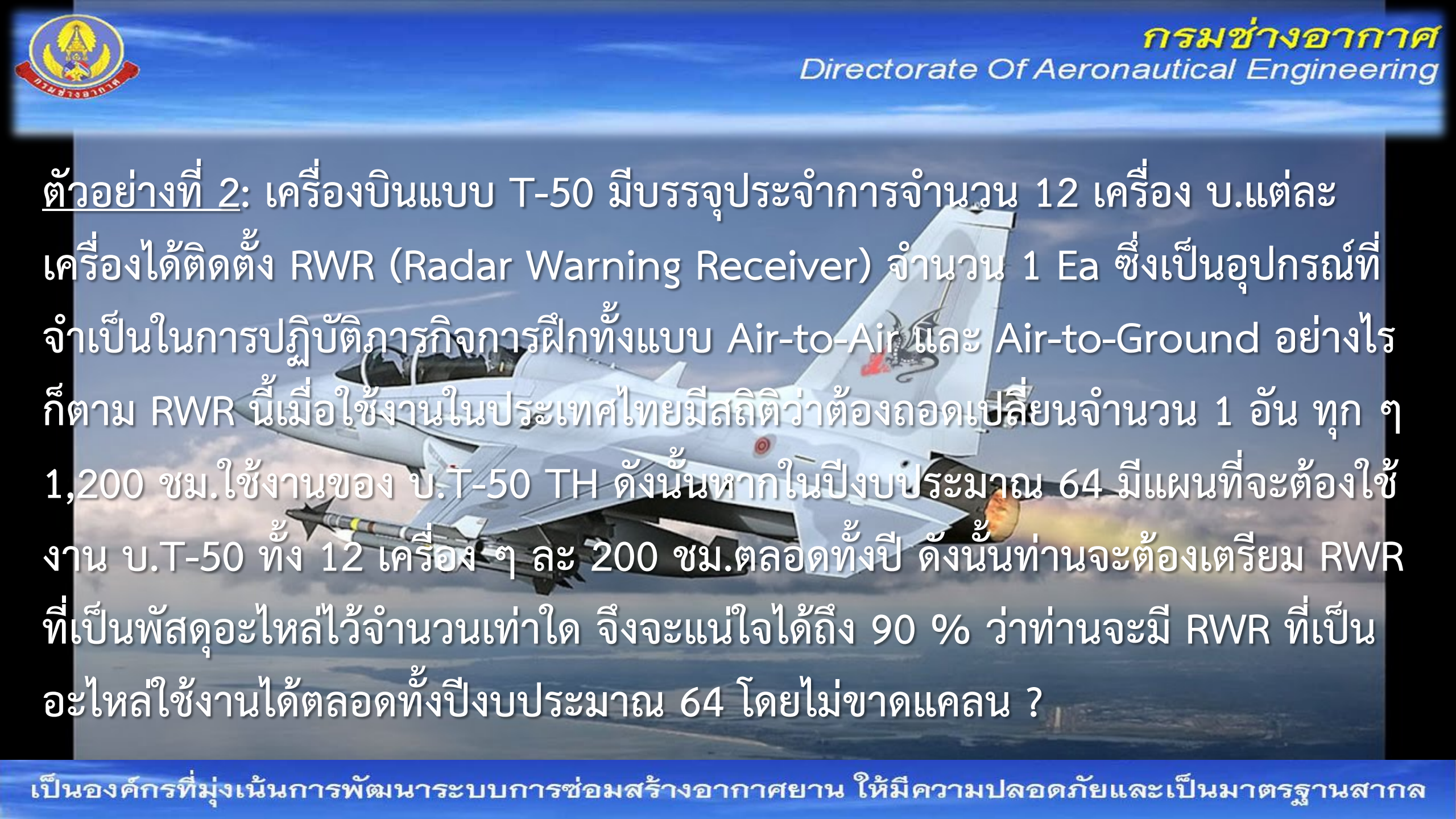
หาค่า $\mu = n * \lambda * t = 50 * 0.000132 * 390 = 2.574$

เมื่อนำมาคำนวณใน Excel Spread Sheet ก็จะได้ผลลัพธ์ดังแสดง

n (TT FLEET QTY)	50	EA
λ	0.00013	N/A
t (Total Hours Used)	390	HOURS
$\mu = n * \lambda * t$	2.574	N/A

k or NO. OF FAILURES	POISSION PDF = (μ ^ k) * EXP (- μ) / (k !)	POISSION CDF = Σ (μ ^ j) * EXP (- μ) / (j !)	CONFIDENCE LEVEL C = CDF * 100
0	0.076230015	0.076230015	7.62
1	0.196216058	0.272446073	27.24
2	0.252530066	0.524976139	52.50
3	0.216670797	0.741646936	74.16
4	0.139427658	0.881074594	88.11
5	0.071777358	0.952851952	95.29
6	0.030792487	0.983644439	98.36
7	0.011322837	0.994967276	99.50
8	0.003643123	0.998610399	99.86
9	0.001041933	0.999652332	99.97
10	0.000268194	0.999920526	99.99
11	6.27573E-05	0.999983283	100.00
12	1.34614E-05	0.999996745	100.00


Black Box Spares QTY VS Confidence Level
Confidence Level (%)
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
95 % Confidence Level
95 % Confidence Level
Black Box Spares = 5 Ea
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Black Box Spares QTY



ตัวอย่างที่ 2: เครื่องบินแบบ T-50 มีบรรจุประจำการจำนวน 12 เครื่อง บ.แต่ละเครื่องได้ติดตั้ง RWR (Radar Warning Receiver) จำนวน 1 Ea ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในการปฏิบัติภารกิจการฝึกทั้งแบบ Air-to-Air และ Air-to-Ground อย่างไรก็ตาม RWR นี้เมื่อใช้งานในประเทศไทยมีสถิติว่าต้องถอดเปลี่ยนจำนวน 1 อัน ทุก ๆ 1,200 ชม.ใช้งานของ บ.T-50 TH ดังนั้นหากในปีงบประมาณ 64 มีแผนที่จะต้องใช้งาน บ.T-50 ทั้ง 12 เครื่อง ๆ ละ 200 ชม.ตลอดทั้งปี ดังนั้นท่านจะต้องเตรียม RWR ที่เป็นพัสดุอะไหล่ไว้จำนวนเท่าใด จึงจะแน่ใจได้ถึง 90 % ว่าท่านจะมี RWR ที่เป็นอะไหล่ใช้งานได้ตลอดทั้งปีงบประมาณ 64 โดยไม่ขาดแคลน ?

วิธีการคำนวณโดยใช้ Poisson Distribution:

ค่าที่ทราบคือ RWR มี Failure Rate (λ) = 1 / 1,200 = 0.000833

หาค่า n คือจำนวนของ RWR ทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องบิน; n = 12 Ea

หาค่า t คือระยะเวลาหรือ ชม.ใช้งานรวมที่ RWR แต่ละอันจะถูกใช้ใน 1 ปี;

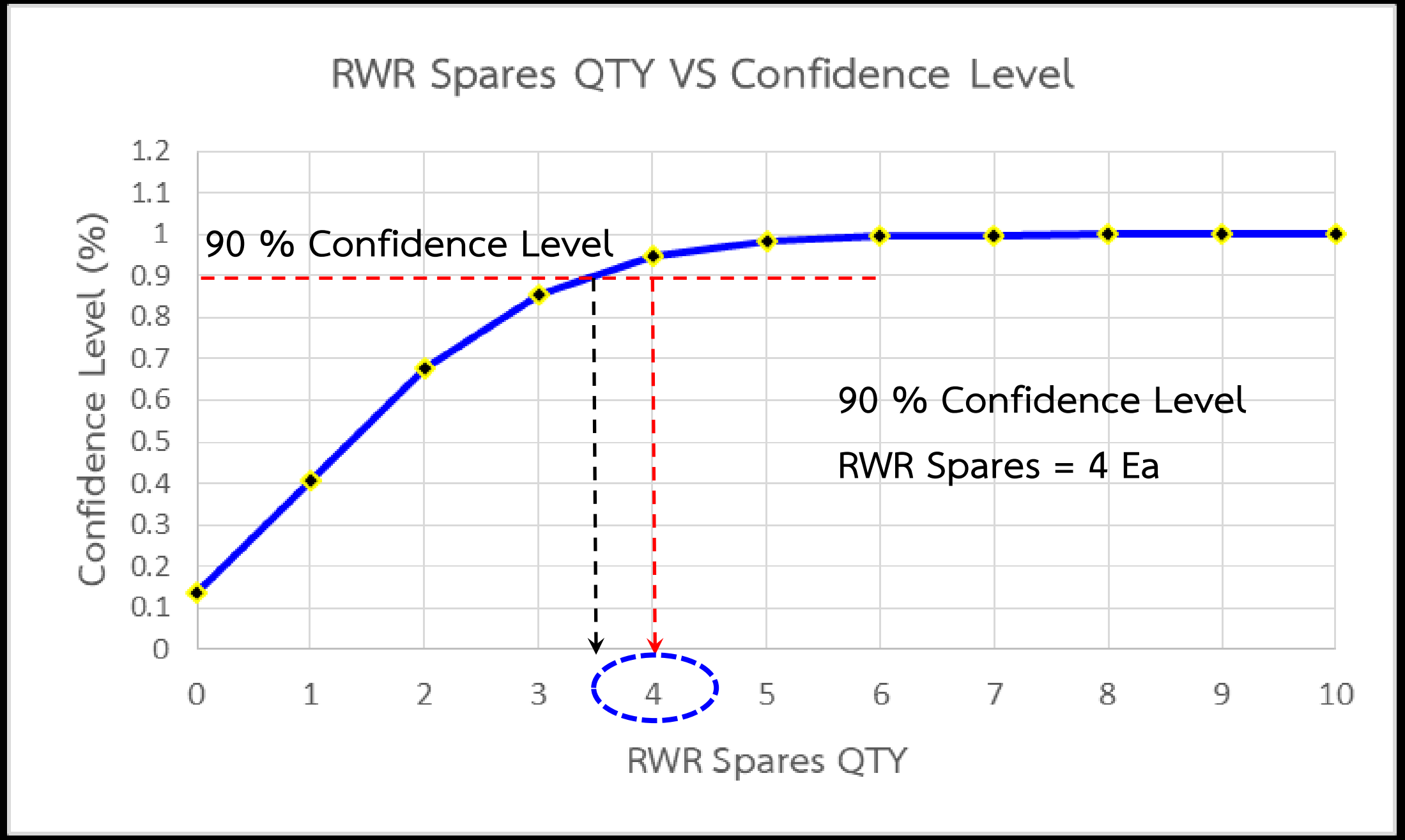
t = 200 ชั่วโมงบิน / Ea / ปี

หาค่า $\mu = n * \lambda * t$ = 12 * 0.000833 * 200 = 2.00

เมื่อนำมาคำนวณใน Excel Spread Sheet ก็จะได้ผลลัพธ์ดังแสดง

n (TT FLEET QTY)	12	EA
λ	0.000833	N/A
t (Total Hours Used)	200	HOURS
$\mu = n * \lambda * t$	2.00	N/A

k or NO. OF FAILURES	POISSION PDF = (μ ^ k) * EXP (- μ) / (k !)	POISSION CDF = Σ (μ ^ j) * EXP (- μ) / (j !)	CONFIDENCE LEVEL C = CDF * 100
0	0.135335283	0.135335283	13.53
1	0.270670566	0.40600585	40.60
2	0.270670566	0.676676416	67.67
3	0.180447044	0.85712346	85.71
4	0.090223522	0.947346983	94.73
5	0.036089409	0.983436392	98.34
6	0.012029803	0.995466194	99.55
7	0.003437087	0.998903281	99.89
8	0.000859272	0.999762553	99.98
9	0.000190949	0.999953502	100.00
10	3.81899E-05	0.999991692	100.00
11	6.94361E-06	0.999998635	100.00
12	1.15727E-06	0.999999793	100.00

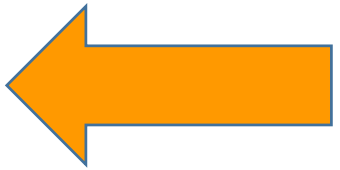

RWR Spares QTY VS Confidence Level
Confidence Level (%)
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
90 % Confidence Level
90 % Confidence Level
RWR Spares = 4 Ea
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
RWR Spares QTY

การใช้ Normal Approximation to the Poisson Distribution:

- วิธีนี้เมื่อเราทราบค่า μ ซึ่ง $\mu = n * \lambda * t$

เราสามารถใช้สูตรคำนวณความต้องการอะไหล่ตามระดับความมั่นใจหรือ Confidence Level ได้จากสูตร

$$S = \text{จำนวนพัสดุอะไหล่ที่พอเพียง} = \mu + (Kcl * \sqrt{\mu})$$



โดยที่ Kcl คือค่าคงที่ตามระดับความมั่นใจที่เราต้องการ (Constant Upon the Confidence Level) ซึ่งค่า Kcl สามารถหาได้จากตาราง Standard Normal Distribution

จากตัวอย่างที่ 1:

เมื่อใช้วิธี Normal Approximation to the Poisson Distribution เราจะได้ว่า

S = จำนวนพัสดุอะไหล่ที่พอเพียง $= \mu + (Kcl * \sqrt{\mu})$

$\mu = n * \lambda * t = 50 * 0.000132 * 390 = 2.574$

Kcl = ระดับความมั่นใจที่เราต้องการ = 95 %

เมื่อตรวจสอบจากตาราง Standard Normal Distribution พบว่า Kcl (95 %) = 1.65

ดังนั้น S = 2.574 + (1.65 * √ 2.574) = 5.22 Ea = 5 Ea

STANDARD NORMAL DISTRIBUTION: Table Values Represent AREA to the LEFT of the Z score.

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
0.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
0.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
0.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

95 %

Kcl = 1.65

จากตัวอย่างที่ 2:

เมื่อใช้วิธี Normal Approximation to the Poisson Distribution เราจะได้ว่า

S = จำนวนพัสดุอะไหล่ที่พอเพียง $= \mu + (Kcl * \sqrt{\mu})$

μ = 12 * 0.000 * t = 50 * 0.000833 * 200 = 2.00

Kcl = ระดับความมั่นใจที่เราต้องการ = 90 %

เมื่อตรวจสอบจากตาราง Standard Normal Distribution พบว่า Kcl (90 %) = 1.29

ดังนั้น S = 2.00 + (1.29 * √ 2.00) = 3.82 Ea = 4 Ea

STANDARD NORMAL DISTRIBUTION: Table Values Represent AREA to the LEFT of the Z score

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
0.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
0.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
0.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

90 %

Kcl = 1.29

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

ID	Independent Variables	Remarks
1.	Target Flying Hours	ยก.ทอ.เป็นผู้กำหนด
2.	t (time)	ระยะเวลาที่ใช้งานพัสดุแต่ละชิ้น
3.	Failure Rate (λ)	ข้อมูลสถิติการใช้งาน
4.	n (QTY)	จำนวนพัสดุทั้งหมด
5.	Kcl (Confidence Level)	ขึ้นอยู่กับงบประมาณ

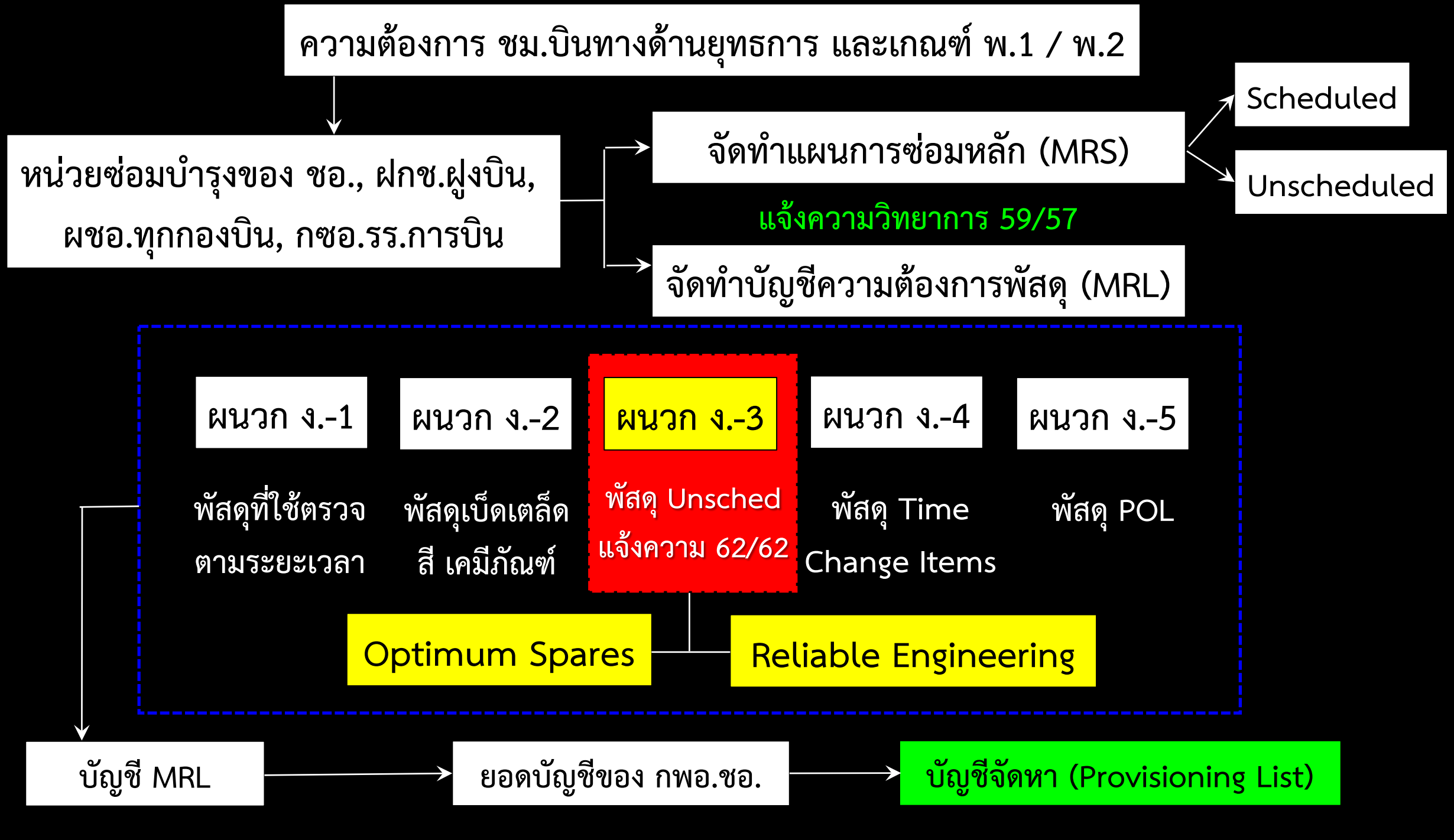
ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ID	Dependent Variables	Remarks
1.	S (Optimum Spares)	จำนวนพัสดุอะไหล่ที่เหมาะสม
2.	FMC (%) or A/C Readiness	FMC ≈ S ≈ Budget

<u>หมายเหตุ</u>: งบประมาณที่ต้องใช้ เป็นตัวกำหนดค่าระดับความมั่นใจที่ต้องการให้มีพัสดุดีคงคลัง หรือค่า Kcl (Confidence Level) หากได้รับจัดสรรงบประมาณจำนวนพอเพียง ค่า Kcl ก็จะเพิ่มมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่าเมื่อมีเงินมากขึ้น ก็จะสามารถสะสมอะไหล่ไว้ในระดับที่มีความมั่นใจเพิ่มมากขึ้น ความพร้อมปฏิบัติการ (FMC %) ก็จะเพิ่มมากขึ้น

$FMC \approx S \approx Budget$

3. การใช้ Reliability Engineering ในการทำแผน MRS / MRL (Master Repair Scheduled / Material Requirements List)


ความต้องการ ชม.บินทางด้านยุทธการ และเกณฑ์ พ.1 / พ.2
หน่วยซ่อมบำรุงของ ชอ., ฝกช.ฝูงบิน, ผชอ.ทุกกองบิน, กซอ.รร.การบิน
จัดทำแผนการซ่อมหลัก (MRS)
Scheduled
Unscheduled
แจ้งความวิทยาการ 59/57
จัดทำบัญชีความต้องการพัสดุ (MRL)
ผนวก ง.-1
พัสดุที่ใช้ตรวจตามระยะเวลา
ผนวก ง.-2
พัสดุเบ็ดเตล็ด สี เคมีภัณฑ์
ผนวก ง.-3
พัสดุ Unsched
แจ้งความ 62/62
ผนวก ง.-4
พัสดุ Time Change Items
ผนวก ง.-5
พัสดุ POL
Optimum Spares
Reliable Engineering
บัญชี MRL
ยอดบัญชีของ กพอ.ชอ.
บัญชีจัดหา (Provisioning List)

แจ้งความวิทยาการ
กรมช่างอากาศ

เลขที่ ๖๒/๖๒

เรื่อง ให้ทำ Reliability Program กับอากาศยานของ ทอ.

๑. ความมุ่งหมาย
- ๑.๑ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานอากาศยานของ ทอ.
- ๑.๒ เพื่อเฝ้าติดตามสมรรถนะของระบบต่าง ๆ (Systems) และบริภัณฑ์อากาศยาน (Components) และออกมาตรการป้องกันและแก้ไข (Preventive & Corrective Actions) อย่างถูกต้องตรงกับสาเหตุของการชำรุด (Root Cause)
- ๑.๓ เพื่อให้เกิดความประหยัด (Economic)
- ๑.๔ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำแผน MRS/MRL ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

๒. ผู้ปฏิบัติ ฝกช.ทุกฝูงบิน, ฝซอ.ฝูง.๓๐๑ บน.๓, ฝซอ.ฝูง.๓๐๒ บน.๓ และ กซอ.รร.การบิน

๓. ผู้รับทราบ ผรอ.ภทน.ทุกกองบิน, กคช.สกบ.กบ.ทอ., สนก.ทอ., กพอ.ชอ., กชภ.ชอ., กชย.ชอ., กรง.ชอ., กชอ.๑ ชอ., กชอ.๒ ชอ. และ กกบ.บก.ชอ.

๔. ปฏิบัติเมื่อ ได้รับแจ้งความวิทยาการฯ ฉบับนี้

๕. การปฏิบัติ Reliability Program หรือ Reliability Monitoring ในกิจการบินสากลนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ บ.มี Continued Airworthiness หรือ มีความสมควรเดินอากาศอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการใช้งาน บ. ด้วยการเฝ้าติดตามสมรรถนะการทำงานของระบบต่าง ๆ (Systems) และบริภัณฑ์อากาศยาน (Components) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน บ. และเมื่อพบว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นก็จะมีการแจ้งเตือน เพื่อให้สามารถออกมาตรการป้องกันและแก้ไขได้อย่างถูกต้องตรงกับสาเหตุที่เป็น Root Cause รวมทั้งทำให้เกิดความประหยัด (Economic)

สำหรับอากาศยานของ ทอ.ซึ่งเป็นอากาศยานทางทหารนั้น การทำ Reliability Program ยังต้องการให้ หน.หน่วยซ่อมบำรุง ได้มีเครื่องมือแจ้งเตือน (Triggering an Alert) เมื่อระบบ หรือ Component ใดบน บ.มีข้อขัดข้องเพิ่มมากขึ้นอย่างผิดปกติ เพื่อจะได้ตรวจสอบและแก้ไขตาม Root Cause ได้อย่างถูกต้องและทันเวลา โดยการทำ Reliability Program นี้ จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการปรับปรุงตัวชี้วัดการบริหารงานซ่อมบำรุงอากาศยาน (KPI) ตามแจ้งความวิทยาการ ขอ.เลขที่ ๑/๕๙ ลง ๒ มี.ค.๕๙ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การทำ Reliability Program ยังเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการทำแผน MRS/MRL ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณความต้องการงบประมาณ และแผนการจัดซื้อ/จ้าง ให้ถูกต้องอย่างเป็นรูปธรรม

ดังนั้นจึงให้หน่วยผู้ปฏิบัติเก็บรวบรวมข้อมูลรายงานข้อขัดข้องของ บ.และ ย. ประจำเดือน ตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๖๑ ถึงปัจจุบัน (ที่ได้บันทึกไว้ในระบบ MTMS ของระบบ LMIS หรือแบบพิมพ์ ทอ.ขอ.๒๒๑-๒ หรือรายงาน ฯ ที่เป็น Hard Copy) เพื่อนำมาจัดทำรายงาน Reliability Program Report ให้กับอากาศยานที่อยู่ในความครอบครอง ซึ่งประกอบด้วย ๒ ส่วน คือ System Rate Monitoring (ข้อ ๕.๑) และ Component Reliability Monitoring (ข้อ ๕.๒) โดยใช้ Excel Reliability Program (ตามสิ่งที่ส่งมาด้วย) โดยให้ดำเนินการดังนี้

๕.๑ การทำ System Rate Monitoring: คือการเฝ้าติดตามสมรรถนะของระบบต่าง ๆ บน บ. ประจำแต่ละเดือน ว่าได้เกิดข้อขัดข้องขึ้น = ? ครั้ง และ บ.มี ชม.บิน = ? ในเดือนนั้น โดยคิดเป็นอัตราส่วนเทียบต่อ ๑๐๐ ชม.บิน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

๕.๑.๑ คำนวณค่า Discrepancies Rate: Discrepancies Rate คือ จำนวนข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นต่อ ๑๐๐ ชม.บิน (หรือ = No. of Discrepancies / 100 FH) ซึ่งมีสูตรคำนวณ คือ Discrepancies Rate = (จำนวนข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นของแต่ละระบบในแต่ละเดือน * 100) / จำนวน ชม.บินในเดือนนั้น

โดยที่ Discrepancies Rate จะแยกออกตามระบบต่าง ๆ บน บ.ตาม ATA 100 Chapters

๕.๑.๒ คำนวณค่า Last Year UCL (Upper Control Limit): Last Year UCL คือ Upper Limit ของ Discrepancies Rate ในปีงบประมาณที่ผ่านมา ซึ่งมีสูตรคำนวณคือ

Last Year UCL = X average + (SD * F)

โดยที่ X average = ค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic Mean) ของ Discrepancies Rate จำนวน ๑๒ เดือน ของปีงบประมาณที่ผ่านมา

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของ Discrepancies Rate จำนวน ๑๒ เดือน ของปีงบประมาณที่ผ่านมา (ตั้งแต่เดือน ต.ค.ของปี xx จนถึงเดือน ก.ย.ของปี xx + ๑)

F = Factor สามารถเลือกใช้ได้ ๓ ค่า คือ

a. F = 2 ค่า F = 2 เป็นค่าที่ใช้แล้วเกิดความเหมาะสมมากที่สุด อย่างไรก็ตามหากระบบเกิดข้อขัดข้องที่มีการกระจายของข้อมูลมาก ก็จะทำให้มีการแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติ (Triggering an Alert) ค่อนข้างมาก สำหรับ อ.ทอ.ให้ใช้ค่า F = 2 (เนื่องจากร้อยละ ๗๗ ของ อ.ทอ.ในปัจจุบันมีอายุใช้งานมานานกว่า ๑๕ ปี)

b. F = 2.5 ค่า F = 2.5 เป็นค่าที่ใช้กันโดยทั่วไปในการคำนวณหาค่า UCL

c. F = 3 ค่า F = 3 เป็นค่าที่ใช้เมื่อข้อมูลข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นมีการกระจายของข้อมูลมาก อย่างไรก็ตามหากใช้ค่า F = 3 แล้ว การแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติสำหรับข้อมูลที่มีการกระจายของข้อมูลน้อยจะทำให้ไม่มีการแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติ หรือแจ้งเตือนช้า (Slow Alert Triggering)

๕.๑.๓ เมื่อคำนวณค่า Discrepancies Rate และ Last Year UCL ตามข้อ ๕.๑.๑ และ ๕.๑.๒ แล้ว จึงนำทั้ง ๒ ค่ามา Plot Graph เป็นรายเดือน (Monthly) โดยเปรียบเทียบแนวโน้มข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นของแต่ละระบบในแต่ละเดือน กับค่า Last Year UCL (Last Year Upper Control Limit) ซึ่งค่า Last Year UCL นี้ จะเป็นเส้นตรงที่แสดงการแจ้งเตือนให้ทราบว่า Discrepancies Rate นั้นไม่ควรมีค่ามากกว่าค่า Last Year UCL

Component Reliability Monitoring

การทำ Component Reliability Monitoring (CRM) มีวิธีดำเนินการดังนี้:

“ทุกครั้งที่มีการถอดเปลี่ยน Component แบบ Unscheduled Removal ให้บันทึกข้อมูลไว้ดังนี้ .....

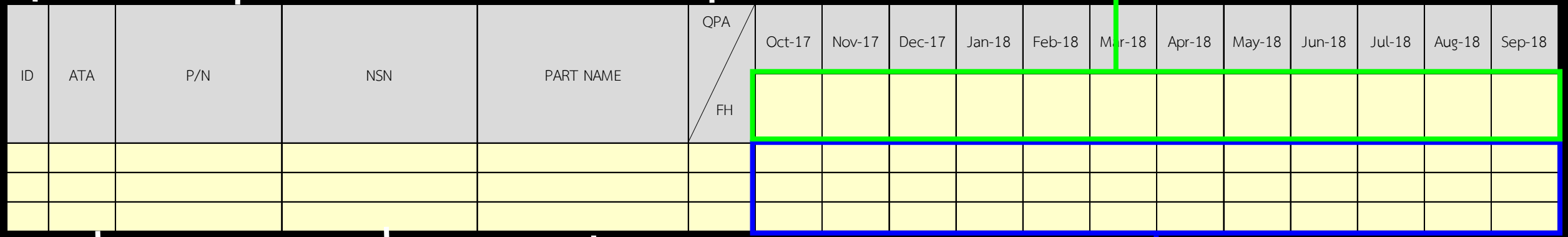
..... (ดูตัวอย่างจาก Excel Template) .....

ID คือ เลขลำดับของ Unscheduled Component Removal

Part No. ของ Component

QPA คือ Quality Per Aircraft
(จำนวน Component ที่ติดตั้งบน บ.1 เครื่อง)

FH คือ ชม.บิน ในแต่ละเดือน



ATA คือ เลขระบบ ATA 100 Chapters

NSN ของ Component

Part Name ชื่อพัสดุ

คือ จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยน Component แบบ Unscheduled

ชม. บินรวมทั้งปี

จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยนรวม

จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยนในปีที่ผ่านมา

URR ALERT LEVEL

= Xaverage + (F * SD)

F = 2 สำหรับ บ.ที่มีอายุใช้งาน 1 – 14 ปี

F = 1 สำหรับ บ.ที่มีอายุใช้งาน > 14 ปี

TOTAL FLYING HOURS	TOTAL REMOVALS	LAST YEAR TOTAL REMOVALS	URR 3 MONTHS	URR 12 MONTHS	URR ALERT LEVEL	URR ALERT CODE (MRO Quality & Spares Level)	HARD TIME OR TCI	MTBUR	OEM MTBUR	TCI ALERT LEVEL & COLOR CODE (MRO QUALITY)	CONFIRM FAILURE	NFF
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		

$$\text{URR 3 Months} = \frac{(1{,}000 \times \text{จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยนในรอบ 3 เดือน})}{(\text{ชม.บินรวม 3 เดือน} \times \text{QPA})}$$

$$\text{URR 12 Months} = \frac{(1{,}000 \times \text{จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยนในรอบ 12 เดือน})}{(\text{ชม.บินรวม 12 เดือน} \times \text{QPA})}$$

URR ALERT CODE

URR_{12M} / URR Alert Level = 0 – 40 %

URR_{12M} / URR Alert Level = 41 – 60 %

URR_{12M} / URR Alert Level = 61 – 80 %

URR_{12M} / URR Alert Level = 81 – 99 %

URR_{12M} / URR Alert Level > 100 %

เป็นพัสดุ TCI หรือไม่ ? (Y or N)

อายุใช้งานของ TCI ที่ OEM กำหนด

Shop Report / No Fault Found

TOTAL FLYING HOURS	TOTAL REMOVALS	LAST YEAR TOTAL REMOVALS	URR 3 MONTHS	URR 12 MONTHS	URR ALERT LEVEL	URR ALERT CODE (MRO Quality & Spares Level)	HARD TIME OR TCI	MTBUR	OEM MTBUR	TCI ALERT LEVEL & COLOR CODE (MRO QUALITY)	CONFIRM FAILURE	NFF
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		
0.0	0	UNK	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		

MTBUR (Mean Time Between Unscheduled Removal)

$$= \frac{\text{(จำนวน ชม.บินรวมทั้งปี x QPA)}}{\text{จำนวนครั้งที่ถอดเปลี่ยนพัสดุ Unscheduled รวมทั้งปี}}$$

TCI ALERT LEVEL & COLOR CODE

MTBUR / OEM MTBUR < 10 %

MTBUR / OEM MTBUR = 11 - 25 %

MTBUR / OEM MTBUR = 26 - 50 %

MTBUR / OEM MTBUR > 50 %

MRS / MRL (Unscheduled)

Stock Level: For Unscheduled หรือ ผนวก. ง – 3

$$\text{Stock Level} = \frac{\text{URR}_{XX}\ \text{Months} \times \text{ความต้องการ ชม.บินประจำปี}}{1{,}000}$$

การคำนวณจำนวนอะไหล่ที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางด้านวิศวกรรม

(Optimum Spare Parts; Reliability Engineering)

As of 17th Nov. 2020