ข้อมูลสมบูรณ์ — อัตราความล้มเหลวคงที่ อายุเฉลี่ย และขอบเขตของทั้งสองค่า

เมนู: ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลสมบูรณ์...

---

# ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

**คำนวณอะไร** ทุกหน่วยที่ทดสอบหรือใช้งานล้มเหลวแล้ว และรู้อายุเมื่อล้มเหลวของแต่ละหน่วย ฟังก์ชันนี้ประมาณ**อัตราความล้มเหลวคงที่** λ และ**เวลาเฉลี่ยจนถึงความล้มเหลว** (MTTF) ให้ช่วงความเชื่อมั่นไค-สแควร์ ($\chi^2$) แบบสองด้านของทั้งสองค่า และบอกอายุที่หน่วยหนึ่งในสิบล้มเหลว กับระยะที่หน่วยทำงานได้ที่ความเชื่อถือได้เป้าหมายแต่ละระดับ ผลลัพธ์ทุกค่าเป็นสูตรรูปปิด คุณทำตัวเลขทุกตัวซ้ำได้ด้วยเครื่องคิดเลขและตาราง $\chi^2$

| สิ่งที่ ReliaEn พิมพ์ | สิ่งที่บอก |
|---|---|
| **$\hat{\lambda} = r / TTT$** | จำนวนความล้มเหลวต่อหน่วยเวลาทำงาน: ความล้มเหลว r หารด้วยเวลาทดสอบรวม TTT |
| **$\widehat{MTTF} = 1 / \hat{\lambda}$** | อายุเฉลี่ยของหน่วย |
| **ช่วงของ λ และ MTTF** | ช่วงที่ครอบอัตราจริงและอายุเฉลี่ยจริง ที่ระดับความเชื่อมั่นของคุณ |
| **อายุ B10** และ **ช่วงบำรุงรักษา** | อายุที่หน่วย 10% ล้มเหลว และระยะทำงานนานที่สุดที่ยังคงความเชื่อถือได้เป้าหมายแต่ละระดับ ตั้งแต่ 95% ถึง 5% |

**จากข้อมูลใด** อายุเมื่อล้มเหลวของกลุ่มหน่วยแบบเดียวกันที่ล้มเหลวทุกหน่วย ในคอลัมน์เดียวของแผ่นงาน หนึ่งแถวต่อหนึ่งหน่วย ทุกค่ามากกว่า 0 และใช้หน่วยเวลาทำงานเดียวกัน (ชั่วโมง รอบ หรือกิโลเมตร)

**วิศวกรใช้เมื่อใด** เมื่ออัตราความล้มเหลวคงที่ตามอายุ (ไม่มีการสึกหรอและไม่มีความล้มเหลวช่วงแรก) และตัวเลขจะนำไปใช้กับข้อผูกพัน เช่น งบอะไหล่ เงินสำรองการรับประกัน หรือการอ้างความพร้อมใช้งาน ถ้าไม่แน่ใจว่าอัตราคงที่ ให้ตรวจก่อน (ข้อมูลอายุ ▸ การทดสอบความเหมาะสมของการฟิต...)

**ไม่ควรใช้เมื่อ**

| สถานการณ์ | ใช้แทน |
|---|---|
| การทดสอบหยุดที่เวลาคงที่ขณะที่ยังมีหน่วยทำงานอยู่ | ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลตัดปลายตามเวลา... |
| การทดสอบหยุดที่ความล้มเหลวครั้งที่ r | ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลตัดปลายตามจำนวนความล้มเหลว... |
| ชิ้นส่วนสึกหรอและคุณต้องการอายุการเปลี่ยน | ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)... |
| ระบบซ่อมได้ระบบเดียวล้มเหลวซ้ำแล้วซ้ำเล่า | ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้... |

---

# ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

*สถานการณ์.* แผงควบคุมแปดแผงบนแท่นทดสอบภาระงานเร่ง แต่ละแผงทำงานจนล้มเหลว อายุเมื่อล้มเหลวเป็นชั่วโมงทำงาน วิศวกรความเชื่อถือได้ต้องการอัตราความล้มเหลวและอายุเฉลี่ยของแผงพร้อมขอบเขตที่ตรงไปตรงมา ก่อนตั้งงบอะไหล่

| ข้อมูลนำเข้า | ค่า |
|---|---|
| อายุที่ล้มเหลว เป็นชั่วโมงทำงาน (8) | 120, 250, 340, 480, 610, 745, 900, 1150 |
| ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ | 2-Complete-Data/Example-1.csv — หนึ่งคอลัมน์ หัวคอลัมน์ Failure times 8 แถว |
| ความเชื่อมั่น % (สองด้าน) | 95 — ค่าที่แบบฟอร์มมีอยู่เมื่อเปิด |

| | 1 A | B |
|---|---|---|
| 1 | 120 | |
| 2 | 250 | |
| 3 | 340 | |
| 4 | 480 | |
| 5 | 610 | |
| 6 | 745 | |
| 7 | 900 | |
| 8 | 1150 | |
| 9 | | |

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 8 ค่า หนึ่งค่าต่อแถว เป็นชั่วโมงทำงาน

---

# ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

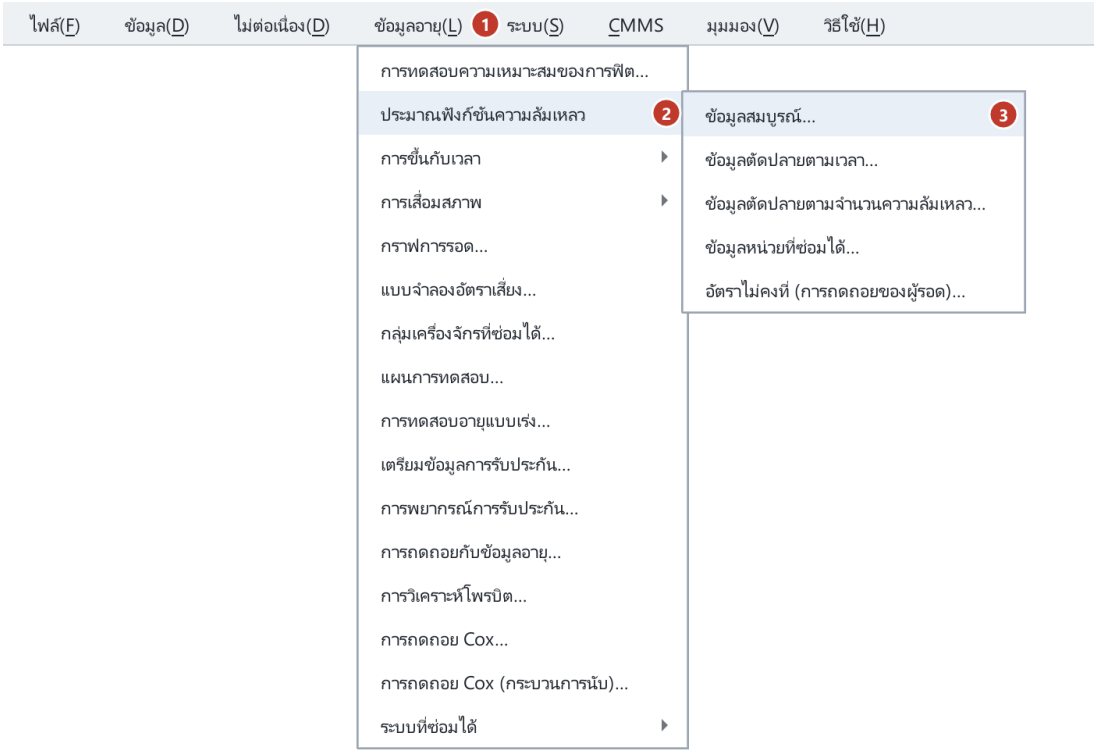
1. **ใส่อายุที่ล้มเหลวในคอลัมน์ A** คัดลอกค่า 8 ค่าของ Example-1.csv ที่อยู่ใต้หัวคอลัมน์ Failure times ลงในคอลัมน์ A ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1

| | 1 A | B |
|---|---|---|
| 1 | 120 | |
| 2 | 250 | |
| 3 | 340 | |
| 4 | 480 | |
| 5 | 610 | |
| 6 | 745 | |
| 7 | 900 | |
| 8 | 1150 | |
| 9 | | |

ขั้นตอนที่ 1 — อายุที่ล้มเหลวในคอลัมน์ A

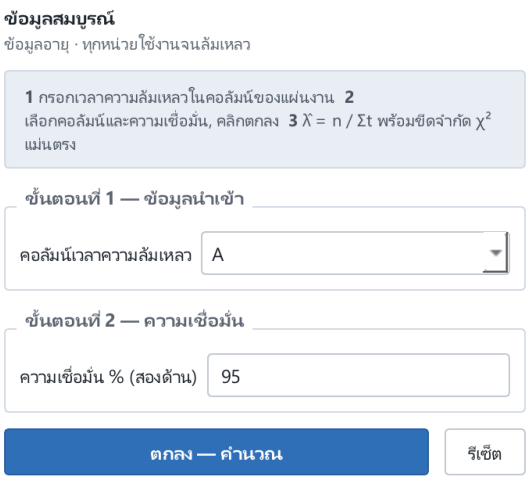
- ① คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 8 ค่า ตั้งแต่ 120 ถึง 1150

2. **เลือก** ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลสมบูรณ์... ในแถบเมนู แบบฟอร์ม ข้อมูลสมบูรณ์ เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



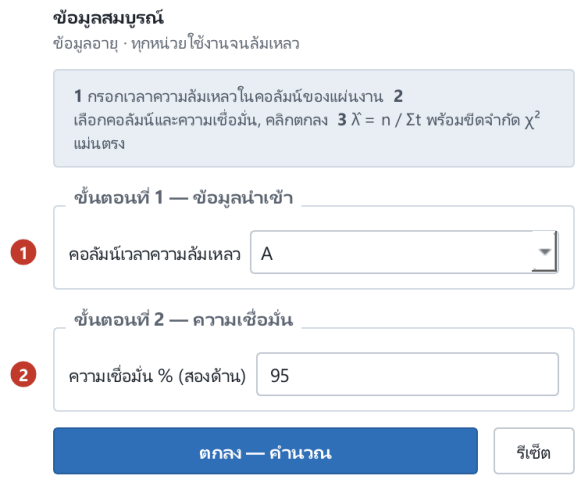

ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว: เมนูย่อย
- ③ ข้อมูลสมบูรณ์...: รายการที่ต้องคลิก




ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

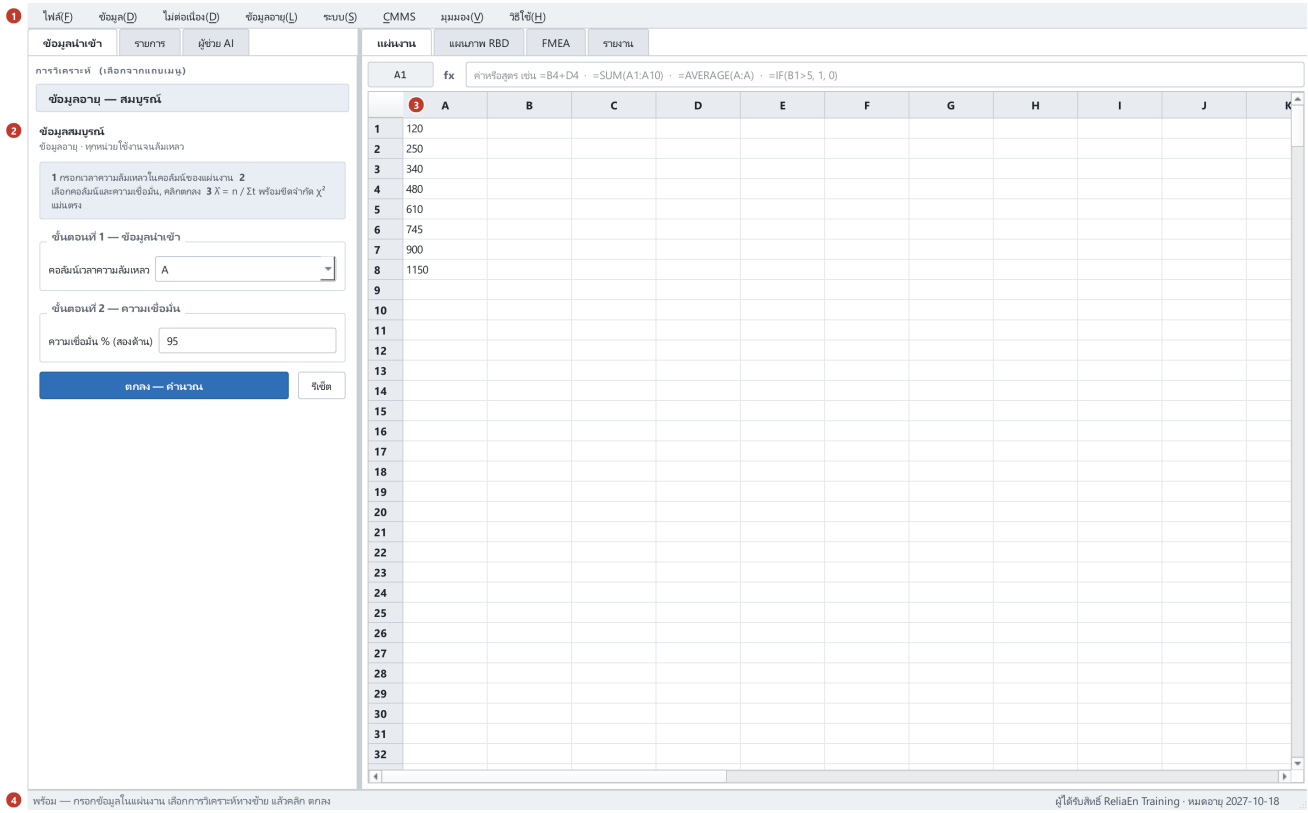
ขั้นตอนที่ 3 และ 4 ตั้งค่าสองช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① และ ② ในภาพ:




ขั้นตอนที่ 3 และ 4 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ใน** คอลัมน์เวลาความล้มเหลว **เลือก A** นี่คือคอลัมน์ที่มีอายุที่ล้มเหลว
4. ② **ตรวจว่า** ความเชื่อมั่น % (สองด้าน) **เป็น 95** ระดับความเชื่อมั่นของทุกช่วงในรายงาน ทั้งของอัตราและของอายุเฉลี่ย

5. **คลิก** ตกลง — คำนวณ ที่ท้ายแบบฟอร์ม (② ในภาพด้านล่าง) ReliaEn คำนวณและแสดงรายงาน




ขั้นตอนที่ 5 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 และ 4 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ที่ท้าย
- ③ คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 8 ค่า
- ④ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

---

# ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

**ข้อมูลอายุ — เอกซ์โพเนนเชียล (ข้อมูลสมบูรณ์ (ทุกหน่วยล้มเหลว))**

2026-10-30 10:28:19

λ̂ = r / TTT ; ขีดจำกัดความเชื่อมั่น χ²

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — เอกซ์โพเนนเชียล (ข้อมูลสมบูรณ์ (ทุกหน่วยล้มเหลว)) วันที่และเวลาที่คำนวณ และวิธีการในหนึ่งบรรทัด: λ̂ = r / TTT ; ขีดจำกัดความเชื่อมั่น χ²

**ข้อมูลนำเข้า**

| | ลักษณะข้อมูล | ข้อมูลสมบูรณ์ (ทุกหน่วยล้มเหลว) |
|---|---|---|
| 2 | n — หน่วยที่ทดสอบ | 8 |
| 3 | r — ความล้มเหลว | 8 |
| 4 | TTT — เวลาทดสอบรวม | 4595 |
| 5 | ระดับความเชื่อมั่น | 95% (สองด้าน) |

ข้อมูลนำเข้า

- ① ลักษณะข้อมูล ข้อมูลสมบูรณ์ (ทุกหน่วยล้มเหลว): ชนิดของข้อมูลที่ ReliaEn ใช้
- ② n — หน่วยที่ทดสอบ 8: หน่วยในข้อมูล ตรวจ n ก่อน: เซลล์ว่างถูกข้ามไป และ n จะน้อยกว่าจำนวนแถวที่คุณป้อน
- ③ r — ความล้มเหลว 8: สำหรับข้อมูลสมบูรณ์ ทุกหน่วยล้มเหลว จึงได้ r = n
- ④ TTT — เวลาทดสอบรวม 4595: ผลรวมของอายุทั้งแปดค่า เป็นชั่วโมงทำงาน
- ⑤ ระดับความเชื่อมั่น 95% (สองด้าน): ระดับที่ตั้งในขั้นตอนที่ 4

**ผลลัพธ์**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | λ̂ = r / TTT | 0.00174102 |
| 2 | MTTF̂ = 1 / λ̂ | 574.375 |
| 3 | CI 95% ของ λ | [0.00075165, 0.00313878] |
| 4 | CI 95% ของ MTTF | [318.596, 1330.41] |
| 5 | อายุ B10 | 60.5164 |

ผลลัพธ์

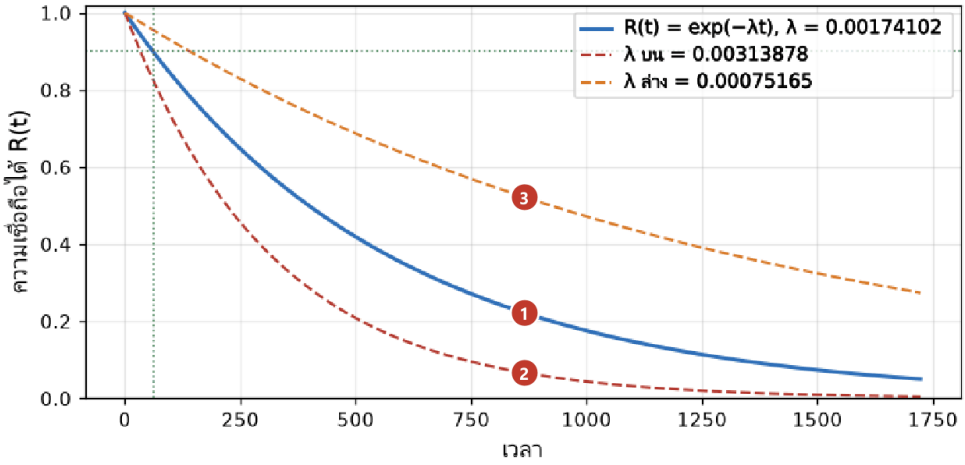
- ① λ̂ = r / TTT 0.00174102: ความล้มเหลว 8 ครั้งใน 4,595 ชั่วโมง ประมาณ 1.7 ความล้มเหลวต่อ 1,000 ชั่วโมงทำงาน
- ② MTTF̂ = 1 / λ̂ 574.375: อายุเฉลี่ยของแผง เป็นชั่วโมงทำงาน
- ③ CI 95% ของ λ [0.00075165, 0.00313878]: ช่วงที่ครอบอัตราจริงด้วยความเชื่อมั่น 95%
- ④ CI 95% ของ MTTF [318.596, 1330.41]: ข้อความเดียวกันสำหรับอายุเฉลี่ย ปลายแต่ละด้านเป็นส่วนกลับของปลายตรงข้ามของอีกช่วงหนึ่ง
- ⑤ อายุ B10 60.5164: แผงหนึ่งในสิบล้มเหลวภายในอายุนี้

**การตีความ**

| | |
|---|---|
| 1 | แบบจำลองเอกซ์โพเนนเชียลประมาณอัตราความล้มเหลว λ = 0.00174102 ต่อหน่วยเวลา (MTTF = 574.375) ด้วยความเชื่อมั่น 95% MTTF จริงอยู่ระหว่าง 318.596 และ 1330.41 คาดว่า 10% ของประชากรจะล้มเหลวภายใน t = 60.5164 (B10) ใช้ขีดจำกัด χ² แม่นตรงตามชนิดการตัดปลาย (2r dof) |

การตีความ

- ① ประโยคของ ReliaEn: แบบจำลองเอกซ์โพเนนเชียลประมาณอัตราความล้มเหลว λ = 0.00174102 ต่อหน่วยเวลา (MTTF = 574.375) ด้วยความเชื่อมั่น 95% MTTF จริงอยู่ระหว่าง 318.596 และ 1330.41 คาดว่า 10% ของประชากรจะล้มเหลวภายใน t = 60.5164 (B10) ใช้ขีดจำกัด χ² แม่นตรงตามชนิดการตัดปลาย (2r dof) อัตรา อายุเฉลี่ยและช่วงของมัน B10 และกฎ χ² (องศาเสรี 2r)




กราฟแบบโต้ตอบ

ความเชื่อถือได้เทียบกับเวลาทำงาน

- ① R(t) = exp(−λt), λ = 0.00174102: สัดส่วนของแผงที่ยังทำงานอยู่ ณ เวลาทำงานแต่ละค่า ที่อัตราที่ประมาณได้
- ② λ บน = 0.00313878: เส้นโค้งที่อัตราบน ซึ่งเป็นเส้นที่ระมัดระวังและลดลงเร็วที่สุด
- ③ λ ล่าง = 0.00075165: เส้นโค้งที่อัตราล่าง เส้นโค้งจริงอยู่ระหว่าง ② และ ③ ด้วยความเชื่อมั่น 95%

ช่วงบำรุงรักษา — เวลาทำงานเพื่อคงอยู่ที่หรือเหนือความเชื่อถือได้เป้าหมาย

1 แบบจำลอง: เอกซ์โพเนนเชียล(λ = 0.00174102) — ซ่อมบำรุงก่อนที่หน่วยจะสะสมเวลาทำงานเท่านี้ เพื่อรักษาความเชื่อถือได้ไว้ที่หรือเหนือเป้าหมาย

| R เป้าหมาย (2) | เวลาทำงาน t (3) |
|---|---|
| 95% | 29.5 |
| 90% (4) | 60.5 |
| 85% | 93.3 |
| 80% | 128.2 |
| 75% | 165.2 |
| 70% | 204.9 |
| 65% | 247.4 |
| 60% | 293.4 |
| 55% | 343.4 |
| 50% | 398.1 |
| 45% | 458.6 |
| 40% | 526.3 |
| 35% | 603.0 |
| 30% | 691.5 |
| 25% | 796.3 |
| 20% | 924.4 |
| 15% | 1,089.7 |
| 10% | 1,322.5 |
| 5% | 1,720.7 |

ช่วงบำรุงรักษา — เวลาทำงานเพื่อคงอยู่ที่หรือเหนือความเชื่อถือได้เป้าหมาย

- ① แบบจำลอง: เอกซ์โพเนนเชียล(λ = 0.00174102) — ซ่อมบำรุงก่อนที่หน่วยจะสะสมเวลาทำงานเท่านี้ เพื่อรักษาความเชื่อถือได้ไว้ที่หรือเหนือเป้าหมาย
- ② R เป้าหมาย: ความเชื่อถือได้ที่ต้องการคงไว้ ตั้งแต่ 95% ลงไปถึง 5%
- ③ เวลาทำงาน t: ระยะทำงานนานที่สุดที่ยังคงความเชื่อถือได้นั้น $t = -\ln(R) / \lambda$
- ④ แถว 90%: เพื่อคงความเชื่อถือได้ที่หรือเหนือ 90% แผงทำงานได้ 60.5 ชั่วโมง ซึ่งคือ B10 ที่ปัดเศษ

การหาค่าเหมาะสมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน — ไม่ใช้

1 β = 1 — แบบจำลองเอกซ์โพเนนเชียลไร้ความจำ: เครื่องที่ซ่อมบำรุงแล้วเหมือนกันทางสถิติกับเครื่องที่ซ่อมแล้ว การเปลี่ยนเชิงป้องกันจึงลดความล้มเหลวไม่ได้ (D23/D25) หากสงสัยการสึกหรอ ให้ฟิตแบบจำลองไวบูลล์แทน

การหาค่าเหมาะสมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน — ไม่ใช้

- ① β = 1 — แบบจำลองเอกซ์โพเนนเชียลไร้ความจำ: เครื่องที่ซ่อมบำรุงแล้วเหมือนกันทางสถิติกับเครื่องที่ซ่อมแล้ว การเปลี่ยนเชิงป้องกันจึงลดความล้มเหลวไม่ได้ (D23/D25) หากสงสัยการสึกหรอ ให้ฟิตแบบจำลองไวบูลล์แทน ภายใต้อัตราคงที่ แผงที่ใช้แล้วดีเท่ากับแผงใหม่ รายงานจึงไม่คำนวณอายุการเปลี่ยน

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

- ① บรรทัดสิทธิ์การใช้งาน ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017: สิทธิ์การใช้งานที่ใช้สร้างรายงานนี้

---

# ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

**การตัดสินใจ** ค่าประมาณที่ดีที่สุดของอายุเฉลี่ยของแผงคือ 574.375 ชั่วโมงทำงาน (λ̂ = 0.00174102 ความล้มเหลวต่อชั่วโมง) แต่ความล้มเหลวแปดครั้งวางอายุเฉลี่ยไว้ได้เพียงระหว่าง 318.596 ถึง 1330.41 ชั่วโมง ที่ความเชื่อมั่น 95% สำหรับข้อผูกพัน เช่น งบอะไหล่หรือเงินสำรองการรับประกัน ให้วางแผนด้วยปลายที่ระมัดระวัง คืออัตราบน 0.00313878 ต่อชั่วโมง ซึ่งบอกสิ่งเดียวกับอายุเฉลี่ยล่าง 318.596 ชั่วโมง λ̂ เป็นค่าที่น่าจะเป็นที่สุด ไม่ใช่คำสัญญา

**ข้อมูลบอกได้มากแค่ไหน** อัตราบนประมาณสี่เท่าของอัตราล่าง ความกว้างของช่วงขึ้นกับจำนวนความล้มเหลวเท่านั้น เมื่อมีความล้มเหลวมากขึ้น ช่วงจะแคบลง ถ้าช่วงกว้างเกินกว่าจะตัดสินใจได้ ให้เก็บความล้มเหลวเพิ่ม การคำนวณเพิ่มไม่ทำให้ช่วงแคบลง

**ผลต่อการบำรุงรักษา** แผงหนึ่งในสิบล้มเหลวภายใน 60.5164 ชั่วโมง (B10) ตาราง ช่วงบำรุงรักษา ให้ระยะทำงานนานที่สุดที่ยังคงความเชื่อถือได้เป้าหมายแต่ละระดับ คือ 60.5 ชั่วโมงสำหรับ 90% แถวเหล่านี้สมมติอัตราคงที่ ภายใต้อัตราคงที่ แผงที่ใช้แล้วดีเท่ากับแผงใหม่ การเปลี่ยนแผงก่อนกำหนดจึงไม่ได้อะไรเลย รายงานบอกไว้ในการ์ดสุดท้าย ถ้าสงสัยการสึกหรอ ให้ทดสอบอัตราคงที่ (ข้อมูลอายุ ▸ การทดสอบความเหมาะสมของการฟิต…) หรือฟิตแบบจำลองไวบูลล์