ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้ — เครื่องที่ซ่อมแล้วหนึ่งเครื่องแย่ลง ดีขึ้น หรือคงเดิม

เมนู: ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้...

ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร เครื่องจักรที่ซ่อมได้หนึ่งเครื่องถูกซ่อมและนำกลับมาใช้งานหลังความล้มเหลวทุกครั้ง บันทึกของเครื่องคือรายการเวลาความล้มเหลวบนนาฬิกาเดินต่อเนื่องเรือนเดียว ReliaEn ถามก่อนว่าความล้มเหลวมาเร็วขึ้น ช้าลง หรือในอัตราคงที่: การทดสอบ Laplace และการทดสอบ MIL-HDBK-189 พร้อมคำตัดสิน ดีขึ้น ไม่มีแนวโน้ม หรือ เสื่อมลง แล้วฟิตกฎกำลัง Crow-AMSAA ซึ่งจำนวนความล้มเหลวที่คาดหมายถึงเวลา t เท่ากับ λ·t^β และให้เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (MTBF) ตามสภาพเครื่องในปัจจุบัน เมื่อการทดสอบทั้งสองยอมรับอัตราคงที่ ReliaEn เพิ่มการ์ดการทำใหม่: อัตราความล้มเหลวคงที่หนึ่งค่า และ MTBF พร้อมช่วงความเชื่อมั่น

สิ่งที่ **ReliaEn พิมพ์**	**สิ่งที่บอก**
คำตัดสินแนวโน้ม	เครื่องแย่ลง ดีขึ้น หรือคงเดิม
แถว **Laplace U** และ **MIL-HDBK-189** แต่ละแถวพร้อมค่า p	แนวโน้มแรงเพียงใด ค่า p ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญปฏิเสธอัตราคงที่
Crow-AMSAA β และ **λ̂**	β มากกว่า 1: ความล้มเหลวเกาะกลุ่ม (สึกหรอ) น้อยกว่า 1: ห่างออก ประมาณ 1: คงที่
MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุด	เวลาเฉลี่ยถึงความล้มเหลวครั้งถัดไปตามสภาพเครื่องในปัจจุบัน
MTBF สะสม	ค่าเฉลี่ยอย่างง่าย เวลาสังเกต / จำนวนความล้มเหลว - ตรงความจริงเฉพาะเมื่อไม่มีแนวโน้ม
แถว **การทำใหม่** (เฉพาะเมื่อไม่มีแนวโน้ม)	อัตราคงที่หนึ่งค่า MTBF และช่วงความเชื่อมั่นของ MTBF

จากข้อมูลใด คอลัมน์หนึ่งของแผ่นงานที่เก็บเวลาความล้มเหลว แต่ละค่าเป็นเวลาทำงานสะสมนับจากต้นบันทึก - ไม่ใช่เวลาตั้งแต่การซ่อมครั้งก่อน - และวิธีที่การสังเกตสิ้นสุด: ที่เวลา T หลังความล้มเหลวครั้งสุดท้าย หรือที่ความล้มเหลวครั้งสุดท้าย อย่างน้อยสองความล้มเหลว

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อมีบันทึกความล้มเหลวของเครื่องหนึ่งเครื่อง และคำถามคือ MTBF ค่าเดียวอธิบายเครื่องได้ตรงความจริงหรือไม่ หรือเครื่องกำลังสึกหรอและต้องยกเครื่อง

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	**ใช้แทน**
บันทึกของเครื่องชนิดเดียวกันหลายเครื่อง	ข้อมูลอายุ ▸ กลุ่มเครื่องจักรที่ซ่อมได้... (บทที่ 3.3)
คำถามคือการซ่อมฟื้นฟูเครื่องได้เท่าใด	ข้อมูลอายุ ▸ ระบบที่ซ่อมได้ ▸ GRP / Kijima... (บทที่ 3.5)
ชิ้นที่ล้มเหลวแต่ละชิ้นถูกเปลี่ยนเป็นชิ้นใหม่ และรู้อายุเมื่อล้มเหลว	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)... (บทที่ 2.6)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. เกียร์บ็อกซ์ของชุดขับสายพานลำเลียงล้มเหลว 20 ครั้งใน 1,000 ชั่วโมงทำงาน และทีมช่างรู้สึกว่าความล้มเหลวมาเร็วขึ้น วิศวกรความเชื่อถือได้ต้องการรู้ว่าเกียร์บ็อกซ์กำลังสึกหรอหรือไม่ และควรวางแผนด้วย MTBF เท่าใด

ข้อมูลนำเข้า	**ค่า**
เวลาความล้มเหลว ชั่วโมงสะสม (20)	292.7, 306.8, 337.2, 399.7, 486.6, 533.1, 541.0, 625.5, 656.2, 658.1, 692.1, 718.8, 763.0, 766.0, 805.3, 834.4, 857.1, 859.0, 895.1, 977.9
การตัดทอน / T — เวลาสิ้นสุดการสังเกต	ตัดจบตามเวลา (สังเกตถึงเวลา T) / 1000

นัยสำคัญของการทดสอบแนวโน้ม α %	5
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	3-Repairable-Unit-Data/Example-2.csv — คอลัมน์ Event time 20 แถว

	A	B
1	292.7	
2	306.8	
3	337.2	
4	399.7	
5	486.6	
6	533.1	
7	541.0	
8	625.5	
9	656.2	
10	658.1	
11	692.1	
12	718.8	
13	763.0	
14	766.0	
15	805.3	
16	834.4	
17	857.1	
18	859.0	
19	895.1	
20	977.9	
21		

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว 20 ค่า เป็นชั่วโมงทำงานนับจากต้นบันทึก

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

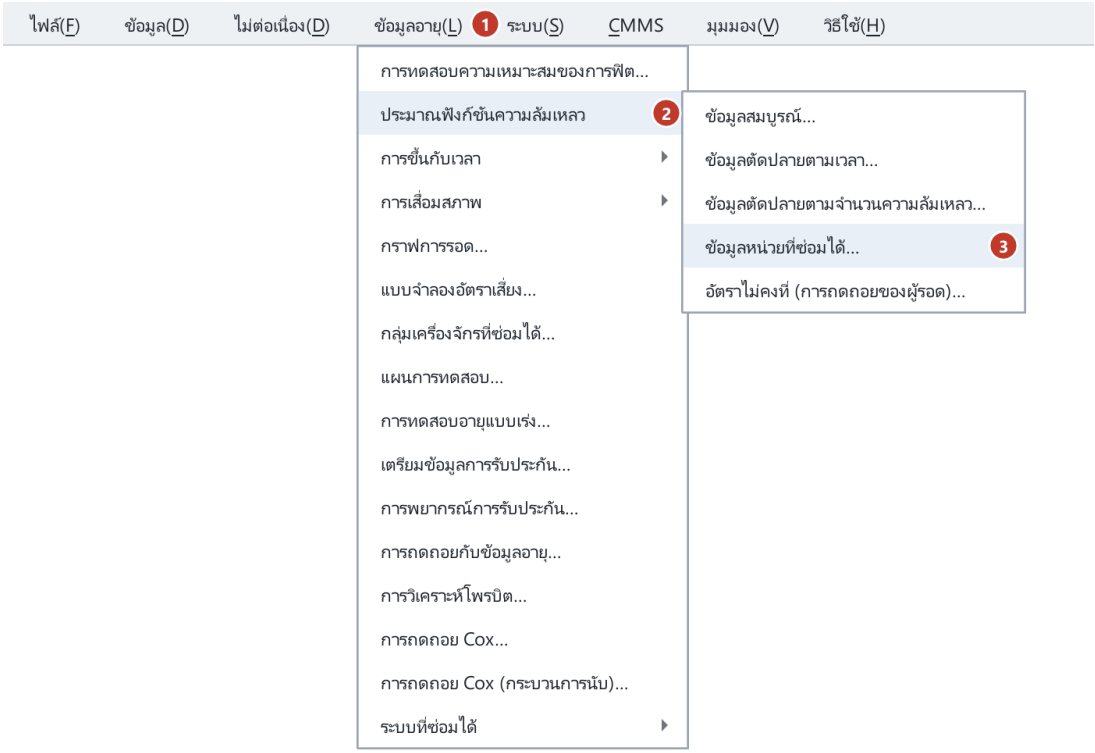
1. **ใส่เวลาความล้มเหลวในคอลัมน์ A** คัดลอก 20 ค่าของ Example-2.csv ที่อยู่ใต้หัวคอลัมน์ Event time ลงในคอลัมน์ A ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1

	① A	B
1	292.7	
2	306.8	
3	337.2	
4	399.7	
5	486.6	
6	533.1	
7	541.0	
8	625.5	
9	656.2	
10	658.1	
11	692.1	
12	718.8	
13	763.0	
14	766.0	
15	805.3	
16	834.4	
17	857.1	
18	859.0	
19	895.1	
20	977.9	
21		

ขั้นตอนที่ 1 — เวลาความล้มเหลวในคอลัมน์ A

- ① คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว 20 ค่า ตั้งแต่ 292.7 ถึง 977.9 ชั่วโมง

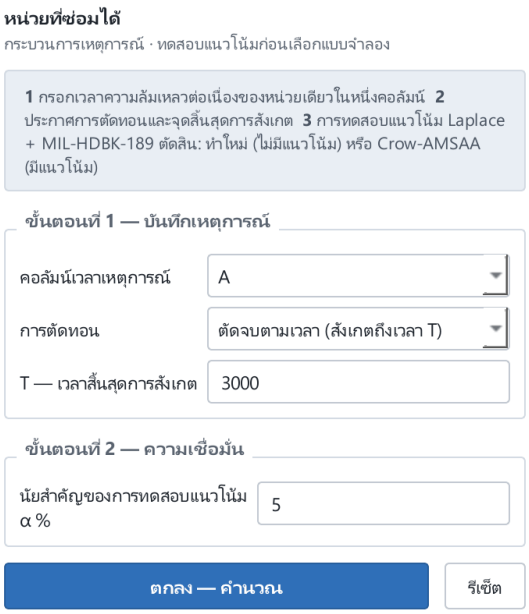
2. **เลือก** ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้... ในแถบเมนู แบบฟอร์ม หน่วยที่ซ่อมได้ เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

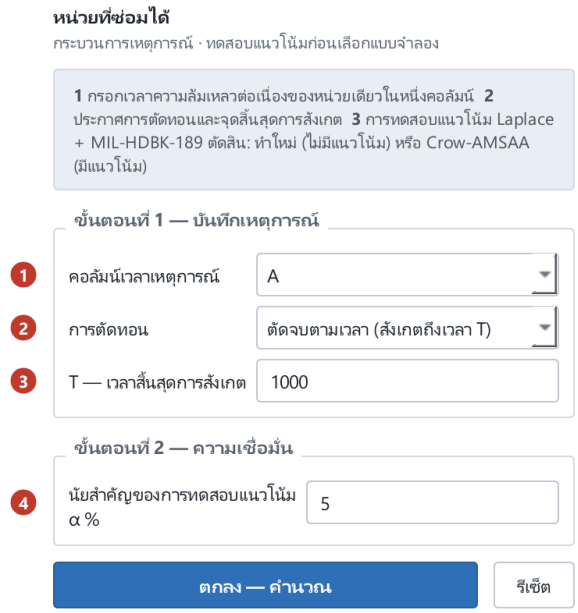
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว: เมนูย่อย
- ③ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

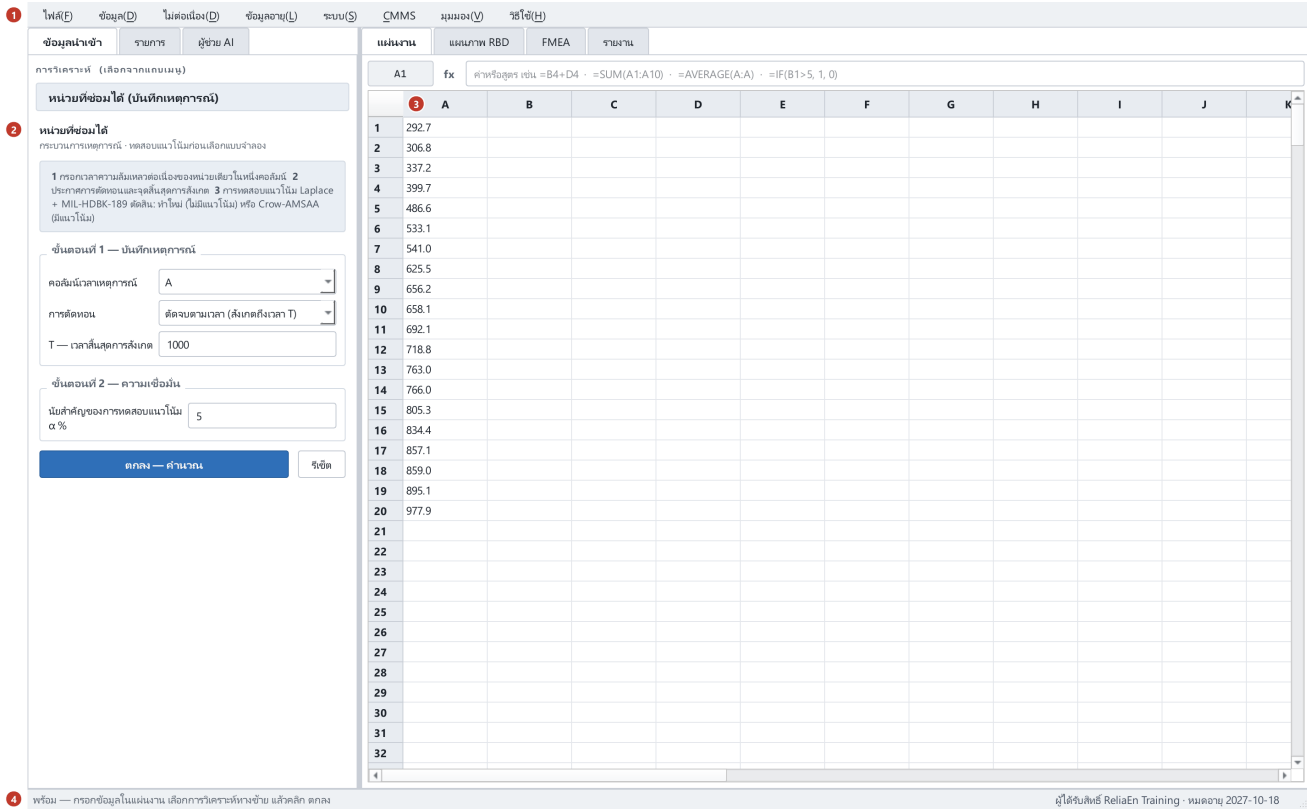
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 ตั้งหรือตรวจสี่ช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ④ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ตรวจว่า คอลัมน์เวลาเหตุการณ์ เป็น A**
4. ② **ตรวจว่า การตัดทอน เป็น ตัดจบตามเวลา (สังเกตถึงเวลา T)** เกียร์บ็อกซ์ถูกสังเกตถึงเวลาหลังความล้มเหลวครั้งสุดท้าย
5. ③ **ใน T — เวลาสิ้นสุดการสังเกต พิมพ์ 1000** ช่องเปิดที่ 3000 การสังเกตสิ้นสุดที่ 1,000 ชั่วโมง
6. ④ **ตรวจว่า นัยสำคัญของการทดสอบแนวโน้ม α % เป็น 5**

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



ขั้นตอนที่ 7 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ที่ท้าย
- ③ คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว 20 ค่า
- ④ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

หน่วยที่ซ่อมได้ — การทดสอบแนวโน้ม + Crow-AMSAA

`2026-11-04 08:11:02`

`ρ(t) = λβt^(β−1) ; การทดสอบแนวโน้ม Laplace & MIL-HDBK-189 ก่อน`

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง หน่วยที่ซ่อมได้ — การทดสอบแนวโน้ม + Crow-AMSAA วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: ρ(t) = λβt^(β−1); การทดสอบแนวโน้ม Laplace & MIL-HDBK-189 ก่อน

ข้อมูลนำเข้า

1	ลักษณะข้อมูล	**หน่วยที่ซ่อมได้ (กระบวนการเหตุการณ์)**
2	เหตุการณ์ที่สังเกตได้	**20**
3	จุดสิ้นสุดการสังเกต	**1000**
4	การตัดทอน	**ตัดจบตามเวลา**

ข้อมูลนำเข้า

- ① ลักษณะข้อมูล หน่วยที่ซ่อมได้ (กระบวนการเหตุการณ์)
- ② เหตุการณ์ที่สังเกตได้ 20: ความล้มเหลวของเกียร์บ็อกซ์
- ③ จุดสิ้นสุดการสังเกต 1000
- ④ การตัดทอน ตัดจบตามเวลา

ผลลัพธ์

1	คำตัดสินแนวโน้ม	**เสื่อมลง**
2	Laplace U (ค่า p)	**2.32813 (p = 0.0199053)**
3	MIL-HDBK-189 β̂ / χ^2, 40 dof (ค่า p)	**2.04937 / 19.5182 (p = 0.00529481)**
4	Crow-AMSAA β̂	**2.04937**
5	Crow-AMSAA λ̂	**1.42203e-05**
6	แบบจำลอง E[N(t)] = λ̂·t^β̂	**1.42203e-05 · t^2.04937**
7	การตรวจสอบแบบจำลอง E[N(T/5)] = E[N(200)]	**0.738889**
8	MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุด	**24.3977**
9	MTBF สะสม	**50**

ผลลัพธ์

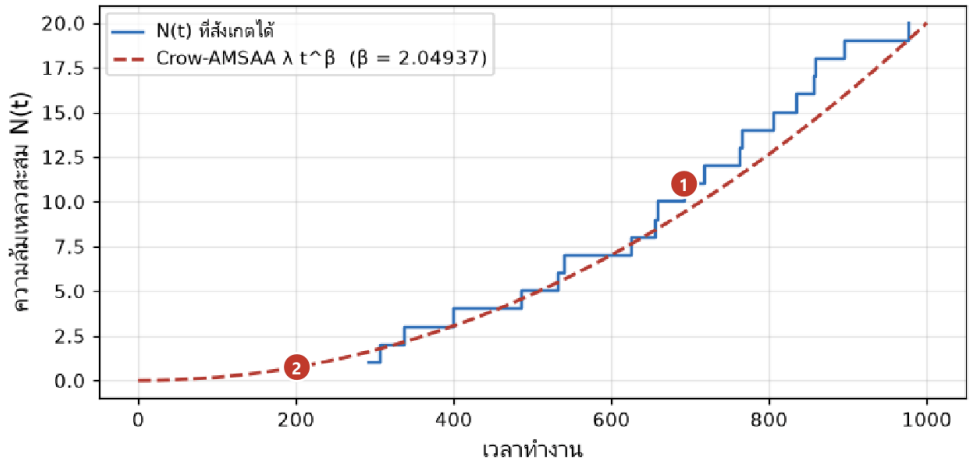
- ① คำตัดสินแนวโน้ม เสื่อมลง: ความล้มเหลวมาเร็วขึ้น
- ② Laplace U (ค่า p) 2.32813 (p = 0.0199053): ต่ำกว่าระดับ 5 %
- ③ MIL-HDBK-189 β / χ^2, 40 dof (ค่า p) 2.04937 / 19.5182 (p = 0.00529481): การทดสอบที่สองให้ผลตรงกัน
- ④ Crow-AMSAA β 2.04937: สูงกว่า 1 มาก คือการสึกหรอ
- ⑤ Crow-AMSAA λ̂ 1.42203e-05
- ⑥ แบบจำลอง E[N(t)] = λ̂·t^β̂ 1.42203e-05 · t^2.04937: จำนวนความล้มเหลวที่คาดหมายถึงเวลา t
- ⑦ การตรวจสอบแบบจำลอง E[N(T/5)] = E[N(200)] 0.738889: แบบจำลองคาดความล้มเหลวไม่ถึงหนึ่งครั้งใน 200 ชั่วโมงแรก - และบันทึกไม่มีเลย
- ⑧ MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุด 24.3977: ตามสภาพปัจจุบันของเกียร์บ็อกซ์
- ⑨ MTBF สะสม 50: ค่าเฉลี่ยอย่างง่าย

การตีความ

1	การทดสอบแนวโน้มพบแนวโน้มตามเวลา (Laplace p = 0.0199053): ความเชื่อถือได้**เสื่อมลง** (ความล้มเหลวมาถี่ขึ้น — การสึกหรอของระบบที่ซ่อมได้) NHPP กฎกำลัง Crow-AMSAA ใช้ได้: β = 2.04937, λ = 1.42203e-05 MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุดการสังเกตคือ 24.3977 MTBF อย่างง่าย = T/n (50) จะทำให้เข้าใจผิดที่นี่

การตีความ

- ① การอ่านของ ReliaEn: การทดสอบแนวโน้มพบแนวโน้มตามเวลา (Laplace p = 0.0199053): ความเชื่อถือได้เสื่อมลง (ความล้มเหลวมาถี่ขึ้น — การสึกหรอของระบบที่ซ่อมได้) NHPP กฎกำลัง Crow-AMSAA ใช้ได้: β = 2.04937, λ = 1.42203e-05 MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุดการสังเกตคือ 24.3977 MTBF อย่างง่าย = T/n (50) จะทำให้เข้าใจผิดที่นี่



กราฟแบบโต้ตอบ

จำนวนความล้มเหลวสะสม N(t) เทียบกับเวลาทำงาน

- ① N(t) ที่สังเกตได้: บันไดของความล้มเหลว 20 ครั้ง ชันขึ้นในช่วงท้าย
- ② Crow-AMSAA λ t^β (β = 2.04937): เส้นที่ฟิต โค้งขึ้น

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

เกียร์บ็อกซ์กำลังสึกหรอหรือไม่ ใช่ ค่าสถิติ Laplace คือ U = 2.32813 ค่า p = 0.0199053 ต่ำกว่าระดับ 5 %: ความล้มเหลวอยู่ช่วงท้ายของหน้าต่าง 1,000 ชั่วโมง และคำตัดสินคือ เสื่อมลง การทดสอบ MIL-HDBK-189 ให้ผลตรงกัน χ^2 = 19.5182 ที่ 40 องศาอิสระ ค่า p = 0.00529481 รูปร่าง Crow-AMSAA β = 2.04937 สูงกว่า 1 มาก ความล้มเหลวจึงมาเร็วขึ้นเมื่อเกียร์บ็อกซ์อายุมากขึ้น

ควรวางแผนด้วย MTBF เท่าใด ตามสภาพปัจจุบัน เกียร์บ็อกซ์ล้มเหลวโดยเฉลี่ยทุก 24.3977 ชั่วโมง: MTBF ขณะหนึ่ง ณ จุดสิ้นสุดการสังเกต T / (n·β) = 1000 / (20 × 2.04937) MTBF สะสม 1000 / 20 = 50 ชั่วโมง ยาวกว่าสองเท่าและจะทำให้เข้าใจผิด: เมื่อมีแนวโน้ม ค่าเฉลี่ยตลอดบันทึกอธิบายเกียร์บ็อกซ์ที่ไม่มีอยู่แล้ว ไม่มีการ์ดการทำใหม่ เพราะการทดสอบปฏิเสธอัตราคงที่

ควรตัดสินใจอย่างไร วางแผนยกเครื่องหรือเปลี่ยนเกียร์บ็อกซ์ ไม่ใช่สำรองอะไหล่เพิ่มตามอัตราเดิม แบบจำลอง $\hat{\lambda} \cdot t^{\beta}$ ที่ $\hat{\lambda}$ = 1.42203e-05 พยากรณ์ความล้มเหลวข้างหน้าหากไม่ทำอะไร

ตรวจนาฬิกาก่อน เวลาความล้มเหลวทุกค่าต้องสะสมนับจากต้นบันทึก รายการช่วงห่างระหว่างความล้มเหลวที่พิมพ์ราวกับเป็นเวลาสะสมดูเหมือนความล้มเหลวห่างออก และให้คำตัดสิน ดีขึ้น ที่ผิด