ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร หน่วยชนิดเดียวกันกลุ่มหนึ่งเริ่มใช้งานพร้อมกัน และคุณนับจำนวนหน่วยที่ยังทำงานอยู่ ณ ชุดของเวลา: ตารางผู้รอด เวลาเทียบกับผู้รอด Ns(t) ReliaEn ฟิตเส้นกำลังสองหนึ่งเส้น Ns(t) = a·t² + b·t + c กับตารางด้วยกำลังสองน้อยสุด แล้วแปลงเป็นอายุเฉลี่ย (MTBF ของหน่วยหนึ่งในกลุ่ม) และความเชื่อถือได้ โดยไม่สมมติว่าอัตราความล้มเหลวคงที่ มีสองเส้นทางผ่านเส้นโค้งเดียวกัน: วิธีที่ 1/2 อินทิเกรตความเชื่อถือได้ที่ฟิต R(t) = Ns(t) / N_0 วิธีที่ 3 หาอัตราความล้มเหลว λ(t) = Nf′(t) / Ns(t) แล้วอินทิเกรต e^(− ∫λ)

สิ่งที่ **ReliaEn** พิมพ์	สิ่งที่บอก
Ns(t) กำลังสอง และ **R^2 ของการถดถอย**	เส้นที่ฟิต และเส้นนั้นตามตารางได้ใกล้เพียงใด (1 คือฟิตสมบูรณ์ ต่ำกว่า 0.6 มีการ์ดข้อควรระวัง)
MTBF — วิธีที่ 1/2 และ **MTBF — วิธีที่ 3**	อายุเฉลี่ยจากสองเส้นทาง เมื่อฟิตดีจะใกล้กัน
R ที่เวลาเป้าหมาย จากทั้งสองเส้นทาง (เมื่อขอ)	สัดส่วนหน่วยที่ยังทำงาน ณ เวลาวางแผน
ช่วงการอินทิเกรต	เวลาที่ใช้เส้นกำลังสองได้ถึง: จุดที่จำนวนผู้รอดที่ฟิตถึงศูนย์
กราฟความเชื่อถือได้และกราฟอัตราความล้มเหลว	ข้อมูลเทียบกับเส้นโค้งทั้งสอง และ λ(t) เพิ่มขึ้น (สึกหรอ) หรือลดลง

จากข้อมูลใด สองคอลัมน์ของแผ่นงาน: เวลา เริ่มที่ 0 และจำนวนหน่วยที่ยังทำงาน ณ แต่ละเวลา ไม่ติดลบและไม่เพิ่มขึ้น อย่างน้อยสี่แถว ขนาดกลุ่ม N_0 คือจำนวนที่มากที่สุด เว้นแต่คุณพิมพ์เอง

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อเก็บไว้เพียงจำนวนผู้รอด - ชุดที่ติดตั้งในการหยุดเครื่องครั้งเดียว นับทุกการตรวจ - และอัตราความล้มเหลวอาจเปลี่ยนตามอายุ MTBF แบบอัตราคงที่จึงทำให้เข้าใจผิด

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ใช้แทน
รู้เวลาความล้มเหลวของแต่ละหน่วย	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล... (สร้างตารางผู้รอดจากเวลาให้) หรือ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)... (บทที่ 2.6)
ต้องการการแจกแจงอายุที่ฟิตพร้อมขอบเขตความเชื่อมั่น	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)... (บทที่ 2.6)
เครื่องหนึ่งเครื่องถูกซ่อมซ้ำแล้วซ้ำอีก	ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้... (บทที่ 3.1)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. ลูกกลิ้งสายพานลำเลียงสี่สิบตัวถูกติดตั้งในการหยุดเครื่องครั้งเดียว และนับทุก 100 ชั่วโมง ผู้วางแผนต้องการอายุเฉลี่ย และความเชื่อถือได้ที่ 350 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการหยุดตามแผนครั้งถัดไป

เวลา ชั่วโมง	0	100	200	300	400	500	600	700
Ns ลูกกลิ้งที่ยังทำงาน	40	39	36	31	24	16	8	1

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
ขั้นการอินทิเกรต Δt	2
R ที่เวลาเป้าหมาย (ไม่บังคับ)	350

N0 (ว่าง = Ns สูงสุด)	ว่าง: จำนวนที่มากที่สุด 40
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	3-Non-Constant-Rate/Example-2.csv — คอลัมน์ Time และ Ns 8 แถว

	① A	② B	C
1	0	40	
2	100	39	
3	200	36	
4	300	31	
5	400	24	
6	500	16	
7	600	8	
8	700	1	
9			

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: เวลาที่นับ 8 ค่า ตั้งแต่ 0 ถึง 700 ชั่วโมง
- ② คอลัมน์ B: ลูกกลิ้งที่ยังทำงาน ณ แต่ละเวลา จาก 40 ลดลงถึง 1

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

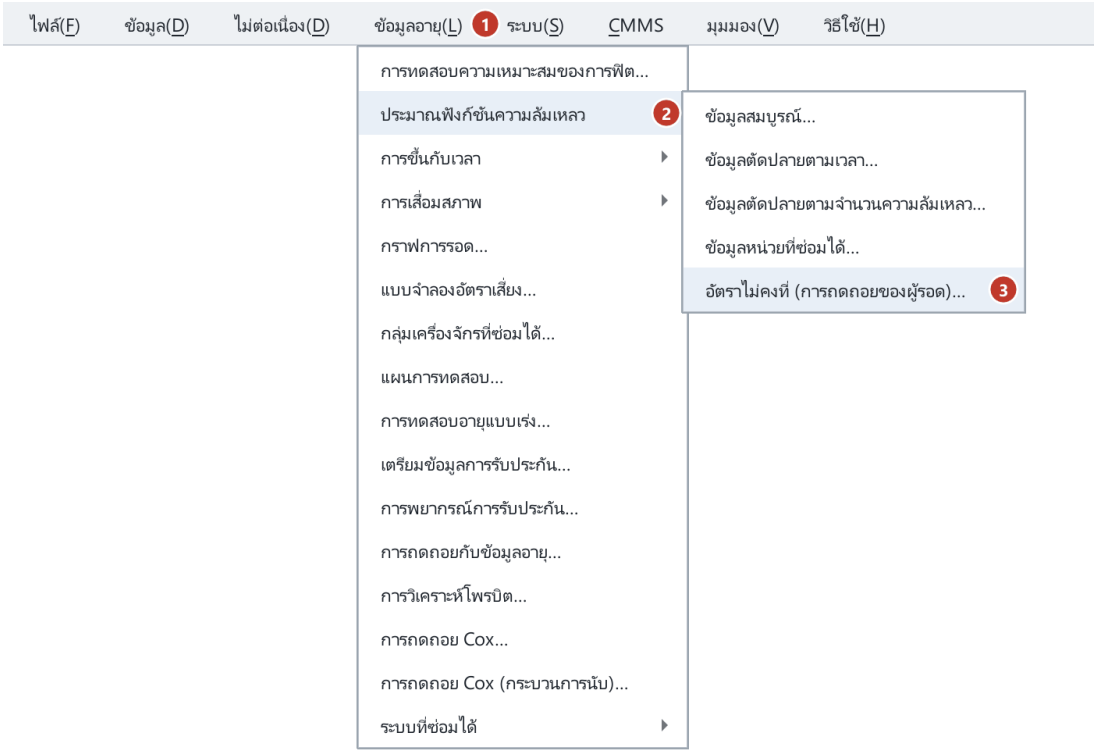
1. **ใส่ตารางผู้รอดในคอลัมน์ A และ B** คัดลอก 8 แถวของ Example-2.csv - คอลัมน์ Time และ Ns - ลงในคอลัมน์ A และ B ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1

	① A	② B	C
1	0	40	
2	100	39	
3	200	36	
4	300	31	
5	400	24	
6	500	16	
7	600	8	
8	700	1	
9			

ขั้นตอนที่ 1 — ตารางผู้รอดในคอลัมน์ A และ B

- ① คอลัมน์ A: เวลาที่นับ 0 ถึง 700 ชั่วโมง
- ② คอลัมน์ B: ลูกกลิ้งที่ยังทำงาน จาก 40 ลดลงถึง 1

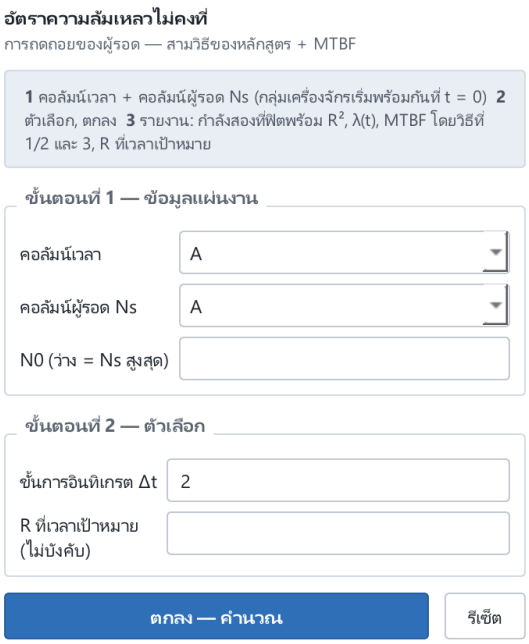
2. **เลือก** ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ อัตราไม่คงที่ (การถดถอยของผู้รอด)... ในแถบเมนู แบบฟอร์ม อัตราความล้มเหลวไม่คงที่ เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

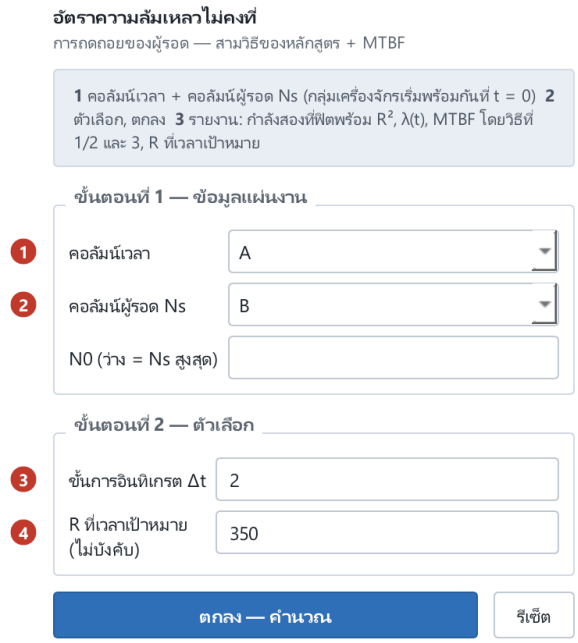
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว: เมนูย่อย
- ③ อัตราไม่คงที่ (การถดถอยของผู้รอด)...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

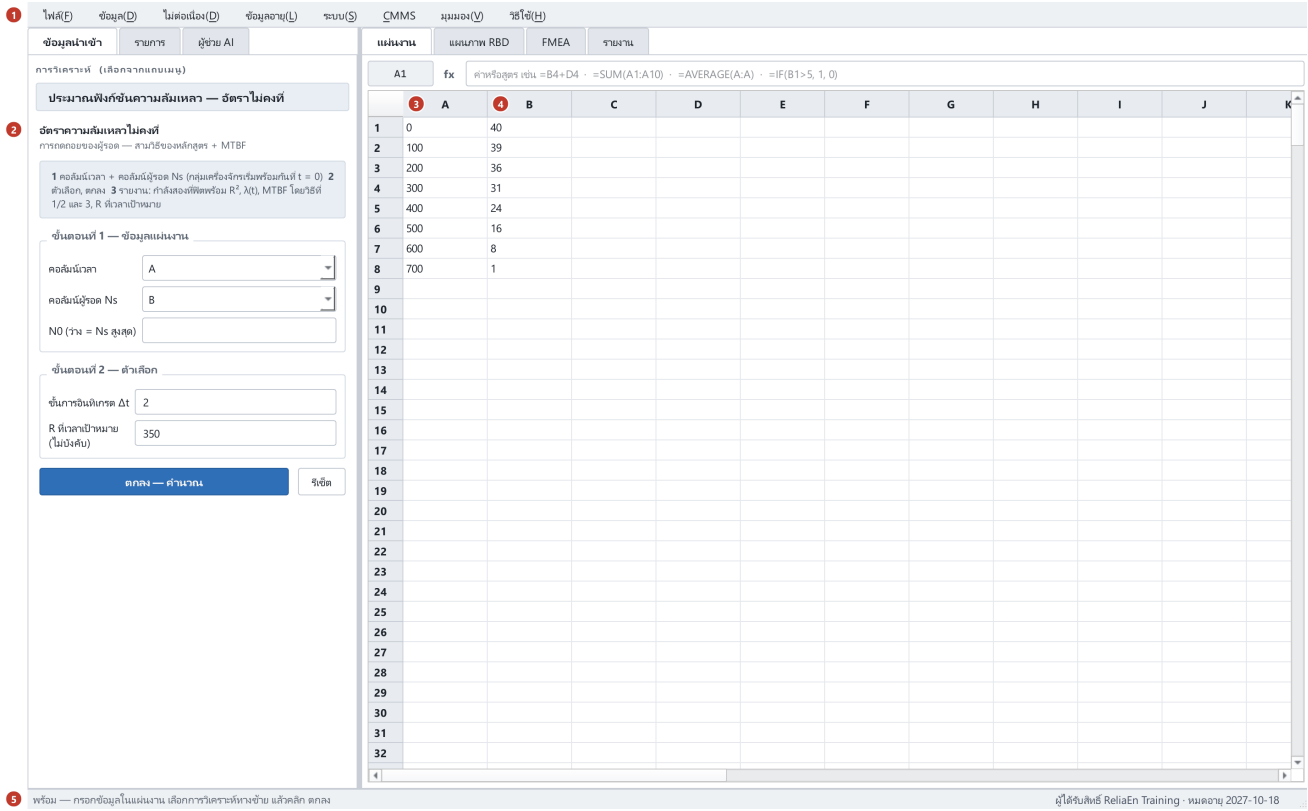
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 ตั้งหรือตรวจสี่ช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ④ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ตรวจว่า คอลัมน์เวลา เป็น A**
4. ② **ใน คอลัมน์ผู้รอด Ns เลือก B**
5. ③ **ตรวจว่า ขั้นการอินทิเกรต Δt เป็น 2**
6. ④ **ใน R ที่เวลาเป้าหมาย (ไม่บังคับ) พิมพ์ 350** คือการหยุดตามแผนครั้งถัดไป N0 (ว่าง = Ns สูงสุด) เว้นว่างไว้: จำนวนที่มากที่สุด 40 คือขนาดกลุ่ม

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: เวลาที่นับ
- ④ คอลัมน์ B: จำนวนผู้รอด
- ⑤ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — อัตราความล้มเหลวไม่คงที่ (การถดถอยของผู้รอด)

2026-11-04 08:11:27

$R(t) = Ns(t)/N_0$; $\lambda(t) = Nf'(t)/Ns(t)$; วิธีที่ 3 ใช้แบบจำลองทั่วไป $R(t) = e^{-\int\lambda(u)du}$; MTBF = $\int_0 R(t)\,dt$

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — อัตราความล้มเหลวไม่คงที่ (การถดถอยของผู้รอด) วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: R(t) = Ns(t)/N₀; λ(t) = Nf′(t)/Ns(t); วิธีที่ 3 ใช้แบบจำลองทั่วไป R(t) = e^(−∫λ(u)du); MTBF = ∫₀ R(t) dt

ข้อมูลนำเข้า

1	แถวข้อมูล	8
2	N_0 — ขนาดกลุ่มเครื่องจักร	40
3	ขั้นการอินทิเกรต Δt	2
4	ช่วงการอินทิเกรต	0 – 696 (Ns ที่ฟิต → 0)

ข้อมูลนำเข้า

- ① แถวข้อมูล 8
- ② N_0 — ขนาดกลุ่มเครื่องจักร 40: ลูกกลิ้งสี่สิบตัว
- ③ ขั้นการอินทิเกรต Δt 2
- ④ ช่วงการอินทิเกรต 0 – 696 (Ns ที่ฟิต → 0)

ผลลัพธ์

1	Ns(t) กำลังสอง	-0.0000577·t² -0.018512·t +40.958333
2	R^2 ของการถดถอย	0.99515
3	MTBF — วิธีที่ 1/2 (∫R dt)	437.79
4	MTBF — วิธีที่ 3 (∫e^(−∫λ) dt)	428.10
5	R(350) — วิธีที่ 1/2 (การถดถอยของผู้รอด)	0.6852
6	R(350) — วิธีที่ 3 (เส้นทางอัตราเสี่ยง)	0.6691

ผลลัพธ์

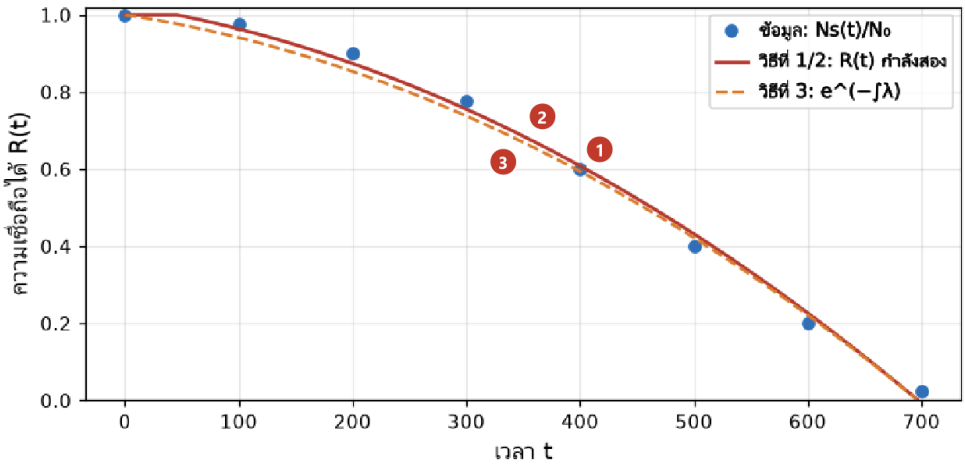
- ① Ns(t) กำลังสอง -0.0000577·t² -0.018512·t +40.958333
- ② R^2 ของการถดถอย 0.99515
- ③ MTBF — วิธีที่ 1/2 (∫R dt) 437.79
- ④ MTBF — วิธีที่ 3 (∫e^(−∫λ) dt) 428.10
- ⑤ R(350) — วิธีที่ 1/2 (การถดถอยของผู้รอด) 0.6852
- ⑥ R(350) — วิธีที่ 3 (เส้นทางอัตราเสี่ยง) 0.6691: ค่าที่ระมัดระวังกว่าในสองค่า

การตีความ

1	ตารางผู้รอดถูกถดถอยแบบกำลังสอง (วิธีที่ 1/2 ของหลักสูตรอินทิเกรต R(t) ที่ฟิต; วิธีที่ 3 หา λ(t) = Nf′/Ns และอินทิเกรต e^(−∫λ)) λ(t) ที่เพิ่มขึ้นหมายถึงการสึกหรอโซน C — MTBF แบบอัตราคงที่จะทำให้เข้าใจผิด ทั้งสามวิธีสอดคล้องกันที่ MTBF ≈ 437.8–428.1; การต่อขยายแบบกำลังสองใช้ได้ถึง t = 696 เท่านั้น ที่ซึ่งเส้นโค้งผู้รอดที่ฟิตถึงศูนย์

การตีความ

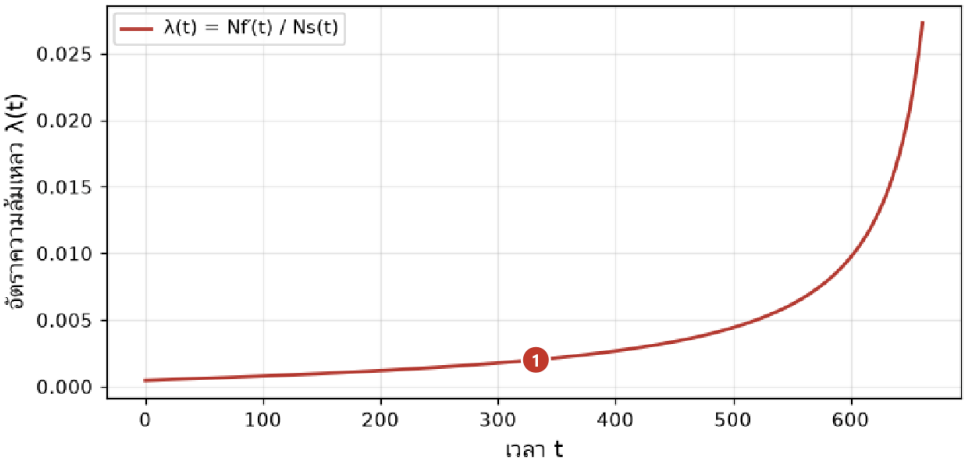
- ① การอ่านของ ReliaEn: ตารางผู้รอดถูกถดถอยแบบกำลังสอง (วิธีที่ 1/2 ของหลักสูตรอินทิเกรต R(t) ที่ฟิต; วิธีที่ 3 หา λ(t) = Nf′/Ns และอินทิเกรต e^(−∫λ)) λ(t) ที่เพิ่มขึ้นหมายถึงการสึกหรอโซน C — MTBF แบบอัตราคงที่จะทำให้เข้าใจผิด ทั้งสามวิธีสอดคล้องกันที่ MTBF ≈ 437.8–428.1; การต่อขยายแบบกำลังสองใช้ได้ถึง t = 696 เท่านั้น ที่ซึ่งเส้นโค้งผู้รอดที่ฟิตถึงศูนย์



กราฟแบบโต้ตอบ

ความเชื่อถือได้ R(t) เทียบกับเวลา

- ① ข้อมูล: Ns(t)/N_0: จำนวนที่นับแปดค่าเป็นสัดส่วนของ 40
- ② วิธีที่ 1/2: R(t) กำลังสอง: แบนที่ 1 ในราว 45 ชั่วโมงแรก - จำนวนที่ฟิตเริ่มที่ 40.96 สูงกว่า N_0 และ R ถูกจำกัดไว้ที่ 1 - แล้วลดลงถึง 0 ที่ 696
- ③ วิธีที่ 3: e^(− ∫λ): อยู่ต่ำกว่าเล็กน้อย



กราฟแบบโต้ตอบ

อัตราความล้มเหลว λ(t) เทียบกับเวลา

- ① λ(t) = Nf'(t) / Ns(t): เพิ่มขึ้นช้า ๆ แล้วชันขึ้นมากเมื่อจำนวนที่ฟิตใกล้ศูนย์ - การสึกหรอ

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

การฟิต เส้นกำลังสองคือ Ns(t) = −0.0000577·t² − 0.018512·t + 40.958333 โดย R² = 0.99515: ตามจำนวนที่นับได้ใกล้มาก พจน์ t² ที่ติดลบหมายความว่าจำนวนลดลงเร็วขึ้นเรื่อย ๆ - ลูกกลิ้งสึกหรอ และกราฟอัตราความล้มเหลวเพิ่มขึ้น จำนวนที่ฟิตถึงศูนย์ที่ 696 ชั่วโมง เส้นกำลังสองจึงใช้ตั้งแต่ 0 ถึง 696 และไม่เกินนั้น

อายุเฉลี่ย วิธีที่ 1/2 ให้ MTBF 437.79 ชั่วโมง วิธีที่ 3 ให้ 428.10 ทั้งสองเส้นทางต่างกันประมาณ 2 % ซึ่งเป็นลักษณะของการฟิตที่ดี ความต่างที่มากจะหมายความว่าเส้นกำลังสองอธิบายส่วนปลายได้ไม่ดี

การหยุดตามแผน ที่ 350 ชั่วโมง ความเชื่อถือได้คือ 0.6852 จากวิธีที่ 1/2 และ 0.6691 จากวิธีที่ 3: ลูกกลิ้งประมาณสองในสามยังทำงาน วางแผนการหยุดด้วยค่าที่ระมัดระวังกว่า 0.6691 และสำรองตัวเปลี่ยนสำหรับอีกหนึ่งในสาม ประมาณ 13 จาก 40 ตัว

เชื่อได้แค่ไหน คำตอบขึ้นกับเส้นกำลังสองหนึ่งเส้นผ่านจำนวนที่นับแปดค่า อ่าน R² ของการถดถอย ก่อน และมองหาการ์ดข้อควรระวัง: เส้นโค้งที่ไม่ถึงศูนย์ หรือเวลาเป้าหมายที่เลยช่วงการอินทิเกรต จะมีการ์ดนี้ และเมื่อนั้นให้เชื่อการ์ดข้อควรระวัง