กระบวนการแกมมา — อายุจากการสึกหรอที่วัดได้ ก่อนหน่วยใดจะล้มเหลว

เมนู: ข้อมูลอายุ ▸ การเสื่อมสภาพ ▸ กระบวนการแกมมา...

ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร บางหน่วยไม่ได้ล้มเหลวทันที แต่สึกหรอ และคุณวัดการสึกหรอได้ เช่น ความหนาที่ไลเนอร์สูญเสีย ความยาวรอยร้าว หรือการสั่นของแบริ่ง กระบวนการแกมมาจำลองการสึกหรอสะสม X(t) ว่าเป็นการเติบโตแบบสุ่มที่ไม่ย้อนกลับ: ในแต่ละช่วงเวลาเพิ่มขึ้นทีละขั้นที่มีการแจกแจงแกมมา X(t) ~ แกมมา(v·t, u) ที่มีค่าเฉลี่ย (v/u)·t หน่วยล้มเหลวเมื่อการสึกหรอผ่านเกณฑ์ D ครั้งแรก ReliaEn ฟิตอัตรารูปร่าง v และอัตราขนาดขั้น u จากส่วนเพิ่มของการสึกหรอของกลุ่มเครื่องจักร ด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุดพร้อมขอบเขต แล้วแปลงเป็นการแจกแจงอายุ: อายุ B10 มัธยฐาน MTTF และบันไดความเชื่อถือได้ โดยไม่ต้องมีหน่วยใดล้มเหลว ReliaEn ยังทดสอบว่าการสึกหรอเร่งขึ้นหรือไม่ และฉายภาพแต่ละหน่วยที่อัตราของตนเอง

สิ่งที่ ReliaEn พิมพ์	สิ่งที่บอก
v̂ และ **û** พร้อมขอบเขต	การสึกหรอเติบโตอย่างไร: อัตราเฉลี่ย v/u และสัญญาณรบกวนของขั้น 1/u
อายุเฉลี่ย ≈ uD/v B10 มัธยฐาน MTTF	เมื่อใดการสึกหรอของหน่วยถึงเกณฑ์ D
บันไดความเชื่อถือได้	R(t) และขอบล่างด้านเดียวสำหรับการวางแผน ที่อายุรอบอายุเฉลี่ย
แนวโน้มการเสื่อมสภาพ	การสึกหรอเร่งขึ้นตามอายุหรือไม่ (t^β เทียบกับเชิงเส้น)
การฉายภาพรายหน่วย	แต่ละหน่วยที่อัตราของตนเองจะถึง D เมื่อใด

จากข้อมูลใด คอลัมน์เวลาหนึ่งคอลัมน์ และหนึ่งคอลัมน์ต่อหนึ่งหน่วย ที่มีการสึกหรอสะสมในแต่ละการตรวจสอบ เซลล์ว่างคือการตรวจสอบที่ขาดไป เกณฑ์ D พิมพ์ในแบบฟอร์ม ในหน่วยเดียวกับค่าอ่าน

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อวัดการสึกหรอของกลุ่มเครื่องจักรในการตรวจสอบ และคำถามคือเมื่อใดหน่วยจะถึงเกณฑ์การสึกหรอ ก่อนที่หน่วยใดจะล้มเหลว และความเชื่อถือได้ลดลงตามอายุอย่างไร

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ใช้แทน
การสึกหรอลดลงได้เช่นเดียวกับเพิ่มขึ้น (การวัดที่แกว่งได้สองทาง)	ข้อมูลอายุ ▸ การเสื่อมสภาพ ▸ กระบวนการวีเนอร์...
รู้เพียงอายุที่ล้มเหลว ไม่มีค่าอ่านการสึกหรอ	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)...

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. แท่นทดสอบวัดการสึกหรอสะสมของไลเนอร์ปั๊มหกชิ้น B ถึง G ในการตรวจสอบแปดครั้ง ตั้งแต่อายุ 10 ถึงอายุ 100 เกณฑ์การสึกหรอคือ 10 วิศวกรความเชื่อถือได้ต้องการรู้อายุของไลเนอร์ที่เกณฑ์นั้น และความเชื่อถือได้ลดลงตามอายุอย่างไร

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
อายุที่ตรวจสอบ (8)	10, 20, 30, 40, 55, 70, 85, 100
ค่าอ่านการสึกหรอ	ไลเนอร์หกชิ้น ชิ้นละแปดค่าอ่าน 3.08 ถึง 41.72
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	2-Gamma-Process/Example-1.csv — เจ็ดคอลัมน์ หัวคอลัมน์ Time, Unit B ... Unit G 8 แถว
เกณฑ์ความล้มเหลว D	10 — พิมพ์ในแบบฟอร์ม
ความเชื่อมั่น %	95 — ค่าที่แบบฟอร์มมีอยู่เมื่อเปิด

	① A	② B	③ C	④ D	⑤ E	⑥ F	⑦ G	H
1	10	5.48	3.08	4.27	3.63	4.68	3.32	
2	20	6.76	9.0	9.49	7.6	7.04	5.43	
3	30	9.09	12.8	15.03	12.64	8.81	11.14	
4	40	14.51	15.51	18.56	16.15	12.93	13.5	
5	55	21.53	21.48	25.47	19.78	17.11	18.86	
6	70	27.87	24.99	29.95	24.97	22.27	23.25	
7	85	34.02	31.45	35.19	30.04	26.69	30.3	
8	100	38.52	39.6	41.72	37.68	30.93	34.44	
9								

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: อายุที่ตรวจสอบ 10 ถึง 100
- ② ถึง ⑦ คอลัมน์ B ถึง G: การสึกหรอสะสมของไลเนอร์ B ถึง G ในแต่ละอายุ

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

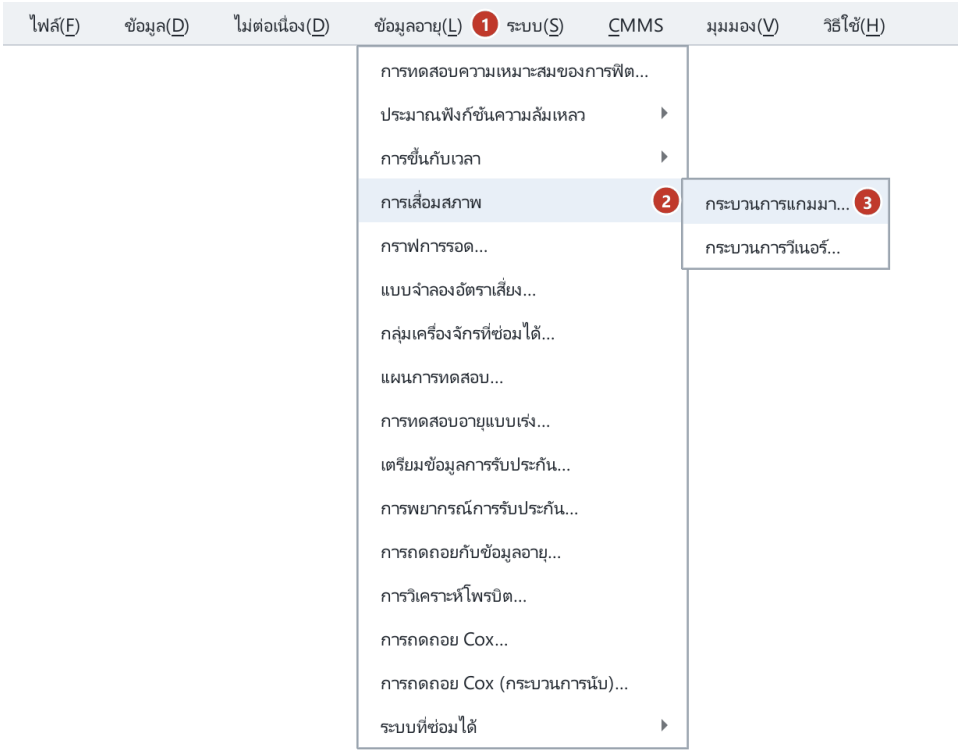
1. **ใส่คอลัมน์เวลาและการสึกหรอใน A ถึง G** คัดลอกเจ็ดคอลัมน์ของ Example-1.csv คือ Time และ Unit B ถึง Unit G ลงในคอลัมน์ A ถึง G ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1

	① A	② B	③ C	④ D	⑤ E	⑥ F	⑦ G	H
1	10	5.48	3.08	4.27	3.63	4.68	3.32	
2	20	6.76	9.0	9.49	7.6	7.04	5.43	
3	30	9.09	12.8	15.03	12.64	8.81	11.14	
4	40	14.51	15.51	18.56	16.15	12.93	13.5	
5	55	21.53	21.48	25.47	19.78	17.11	18.86	
6	70	27.87	24.99	29.95	24.97	22.27	23.25	
7	85	34.02	31.45	35.19	30.04	26.69	30.3	
8	100	38.52	39.6	41.72	37.68	30.93	34.44	
9								

ขั้นตอนที่ 1 — อายุและค่าอ่านการสึกหรอ

- ① คอลัมน์ A: อายุที่ตรวจสอบแปดค่า
- ② ถึง ⑦ คอลัมน์ B ถึง G: ค่าอ่านการสึกหรอของไลเนอร์หกชิ้น

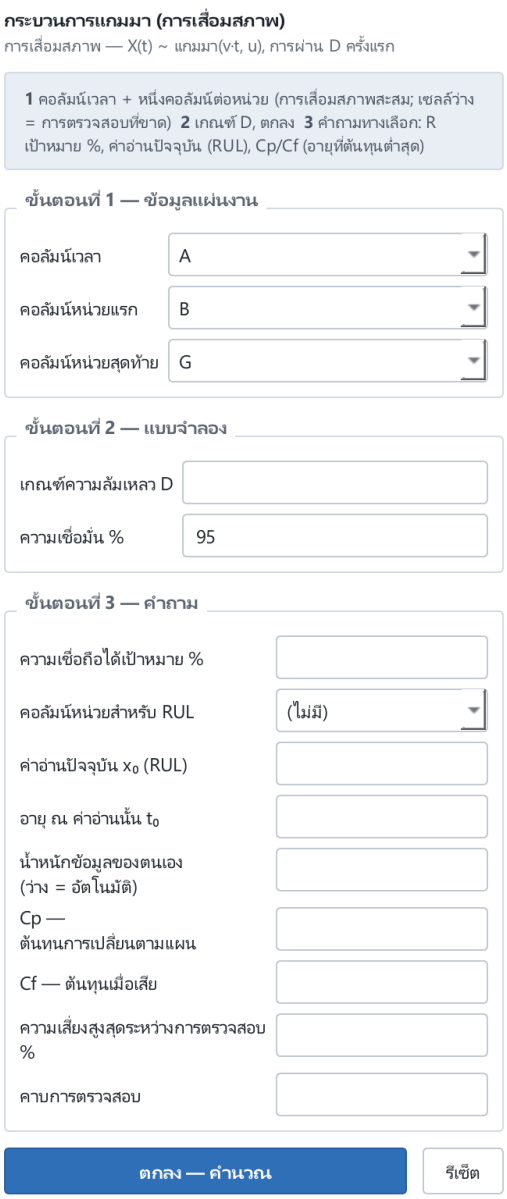
2. **เลือก ข้อมูลอายุ ▸ การเสื่อมสภาพ ▸ กระบวนการแกมมา...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม กระบวนการแกมมา (การเสื่อมสภาพ) เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

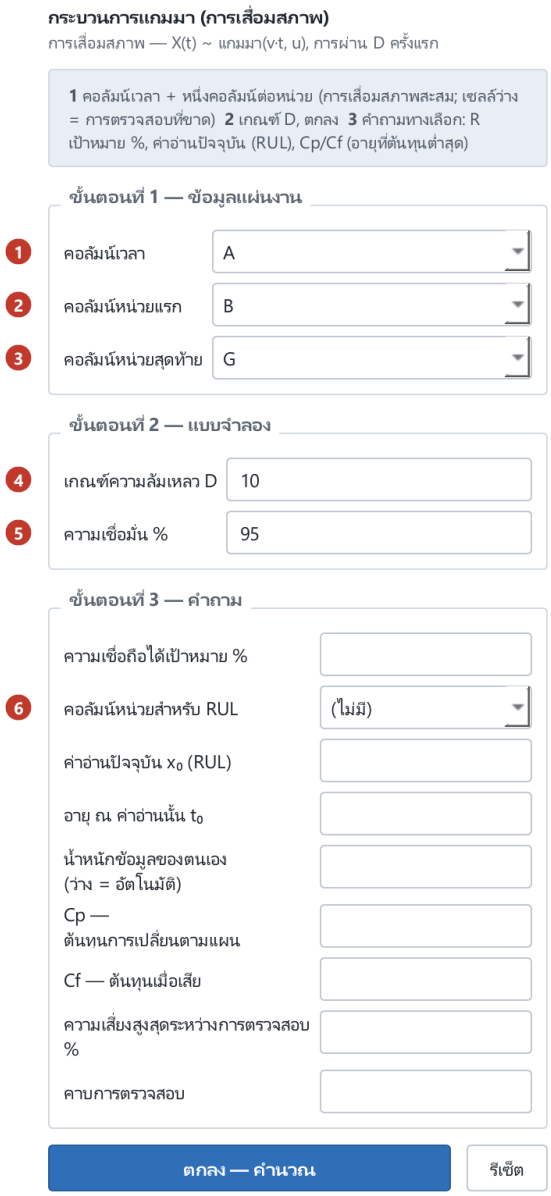
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② การเสื่อมสภาพ: เมนูย่อย
- ③ กระบวนการแกมมา...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

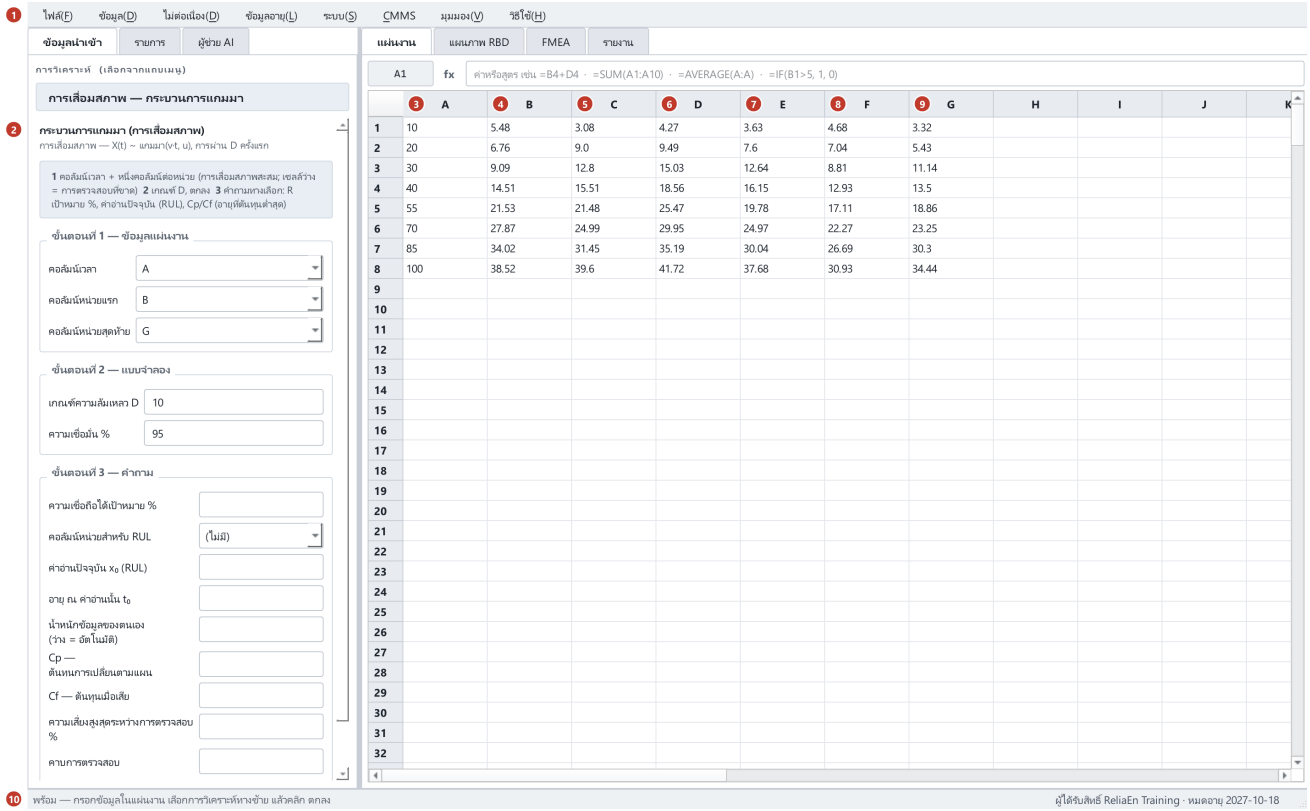
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 8 ตั้งหรือตรวจหกช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ⑥ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 8 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ใน คอลัมน์เวลา เลือก A**
4. ② **ใน คอลัมน์หน่วยแรก เลือก B**
5. ③ **ใน คอลัมน์หน่วยสุดท้าย เลือก G** คอลัมน์ B ถึง G คือไลเนอร์หกชิ้น
6. ④ **ใน เกณฑ์ความล้มเหลว D พิมพ์ 10** เกณฑ์การสึกหรอ ในหน่วยของค่าอ่าน
7. ⑤ **ตรวจว่า ความเชื่อมั่น % เป็น 95**
8. ⑥ **ปล่อย คอลัมน์หน่วยสำหรับ RUL ไว้ที่ (ไม่มี)** คำถามอื่นที่ไม่บังคับใต้ ขั้นตอนที่ 3 — คำถาม ว่างไว้ด้วย

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



ขั้นตอนที่ 9 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

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

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — การเสื่อมสภาพ — กระบวนการแกมมา

`2026-10-30 19:14:40`

`X(t) ~ แกมมา(v·t, u) ; F_T(t) = Q(vt, uD) ; R(t) = 1 − F_T(t)`

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — การเสื่อมสภาพ — กระบวนการแกมมา วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: X(t) ~ แกมมา(v·t, u); F_T(t) = Q(vt, uD); R(t) = 1 − F_T(t)

ข้อมูลนำเข้า

1	หน่วย / การตรวจสอบ	**6 / 8 ครั้ง**
2	n — จำนวนส่วนเพิ่มที่ใช้	**48**
3	D — เกณฑ์ความล้มเหลว	**10**
4	ช่วงเวลาตรวจสอบ	**Δt ไม่เท่ากัน (ช่องว่างทำให้ช่วงกว้างขึ้น)**

ข้อมูลนำเข้า

- ① หน่วย / การตรวจสอบ 6 / 8 ครั้ง
- ② n — จำนวนส่วนเพิ่มที่ใช้ 48: ไลเนอร์หกชิ้น × การตรวจสอบแปดครั้ง แต่ละค่าอ่านเทียบกับค่าก่อนหน้า (ค่าแรกเทียบกับการสึกหรอศูนย์ที่อายุ 0)
- ③ D — เกณฑ์ความล้มเหลว 10
- ④ ช่วงเวลาตรวจสอบ Δt ไม่เท่ากัน (ช่องว่างทำให้ช่วงกว้างขึ้น): ช่วงห่าง 10 แล้วเป็น 15 ตั้งแต่อายุ 40

ผลลัพธ์

1	v̂ — อัตรารูปร่าง	**0.889059 [0.599544, 1.31838]**
2	û — อัตราขนาดชิ้น	**2.39327 [1.5994, 3.58116]**
3	อัตราการเสื่อมสภาพเฉลี่ย v/u	**0.371483**
4	ตัววัดสัญญาณรบกวนของชิ้น Var/Mean = 1/u	**0.417839**
5	อายุเฉลี่ย ≈ uD/v	**26.92**
6	อายุ B10 (การผ่านครั้งแรกแบบแม่นตรง)	**20.5651**
7	อายุมัธยฐาน (แม่นตรง)	**27.2931**
8	MTTF (∫R แม่นตรง)	**27.4815**

ผลลัพธ์

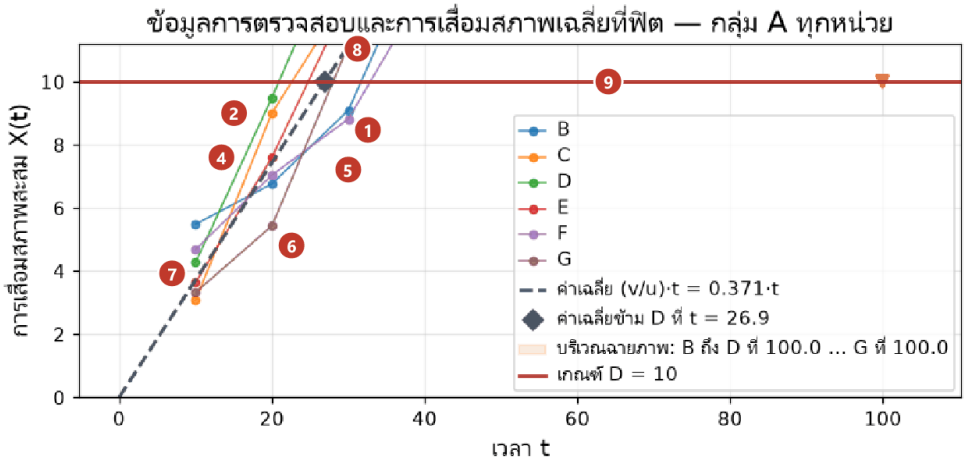
- ① v̂ — อัตรารูปร่าง 0.889059 [0.599544, 1.31838]
- ② û — อัตราขนาดชิ้น 2.39327 [1.5994, 3.58116]
- ③ อัตราการเสื่อมสภาพเฉลี่ย v/u 0.371483: ไลเนอร์สึกหรอประมาณ 0.37 ต่อหน่วยเวลาโดยเฉลี่ย
- ④ ตัววัดสัญญาณรบกวนของชิ้น Var/Mean = 1/u 0.417839: ชิ้นไม่สม่ำเสมอเพียงใด
- ⑤ อายุเฉลี่ย ≈ uD/v 26.92: อายุที่การสึกหรอที่คาดหมายถึง D
- ⑥ อายุ B10 (การผ่านครั้งแรกแบบแม่นตรง) 20.5651: ไลเนอร์หนึ่งในสิบถึงเกณฑ์ภายในอายุนี้
- ⑦ อายุมัธยฐาน (แม่นตรง) 27.2931: ไลเนอร์ครึ่งหนึ่งถึงเกณฑ์แล้ว
- ⑧ MTTF (∫R แม่นตรง) 27.4815: อายุเฉลี่ยที่ไลเนอร์ถึงเกณฑ์

การตีความ

1	การเสื่อมสภาพสะสมถูกจำลองเป็น X(t) ~ แกมมา(v·t, u): การเติบโตแบบสุ่มทางเดียวที่มีค่าเฉลี่ย (v/u)·t ความล้มเหลวคือการผ่าน D ครั้งแรก การแจกแจงอายุจึงเป็นรูปปิด — R(t) = 1 − Q(vt, uD) — และอัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุโดยธรรมชาติ (การสึกหรอเกิดจากการสะสม ไม่ใช่จากข้อสมมติ) ไม่ต้องมีหน่วยใดล้มเหลวสำหรับการฟิตนี้: ส่วนเพิ่มจากการตรวจสอบ 48 ครั้งเป็นผู้ให้ข้อมูล

การตีความ

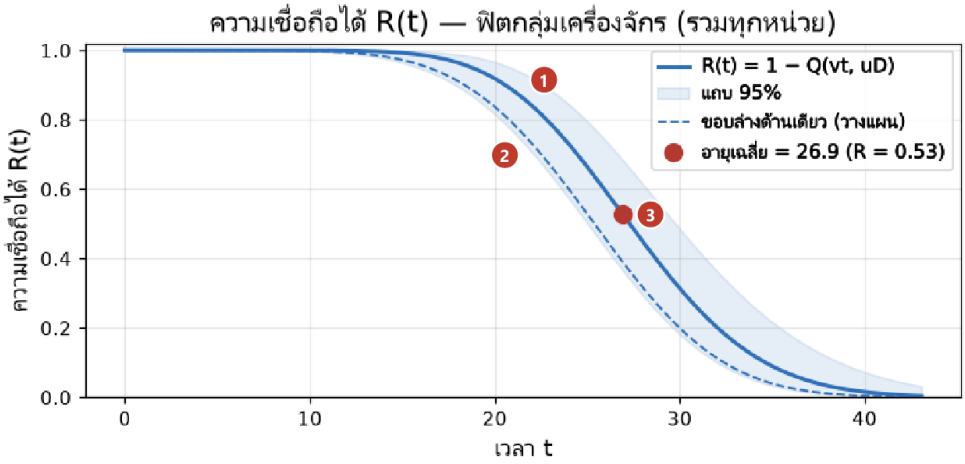
- ① การอ่านของ ReliaEn: การเสื่อมสภาพสะสมถูกจำลองเป็น X(t) ~ แกมมา(v·t, u): การเติบโตแบบสุ่มทางเดียวที่มีค่าเฉลี่ย (v/u)·t ความล้มเหลวคือการผ่าน D ครั้งแรก การแจกแจงอายุจึงเป็นรูปปิด — R(t) = 1 − Q(vt, uD) — และอัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุโดยธรรมชาติ (การสึกหรอเกิดจากการสะสม ไม่ใช่จากข้อสมมติ) ไม่ต้องมีหน่วยใดล้มเหลวสำหรับการฟิตนี้: ส่วนเพิ่มจากการตรวจสอบ 48 ครั้งเป็นผู้ให้ข้อมูล



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

เส้นทางการสึกหรอ

- ① ถึง ⑥ B ถึง G: เส้นทางการสึกหรอที่วัดได้ของไลเนอร์แต่ละชิ้น
- ⑦ ค่าเฉลี่ย (v/u)·t = 0.371·t: เส้นการสึกหรอเฉลี่ยที่ฟิต
- ⑧ ค่าเฉลี่ยข้าม D ที่ t = 26.9: จุดที่เส้นเฉลี่ยถึงเกณฑ์ คืออายุเฉลี่ย
- ⑨ เกณฑ์ D = 10: เกณฑ์การสึกหรอ



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

ความเชื่อถือได้เทียบกับอายุ

- ① R(t) = 1 − Q(vt, uD): สัดส่วนของไลเนอร์ที่ยังต่ำกว่าเกณฑ์ ณ แต่ละอายุ
- ② ขอบล่างด้านเดียว (วางแผน): ขอบล่างสำหรับการวางแผน
- ③ อายุเฉลี่ย = 26.9 (R = 0.53): ที่อายุเฉลี่ย ยังมีมากกว่าครึ่งเล็กน้อยที่ต่ำกว่า D

การประมาณค่า — เริ่มด้วยวิธีโมเมนต์ ปรับละเอียดด้วย MLE (ฟิตกลุ่มเครื่องจักร)

1 û = v·ΣΔt/ΣΔx แม่นตรง (โปรไฟล์); v แก้จาก ln v − ψ(v) = ln x̄ − mean(ln Δx) — รากเดียวเพราะด้านซ้ายลดลงอย่างเคร่งครัด

2 ขั้นตอน	3 v	4 u	5 ln ภาวะน่าจะเป็น
6 วิธีโมเมนต์	10.76	28.87	-292.635
7 ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ที่รายงาน)	0.8891	2.393	-82.041

การประมาณค่า — เริ่มด้วยวิธีโมเมนต์ ปรับละเอียดด้วย MLE (ฟิตกลุ่มเครื่องจักร)

- ① û = v·ΣΔt/ΣΔx แม่นตรง (โปรไฟล์); v แก้จาก ln v − ψ(v) = ln x̄ − mean(ln Δx) — รากเดียวเพราะด้านซ้ายลดลงอย่างเคร่งครัด สมการที่พิมพ์คือสมการสำหรับช่วงห่างการตรวจสอบที่เท่ากัน สำหรับช่วงห่างที่ไม่เท่ากันของตัวอย่างนี้ (10 แล้ว 15 ตั้งแต่อายุ 40) ReliaEn แก้สมการทั่วไป Σ Δt·[ln u + ln Δx − ψ(v·Δt)] = 0 ซึ่งสมการที่พิมพ์เป็นกรณีพิเศษของสมการนี้
- ② ถึง ⑤ คอลัมน์ ขั้นตอน, v, u, ln ภาวะน่าจะเป็น
- ⑥ วิธีโมเมนต์: v 10.76, u 28.87, ln ภาวะน่าจะเป็น -292.635 เป็นเพียงค่าเริ่มต้น ซึ่งการฟิตด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุดแทนที่ ไม่มีผลลัพธ์ใดในหน้านี้ใช้ค่านี้
- ⑦ ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ที่รายงาน): v 0.8891, u 2.393, ln ภาวะน่าจะเป็น -82.041 คือการฟิตที่ผลลัพธ์ใช้
- รุ่นต่อไปจะแก้ค่าเริ่มต้นสำหรับช่วงห่างที่ไม่เท่ากันและหมายเหตุข้างต้น

แนวโน้มการเสื่อมสภาพ — เชิงเส้นกับ T^B (การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น)

1 p = 0.7092 ≥ 0.05 — ไม่พบการเร่ง: รายงานแบบจำลองเชิงเส้นที่ง่ายกว่า (β̂ = 0.983 ช่วงของมันครอบคลุม 1) นี่ไม่ใช่หลักฐานความเป็นเชิงเส้น — ความโค้งเล็กน้อยอาจต้องการข้อมูลตรวจสอบมากขึ้นจึงจะแสดง

ปริมาณ	ค่า
2 β̂ — เลขชี้กำลังแนวโน้มแบบอิสระ	0.9829 [0.894, 1.072]
3 LR = 2(lnL_β − lnL_linear)	0.1391
4 ค่า p (χ², 1 dof)	0.7092
5 แบบจำลองที่รายงาน	เชิงเส้น (β = 1)

6 แบบจำลองซ้อนกัน: β = 1 อยู่ภายใน β อิสระ; LR ~ χ²(1) เมื่อยืนยัน β แล้ว ขอบเขตพารามิเตอร์ถือ β ตรึงที่ β̂

แนวโน้มการเสื่อมสภาพ — เชิงเส้นกับ t^β (การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น)

- ① p = 0.7092 ≥ 0.05 — ไม่พบการเร่ง: รายงานแบบจำลองเชิงเส้นที่ง่ายกว่า (β̂ = 0.983 ช่วงของมันครอบคลุม 1) นี่ไม่ใช่หลักฐานความเป็นเชิงเส้น — ความโค้งเล็กน้อยอาจต้องการข้อมูลตรวจสอบมากขึ้นจึงจะแสดง
- ② β̂ — เลขชี้กำลังแนวโน้มแบบอิสระ 0.9829 [0.894, 1.072]
- ③ LR = 2(lnL_β − lnL_linear) 0.1391
- ④ ค่า p (χ², 1 dof) 0.7092
- ⑤ แบบจำลองที่รายงาน เชิงเส้น (β = 1)
- ⑥ แบบจำลองซ้อนกัน: β = 1 อยู่ภายใน β อิสระ; LR ~ χ²(1) เมื่อยืนยัน β แล้ว ขอบเขตพารามิเตอร์ถือ β ตรึงที่ β̂

บันไดความเชื่อถือได้ — ฟิตกลุ่มเครื่องจักร (หน่วยที่สุ่มเลือก)

1 R(t) = P(X(t) < D) — ความน่าจะเป็นที่หน่วยสุ่มยังไม่ข้ามเกณฑ์ที่อายุ t
คอลัมน์ล่างคือขอบล่างด้านเดียว 95% ที่ใช้วางแผน (ธรรมเนียม แถวที่ 11)

2 เวลา t	3 R(t)	4 R ขอบล่าง (ด้านเดียว)	5 F(t)
10.77	0.9997	0.9972	0.0003
13.46	0.9974	0.9867	0.0026
16.15	0.9861	0.9551	0.0139
18.84	0.9486	0.8839	0.0514
20.19	0.9126	0.8284	0.0874
21.54	0.8619	0.7588	0.1381
24.23	0.7153	0.5841	0.2847
26.92	0.5272	0.3900	0.4728
32.30	0.1881	0.1032	0.8119

บันไดความเชื่อถือได้ — ฟิตกลุ่มเครื่องจักร (หน่วยที่สุ่มเลือก)

- ① R(t) = P(X(t) < D) — ความน่าจะเป็นที่หน่วยสุ่มยังไม่ข้ามเกณฑ์ที่อายุ t คอลัมน์ล่างคือขอบล่างด้านเดียว 95% ที่ใช้วางแผน (ธรรมเนียม แถวที่ 11)
- ② ถึง ⑤ คอลัมน์ เวลา t, R(t), R ขอบล่าง (ด้านเดียว), F(t) อายุเป็นขั้นของอายุเฉลี่ย: ที่ 20.19 R คือ 0.9126 (ขอบล่าง 0.8284) ที่ 26.92 คือ 0.5272 (ขอบล่าง 0.3900) ที่ 32.30 คือ 0.1881 (ขอบล่าง 0.1032)

การฉายภาพรายหน่วย — แต่ละหน่วยที่อัตราของตนเอง

1 การฉายภาพแนวโน้มเฉลี่ย: แต่ละหน่วยดำเนินต่อจากค่าอ่านล่าสุดด้วยอัตรานาฬิกาการสึกหรอของตนเอง (เร็วที่สุดก่อน) นี่คือการกระจายที่แสดงเป็นบริเวณแรเงาบนกราฟเส้นทาง

2 หน่วย	3 ค่าอ่านล่าสุด	4 อายุที่ฉายภาพเมื่อถึง D	5 อายุคงเหลือ
6 B	38.52 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—
7 C	39.6 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—
8 D	41.72 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—
9 E	37.68 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—
10 F	30.93 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—
11 G	34.44 @ t = 100	เกิน D แล้ว	—

12 การฉายภาพแบบกำหนดแน่นอนของอัตราเฉลี่ยของแต่ละหน่วย —
สำหรับการแจกแจงความน่าจะเป็นของอายุคงเหลือของหน่วยหนึ่ง ใช้คำถาม RUL (ขั้นตอนที่ 3)
ด้วยค่าอ่านปัจจุบันของหน่วยนั้น

การฉายภาพรายหน่วย — แต่ละหน่วยที่อัตราของตนเอง

- ① การฉายภาพแนวโน้มเฉลี่ย: แต่ละหน่วยดำเนินต่อจากค่าอ่านล่าสุดด้วยอัตรานาฬิกาการสึกหรอของตนเอง (เร็วที่สุดก่อน) นี่คือการกระจายที่แสดงเป็นบริเวณแรเงาบนกราฟเส้นทาง
- ② ถึง ⑤ คอลัมน์ หน่วย, ค่าอ่านล่าสุด, อายุที่ฉายภาพเมื่อถึง D, อายุคงเหลือ
- ⑥ ถึง ⑪ ไลเนอร์ B ถึง G: ทุกชิ้น เกิน D แล้ว ที่ค่าอ่านล่าสุดที่อายุ 100 (30.93 ถึง 41.72) แท่นทดสอบทำงานต่อเลยเกณฑ์ไป
- ⑫ การฉายภาพแบบกำหนดแน่นอนของอัตราเฉลี่ยของแต่ละหน่วย — สำหรับการแจกแจงความน่าจะเป็นของอายุคงเหลือของหน่วยหนึ่ง ใช้คำถาม RUL (ขั้นตอนที่ 3) ด้วยค่าอ่านปัจจุบันของหน่วยนั้น

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

การสึกหรอบอกอะไร ไลเนอร์สึกหรอประมาณ 0.371483 ต่อหน่วยเวลาโดยเฉลี่ย (v/u) เป็นขั้นที่ไม่สม่ำเสมอ (1/u = 0.417839) และการทดสอบแนวโน้มไม่พบการเร่ง (p = 0.7092): การสึกหรอเป็นเชิงเส้นตามอายุ ไม่มีไลเนอร์ใดต้องล้มเหลวสำหรับเรื่องนี้ ส่วนเพิ่ม 48 ค่าที่วัดได้เป็นผู้ให้ข้อมูล

ไลเนอร์ถึงเกณฑ์เมื่อใด ไลเนอร์หนึ่งในสิบถึงเกณฑ์การสึกหรอ 10 ภายในอายุ 20.5651 (B10) ครึ่งหนึ่งภายใน 27.2931 (มัธยฐาน) ค่าเฉลี่ยคือ 27.4815 อายุเฉลี่ย uD/v = 26.92 คืออายุที่การสึกหรอที่คาดหมายถึง D

ความเชื่อถือได้ลดลงเร็วเพียงใดช่วงปลายอายุ ระหว่างอายุ 20.19 ถึง 32.30 R ลดลงจาก 0.9126 เป็น 0.1881 ให้วางแผนด้วยคอลัมน์ขอบล่างด้านเดียว: ที่อายุ 20.19 คือ 0.8284 ไม่ใช่ 0.9126 ทุกช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นช่วงปลายอายุใช้ความเชื่อถือได้มากกว่าช่วงต้นอายุมาก