GRP / Kijima — การซ่อมของคุณดีเพียงใด จากบันทึกความล้มเหลวของกลุ่มเครื่องจักร

เมนู: ข้อมูลอายุ ▸ ระบบที่ซ่อมได้ ▸ GRP / Kijima...

ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร การซ่อมไม่ค่อยทำให้เครื่องจักรดีเหมือนใหม่ และก็ไม่ค่อยปล่อยให้แย่เท่าเดิมพอดี ปั๊มที่ได้ซีลใหม่ดีกว่าก่อนล้มเหลว แต่แบริ่งและใบพัดยังเก่าอยู่ การวิเคราะห์นี้วัดว่าการซ่อมของคุณอยู่ตรงไหนระหว่างสองขั้วนั้น จากบันทึกความล้มเหลวของกลุ่มเครื่องจักรชนิดเดียวกัน โดยฟิตกระบวนการสร้างใหม่ทั่วไป (GRP): อัตราเสี่ยงไวบูลล์ที่มีรูปร่าง β และสเกล η ทำงานบนอายุเสมือนที่การซ่อมแต่ละครั้งรีเซ็ตบางส่วน ตัวคูณการฟื้นฟู q บอกว่าการซ่อมเหลืออายุไว้เท่าใด

q	การซ่อมทำอะไร
0	ทำใหม่เต็มที่: เครื่องจักรดีเหมือนใหม่หลังการซ่อมแต่ละครั้ง
ระหว่าง 0 ถึง 1	ฟื้นฟูบางส่วน: เมื่อใช้ Kijima ชนิด I ค่า q = 0.2 เหลืออายุไว้ 20 % ของอายุที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่การซ่อมครั้งก่อน
1	ซ่อมขั้นต่ำ: เครื่องจักรมีอายุเท่ากับก่อนล้มเหลวพอดี

คำ	ความหมาย
อายุเสมือน V	อายุที่อัตราเสี่ยงเห็น Kijima ชนิด I: V ← V + q·X โดย X คือเวลาตั้งแต่การซ่อมครั้งก่อน Kijima ชนิด II: V ← q·(V + X)
โปรไฟล์ ℓ(q)	ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นที่ดีที่สุดที่ q คงที่แต่ละค่า โดยฟิต β และ η ค่าสูงสุด ℓ_max ให้ q̂
ช่วงโปรไฟล์	ค่า q ที่ ℓ(q) อยู่เหนือ ℓ_max ลบครึ่งหนึ่งของค่าไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่นของคุณ

สิ่งที่ ReliaEn พิมพ์	สิ่งที่บอก
β, η̂ และ q̂ พร้อมช่วง	เครื่องจักรเสื่อมอย่างไร และการซ่อมเหลืออายุนั้นไว้เท่าใด
การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสองรายการ เทียบกับ q = 0 และ q = 1	การซ่อมต่างจากการทำใหม่เต็มที่และจากการซ่อมขั้นต่ำหรือไม่
MTBF ที่อายุเสมือนเฉลี่ย	เวลาเฉลี่ยถึงความล้มเหลวครั้งถัดไปของหน่วยที่อายุเสมือนเฉลี่ยของกลุ่มหลังการซ่อมครั้งสุดท้ายของแต่ละหน่วย
โปรไฟล์ของ ℓ(q) เป็นกราฟและตาราง	ข้อมูลระบุ q ได้แม่นเพียงใด
การ์ด q แบบเบย์	ช่วงเดียวของ q จากไพรเออร์สม่ำเสมอบน 0 ถึง 1
การตรวจสอบการฟิต	ความล้มเหลวที่การฟิตคาดกับที่บันทึกไว้ เทียบกับสองขั้ว
การ์ดพยากรณ์	ความล้มเหลวที่คาดตลอดขอบเขตเวลาที่คุณเลือก เมื่อมี MTTR ได้ความพร้อมใช้งาน เมื่อมีต้นทุนได้ช่วงโอเวอร์ฮอลที่ดีที่สุด

จากข้อมูลใด หนึ่งแถวต่อหนึ่งความล้มเหลว: รหัสหน่วยและเวลาเหตุการณ์บนนาฬิกาของหน่วยเอง - สะสมจากนาฬิกา 0 หรือช่วงห่างจากความล้มเหลวก่อนหน้า - พร้อมจุดสิ้นสุดการสังเกตของกลุ่มหรือของแต่ละหน่วย

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อเครื่องจักรชนิดเดียวกันหลายเครื่องถูกซ่อมซ้ำแล้วซ้ำอีก มีบันทึกเวลาทุกความล้มเหลวและจุดสิ้นสุดการสังเกต และคำถามคือการซ่อมดีเพียงใด

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ใช้แทน
บันทึกของเครื่องเดียว และต้องการรู้ว่าดีขึ้นหรือเสื่อมลง	ข้อมูลอายุ ▸ ประมาณฟังก์ชันความล้มเหลว ▸ ข้อมูลหน่วยที่ซ่อมได้... (บทที่ 3.1)

การซ่อมสะสมเฉลี่ยของกลุ่มเครื่องจักร โดยไม่มีแบบจำลอง	ข้อมูลอายุ ▸ กลุ่มเครื่องจักรที่ซ่อมได้… (บทที่ 3.3)
ของที่ล้มเหลวทุกชิ้นถูกเปลี่ยนใหม่ และไม่มีเครื่องใดมีความล้มเหลวครั้งที่สองในบันทึก	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)… (บทที่ 2.6)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. ปั๊มป้อนน้ำหม้อไอน้ำสี่ตัวถูกสังเกตตัวละ 5,000 ชั่วโมงการทำงาน และล้มเหลวรวมกัน 40 ครั้ง ผู้วางแผนบำรุงรักษาต้องการรู้ว่าการซ่อมฟื้นฟูปั๊มได้เท่าใด

ปั๊ม	ช่วงห่างจากความล้มเหลวก่อนหน้า ชั่วโมง
1	533.4, 688.2, 623.4, 498.2, 1246.9, 750.0, 96.0, 34.7, 42.7
2	209.0, 1338.7, 506.3, 465.0, 262.4, 605.9, 190.2, 116.0, 109.1, 551.1, 355.0
3	1084.3, 191.2, 534.2, 84.0, 255.9, 890.3, 148.8, 69.3, 315.6, 296.2, 688.5
4	654.7, 461.1, 724.2, 766.6, 195.2, 14.1, 41.3, 607.3, 1232.9

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
การป้อนข้อมูล	ช่วงห่างจากเหตุการณ์ก่อนหน้า
จุดสิ้นสุดการสังเกต (กลุ่มเครื่องจักร)	5000
ชนิด Kijima / ระดับความเชื่อมั่น %	ชนิด I (V ← V + q·X) / 95
ชุดสามค่า / ขอบเขตเวลา (ชม.)	จากการฟิตนี้ (β̂, η̂, q̂) / 8760
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	3-GRP-Kijima/Example-1.csv — คอลัมน์ Unit, Gap 40 แถว

	P	Q	R	S	T	① U	② V	W
1						1	533.4	
2						1	688.2	
3						1	623.4	
4						1	498.2	
5						1	1246.9	
6						1	750.0	
7						1	96.0	
8						1	34.7	
9						1	42.7	
10						2	209.0	
11						2	1338.7	
12						2	506.3	
13						2	465.0	
14						2	262.4	
15						2	605.9	
16						2	190.2	
17						2	116.0	
18						2	109.1	
19						2	551.1	
20						2	355.0	
21						3	1084.3	
22						3	191.2	
23						3	534.2	
24						3	84.0	
25						3	255.9	
26						3	890.3	
27						3	148.8	
28						3	69.3	
29						3	315.6	
30						3	296.2	
31						3	688.5	
32						4	654.7	

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ U: ปั๊มของแต่ละความล้มเหลว
- ② คอลัมน์ V: ช่วงห่างก่อนความล้มเหลวนั้น

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

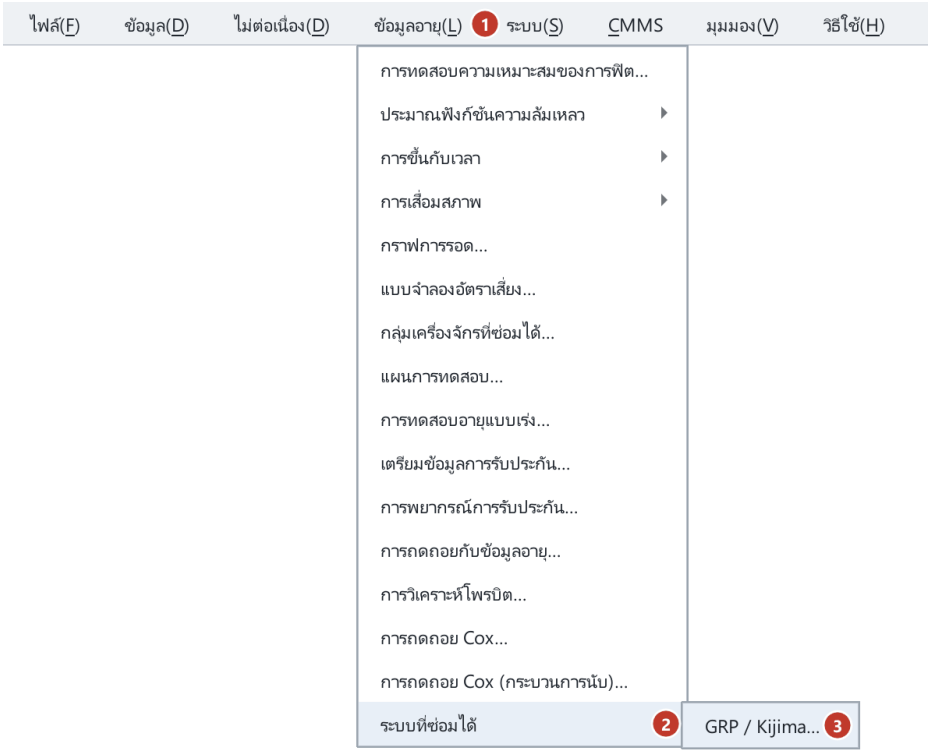
1. **ใส่บันทึกความล้มเหลวในคอลัมน์ U และ V** คัดลอก 40 แถวของ Example-1.csv - คอลัมน์ Unit และ Gap - ลงในคอลัมน์ U และ V ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1 ใช้คอลัมน์ว่างใดก็ได้ แบบฟอร์มระบุคอลัมน์ในขั้นตอนที่ 4 และ 5 ภาพแสดง 32 แถวแรก

	P	Q	R	S	T	① U	② V	W
1						1	533.4	
2						1	688.2	
3						1	623.4	
4						1	498.2	
5						1	1246.9	
6						1	750.0	
7						1	96.0	
8						1	34.7	
9						1	42.7	
10						2	209.0	
11						2	1338.7	
12						2	506.3	
13						2	465.0	
14						2	262.4	
15						2	605.9	
16						2	190.2	
17						2	116.0	
18						2	109.1	
19						2	551.1	
20						2	355.0	
21						3	1084.3	
22						3	191.2	
23						3	534.2	
24						3	84.0	
25						3	255.9	
26						3	890.3	
27						3	148.8	
28						3	69.3	
29						3	315.6	
30						3	296.2	
31						3	688.5	
32						4	654.7	

ขั้นตอนที่ 1 — บันทึกความล้มเหลวในคอลัมน์ U และ V

- ① คอลัมน์ U: ปั๊มของแต่ละความล้มเหลว 1 ถึง 4
- ② คอลัมน์ V: ช่วงห่างก่อนความล้มเหลวนั้น เป็นชั่วโมง

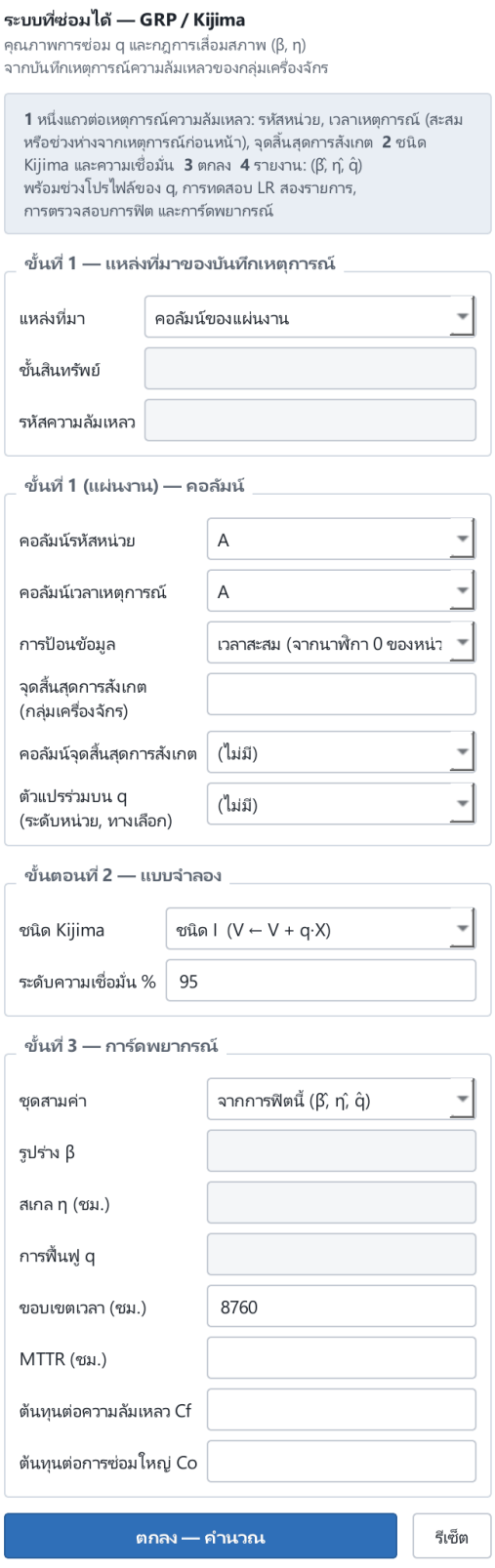
2. **เลือก** ข้อมูลอายุ ▸ ระบบที่ซ่อมได้ ▸ **GRP / Kijima...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม ระบบที่ซ่อมได้ — GRP / Kijima เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

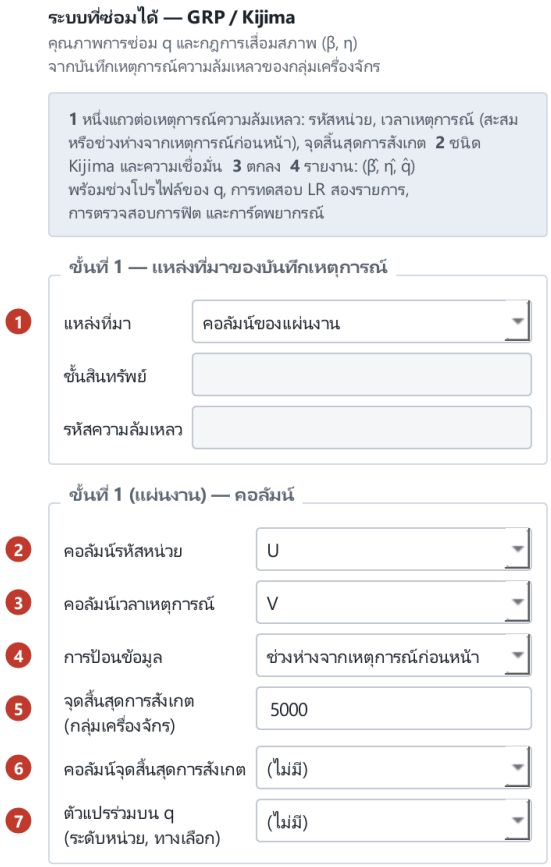
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② ระบบที่ซ่อมได้: เมนูย่อย
- ③ GRP / Kijima...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:

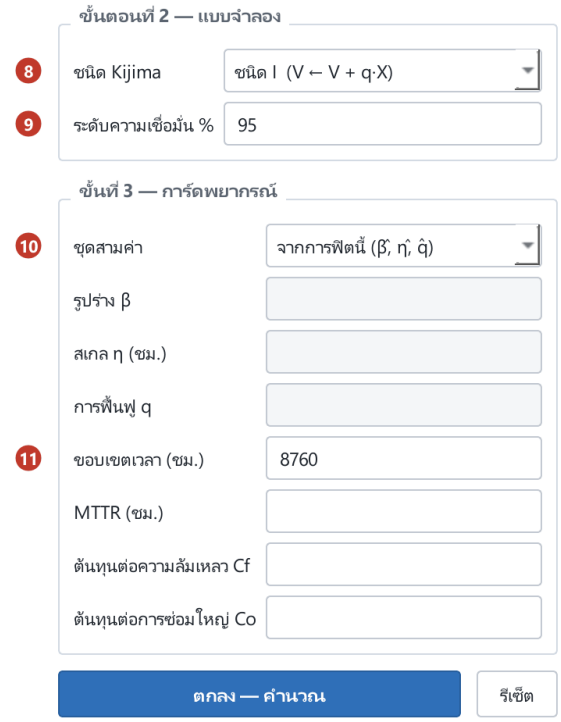


ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

ขั้นตอนที่ 3 ถึง 13 ตั้งหรือตรวจสิบเอ็ดช่องของแบบฟอร์ม แสดงในสองภาพ - ① ถึง ⑦ แล้ว ⑧ ถึง ⑪:



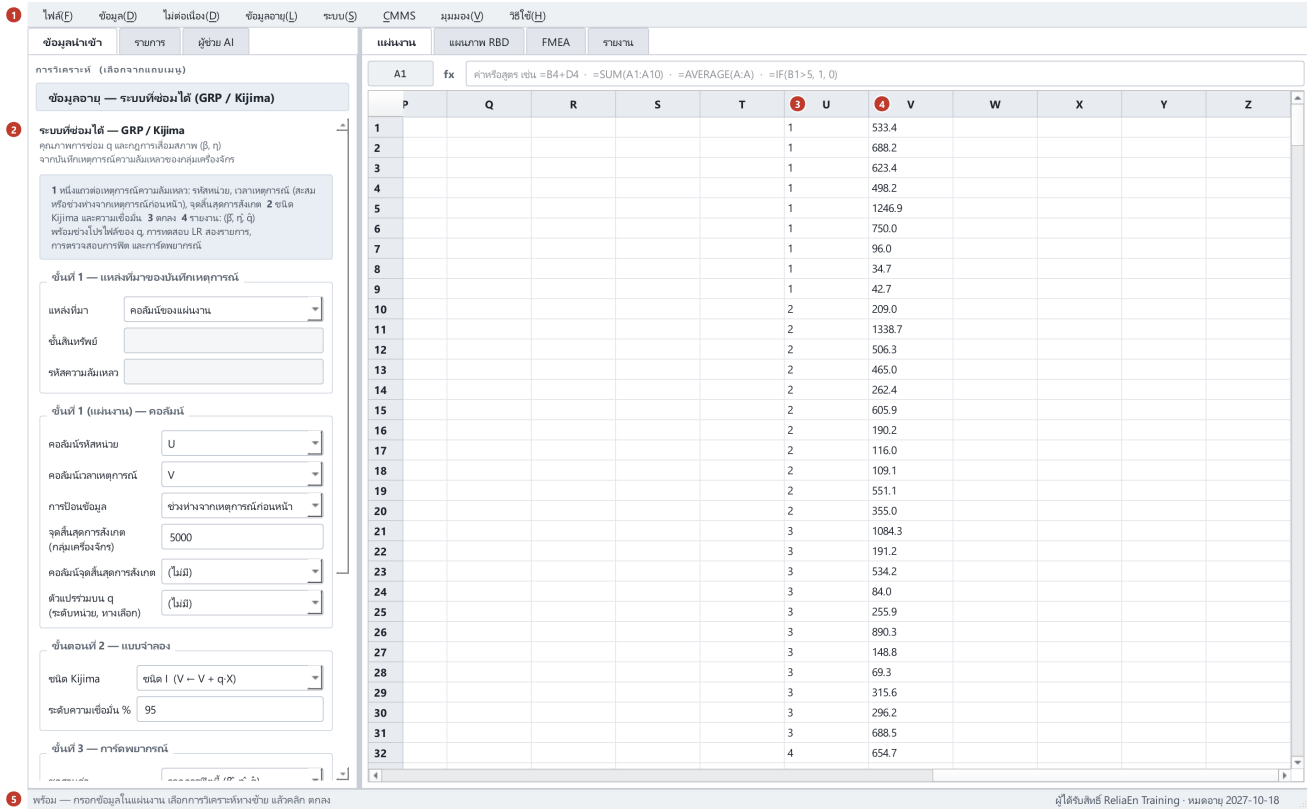
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 9 — ช่องแหล่งที่มาและคอลัมน์ที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้



ขั้นตอนที่ 10 ถึง 13 — ช่องแบบจำลองและการ์ดพยากรณ์

3. ① **ตรวจว่า** **แหล่งที่มา** **เป็น** **คอลัมน์ของแผ่นงาน** ช่องสีเทาสองช่องถัดไปใช้สำหรับเส้นทาง CMMS
4. ② **ใน** **คอลัมน์รหัสหน่วย** **เลือก** **U** ช่องนี้เปิดมาที่ A
5. ③ **ใน** **คอลัมน์เวลาเหตุการณ์** **เลือก** **V** ช่องนี้เปิดมาที่ A
6. ④ **ใน** **การป้อนข้อมูล** **เลือก** **ช่วงห่างจากเหตุการณ์ก่อนหน้า** ช่องนี้เปิดมาที่ เวลาสะสม (จากนาฬิกา 0 ของหน่วย) ไฟล์เก็บช่วงห่าง
7. ⑤ **ใน** **จุดสิ้นสุดการสังเกต (กลุ่มเครื่องจักร)** **พิมพ์** **5000** ปั๊มทุกตัวถูกสังเกต 5,000 ชั่วโมง
8. ⑥ **ตรวจว่า** **คอลัมน์จุดสิ้นสุดการสังเกต** **เป็น** **(ไม่มี)** ช่องนี้สำหรับจุดสิ้นสุดแยกต่อหน่วย
9. ⑦ **ตรวจว่า** **ตัวแปรร่วมบน q (ระดับหน่วย, ทางเลือก)** **เป็น** **(ไม่มี)**
10. ⑧ **ตรวจว่า** **ชนิด Kijima** **เป็น** **ชนิด I (V ← V + q·X)**
11. ⑨ **ตรวจว่า** **ระดับความเชื่อมั่น %** **เป็น** **95**
12. ⑩ **ตรวจว่า** **ชุดสามค่า** **เป็น** **จากการฟิตนี้ (β̂, η̂, q̂)**
13. ⑪ **ตรวจว่า** **ขอบเขตเวลา (ชม.)** **เป็น** **8760** หนึ่งปี ช่อง MTTR และช่องต้นทุนสองช่องเว้นว่างในตัวอย่างนี้

14. **คลิก ตกลง — คำนวณ** ที่ท้ายแบบฟอร์ม ReliaEn คำนวณและแสดงรายงาน



ขั้นตอนที่ 14 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 13 สูงกว่าแผง ตกลง — คำนวณ จึงอยู่ต่ำกว่าส่วนที่เห็น
- ③ คอลัมน์ U: ปั๊ม
- ④ คอลัมน์ V: ช่วงห่าง
- ⑤ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — ระบบที่ซ่อมได้ (GRP / Kijima)

2026-11-04 11:36:49

$\ell = \Sigma_{\text{เหตุการณ์}}\ [\ln \lambda(V + X) - H(V + X) + H(V)] - \Sigma_{\text{ทาง}}\ [H(V + X_c) - H(V)]\ ;\ H(t) = (t/\eta)^{\beta}\ ;$ ชนิด I $V \leftarrow V + q \cdot X$, ชนิด II $V \leftarrow q \cdot (V + X)$

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — ระบบที่ซ่อมได้ (GRP / Kijima) วันที่และเวลาที่คำนวณ และภาวะน่าจะเป็นของแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด

ข้อมูลนำเข้า

1	ข้อมูล	แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว, การรันตัดปลาย 4 รายการ, การสังเกต 5,000 ชม. (กลุ่มเครื่องจักร)
2	แบบจำลอง	อัตราเสี่ยงไวบูลล์ + อายุเสมือน Kijima ชนิด I $V \leftarrow V + q \cdot X$
3	นาฬิกา	นาฬิกาเริ่มที่ 0 สำหรับทุกหน่วย
4	ระดับความเชื่อมั่น	95 %

ข้อมูลนำเข้า

- ① ข้อมูล แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว, การรันตัดปลาย 4 รายการ, การสังเกต 5,000 ชม. (กลุ่มเครื่องจักร): หลังความล้มเหลวสุดท้ายของปั๊มแต่ละตัว มีการรันตัดปลายถึง 5,000 ชั่วโมง
- ② แบบจำลอง อัตราเสี่ยงไวบูลล์ + อายุเสมือน Kijima ชนิด I $V \leftarrow V + q \cdot X$
- ③ นาฬิกา นาฬิกาเริ่มที่ 0 สำหรับทุกหน่วย
- ④ ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลลัพธ์

1	รูปร่าง $\hat{\beta}$	1.8975 (SE 0.3466) [1.3265, 2.7142]
2	สเกล $\hat{\eta}$ (ชม.)	785.56 (SE 144.20) [548.19, 1,125.71]
3	การฟื้นฟู $\hat{q}$	0.1362 — ช่วงโปรไฟล์ 95 % [0.015, 0.593]
4	ℓ_max (ค่าสูงสุดของโปรไฟล์)	-284.3482
5	LR เทียบกับทำใหม่ (q = 0)	5.335 (p 0.0209)
6	LR เทียบกับซ่อมขั้นต่ำ (q = 1)	4.990 (p 0.0255)
7	MTBF ที่อายุเสมือนเฉลี่ย (ชม.)	358.70 ($\bar{V}$ 629.21 h)

ผลลัพธ์

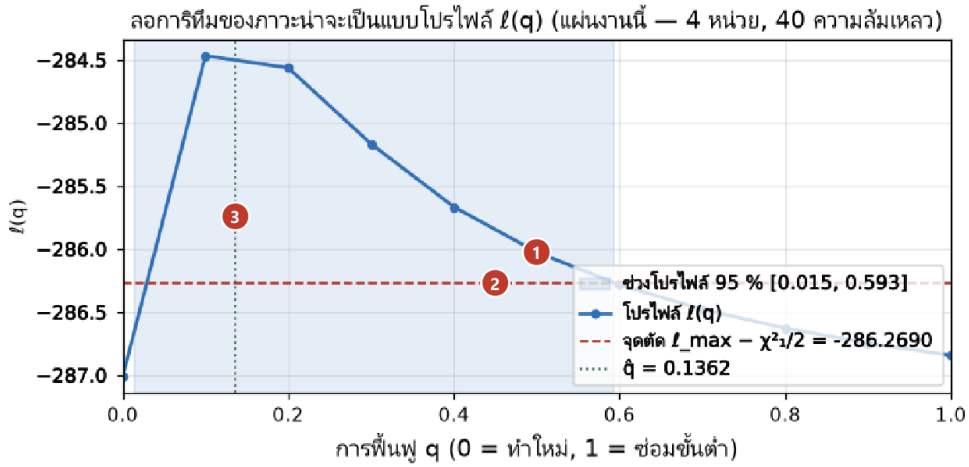
- ① รูปร่าง $\hat{\beta}$ 1.8975 (SE 0.3466) [1.3265, 2.7142]
- ② สเกล $\hat{\eta}$ (ชม.) 785.56 (SE 144.20) [548.19, 1,125.71]
- ③ การฟื้นฟู $\hat{q}$ 0.1362 — ช่วงโปรไฟล์ 95 % [0.015, 0.593]
- ④ ℓ_max (ค่าสูงสุดของโปรไฟล์) -284.3482
- ⑤ LR เทียบกับทำใหม่ (q = 0) 5.335 (p 0.0209)
- ⑥ LR เทียบกับซ่อมขั้นต่ำ (q = 1) 4.990 (p 0.0255)
- ⑦ MTBF ที่อายุเสมือนเฉลี่ย (ชม.) 358.70 ($\bar{V}$ 629.21 h)

การตีความ

1	การซ่อมรักษาสภาพของหน่วยไว้ประมาณ 86 % (q = 0 คือทำใหม่เต็มที่, q = 1 คือไม่ซ่อมเลย) ช่วงโปรไฟล์ 95 % ของ q คือ [0.015, 0.593] (ความกว้าง 0.578); q = 0 อยู่outsideช่วง และ q = 1 อยู่outsideช่วง

การตีความ

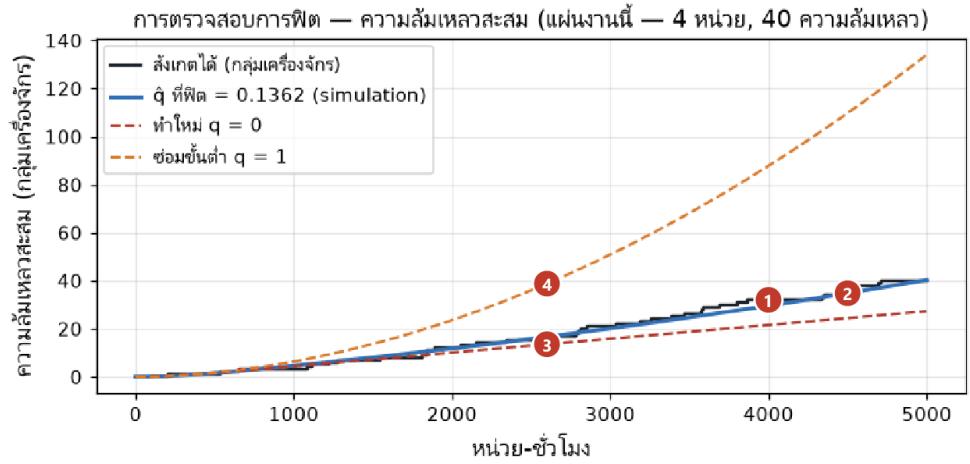
- ① การอ่านของ ReliaEn: การซ่อมรักษาสภาพของหน่วยไว้ประมาณ 86 % (q = 0 คือทำใหม่เต็มที่, q = 1 คือไม่ซ่อมเลย) ช่วงโปรไฟล์ 95 % ของ q คือ [0.015, 0.593] (ความกว้าง 0.578); q = 0 อยู่outsideช่วง และ q = 1 อยู่outsideช่วง



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นแบบโปรไฟล์ ℓ(q) (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

- ① โปรไฟล์ ℓ(q): เส้นผ่านสิบเอ็ดค่าในตารางด้านล่าง ยอดของเส้นจึงอยู่ที่ q = 0.1 แถบแรเงาคือช่วง
- ② จุดตัด ℓ_max − χ²₁/2 = -286.2690: ค่า q ที่เส้นอยู่เหนือเส้นนี้อยู่ภายในช่วง
- ③ q̂ = 0.1362: ยอดจริง อยู่ระหว่างสองค่าในสิบเอ็ดค่า



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

การตรวจสอบการฟิต — ความล้มเหลวสะสม (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

- ① สังเกตได้ (กลุ่มเครื่องจักร): ความล้มเหลวในบันทึก ขึ้นเป็นขั้นถึง 40
- ② q̂ ที่ฟิต = 0.1362 (simulation): แบบจำลองที่ฟิต ทับบนบันทึก
- ③ ทำใหม่ q = 0: β และ η̂ เดียวกันเมื่อทำใหม่เต็มที่ ต่ำเกินไป
- ④ ซ่อมขั้นต่ำ q = 1: β และ η̂ เดียวกันเมื่อซ่อมขั้นต่ำ สูงเกินไปมาก

ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นแบบโปรไฟล์ ℓ(Q) — สิบเอ็ดค่า (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

1 จุดตัด ℓ_max − χ^2_1(95 %)/2 = -286.2690; ช่วงโปรไฟล์ 95 % [0.015, 0.593] (ความกว้าง 0.578); $\hat{q}$ = 0.1362

2 q	3 ℓ(q)	4 อยู่ภายในช่วงหรือไม่
0.0	-287.0158	no
0.1	-284.4664	yes
0.2	-284.5627	yes
0.3	-285.1661	yes
0.4	-285.6657	yes
0.5	-286.0247	yes
0.6	-286.2845	no
0.7	-286.4786	no
0.8	-286.6282	no
0.9	-286.7470	no
1.0	-286.8435	no

ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นแบบโปรไฟล์ ℓ(q) — สิบเอ็ดค่า (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

- ① จุดตัด ℓ_max − χ^2_1(95 %)/2 = -286.2690; ช่วงโปรไฟล์ 95 % [0.015, 0.593] (ความกว้าง 0.578); $\hat{q}$ = 0.1362
- ② ถึง ④ คอลัมน์ q, ℓ(q), อยู่ภายในช่วงหรือไม่: ตั้งแต่ -287.0158 ที่ q = 0.0 ผ่าน -284.4664 ที่ 0.1 ถึง -286.8435 ที่ 1.0 การ์ดพิมพ์ yes ที่ 0.1 ถึง 0.5 และ no ที่เหลือ

Q แบบเบย์ — ไพรเออร์สม่ำเสมอบน [0, 1]

1 ภายหลังจากภาวะน่าจะเป็นแบบโปรไฟล์บน 101 จุดกริด: β, η ที่ค่าสูงสุดแบบมีเงื่อนไขที่แต่ละ q ไม่ได้อินทิเกรตออก

ปริมาณ	ค่า
2 ค่าเฉลี่ยภายหลัง	0.3038
3 มัธยฐานภายหลัง	0.2246
4 ฐานนิยมภายหลัง (กริด)	0.14 (ℓ = -284.3493)
5 ช่วงความน่าเชื่อถือ 95 %	[0.0410, 0.9085]

q แบบเบย์ — ไพรเออร์สม่ำเสมอบน [0, 1]

- ① ภายหลังจากภาวะน่าจะเป็นแบบโปรไฟล์บน 101 จุดกริด: β, η ที่ค่าสูงสุดแบบมีเงื่อนไขที่แต่ละ q ไม่ได้อินทิเกรตออก
- ② ค่าเฉลี่ยภายหลัง 0.3038
- ③ มัธยฐานภายหลัง 0.2246
- ④ ฐานนิยมภายหลัง (กริด) 0.14 (ℓ = -284.3493)
- ⑤ ช่วงความน่าเชื่อถือ 95 % [0.0410, 0.9085]

การตรวจสอบการฟิต — ความล้มเหลวสะสมที่คาดหวัง ณ จุดสิ้นสุดการสังเกต (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

1 แขนที่ฟิตโดย simulation; แต่ละหน่วยถูกติดตามถึงจุดสิ้นสุดการสังเกตของตนเอง

2 แบบจำลอง	3 รวมที่คาดหวัง	4 สังเกตได้
5 ฟิต (q̂ = 0.1362)	40.28 (SE 0.11)	40
6 ทำใหม่ (q = 0)	27.29	40
7 ซ่อมขั้นต่ำ (q = 1)	134.04	40

8 ค่าเริ่มต้นสุ่ม 20260825, N = 2,000 ต่อหน่วย

การตรวจสอบการฟิต — ความล้มเหลวสะสมที่คาดหวัง ณ จุดสิ้นสุดการสังเกต (แผ่นงานนี้ — 4 หน่วย, 40 ความล้มเหลว)

- ① แขนที่ฟิตโดย simulation; แต่ละหน่วยถูกติดตามถึงจุดสิ้นสุดการสังเกตของตนเอง
- ② ถึง ④ คอลัมน์ แบบจำลอง, รวมที่คาดหวัง, สังเกตได้
- ⑤ ฟิต (q̂ = 0.1362): 40.28 (SE 0.11) เทียบกับ 40
- ⑥ ทำใหม่ (q = 0): 27.29 เทียบกับ 40
- ⑦ ซ่อมขั้นต่ำ (q = 1): 134.04 เทียบกับ 40
- ⑧ ค่าเริ่มต้นสุ่ม 20260825, N = 2,000 ต่อหน่วย: การรันซ้ำพิมพ์ตัวเลขเดิม

การ์ดพยากรณ์ — 4 หน่วย ตลอด 8,760 ชม. (การฟิตนี้)

ปริมาณ	ค่า
1 ชุดสามค่า	β 1.8975, η 785.56 ชม., q 0.1362 (การฟิตนี้)
2 หน่วย	4
3 ระยะเวลาพิจารณา	8,760 h
4 ความล้มเหลวที่คาดหวังต่อหน่วย	22.93 (SE 0.09) — โดย simulation
5 ความล้มเหลวที่คาดหวัง, ทุกหน่วย	91.71

6 ค่าเริ่มต้นสุ่ม 20260825, N = 2,000 ต่อหน่วย

การ์ดพยากรณ์ — 4 หน่วย ตลอด 8,760 ชม. (การฟิตนี้)

- ① ชุดสามค่า β 1.8975, η 785.56 ชม., q 0.1362 (การฟิตนี้)
- ② หน่วย 4
- ③ ระยะเวลาพิจารณา 8,760 h
- ④ ความล้มเหลวที่คาดหวังต่อหน่วย 22.93 (SE 0.09) — โดย simulation สำหรับหน่วยที่เริ่มใหม่
- ⑤ ความล้มเหลวที่คาดหวัง, ทุกหน่วย 91.71
- ⑥ ค่าเริ่มต้นสุ่ม 20260825, N = 2,000 ต่อหน่วย

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

การซ่อมดีเพียงใด q̂ คือ 0.1362: การซ่อมเหลืออายุไว้ราว 14 % ของอายุที่ปั๊มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ความล้มเหลวครั้งก่อน และเอาส่วนที่เหลือออก ช่วงโปรไฟล์ 95 % อยู่ระหว่าง 0.015 ถึง 0.593 กว้างแต่ไม่แตะทั้งสองขั้ว การทดสอบบอกเช่นเดียวกัน: เทียบกับการทำใหม่เต็มที่ LR = 5.335, p = 0.0209 เทียบกับการซ่อมขั้นต่ำ LR = 4.990, p = 0.0255 การซ่อมไม่ใช่ทั้งสองอย่าง

ปั๊มเสื่อมอย่างไร β = 1.8975 และ η̂ = 785.56 ชั่วโมง: มากกว่า 1 อัตราเสี่ยงจึงเพิ่มตามอายุเสมือน หลังการซ่อมครั้งสุดท้าย ปั๊มแต่ละตัวมีอายุเสมือนค่าหนึ่ง ค่าเฉลี่ยของปั๊มทั้งสี่คือ 629.21 ชั่วโมง และปั๊มที่อายุนั้นทำงานเฉลี่ย 358.70 ชั่วโมงถึงความล้มเหลวครั้งถัดไป เวลาทำงานนับจากการซ่อมครั้งสุดท้ายไม่ได้รวมอยู่ในอายุนี้

เชื่อ q ได้แค่ไหน โปรไฟล์ลดลงเพียง 2.4953 จากยอดที่ q̂ ถึง q = 1 และ 2.6676 ถึง q = 0 ความล้มเหลว 40 ครั้งจึงระบุ q ได้หลวม ๆ การ์ดแบบเบย์ให้ช่วงเดียวของ q: ค่าเฉลี่ย 0.3038 มัธยฐาน 0.2246 ช่วงความน่าเชื่อถือ 95 % 0.0410 ถึง 0.9085 กว้างกว่าช่วงโปรไฟล์ เพราะนับด้านแบนยาวของโปรไฟล์ไปทาง 1 ด้วย

การฟิตตรงกับบันทึกหรือไม่ ด้วย β และ η̂ ของมันเอง แบบจำลองที่ฟิตคาดความล้มเหลว 40.28 ครั้งที่จุดสิ้นสุดการสังเกต เทียบกับ 40 ครั้งในบันทึก β และ η̂ เดียวกันเมื่อ q = 0 คาด 27.29 และเมื่อ q = 1 คาด 134.04: ไม่มีขั้วใดเข้าใกล้

ควรตัดสินใจอย่างไร สร้างแบบจำลองปั๊มด้วย q̂ 0.1362 ไม่ใช่ดีเหมือนใหม่หลังซ่อม และไม่ใช่แย่เท่าเดิม ปั๊มที่เริ่มใหม่คาดว่าจะล้มเหลว 22.93 ครั้งใน 8,760 ชั่วโมงถัดไป และปั๊มใหม่สี่ตัว 91.71 ครั้ง ปั๊มที่ใช้งานอยู่แล้วมีอายุเสมือนติดตัว ซึ่งการ์ดนี้ไม่ได้รวมไว้: อ่าน 91.71 เป็นตัวเลขของชุดใหม่ ไม่ใช่การพยากรณ์ของปั๊มสี่ตัวนี้