ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร หน่วยไม่ได้ทำงานภายใต้สภาวะเดียวกันทั้งหมด: บางหน่วยร้อน บางหน่วยรับแรงดันหรือภาระสูงกว่า บางหน่วยมาจากผู้จำหน่ายอีกราย จากหนึ่งแถวต่อหนึ่งหน่วยในแผ่นงาน - เวลาจนล้มเหลว หรือเวลาทำงานโดยไม่ล้มเหลว ธงตัดปลาย และตัวแปรร่วมไม่เกินสามตัว (สภาวะที่วัดได้ของหน่วยนั้น) - ReliaEn ฟิตการถดถอยของอายุด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุด: ln T = b0 + b1·g(X1) + b2·g(X2) + b3·g(X3) + ค่าคลาดเคลื่อน โดย g แต่ละตัวคือการแปลงที่คุณเลือก (x, ln x หรือ 1/x) และค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปตามการแจกแจงไวบูลล์หรือล็อกนอร์มอลที่มีรูปร่างร่วมเดียว

สิ่งที่ **ReliaEn พิมพ์**	สิ่งที่บอก
รูปร่างร่วม (β หรือ σ) พร้อม SE	การกระจายของอายุรอบเส้นถดถอย
สัมประสิทธิ์: b แต่ละตัวพร้อม SE การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และคำตัดสิน	สภาวะใดเปลี่ยนอายุจริงในข้อมูลนี้ และแรงเพียงใด
อายุที่ X*: B10 พร้อมช่วง B50 MTTF และ R ที่เวลาภารกิจ	อายุที่คาดได้ภายใต้สภาวะที่คุณพิมพ์
บรรทัด **ข้อควรระวัง** สำหรับ X* ที่อยู่นอกช่วงที่ทดสอบ	ตรงไหนที่การพยากรณ์เป็นการต่อขยาย
กราฟความน่าจะเป็นของส่วนตกค้าง	การแจกแจงและการแปลงที่เลือกเหมาะหรือไม่

จากข้อมูลใด หนึ่งแถวต่อหนึ่งหน่วย: เวลา ธงตัดปลาย (ถ้ามี - ว่างหรือ 0 = ล้มเหลว 1 = ยังทำงาน) และคอลัมน์ตัวแปรร่วมหนึ่งถึงสามคอลัมน์

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อหน่วยทำงานภายใต้สภาวะต่างกันที่บันทึกไว้ และคำถามคือสภาวะใดสำคัญ และควรคาดอายุเท่าใดที่สภาวะใหม่

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ใช้แทน
การทดสอบแบบเร่งที่ออกแบบไว้ พร้อมแบบจำลองอายุ–ความเครียดที่มีชื่อ	ข้อมูลอายุ ▸ การทดสอบอายุแบบเร่ง... (บทที่ 2.18)
ไม่ต้องการสมมติการแจกแจงอายุ ต้องการอัตราส่วนอัตราเสี่ยงของตัวแปรร่วมแต่ละตัว	ข้อมูลอายุ ▸ การถดถอย Cox... (บทที่ 2.23)
รู้เพียงจำนวนที่ล้มเหลวในแต่ละระดับความเครียด	ข้อมูลอายุ ▸ การวิเคราะห์โพรบิต... (บทที่ 2.22)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. ผู้จำหน่ายตัวเก็บประจุทดสอบตัวเก็บประจุ 21 ตัวที่ 200 V, 300 V และ 400 V จนล้มเหลวทุกตัว การออกแบบใช้งานที่ 100 V วิศวกรต้องการรู้ว่าแรงดันเปลี่ยนอายุอย่างไร และมีกี่ตัวที่รอดถึง 20,000 ชั่วโมงที่ 100 V

แรงดัน	เวลาความล้มเหลว ชั่วโมง (แรงดันละ **7** ตัว)
200 V	3307.5, 6396.5, 3219.0, 10708.2, 4269.6, 2217.4, 5292.2
300 V	253.6, 133.8, 991.2, 571.5, 732.3, 279.4, 1150.5
400 V	946.4, 539.0, 189.8, 271.1, 549.1, 1318.2, 609.5

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
คอลัมน์ธงตัดปลาย	ไม่มี - ตัวเก็บประจุล้มเหลวทุกตัว

การแจกแจงอายุ / การแปลง X1	ไวบูลล์ / ln x (แบบจำลองกำลังผกผัน)
X1* (สภาวะใหม่) / เวลาภารกิจ t / ความเชื่อมั่น %	100 / 20000 / 95
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	2-Regression-With-Life-Data/Example-3.csv — คอลัมน์ Time และ X1 voltage 21 แถว

	① A	B	② C	D
1	3307.5		200	
2	6396.5		200	
3	3219.0		200	
4	10708.2		200	
5	4269.6		200	
6	2217.4		200	
7	5292.2		200	
8	253.6		300	
9	133.8		300	
10	991.2		300	
11	571.5		300	
12	732.3		300	
13	279.4		300	
14	1150.5		300	
15	946.4		400	
16	539.0		400	
17	189.8		400	
18	271.1		400	
19	549.1		400	
20	1318.2		400	
21	609.5		400	
22				

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว 21 ค่า
- ② คอลัมน์ C: แรงดันของตัวเก็บประจุแต่ละตัว คอลัมน์ B เว้นว่าง: เป็นที่สำหรับธงตัดปลาย

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

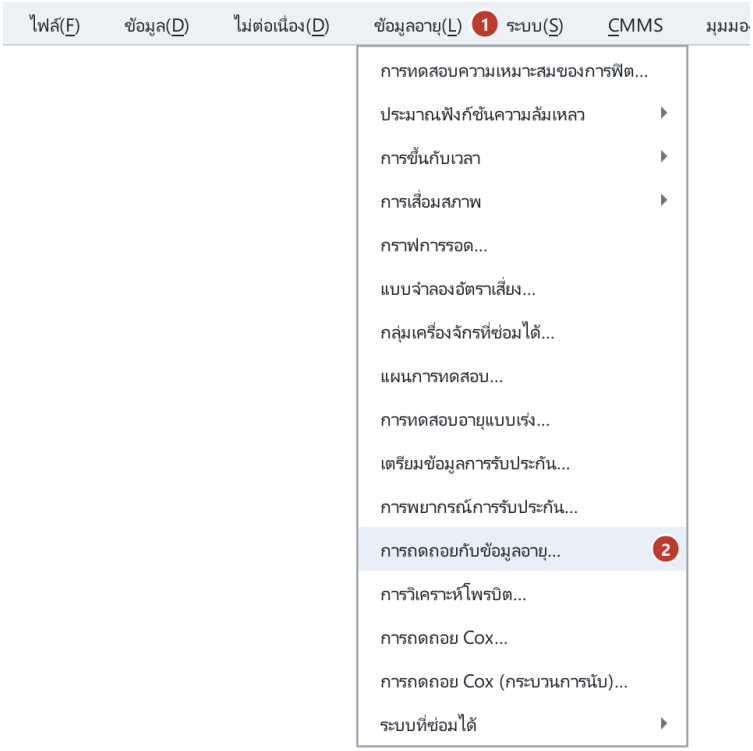
1. **ใส่เวลาในคอลัมน์ A และแรงดันในคอลัมน์ C** คัดลอก 21 ค่าของ Example-3.csv ใต้หัวคอลัมน์ Time ลงในคอลัมน์ A และค่าใต้ X1 voltage ลงในคอลัมน์ C เริ่มที่แถว 1 คอลัมน์ B เว้นว่าง: ใช้เก็บธงตัดปลาย และตัวเก็บประจุล้มเหลวทุกตัว

	① A	B	② C	D
1	3307.5		200	
2	6396.5		200	
3	3219.0		200	
4	10708.2		200	
5	4269.6		200	
6	2217.4		200	
7	5292.2		200	
8	253.6		300	
9	133.8		300	
10	991.2		300	
11	571.5		300	
12	732.3		300	
13	279.4		300	
14	1150.5		300	
15	946.4		400	
16	539.0		400	
17	189.8		400	
18	271.1		400	
19	549.1		400	
20	1318.2		400	
21	609.5		400	
22				

ขั้นตอนที่ 1 — เวลาในคอลัมน์ A แรงดันในคอลัมน์ C

- ① คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว 21 ค่า ตั้งแต่ 133.8 ถึง 10708.2 ชั่วโมง
- ② คอลัมน์ C: แรงดันของตัวเก็บประจุแต่ละตัว - 200, 300 หรือ 400

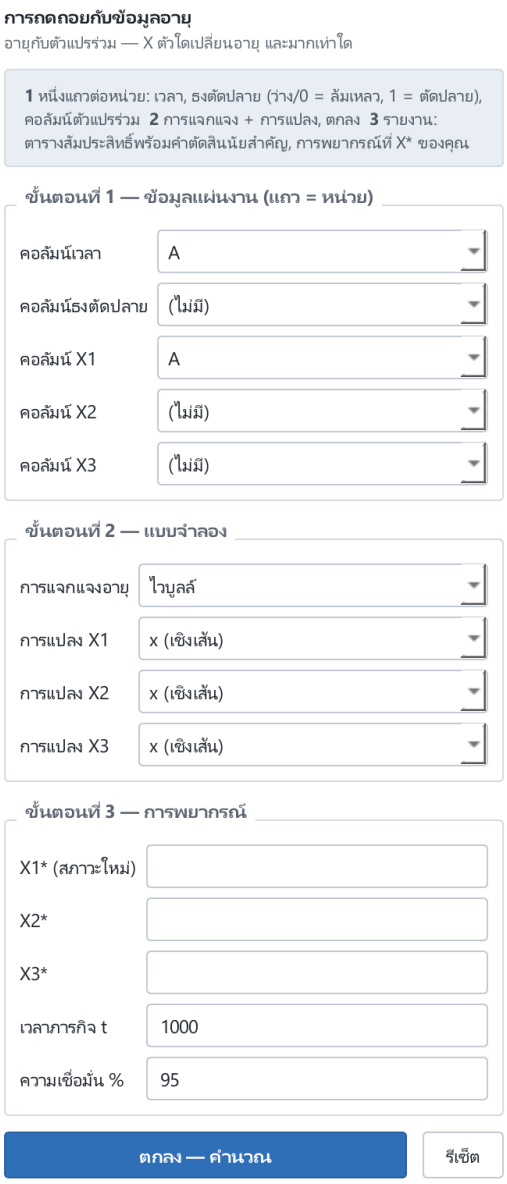
2. **เลือก ข้อมูลอายุ ▸ การถดถอยกับข้อมูลอายุ...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม การถดถอยกับข้อมูลอายุ เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

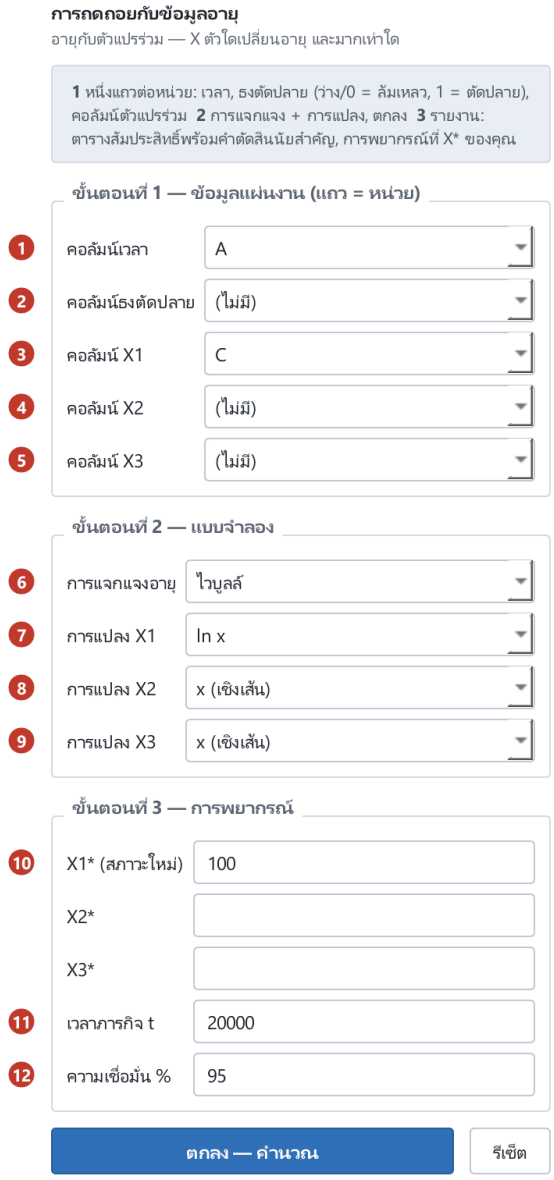
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② การถดถอยกับข้อมูลอายุ...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

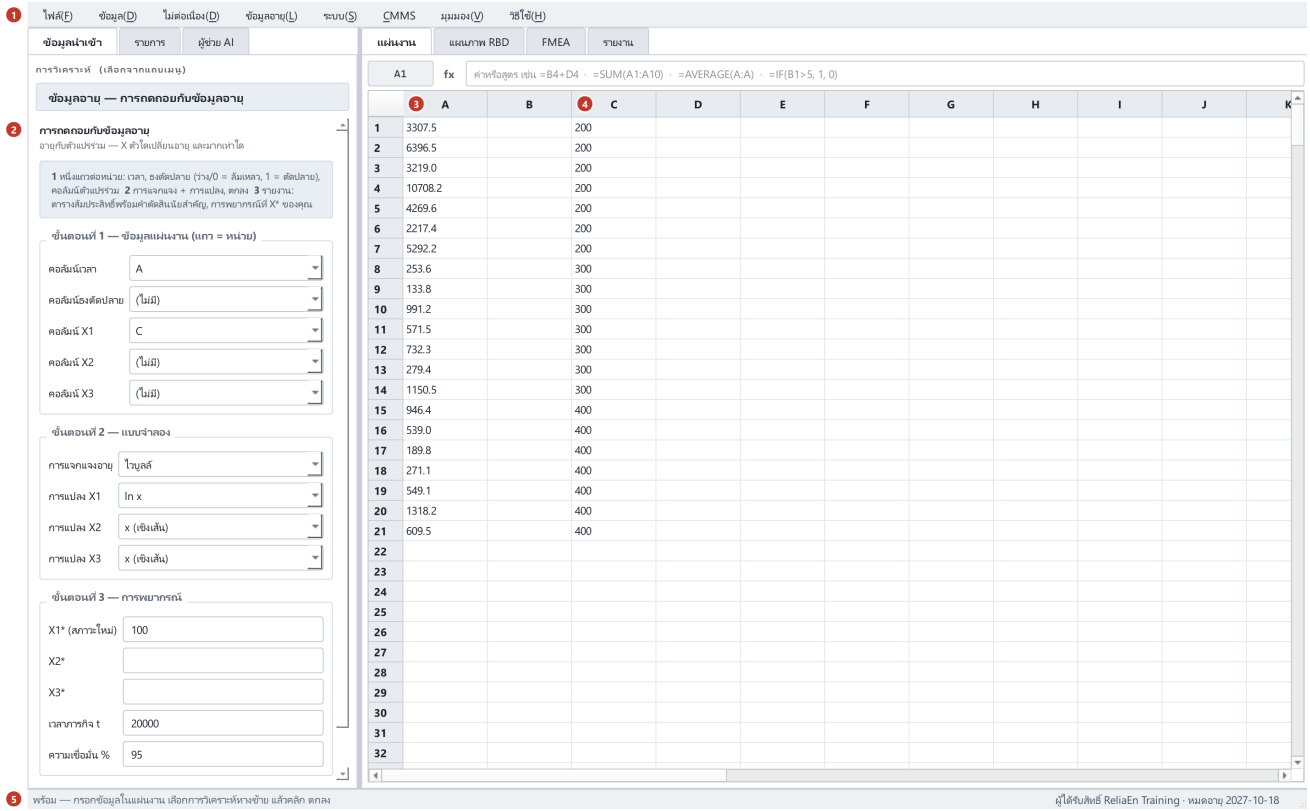
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 14 ตั้งหรือตรวจสิบสองช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ⑫ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 14 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ตรวจว่า คอลัมน์เวลา เป็น A**
4. ② **ตรวจว่า คอลัมน์ธงตัดปลาย เป็น (ไม่มี)** ตัวเก็บประจุล้มเหลวทุกตัว
5. ③ **ใน คอลัมน์ X1 เลือก C**
6. ④ **ตรวจว่า คอลัมน์ X2 เป็น (ไม่มี)**
7. ⑤ **ตรวจว่า คอลัมน์ X3 เป็น (ไม่มี)**
8. ⑥ **ตรวจว่า การแจกแจงอายุ เป็น ไวบูลล์**
9. ⑦ **ใน การแปลง X1 เลือก ln x** แรงดันเข้าแบบจำลองเป็นลอการิทึม: แบบจำลองกำลังผกผัน
10. ⑧ **ตรวจว่า การแปลง X2 เป็น x (เชิงเส้น)**
11. ⑨ **ตรวจว่า การแปลง X3 เป็น x (เชิงเส้น)** การแปลง X2 และ X3 ไม่ได้ใช้ที่นี่
12. ⑩ **ใน X1* (สภาวะใหม่) พิมพ์ 100** แรงดันออกแบบ
13. ⑪ **ใน เวลาภารกิจ t พิมพ์ 20000** ช่องเปิดที่ 1000
14. ⑫ **ตรวจว่า ความเชื่อมั่น % เป็น 95**

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



ขั้นตอนที่ 15 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 14 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ที่ท้าย
- ③ คอลัมน์ A: เวลาความล้มเหลว
- ④ คอลัมน์ C: แรงดัน
- ⑤ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — การถดถอยกับข้อมูลอายุ
2026-11-04 08:33:04
ln T = b0 + Σ bj·g(Xj) + β·ε (weibull)

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — การถดถอยกับข้อมูลอายุ วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: ln T = b0 + Σ bj·g(Xj) + β·ε (weibull)

1 ข้อมูลนำเข้า

ข้อมูล	**แผ่นงานนี้ — 21 ความล้มเหลว / 0 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม**
2 แบบจำลอง	**ln T = b0 + Σ bj·g(Xj) + ความคลาดเคลื่อน Weibull สเกล β**
3 การแปลง	**X1: ln x**

ข้อมูลนำเข้า

- ① ข้อมูล แผ่นงานนี้ — 21 ความล้มเหลว / 0 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม
- ② แบบจำลอง ln T = b0 + Σ bj·g(Xj) + ความคลาดเคลื่อน Weibull สเกล β
- ③ การแปลง X1: ln x

ผลลัพธ์

1	รูปร่างร่วม β	1.5111 (SE 0.2538)
2	อายุที่ X* — B10	8,631.1 [2,844.6, 26,187.9] (CI 95%)
3	อายุที่ X* — B50 / MTTF	30,025.1 / 34,514.6
4	R(20000) ที่ X*	0.6872

ผลลัพธ์

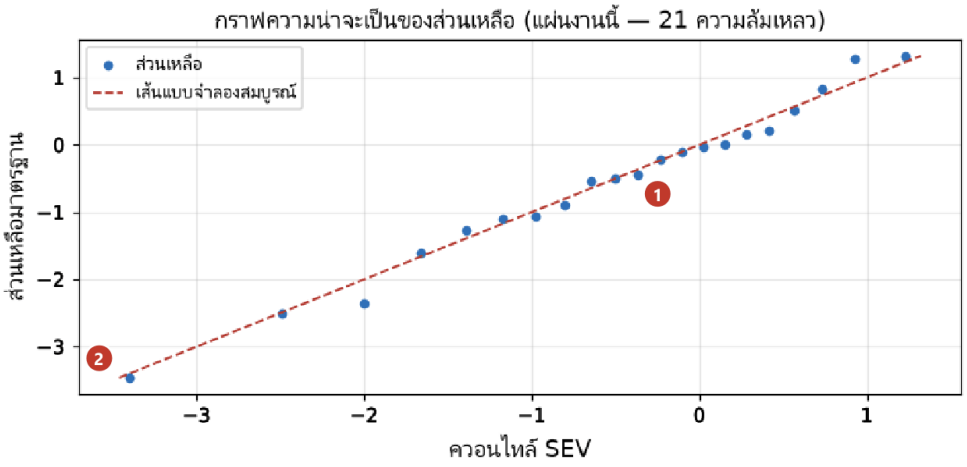
- ① รูปร่างร่วม β 1.5111 (SE 0.2538)
- ② อายุที่ X* — B10 8,631.1 [2,844.6, 26,187.9] (CI 95%): ที่ 100 V
- ③ อายุที่ X* — B50 / MTTF 30,025.1 / 34,514.6
- ④ R(20000) ที่ X* 0.6872

การตีความ

1 แต่ละสัมประสิทธิ์ขยับลอการิทึมของอายุ: bj > 0 หมายความว่า g(Xj) ที่ใหญ่ขึ้นทำให้อายุยาวขึ้นแบบทวีคูณ (อายุ × e^bj ต่อหน่วยของ g) คอลัมน์คำตัดสิน LR คือตัวกรองที่ตรงไปตรงมา — ตัวแปรร่วมที่ไม่ผ่านคือสัญญาณรบกวนที่แต่งตัวเป็นความซับ; ฟิตใหม่โดยไม่มีมันก่อนเชื่อการพยากรณ์

การตีความ

- ① การอ่านของ ReliaEn: แต่ละสัมประสิทธิ์ขยับลอการิทึมของอายุ: bj > 0 หมายความว่า g(Xj) ที่ใหญ่ขึ้นทำให้อายุยาวขึ้นแบบทวีคูณ (อายุ × e^bj ต่อหน่วยของ g) คอลัมน์คำตัดสิน LR คือตัวกรองที่ตรงไปตรงมา — ตัวแปรร่วมที่ไม่ผ่านคือสัญญาณรบกวนที่แต่งตัวเป็นความซับ; ฟิตใหม่โดยไม่มีมันก่อนเชื่อการพยากรณ์



กราฟแบบโต้ตอบ

กราฟความน่าจะเป็นของส่วนเหลือ (แผ่นงานนี้ — 21 ความล้มเหลว)

- ① ส่วนเหลือ: ส่วนเหลือมาตรฐาน 21 ค่าบนกริดค่าสุดขีดของไวบูลล์
- ② เส้นแบบจำลองสมบูรณ์: จุดที่ใกล้เส้นสนับสนุนไวบูลล์และการแปลง ln x

สัมประสิทธิ์ (แผ่นงานนี้ — 21 ความล้มเหลว / 0 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม)

1 LR = 2·Δloglik เมื่อตัดพจน์ออก, ~ $\chi^2(1)$ นัยสำคัญที่นี่เป็นเรื่องหลักฐานของชุดข้อมูลนี้ ไม่ใช่ฟิสิกส์ — ผลกระทบจริงอาจไม่ผ่านบนตัวอย่างเล็ก

2 พจน์	3 ค่าประมาณ	4 SE	5 LR / p	6 คำตัดสิน
7 b0 (จุดตัด)	24.6506	2.5089	–	–
8 b1 (X1, ln x)	-3.0614	0.4424	22.545 / 0.0000	มีนัยสำคัญ

สัมประสิทธิ์ (แผ่นงานนี้ — 21 ความล้มเหลว / 0 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม)

- ① LR = 2·Δloglik เมื่อตัดพจน์ออก, ~ $\chi^2(1)$ นัยสำคัญที่นี่เป็นเรื่องหลักฐานของชุดข้อมูลนี้ ไม่ใช่ฟิสิกส์ — ผลกระทบจริงอาจไม่ผ่านบนตัวอย่างเล็ก
- ② ถึง ⑥ คอลัมน์ พจน์, ค่าประมาณ, SE, LR / p, คำตัดสิน
- ⑦ b0 (จุดตัด) 24.6506, SE 2.5089
- ⑧ b1 (X1, ln x) -3.0614, SE 0.4424, LR / p 22.545 / 0.0000, มีนัยสำคัญ: เลขชี้กำลังของแรงดัน

การถดถอยกับข้อมูลอายุ — ข้อควรระวัง

1 X1 = 100 อยู่นอกช่วงที่สังเกตได้ [200, 400] — การพยากรณ์นี้เป็นการต่อขยายที่พึ่งพารูปแบบของแบบจำลอง

การถดถอยกับข้อมูลอายุ — ข้อควรระวัง

- ① X1 = 100 อยู่นอกช่วงที่สังเกตได้ [200, 400] — การพยากรณ์นี้เป็นการต่อขยายที่พึ่งพารูปแบบของแบบจำลอง

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

แรงดันเปลี่ยนอายุหรือไม่ ใช่ อย่างมาก สัมประสิทธิ์ของ ln V คือ b1 = −3.0614 (SE 0.4424) และการตัดออกทำให้การฟิตเสียไปมาก จน LR = 22.545 (p ต่ำกว่า 0.0001): มีนัยสำคัญ เมื่อใช้ ln x สัมประสิทธิ์คือเลขชี้กำลังแรงดันของแบบจำลองกำลังผกผัน - อายุลดลงตามแรงดันยกกำลัง 3.0614 การลดแรงดันลงครึ่งหนึ่งจึงคูณอายุด้วย 2^3.0614 ประมาณ 8.3

การกระจาย รูปร่างไวบูลล์ร่วมคือ β = 1.5111 (SE 0.2538): สูงกว่า 1 ตัวเก็บประจุสึกหรอที่ทุกแรงดัน

อายุที่ 100 V ตัวเก็บประจุหนึ่งในสิบล้มเหลวภายใน 8,631.1 ชั่วโมง (B10) ครึ่งหนึ่งภายใน 30,025.1 (B50) อายุเฉลี่ยคือ 34,514.6 ชั่วโมง ที่ภารกิจ 20,000 ชั่วโมง R = 0.6872: ประมาณหนึ่งในสามล้มเหลวก่อน ถ้าการออกแบบต้องถึง 20,000 ชั่วโมง ให้ลดพิกัดแรงดันหรือวางแผนการเปลี่ยน

เชื่อได้แค่ไหน 100 V ต่ำกว่าทุกแรงดันที่ทดสอบ การพยากรณ์จึงเป็นการต่อขยาย และรายงานบอกไว้ในการ์ดข้อควรระวัง ช่วงของ B10 ตั้งแต่ 2,844.6 ถึง 26,187.9 ชั่วโมงแสดงว่าข้อมูลกำหนดค่านี้ได้หลวมเพียงใด ระดับทดสอบที่ใกล้ 100 V จะทำให้ช่วงแคบลง