ลอจิสติก — อายุแบบสมมาตร กับอัตราเสี่ยงที่มีเพดาน

เมนู: ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงลอจิสติก...

ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร แบบจำลองลอจิสติกกระจายความล้มเหลวอย่างสมมาตรรอบศูนย์กลาง μ: F(t) = 1/(1 + e^(−(t − μ)/s)) อัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุแต่ค่อย ๆ คงตัวที่เพดาน 1/s หน่วยที่เก่าจึงเข้าใกล้อัตราความล้มเหลวเลวร้ายสุดที่คงที่ ReliaEn ฟิตตำแหน่ง μ (มัธยฐาน ซึ่งเท่ากับ MTTF ด้วย) และสเกล s (การกระจาย ในหน่วยของข้อมูลเอง) ด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุดพร้อมขอบเขต และให้อายุ B พร้อมขอบเขต และกราฟสองรูป

สิ่งที่ ReliaEn พิมพ์	สิ่งที่บอก
μ̂ และ **ŝ** พร้อมขอบเขต	ศูนย์กลางของความล้มเหลวและการกระจาย เป็นชั่วโมง
MTTF อายุมัธยฐาน	ทั้งสองเท่ากับ μ̂: แบบจำลองสมมาตร
อายุ B และ**ตารางเปอร์เซ็นไทล์**พร้อมขอบเขต	หน่วยส่วนหนึ่งล้มเหลวแล้วภายในอายุใด
กราฟความน่าจะเป็น	จุดเรียงบนเส้นลอจิสติกหรือไม่
R(t) และอัตราเสี่ยง	ความเชื่อถือได้ลดลงอย่างไร และเพดานที่อัตราเสี่ยงเข้าใกล้

จากข้อมูลใด อายุที่ล้มเหลวในคอลัมน์เดียวของแผ่นงาน หนึ่งแถวต่อหนึ่งหน่วยที่ล้มเหลว อายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว (ถ้ามี) อยู่ในอีกคอลัมน์หนึ่ง แบบฟอร์มนี้ยังอ่านช่วงการตรวจได้ด้วย (บทที่ 2.9)

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อความล้มเหลวรวมตัวอย่างสมมาตรรอบอายุทั่วไป - ความล้มเหลวเร็วและช้ามีโอกาสพอ ๆ กัน - และคำถามคือหน่วยล้มเหลวเมื่อใด และอัตราความล้มเหลวขึ้นได้สูงเพียงใด

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ใช้แทน
อายุติดลบไม่ได้ แต่การฟิตให้หน่วยส่วนหนึ่งอยู่ต่ำกว่าอายุ 0	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงล็อกลอจิสติก... (ลอจิสติกบน ln t)
อัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุไปเรื่อย ๆ ไม่มีเพดาน	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงไวบูลล์ (2P)...
หน่วยใช้งานได้ดีแล้วล้มเหลวในช่วงสึกหรอสั้นและรุนแรง	ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ ค่าสุดขีดต่ำสุด...

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. โรงงานติดตามข้อต่อเพลาปั๊ม 14 ชิ้นที่ใช้งานอยู่: 10 ชิ้นล้มเหลว และ 4 ชิ้นถูกถอดออกขณะยังทำงานได้ วิศวกรความเชื่อถือได้ต้องการรู้อายุของข้อต่อ และอายุที่ข้อต่อหนึ่งในสิบล้มเหลวแล้ว

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
อายุที่ล้มเหลว เป็นชั่วโมง (10)	42, 66, 87, 112, 128, 155, 176, 210, 240, 280
อายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว เป็นชั่วโมง (4)	50, 200, 300, 300
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	2-Logistic/Example-1.csv — คอลัมน์ Failure times (10) และ Censored times (4)
ความเชื่อมั่น % / ระดับอายุ B %	95 / 10 — ค่าที่แบบฟอร์มมีอยู่เมื่อเปิด

	① A	② B	C
1	42	50	
2	66	200	
3	87	300	
4	112	300	
5	128		
6	155		
7	176		
8	210		
9	240		
10	280		
11			

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 10 ค่า หนึ่งค่าต่อแถว เป็นชั่วโมง
- ② คอลัมน์ B: อายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว 4 ค่า

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

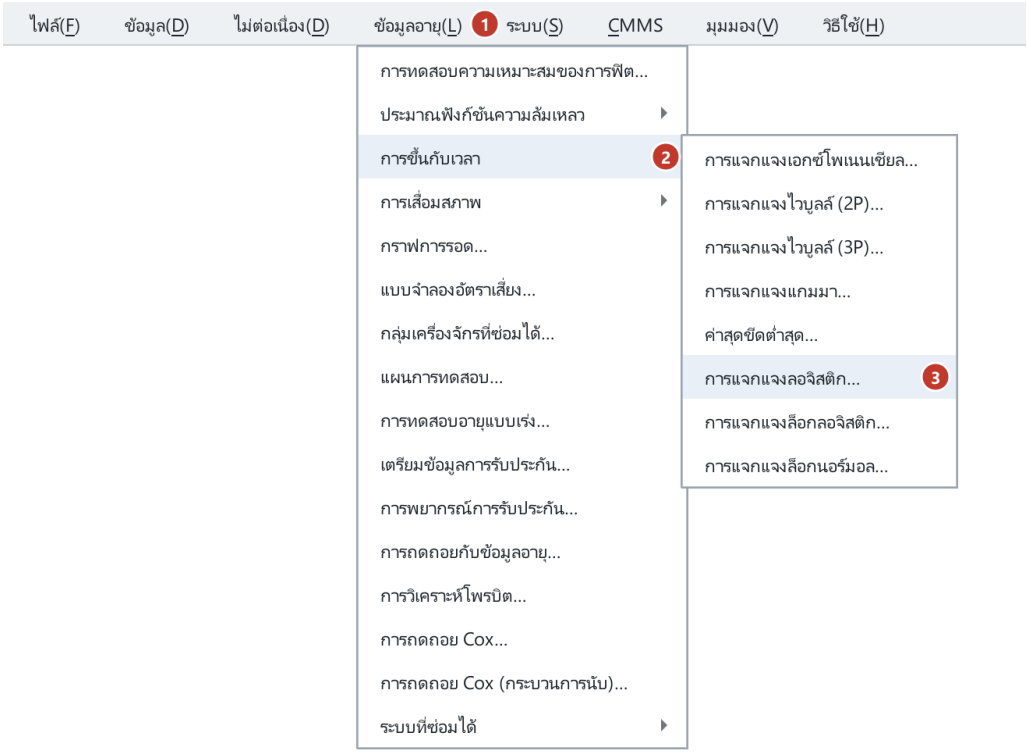
1. **ใส่อายุที่ล้มเหลวในคอลัมน์ A และอายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลวในคอลัมน์ B** คัดลอกค่าของ Example-1.csv ที่อยู่ใต้หัวคอลัมน์ Failure times และ Censored times ลงในคอลัมน์ A และ B ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1

	① A	② B	C
1	42	50	
2	66	200	
3	87	300	
4	112	300	
5	128		
6	155		
7	176		
8	210		
9	240		
10	280		
11			

ขั้นตอนที่ 1 — อายุที่ล้มเหลวและอายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลวในคอลัมน์ A และ B

- ① คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 10 ค่า ตั้งแต่ 42 ถึง 280
- ② คอลัมน์ B: อายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว 4 ค่า ตั้งแต่ 50 ถึง 300

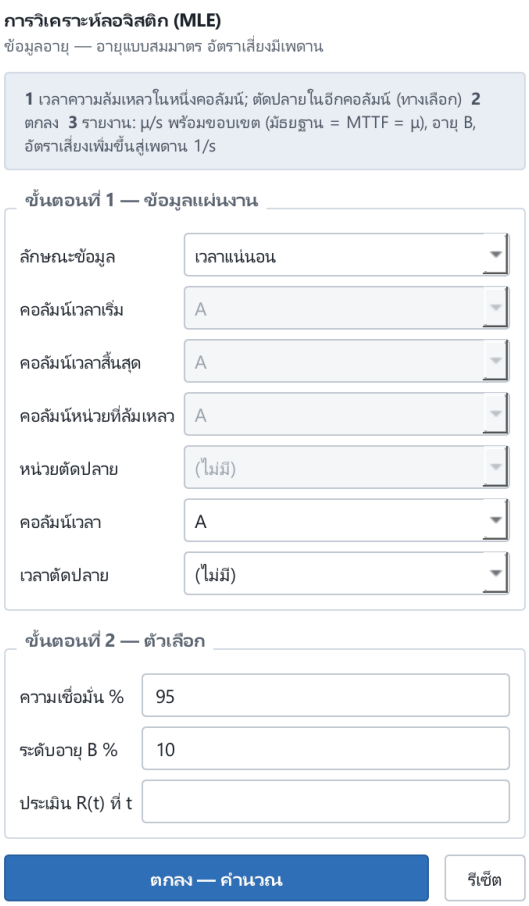
2. **เลือก ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงลอจิสติก...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม การวิเคราะห์ลอจิสติก (MLE) เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

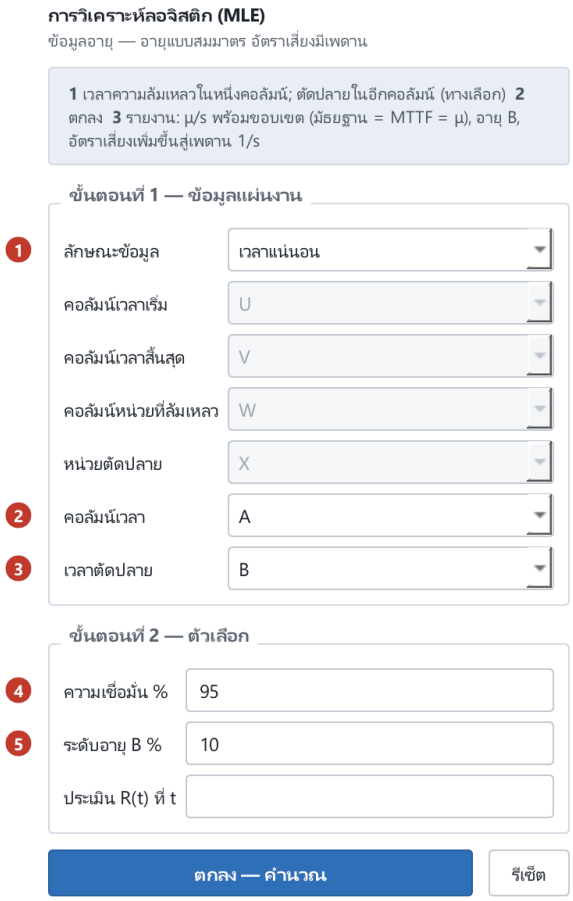
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② การขึ้นกับเวลา: เมนูย่อย
- ③ การแจกแจงลอจิสติก...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

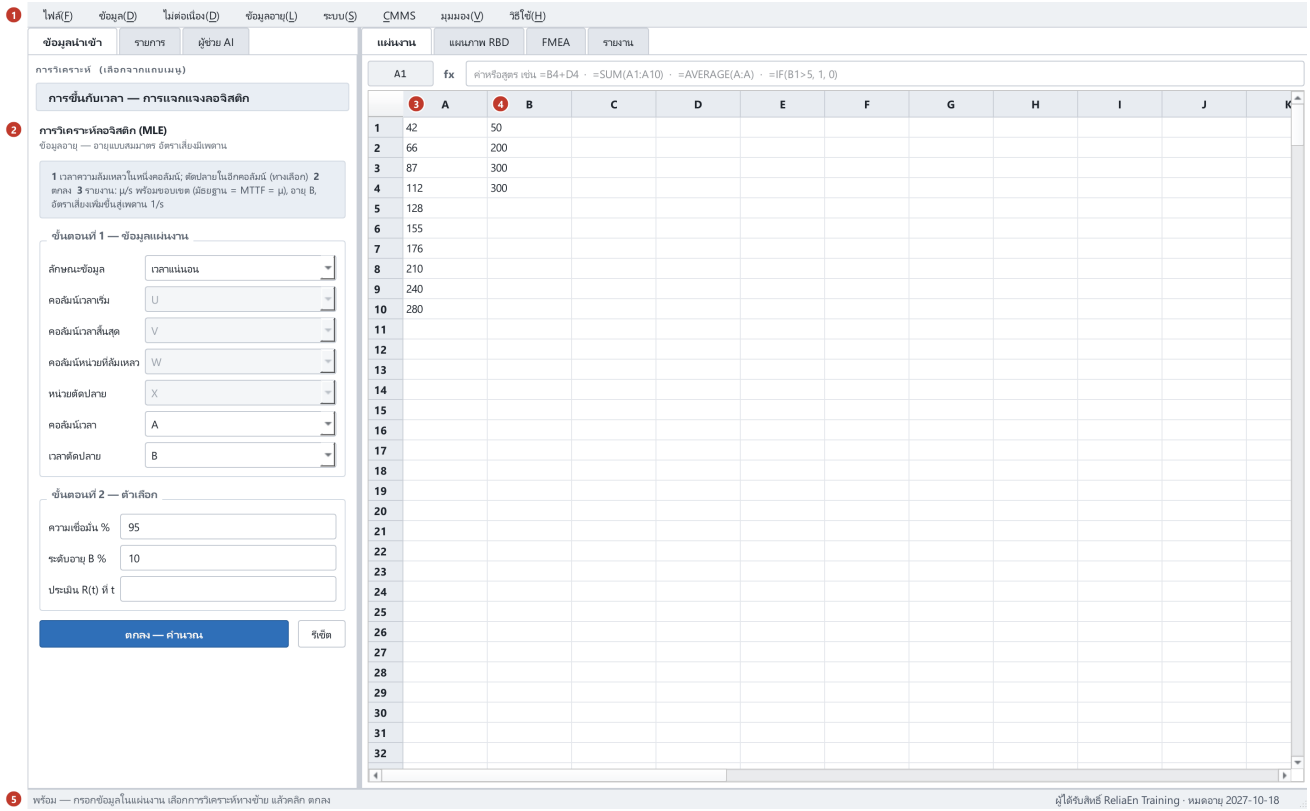
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 ตั้งหรือตรวจห้าช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ⑤ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ตรวจว่า ลักษณะข้อมูล เป็น เวลาแน่นอน**
4. ② **ใน คอลัมน์เวลา เลือก A**
5. ③ **ใน เวลาตัดปลาย เลือก B** คอลัมน์ B เก็บข้อต่อ 4 ชิ้นที่ถูกถอดออกขณะยังทำงานได้
6. ④ **ตรวจว่า ความเชื่อมั่น % เป็น 95**
7. ⑤ **ตรวจว่า ระดับอายุ B % เป็น 10** ค่านี้กำหนดอายุ B ในผลลัพธ์ ประเมิน R(t) ที่ t เว้นว่างไว้

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



ขั้นตอนที่ 8 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ที่ท้าย
- ③ คอลัมน์ A: อายุที่ล้มเหลว 10 ค่า
- ④ คอลัมน์ B: อายุของหน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว 4 ค่า
- ⑤ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — การวิเคราะห์ลอจิสติก (MLE)

```
2026-11-02 20:31:29
F(t) = 1/(1 + e^{-(t-μ)/s})
```

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — การวิเคราะห์ลอจิสติก (MLE) วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: F(t) = 1/(1 + e^{−(t−μ)/s})

ข้อมูลนำเข้า

1	n — หน่วยที่ทดสอบ	**14**
2	r — ความล้มเหลว	**10**
3	ตัดปลาย (หน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว)	**4**
4	ลักษณะข้อมูล	**เวลาแน่นอน**
5	การประมาณค่า	**MLE (ตำแหน่ง-สเกลแบบตัดปลาย)**

ข้อมูลนำเข้า

- ① n — หน่วยที่ทดสอบ 14
- ② r — ความล้มเหลว 10
- ③ ตัดปลาย (หน่วยที่ยังไม่ล้มเหลว) 4: ข้อต่อที่ถูกถอดออกขณะยังทำงานได้
- ④ ลักษณะข้อมูล เวลาแน่นอน
- ⑤ การประมาณค่า MLE (ตำแหน่ง-สเกลแบบตัดปลาย)

ผลลัพธ์

1	μ̂ — ตำแหน่ง	**187.5162 (SE 30.8858) [126.9812, 248.0511]**
2	ŝ — สเกล	**62.3998 (SE 15.8984) [37.8715, 102.8145] (CI สเกลลอการิทึม)**
3	MTTF	**187.52**
4	อายุมัธยฐาน	**187.52**
5	อายุ B10	**50.41 [-34.41, 135.23]**

ผลลัพธ์

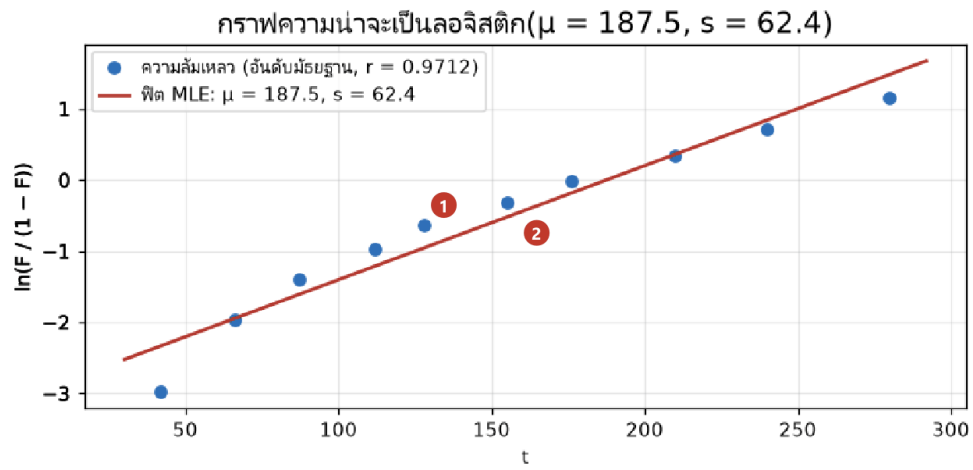
- ① μ̂ — ตำแหน่ง 187.5162 (SE 30.8858) [126.9812, 248.0511]: ศูนย์กลางของความล้มเหลว ข้อต่อครึ่งหนึ่งล้มเหลวภายในอายุนี้
- ② ŝ — สเกล 62.3998 (SE 15.8984) [37.8715, 102.8145] (CI สเกลลอการิทึม): การกระจาย เป็นชั่วโมง ขอบเขตคิดบนสเกลลอการิทึม ขอบล่างจึงยังมากกว่าศูนย์
- ③ MTTF 187.52
- ④ อายุมัธยฐาน 187.52: เท่ากับ MTTF และ μ̂ - แบบจำลองสมมาตร
- ⑤ อายุ B10 50.41 [-34.41, 135.23]: ข้อต่อหนึ่งในสิบล้มเหลวภายใน 50 ชั่วโมง - และขอบล่างต่ำกว่าศูนย์

การตีความ

1	แบบจำลองอายุลอจิสติก: สมมาตรรอบ μ (มัธยฐาน = MTTF = μ พอดี); อัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุสู่เพดาน 1/s = 0.01603 — หน่วยที่เก่าเข้าใกล้อัตราเลวร้ายสุดคงที่ หมายเหตุ: แบบจำลองรองรับเวลาติดลบ; เปอร์เซ็นไทล์ต่ำอาจต่ำกว่าศูนย์ — ตรวจสอบกับฟิสิกส์

การตีความ

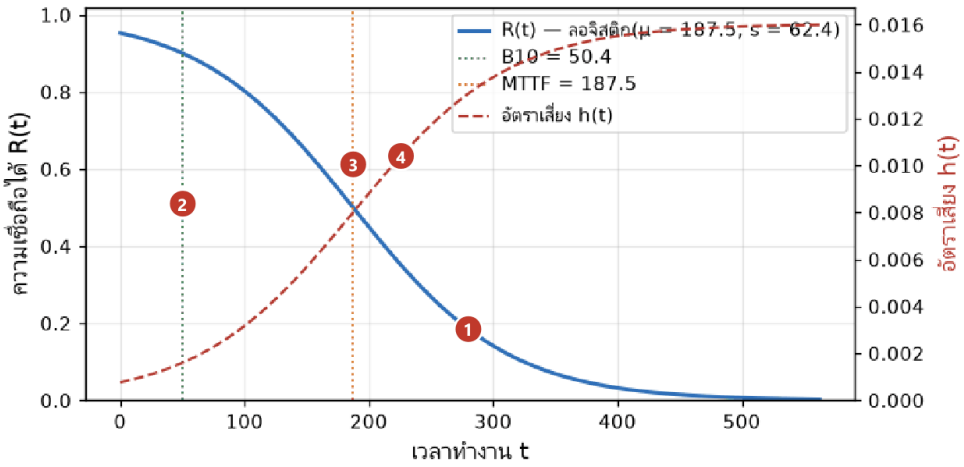
- ① การอ่านของ ReliaEn: แบบจำลองอายุลอจิสติก: สมมาตรรอบ μ (มัธยฐาน = MTTF = μ พอดี); อัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุสู่เพดาน 1/s = 0.01603 — หน่วยที่เก่าเข้าใกล้อัตราเลวร้ายสุดคงที่ หมายเหตุ: แบบจำลองรองรับเวลาติดลบ; เปอร์เซ็นไทล์ต่ำอาจต่ำกว่าศูนย์ — ตรวจสอบกับฟิสิกส์



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

กราฟความน่าจะเป็นลอจิสติก(μ = 187.5, s = 62.4)

- ① ความล้มเหลว (อันดับมัธยฐาน, r = 0.9712): อายุที่ล้มเหลว 10 ค่าบนกระดาษลอจิสติก
- ② ฟิต MLE: μ = 187.5, s = 62.4: เส้นที่ฟิต



🔍 กราฟแบบโต้ตอบ

ความเชื่อถือได้และอัตราเสี่ยง

- ① R(t) — ลอจิสติก(μ = 187.5, s = 62.4): สัดส่วนของข้อต่อที่ยังทำงานอยู่ ณ แต่ละอายุ เริ่มที่ประมาณ 0.95 ที่อายุ 0 ไม่ใช่ 1
- ② B10 = 50.4: จุดที่ R ตัด 90%
- ③ MTTF = 187.5: จุดที่ R ตัด 50%
- ④ อัตราเสี่ยง h(t): เพิ่มขึ้น แล้วค่อย ๆ ราบลงเข้าหาเพดาน 0.016 ต่อชั่วโมง

ตารางเปอร์เซ็นไทล์ — อายุ B พร้อมขอบเขต

1 B_p = อายุที่ p% ของหน่วยล้มเหลวแล้ว ขอบเขตโดยกลไกช่วงของแต่ละตระกูลเอง; ช่องที่เป็น — หมายความว่าตระกูลนั้นไม่มีกลไกขอบเขต — แสดงเฉพาะค่าประมาณจุด

เปอร์เซ็นไทล์ (2)	อายุ B (3)	ขอบเขต 95% (4)
1%	-99.22	[-246.7, 48.25]
5%	3.784	[-98.84, 106.4]
10% (5)	50.41	[-34.41, 135.2]
25%	119	[53.71, 184.2]
50%	187.5	[127, 248.1]
75%	256.1	[182.5, 329.7]
90%	324.6	[227.1, 422.1]
95%	371.2	[254.5, 488]
99%	474.3	[311.2, 637.3]

ตารางเปอร์เซ็นไทล์ — อายุ B พร้อมขอบเขต

- ① B_p = อายุที่ p% ของหน่วยล้มเหลวแล้ว ขอบเขตโดยกลไกช่วงของแต่ละตระกูลเอง; ช่องที่เป็น — หมายความว่าตระกูลนั้นไม่มีกลไกขอบเขต — แสดงเฉพาะค่าประมาณจุด
- ② ถึง ④ คอลัมน์ เปอร์เซ็นไทล์, อายุ B, ขอบเขต 95%
- ⑤ แถว 10%: 50.41 [-34.41, 135.2] - อายุ B10 ของการ์ดผลลัพธ์ แถว 1% ที่อยู่เหนือขึ้นไปต่ำกว่าศูนย์: -99.22

1 ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

ข้อต่อล้มเหลวเมื่อใด ข้อต่อครึ่งหนึ่งล้มเหลวภายใน 187.52 ชั่วโมง - มัธยฐาน MTTF และ $\hat{\mu}$ เป็นตัวเลขเดียวกัน เพราะแบบจำลองสมมาตร การกระจาย $\hat{s}$ คือ 62.3998 ชั่วโมง ข้อต่อหนึ่งในสิบล้มเหลวภายใน 50.41 ชั่วโมง (B10)

อัตราความล้มเหลวขึ้นได้สูงเพียงใด อัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามอายุแต่คงตัวที่ 1/s = 0.01603 ต่อชั่วโมง: ข้อต่อที่เก่าล้มเหลวประมาณ 1.6% ต่อชั่วโมงของการเดินเครื่องต่อไป และไม่เลวร้ายไปกว่านั้น ถ้าบันทึกของโรงงานแสดงว่าอัตรายังเพิ่มขึ้นเกินจุดนั้น แบบจำลองลอจิสติกไม่ใช่กรอบที่ถูก และไวบูลล์ (2P) ฟิตได้ดีกว่า

แบบจำลองเลิกสมเหตุสมผลตรงไหน เส้นโค้ง R(t) เริ่มที่ประมาณ 0.95: แบบจำลองที่ฟิตนับว่าข้อต่อประมาณ 5% ล้มเหลวก่อนอายุ 0 และอายุ 1% คือ -99.22 ชั่วโมง ขอบล่างของ B10 คือ -34.41 ก็ต่ำกว่าศูนย์เช่นกัน: ความล้มเหลวสิบครั้งยืนยัน B10 ที่เป็นบวกไม่ได้ ถ้าต้องการตัวเลขความล้มเหลวช่วงแรกไว้วางแผน ให้ฟิตอายุชุดเดียวกันด้วยการแจกแจงล็อกลอจิสติก ซึ่งต่ำกว่าศูนย์ไม่ได้