ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร บันทึกการบำรุงรักษาจริงไม่ค่อยเริ่มทุกหน่วยที่อายุ 0 และสังเกตจนล้มเหลวครั้งแรก: ปั๊มเข้าโปรแกรมเฝ้าระวังหลายปีหลังติดตั้ง มอเตอร์ได้แบริ่งชนิดใหม่กลางอายุ เครื่องอัดอากาศล้มเหลว ถูกซ่อม และล้มเหลวอีก เช่นเดียวกับการถดถอย Cox (บทที่ 2.23) การวิเคราะห์นี้ให้อัตราส่วนอัตราเสี่ยงของตัวแปรร่วมแต่ละตัว - ความเสี่ยงความล้มเหลว ณ ขณะใดก็ตามถูกคูณกี่เท่าต่อหนึ่งหน่วยของตัวแปรร่วม - โดยไม่สมมติการแจกแจงอายุ ความต่างอยู่ที่แผ่นงาน: แต่ละแถวคือช่วงตอน ช่วง (เริ่ม, หยุด] ที่หน่วยหนึ่งถูกสังเกตด้วยค่าตัวแปรร่วมคงที่ จบด้วยความล้มเหลวหรือไม่ หน่วยนับว่าเสี่ยง ณ เวลา t เฉพาะภายในช่วงตอนของมัน เมื่อ เริ่ม < t ≤ หยุด

บันทึกของคุณ	**เขียนเป็นช่วงตอน**
หน่วยที่เข้าการสังเกตช้า	หนึ่งช่วงตอนที่เริ่มที่อายุที่เข้า ไม่ใช่ 0
ตัวแปรร่วมที่เปลี่ยนที่อายุที่รู้	แบ่งอายุที่อายุนั้นเป็นสองช่วงตอน ช่วงแรกจบแบบตัดปลาย
หน่วยที่ล้มเหลว ถูกซ่อม และทำงานต่อ	หนึ่งช่วงตอนต่อการทำงานแต่ละช่วงระหว่างความล้มเหลว

สิ่งที่ ReliaEn พิมพ์	**สิ่งที่บอก**
ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นบางส่วน พร้อมค่าว่างและ LR รวม	ตัวแปรร่วมเพิ่มอะไรให้แบบจำลองที่ไม่มีตัวแปรร่วม
อัตราส่วนอัตราเสี่ยง: β, SE, HR พร้อมช่วง LR / p คำตัดสิน และการตรวจ PH เมื่อมีเหตุการณ์สี่ครั้งขึ้นไป	ผลของแต่ละตัวแปรร่วมต่อความเสี่ยง และข้อมูลสนับสนุนหรือไม่
กราฟการรอดที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมและที่จุดเปรียบเทียบ X*	หน่วยเฉลี่ยกับหน่วยที่เลือกเปรียบเทียบกันอย่างไร

จากข้อมูลใด หนึ่งแถวต่อหนึ่งช่วงตอน: เริ่ม หยุด ธงตัดปลาย (0 = จบด้วยความล้มเหลว 1 = ยังทำงาน) และคอลัมน์ตัวแปรร่วมเชิงตัวเลขหนึ่งถึงสามคอลัมน์

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อบันทึกมีการเข้าซ้ำ ตัวแปรร่วมที่เปลี่ยนระหว่างอายุของหน่วย หรือความล้มเหลวซ้ำต่อหน่วย และต้องการความเสี่ยงสัมพัทธ์โดยไม่สมมติการแจกแจงอายุ

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	**ใช้แทน**
หนึ่งอายุต่อหน่วย สังเกตตั้งแต่อายุ 0 ตัวแปรร่วมคงที่ หรือต้องการตัวแปรร่วมเชิงกลุ่มและส่วนตกค้าง	ข้อมูลอายุ ▸ การถดถอย Cox... (บทที่ 2.23)
อัตราการเกิดซ้ำของกลุ่มเครื่องจักรตามเวลา โดยไม่มีตัวแปรร่วม	ข้อมูลอายุ ▸ กลุ่มเครื่องจักรที่ซ่อมได้... (บทที่ 3.3)
การซ่อมฟื้นฟูหน่วยได้เท่าใด	ข้อมูลอายุ ▸ ระบบที่ซ่อมได้ ▸ GRP / Kijima... (บทที่ 3.5)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. โรงงานเริ่มโปรแกรมเฝ้าระวังแอคชูเอเตอร์วาล์วสี่ตัว สองตัวถูกสังเกตตั้งแต่อายุ 0 ตัวหนึ่งเข้าที่อายุ 1 และอีกตัวที่อายุ 2 X1 เป็น 1 สำหรับแอคชูเอเตอร์ที่ใช้ชุดซีลใหม่ สามตัวล้มเหลว ตัวสุดท้ายยังทำงานที่อายุ 6 วิศวกรความเชื่อถือได้ต้องการรู้ว่าชุดซีลใหม่เปลี่ยนความเสี่ยงความล้มเหลวหรือไม่

แอคชูเอเตอร์	**เริ่ม**	**หยุด**	**ธง (1 = ยังทำงาน)**	**X1 (1 = ชุดใหม่)**
1	0	2	0	0

2	0	4	0	1
3	1	3	0	1
4	2	6	1	0

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
วิธีจัดการค่าซ้ำ / ความเชื่อมั่น %	ค่าซ้ำแบบ Breslow / 95
X1* (จุดเปรียบเทียบ)	1 - แอคชูเอเตอร์ที่ใช้ชุดใหม่
ไฟล์ในไฟล์ zip ของตัวอย่างพร้อมวิธีทำ	2-Cox-Counting-Process/Example-1.csv — คอลัมน์ Start, Stop, Flag, X1 4 แถว

	① K	② L	③ M	④ N	O
1	0	2	0	0	
2	0	4	0	1	
3	1	3	0	1	
4	2	6	1	0	
5					

ข้อมูลตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ K: จุดเริ่มของแต่ละช่วงตอน
- ② คอลัมน์ L: จุดหยุด
- ③ คอลัมน์ M: ธงตัดปลาย
- ④ คอลัมน์ N: ชุดซีล X1

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

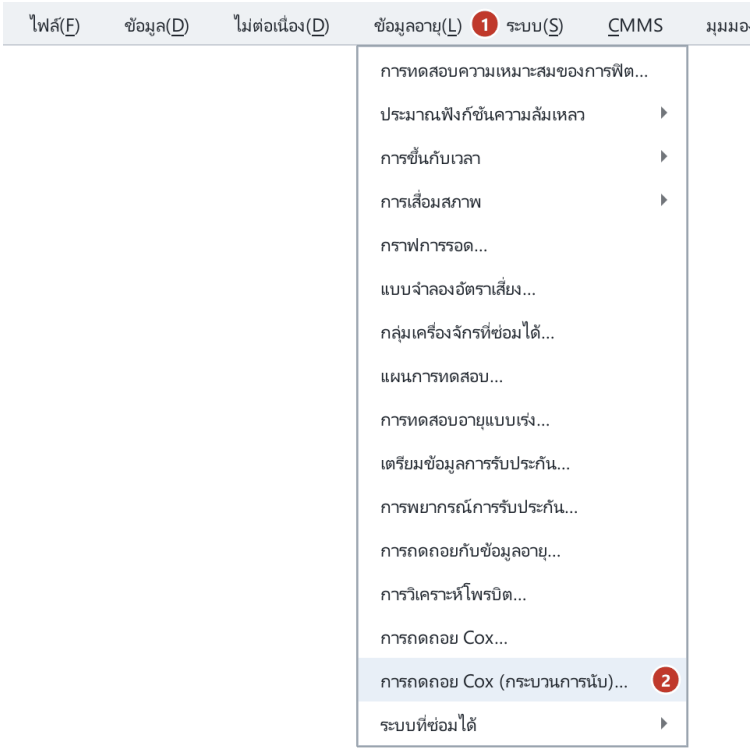
1. **ใส่ช่วงตอนในคอลัมน์ K ถึง N** คัดลอก 4 แถวของ Example-1.csv - คอลัมน์ Start, Stop, Flag และ X1 - ลงในคอลัมน์ K, L, M และ N ของแผ่นงาน เริ่มที่แถว 1 ใช้คอลัมน์ว่างใดก็ได้ แบบฟอร์มระบุคอลัมน์ในขั้นตอนที่ 3 ถึง 6

	① K	② L	③ M	④ N	O
1	0	2	0	0	
2	0	4	0	1	
3	1	3	0	1	
4	2	6	1	0	
5					

ขั้นตอนที่ 1 — ช่วงตอนในคอลัมน์ K ถึง N

- ① คอลัมน์ K: จุดเริ่มของแต่ละช่วงตอน 0, 0, 1 และ 2
- ② คอลัมน์ L: จุดหยุด 2, 4, 3 และ 6
- ③ คอลัมน์ M: ธงตัดปลาย เลข 1 คือแอคชูเอเตอร์ที่ยังทำงานที่อายุ 6
- ④ คอลัมน์ N: ชุดซีล 1 สำหรับชุดใหม่

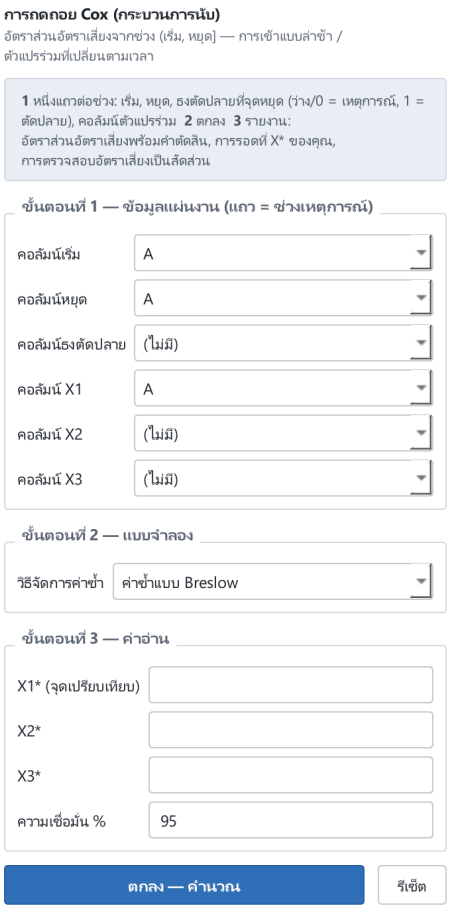
2. **เลือก ข้อมูลอายุ ▸ การถดถอย Cox (กระบวนการนับ)...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม การถดถอย Cox (กระบวนการนับ) เปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

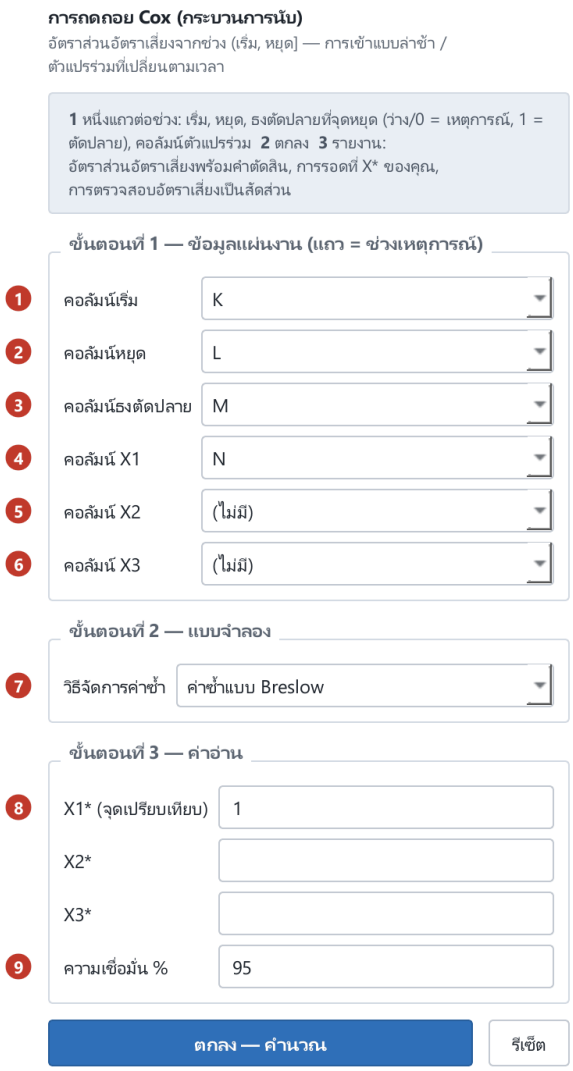
- ① ข้อมูลอายุ: เมนู
- ② การถดถอย Cox (กระบวนการนับ)...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิด ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิด

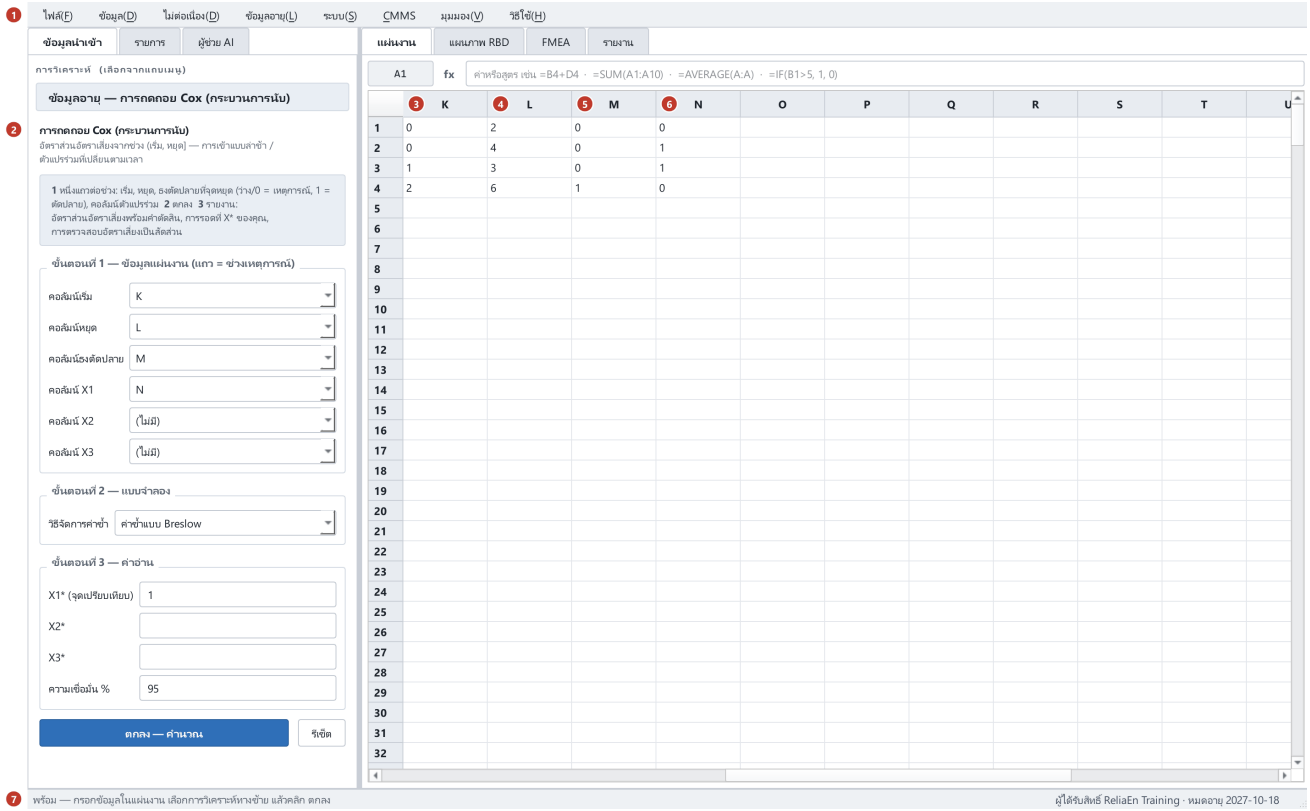
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 11 ตั้งหรือตรวจเก้าช่องของแบบฟอร์ม ซึ่งมีเครื่องหมาย ① ถึง ⑨ ในภาพ:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 11 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ใน คอลัมน์เริ่ม เลือก K** ช่องนี้เปิดมาที่ A
4. ② **ใน คอลัมน์หยุด เลือก L** ช่องนี้เปิดมาที่ A
5. ③ **ใน คอลัมน์ธงตัดปลาย เลือก M**
6. ④ **ใน คอลัมน์ X1 เลือก N** ช่องนี้เปิดมาที่ A
7. ⑤ **ตรวจว่า คอลัมน์ X2 เป็น (ไม่มี)** มีตัวแปรร่วมตัวเดียว
8. ⑥ **ตรวจว่า คอลัมน์ X3 เป็น (ไม่มี)**
9. ⑦ **ตรวจว่า วิธีจัดการค่าซ้ำ เป็น ค่าซ้ำแบบ Breslow**
10. ⑧ **ใน X1* (จุดเปรียบเทียบ) พิมพ์ 1** เส้นโค้งที่สองของกราฟการรอดคือแอคชูเอเตอร์ที่ใช้ชุดใหม่
11. ⑨ **ตรวจว่า ความเชื่อมั่น % เป็น 95**

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



ขั้นตอนที่ 12 — หน้าต่างก่อนกดตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มที่ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 11 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ที่ท้าย
- ③ คอลัมน์ K: จุดเริ่ม
- ④ คอลัมน์ L: จุดหยุด
- ⑤ คอลัมน์ M: ธงตัดปลาย
- ⑥ คอลัมน์ N: ชุดซีล
- ⑦ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง และ ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลอายุ — การถดถอย Cox (กระบวนการนับ)

2026-11-04 11:01:04

ภาวะน่าจะเป็นบางส่วนบนชุดเสี่ยงแบบนับ {start < t ≤ stop} ; S(t|x) = S₀(t)^exp(βᵀ(x−x̄))

ส่วนหัวของรายงาน

- ชื่อเรื่อง ข้อมูลอายุ — การถดถอย Cox (กระบวนการนับ) วันที่และเวลาที่คำนวณ และแบบจำลองในหนึ่งบรรทัด: ภาวะน่าจะเป็นบางส่วนบนชุดเสี่ยงแบบนับ {start < t ≤ stop}; S(t|x) = S₀(t)^exp(βᵀ(x−x̄))

ข้อมูลนำเข้า

1	ข้อมูล	แผ่นงานนี้ — 4 ช่วง: 3 เหตุการณ์ / 1 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม
2	วิธีจัดการค่าเสมอ	Breslow
3	แบบจำลอง	อัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนแบบกึ่งพารามิเตอร์บนช่วง (เริ่ม, หยุด] — ไม่สมมติการแจกแจงอายุ

ข้อมูลนำเข้า

- ① ข้อมูล แผ่นงานนี้ — 4 ช่วง: 3 เหตุการณ์ / 1 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม
- ② วิธีจัดการค่าเสมอ Breslow
- ③ แบบจำลอง อัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนแบบกึ่งพารามิเตอร์บนช่วง (เริ่ม, หยุด] — ไม่สมมติการแจกแจงอายุ

ผลลัพธ์

1	ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นบางส่วน	-2.8700 (แบบจำลองไม่มีตัวแปรร่วม -2.8904, LR รวม = 0.041)

ผลลัพธ์

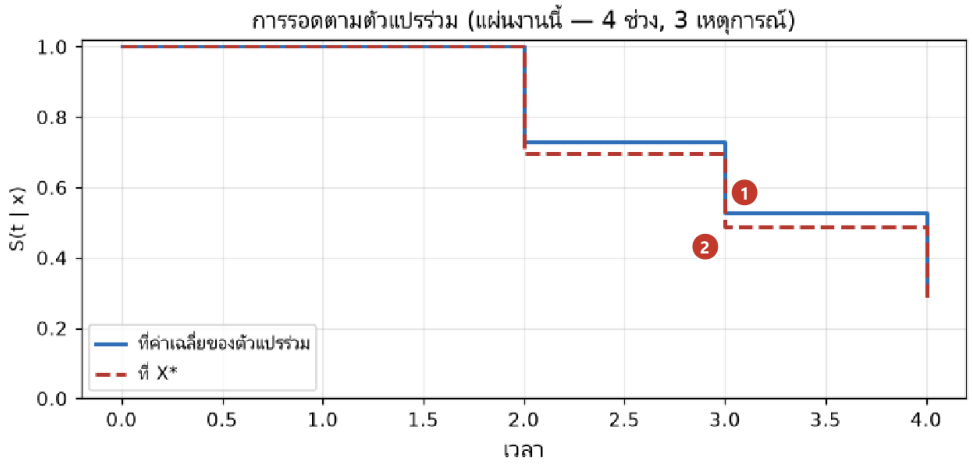
- ① ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นบางส่วน -2.8700 (แบบจำลองไม่มีตัวแปรร่วม -2.8904, LR รวม = 0.041): การฟิตเมื่อมีชุดซีล การฟิตเมื่อไม่มี และการทดสอบระหว่างสองค่านี้

การตีความ

1	อัตราส่วนอัตราเสี่ยงแต่ละค่าคูณความเสี่ยงปัจจุบันต่อหน่วยของตัวแปรร่วมของมัน — ไม่อ้างสิ่งใดเกี่ยวกับรูปร่างของการแจกแจงอายุ หน่วยจะอยู่ในความเสี่ยงเฉพาะภายในช่วงเหตุการณ์ของมัน (เริ่ม, หยุด]: การเข้าแบบล่าช้าเข้าร่วมชุดเสี่ยงช้า ช่วงที่แบ่งย่อยมีตัวแปรร่วมที่เปลี่ยนตามเวลา ช่วงซ้ำต่อหน่วยจำลองเหตุการณ์ซ้ำ เชื่ออัตราส่วนก็ต่อเมื่อคอลัมน์คำตัดสินและการตรวจสอบอัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนผ่านทั้งคู่

การตีความ

- ① การอ่านของ ReliaEn: อัตราส่วนอัตราเสี่ยงแต่ละค่าคูณความเสี่ยงปัจจุบันต่อหน่วยของตัวแปรร่วมของมัน — ไม่อ้างสิ่งใดเกี่ยวกับรูปร่างของการแจกแจงอายุ หน่วยจะอยู่ในความเสี่ยงเฉพาะภายในช่วงเหตุการณ์ของมัน (เริ่ม, หยุด]: การเข้าแบบล่าช้าเข้าร่วมชุดเสี่ยงช้า ช่วงที่แบ่งย่อยมีตัวแปรร่วมที่เปลี่ยนตามเวลา ช่วงซ้ำต่อหน่วยจำลองเหตุการณ์ซ้ำ เชื่ออัตราส่วนก็ต่อเมื่อคอลัมน์คำตัดสินและการตรวจสอบอัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนผ่านทั้งคู่



กราฟแบบโต้ตอบ

การรอดตามตัวแปรร่วม (แผ่นงานนี้ — 4 ช่วง, 3 เหตุการณ์)

- ① ที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วม: S(t | x) ของแอคชูเอเตอร์เฉลี่ย ลดเป็นขั้นที่ความล้มเหลวอายุ 2, 3 และ 4
- ② ที่ X*: ขั้นเดียวกันของแอคชูเอเตอร์ที่ใช้ชุดใหม่ (X1 = 1) ต่ำกว่าเล็กน้อยทุกขั้น

อัตราส่วนอัตราเสี่ยง (แผ่นงานนี้ — 4 ช่วง: 3 เหตุการณ์ / 1 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม)

① HR = e^β ต่อหน่วยของตัวแปรร่วม การตรวจสอบอัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนต้องมีเหตุการณ์อย่างน้อย 4 — ไม่มีให้ที่นี่

② พจน์	③ β	④ SE	⑤ อัตราส่วนอัตราเสี่ยง [CI]	⑥ LR / p	⑦ คำตัดสิน
⑧ X1	0.2475	1.2403	1.2808 [0.1127, 14.5607]	0.041 / 0.8399	ไม่มีนัยสำคัญ

อัตราส่วนอัตราเสี่ยง (แผ่นงานนี้ — 4 ช่วง: 3 เหตุการณ์ / 1 ตัดปลาย, 1 ตัวแปรร่วม)

- ① HR = e^β ต่อหน่วยของตัวแปรร่วม การตรวจสอบอัตราเสี่ยงเป็นสัดส่วนต้องมีเหตุการณ์อย่างน้อย 4 — ไม่มีให้ที่นี่
- ② ถึง ⑦ คอลัมน์ พจน์, β, SE, อัตราส่วนอัตราเสี่ยง [CI], LR / p, คำตัดสิน
- ⑧ แถวของ X1: β 0.2475, SE 1.2403, อัตราส่วนอัตราเสี่ยง 1.2808 [0.1127, 14.5607], LR 0.041 / p 0.8399, ไม่มีนัยสำคัญ

① ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · RL-2026-0017

ท้ายรายงาน

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

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

ใครเสี่ยงเมื่อใด ชุดเสี่ยงเป็นไปตามช่วงตอน ที่ความล้มเหลวครั้งแรก อายุ 2 แอคซูเอเตอร์สามตัวเสี่ยงอยู่ - ตัวที่เข้าที่อายุ 2 ยังไม่เสี่ยง เพราะช่วงตอนไม่นับที่จุดเริ่มของตนเอง ที่อายุ 3 เสี่ยงสามตัวอีกครั้ง (ตัวที่เข้าช้าอยู่ในนั้นแล้ว) และที่อายุ 4 สองตัว

ชุดซีลมีผลหรือไม่ ข้อมูลบอกไม่ได้ อัตราส่วนอัตราเสี่ยงของชุดใหม่คือ 1.2808 (β = 0.2475, SE 1.2403) แต่ช่วง 95 % อยู่ระหว่าง 0.1127 ถึง 14.5607: ตั้งแต่หนึ่งในเก้าของความเสี่ยงจนถึงสิบสี่เท่า ลอการิทึมของภาวะน่าจะเป็นบางส่วนเปลี่ยนเพียงจาก −2.8904 เมื่อไม่มีชุดซีล เป็น −2.8700 เมื่อมี LR = 0.041, p = 0.8399: ไม่มีนัยสำคัญ

ควรตัดสินใจอย่างไร ความล้มเหลวสามครั้งแสดงไม่ได้ว่าชุดซีลช่วยหรือทำร้าย บันทึกความล้มเหลวต่อไปก่อนเปลี่ยนนโยบายชุดซีล เมื่อมีเหตุการณ์น้อยกว่าสี่ครั้ง รายงานไม่ให้การตรวจอัตราเสี่ยงแบบสัดส่วน และบอกไว้

บันทึกที่เขียนเป็นช่วงตอน การแบ่งบันทึกของแอคซูเอเตอร์ตัวหนึ่งเป็นสองช่วงตอนที่ X1 เท่ากัน - เช่น (0, 1] ยังทำงาน และ (1, 4] จบด้วยความล้มเหลว - ให้ผลฟิตเท่าเดิม: ชุดเสี่ยงไม่เปลี่ยน ถ้าการแบ่งทำให้ตัวเลขเปลี่ยน แปลว่าค่าตัวแปรร่วมต่างกันระหว่างสองส่วน