ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร FMEA ย่อมาจากการวิเคราะห์โหมดความล้มเหลวและผลกระทบ คุณระบุวิธีที่รายการหนึ่งล้มเหลวได้ หนึ่งแถวของแผ่นงานต่อหนึ่งโหมดความล้มเหลว แล้วให้คะแนนแต่ละโหมดตั้งแต่ 1 ถึง 10 สำหรับความรุนแรง (S) โอกาสเกิด (O) และการตรวจพบ (D) FMEA / ความวิกฤต จัดอันดับโหมดดังนี้

การจัดอันดับ	สิ่งที่ **ReliaEn** คำนวณ	สิ่งที่ต้องมี
ตาม RPN (เลขลำดับความสำคัญของความเสี่ยง)	RPN = S × O × D ของแต่ละโหมด อันดับและสัดส่วนของแต่ละโหมดใน RPN รวม	ห้าคอลัมน์ รายการ โหมด S O D
ตามความวิกฤตแบบ MIL-STD (วิธีตามมาตรฐานทางทหาร)	Cm = β × α × λp × t ของแต่ละโหมด คือจำนวนครั้งที่คาดว่าโหมดนั้นทำให้เกิดผลกระทบสุดท้ายในหนึ่งภารกิจ และ Cr คือผลรวมของรายการ	อีกสามคอลัมน์ คืออัตราความล้มเหลวของชิ้นส่วน λp สัดส่วนโหมด α และความน่าจะเป็นของการสูญเสีย β และเวลาภารกิจ t
ตามเงิน (ไม่บังคับ)	ความสูญเสียที่คาดหมายต่อปีของแต่ละโหมด ในการ์ดพาเรโตแบบคิดราคา	อีกหนึ่งคอลัมน์ คือเวลาหยุดเครื่องเฉลี่ย (MDT) ต่อเหตุการณ์ และความสูญเสียการผลิตต่อชั่วโมง

RPN ที่เท่ากันเรียงตามความรุนแรงก่อน แล้วตามโอกาสเกิด (กฎตัดสินเสมอแบบ S ก่อน) รายงานให้โหมดที่อยู่อันดับแรก โหมดที่ทำเครื่องหมาย ★ (N อันดับแรกที่จะเน้น) กราฟพาเรโต ตารางที่จัดอันดับแล้ว และเมื่อมีคอลัมน์ความวิกฤต ตารางความวิกฤต

จากข้อมูลใด แผ่นงาน หนึ่งแถวต่อหนึ่งโหมดความล้มเหลว เลือกทีละคอลัมน์ในแบบฟอร์ม

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่อต้องการจัดอันดับโหมดความล้มเหลวอย่างรวดเร็วจากแผ่นงาน ซึ่งทีมให้คะแนนไว้หรือนำมาจากแผ่น FMEA ที่มีอยู่ และเมื่อทราบอัตรา เพื่อหาจำนวนผลกระทบสุดท้ายที่คาดหมายต่อภารกิจ

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ให้ใช้แทน
คุณต้องการเอกสารการศึกษา FMEA ฉบับเต็ม พร้อมหน้าที่ ผลกระทบ สาเหตุ มาตรการ และฉบับแก้ไข	ระบบ ▸ การศึกษา FMEA... (บทที่ 4.2)
คุณต้องการดูว่าโหมดความล้มเหลวรวมกันผ่านโครงสร้างของระบบอย่างไร	ระบบ ▸ แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง... (บทที่ 4.8)
คุณต้องการอัตราความล้มเหลวจากข้อมูลความล้มเหลวก่อน	ฟิตก่อน เช่น ข้อมูลอายุ ▸ การขึ้นกับเวลา ▸ การแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล... แล้วป้อน λp ระบุการฟิตนั้น (exp, weibull หรือ fleet) แทนตัวเลขได้

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. ปั๊มที่มีอัตราความล้มเหลวของชิ้นส่วน λp 40e-6 ต่อชั่วโมงล้มเหลวได้สามโหมด ทีมให้คะแนนไว้ และประมาณสำหรับแต่ละโหมดว่าเป็นสัดส่วนเท่าใดของความล้มเหลวของปั๊ม (α) และโอกาสที่โหมดนั้นทำให้เกิดผลกระทบสุดท้าย คือการสูญเสียหน้าที่สูบ (β) ภารกิจยาวหนึ่งปี 8760 ชั่วโมง

รายการ	โหมด	S	O	D	λp (/ชม.)	α	β
PUMP	bearing	7	5	4	4e-05	0.45	1.0

PUMP	seal	5	5	4	4e-05	0.30	0.3
PUMP	impeller	4	4	4	4e-05	0.25	0.2

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
เวลาภารกิจ t	8760
N อันดับแรกที่จะเน้น	5 (ทำเครื่องหมายทั้งสามโหมด)
ไฟล์ในไฟล์ zip ตัวอย่าง	4-FMEA-Criticality/Example-3.csv คือสามแถวในคอลัมน์ A ถึง H

ข้อมูลในแผ่นงานตามที่ภาพในภาค 3 แสดง:

	① A	② B	③ C	④ D	⑤ E	⑥ F	⑦ G	⑧ H	I
1	PUMP	bearing	7	5	4	40e-6	0.45	1.0	
2	PUMP	seal	5	5	4	40e-6	0.30	0.3	
3	PUMP	impeller	4	4	4	40e-6	0.25	0.2	
4									

ข้อมูลของตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: คอลัมน์รายการ (3 ค่า)
- ② คอลัมน์ B: คอลัมน์โหมด (3 ค่า)
- ③ คอลัมน์ C: คอลัมน์ S (3 ค่า)
- ④ คอลัมน์ D: คอลัมน์ O (3 ค่า)
- ⑤ คอลัมน์ E: คอลัมน์ D (3 ค่า)
- ⑥ คอลัมน์ F: คอลัมน์ λp (/ชม.) (3 ค่า)
- ⑦ คอลัมน์ G: คอลัมน์ α (สัดส่วนโหมด) (3 ค่า)
- ⑧ คอลัมน์ H: คอลัมน์ β (ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย) (3 ค่า)

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

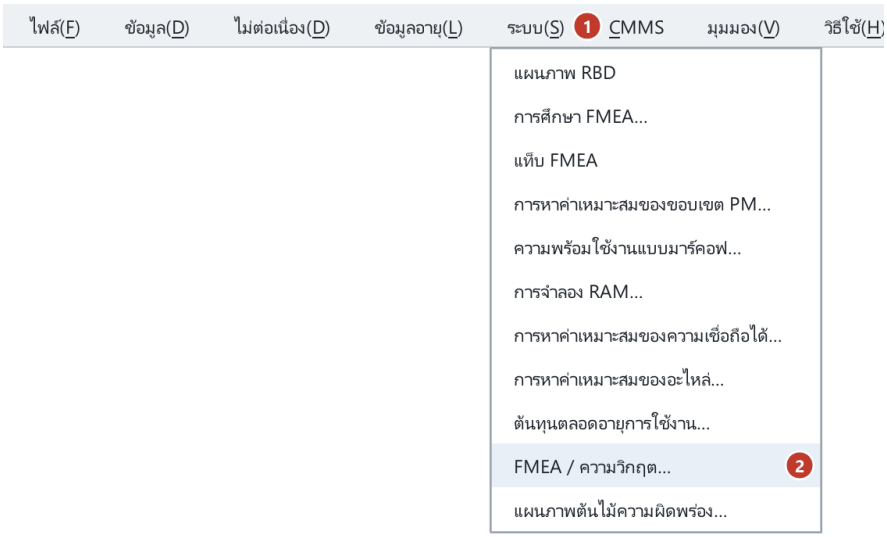
1. **ใส่สามโหมดลงในแผ่นงาน** นำเข้า 4-FMEA-Criticality/Example-3.csv ด้วย ไฟล์ ▸ นำเข้าข้อมูล (Excel / CSV / JSON)… หรือพิมพ์แถวลงในคอลัมน์ A ถึง H

	① A	② B	③ C	④ D	⑤ E	⑥ F	⑦ G	⑧ H	I
1	PUMP	bearing	7	5	4	40e-6	0.45	1.0	
2	PUMP	seal	5	5	4	40e-6	0.30	0.3	
3	PUMP	impeller	4	4	4	40e-6	0.25	0.2	
4									

ขั้นตอนที่ 1 — ข้อมูลในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ A: คอลัมน์รายการ (3 ค่า)
- ② คอลัมน์ B: คอลัมน์โหมด (3 ค่า)
- ③ คอลัมน์ C: คอลัมน์ S (3 ค่า)
- ④ คอลัมน์ D: คอลัมน์ O (3 ค่า)
- ⑤ คอลัมน์ E: คอลัมน์ D (3 ค่า)
- ⑥ คอลัมน์ F: คอลัมน์ λp (/ชม.) (3 ค่า)
- ⑦ คอลัมน์ G: คอลัมน์ α (สัดส่วนโหมด) (3 ค่า)
- ⑧ คอลัมน์ H: คอลัมน์ β (ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย) (3 ค่า)

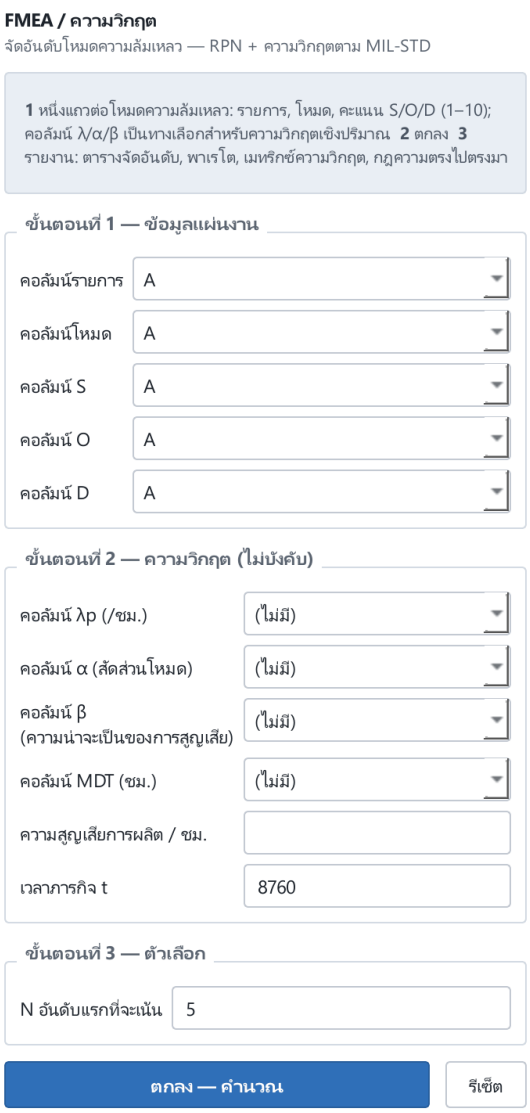
2. **เลือก** ระบบ ▸ **FMEA / ความวิกฤต...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม FMEA / ความวิกฤต จะเปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

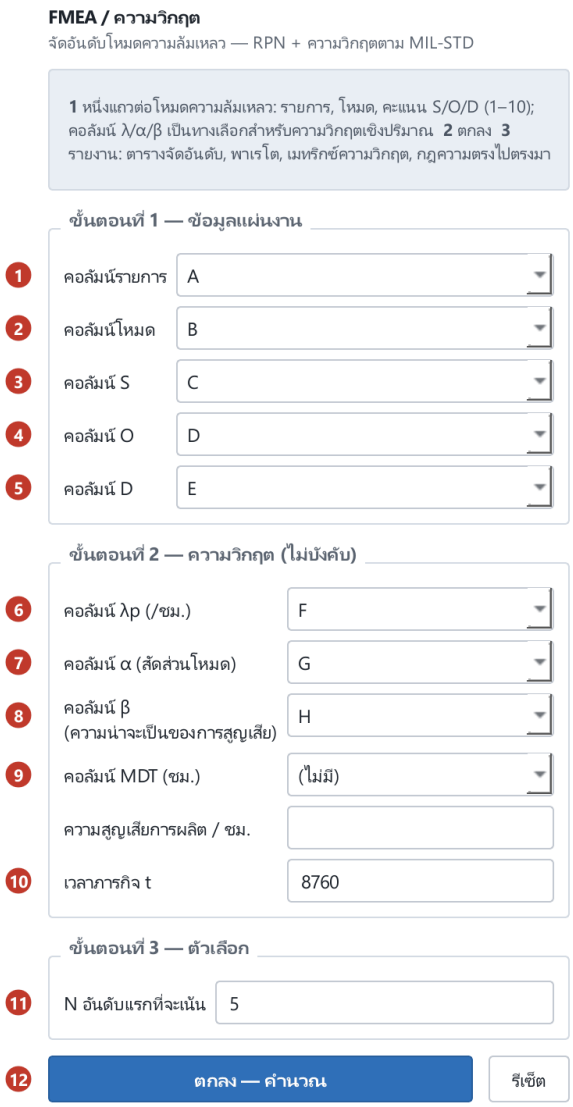
- ① ระบบ: เมนู
- ② FMEA / ความวิกฤต...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิดขึ้น ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิดขึ้น

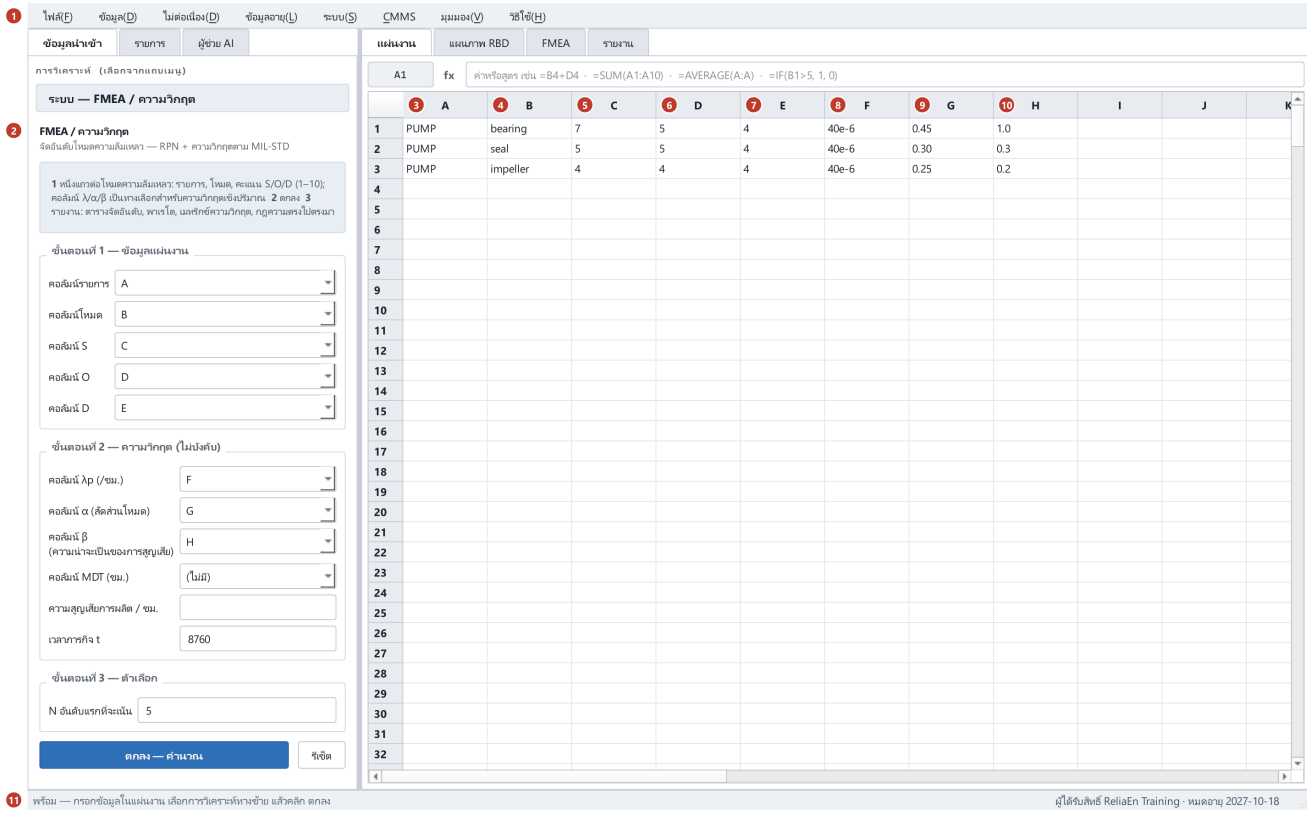
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 13 ตั้งค่าแบบฟอร์ม มีเครื่องหมาย ① ถึง ⑪ ⑫ คือปุ่มของขั้นตอนที่ 14:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 13 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ใน คอลัมน์รายการ เลือก A** ห้าคอลัมน์ของขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 ต้องต่างกันทั้งหมด
4. ② **ใน คอลัมน์โหมด เลือก B**
5. ③ **ใน คอลัมน์ S เลือก C**
6. ④ **ใน คอลัมน์ O เลือก D**
7. ⑤ **ใน คอลัมน์ D เลือก E**
8. ⑥ **ใน คอลัมน์ λp (/ชม.) เลือก F** λp α และ β ต้องให้พร้อมกันหรือไม่ให้เลย
9. ⑦ **ใน คอลัมน์ α (สัดส่วนโหมด) เลือก G**
10. ⑧ **ใน คอลัมน์ β (ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย) เลือก H**
11. ⑨ **ปล่อย คอลัมน์ MDT (ชม.) ไว้ที่ (ไม่มี)** ตัวอย่างนี้ไม่จัดอันดับตามเงิน
12. ⑩ **ตรวจว่า เวลาภารกิจ t เป็น 8760**
13. ⑪ **ตรวจว่า N อันดับแรกที่จะเน้น เป็น 5**

14. **คลิก ตกลง — คำนวณ** ที่ด้านล่างของแบบฟอร์ม (② ในภาพด้านล่าง) ReliaEn จัดอันดับโหมดและแสดงรายงาน



ขั้นตอนที่ 14 — หน้าต่างก่อนกด ตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มการวิเคราะห์ ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 13 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ด้านล่าง
- ③ คอลัมน์ A: คอลัมน์รายการ (3 ค่า)
- ④ คอลัมน์ B: คอลัมน์โหมด (3 ค่า)
- ⑤ คอลัมน์ C: คอลัมน์ S (3 ค่า)
- ⑥ คอลัมน์ D: คอลัมน์ O (3 ค่า)
- ⑦ คอลัมน์ E: คอลัมน์ D (3 ค่า)
- ⑧ คอลัมน์ F: คอลัมน์ λp (/ชม.) (3 ค่า)
- ⑨ คอลัมน์ G: คอลัมน์ α (สัดส่วนโหมด) (3 ค่า)
- ⑩ คอลัมน์ H: คอลัมน์ β (ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย) (3 ค่า)
- ⑪ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง, ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลนำเข้า

1	ข้อมูล	**แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว**
2	เวลาภารกิจ (ความวิกฤต)	**8760**

ข้อมูลนำเข้า

- ① ข้อมูล แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว.
- ② เวลาภารกิจ (ความวิกฤต) 8760.

ผลลัพธ์

1	โหมดอันดับสูงสุด	`PUMP: bearing (RPN 140, 46.1% ของทั้งหมด)`
2	โหมดในชุดบนสุด	`PUMP: bearing, PUMP: seal, PUMP: impeller`
3	ความวิกฤตของรายการสูงสุด Cr	`PUMP = 0.2067 เหตุการณ์ที่คาดหวัง/ภารกิจ`

ผลลัพธ์

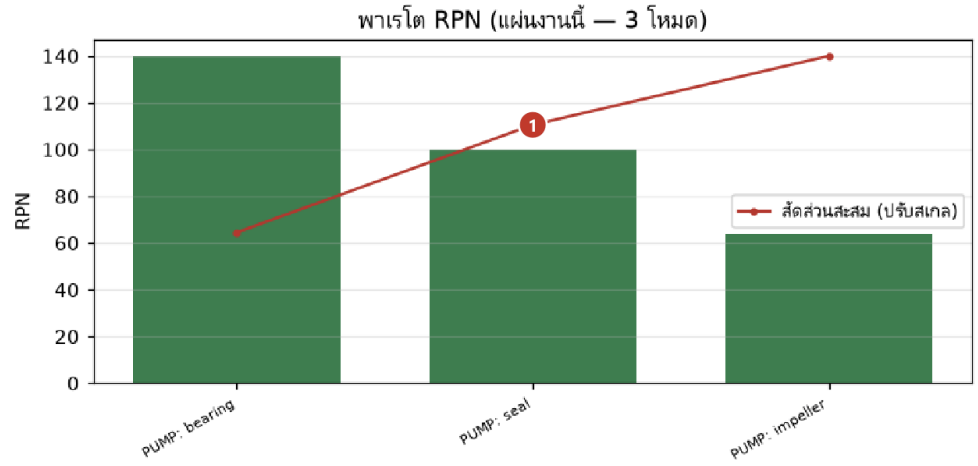
- ① โหมดอันดับสูงสุด PUMP: bearing (RPN 140, 46.1% ของทั้งหมด).
- ② โหมดในชุดบนสุด PUMP: bearing, PUMP: seal, PUMP: impeller.
- ③ ความวิกฤตของรายการสูงสุด Cr PUMP = 0.2067 เหตุการณ์ที่คาดหวัง/ภารกิจ.

การตีความ

1 การจัดอันดับเรียงตาม RPN ด้วยกฎตัดสินเสมอแบบ S ก่อน: ผลคูณเท่ากันที่ความรุนแรงสูงกว่าอยู่ก่อน — S9·O3·D3 (ถึงตาย นาน ๆ ครั้ง ตรวจพบได้) ไม่ใช่ความเสี่ยงเดียวกับ S3·O3·D9 มาตรการแก้ไขขยับแกนที่ต่างกัน: การเปลี่ยนแบบขยับ S การป้องกันขยับ O การเฝ้าติดตามขยับ D

การตีความ

- ① การจัดอันดับเรียงตาม RPN ด้วยกฎตัดสินเสมอแบบ S ก่อน: ผลคูณเท่ากันที่ความรุนแรงสูงกว่าอยู่ก่อน — S9·O3·D3 (ถึงตาย นาน ๆ ครั้ง ตรวจพบได้) ไม่ใช่ความเสี่ยงเดียวกับ S3·O3·D9 มาตรการแก้ไขขยับแกนที่ต่างกัน: การเปลี่ยนแบบขยับ S การป้องกันขยับ O การเฝ้าติดตามขยับ D



กราฟแบบโต้ตอบ

กราฟ

- ① เส้น: สัดส่วนสะสม (ปรับสเกล).

โหมดความล้มเหลวที่จัดอันดับ (แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว)

1 กฎความตรงไปตรงมา (กับดักในคู่มือ): RPN คูณสเกลเชิงลำดับ — 200 ไม่ใช่ "สองเท่า" ของ 100 และค่าที่ต่างกันภายใน ~±20% ถือว่าเท่ากัน ไม่มีเกณฑ์เดียวตัดสินมาตรการ: ตารางจัดอันดับ เจ้าของงานเป็นผู้ชี้ขาดเส้น แถวที่เท่ากันทั้ง RPN, S และ O คงลำดับตามแผ่นงาน

2 อันดับ	3 รายการ	4 โหมด	5 S	6 O	7 D	8 RPN	9 สัดส่วน
1 ★	PUMP	bearing	7	5	4	140	46.1%
2 ★	PUMP	seal	5	5	4	100	32.9%
3 ★	PUMP	impeller	4	4	4	64	21.1%

โหมดความล้มเหลวที่จัดอันดับ (แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว)

- ① กฎความตรงไปตรงมา (กับดักในคู่มือ): RPN คูณสเกลเชิงลำดับ — 200 ไม่ใช่ "สองเท่า" ของ 100 และค่าที่ต่างกันภายใน ~±20% ถือว่าเท่ากัน ไม่มีเกณฑ์เดียวตัดสินมาตรการ: ตารางจัดอันดับ เจ้าของงานเป็นผู้ชี้ขาดเส้น แถวที่เท่ากันทั้ง RPN, S และ O คงลำดับตามแผ่นงาน
- ② อันดับ
- ③ รายการ
- ④ โหมด
- ⑤ S
- ⑥ O
- ⑦ D
- ⑧ RPN
- ⑨ สัดส่วน
- ⑩ 1 ★ · PUMP · bearing · 7 · 5 · 4 · 140 · 46.1%
- ⑪ 2 ★ · PUMP · seal · 5 · 5 · 4 · 100 · 32.9%
- ⑫ 3 ★ · PUMP · impeller · 4 · 4 · 4 · 64 · 21.1%

ความวิกฤตตาม MIL-STD — CM = B·A·ΛP·T (แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว)

1 Cm = จำนวนครั้งที่คาดว่าโหมดนี้จะเป็นสาเหตุของผลกระทบปลายทางนั้นต่อภารกิจ — ต่อเนื่อง บวกกันได้ข้ามโหมดและรายการ (ต่างจาก RPN) ผลรวมรายการ: PUMP = 0.2067.

2 รายการ	3 โหมด	4 λp /ชม.	5 แหล่งที่มาของ λ	6 α	7 β	8 Cm
PUMP	bearing	4e-05	manual	0.45	1	0.1577
PUMP	seal	4e-05	manual	0.3	0.3	0.03154
PUMP	impeller	4e-05	manual	0.25	0.2	0.01752

ความวิกฤตตาม MIL-STD — Cm = β·α·λp·t (แผ่นงานนี้ — 3 โหมดความล้มเหลว)

- ① Cm = จำนวนครั้งที่คาดว่าโหมดนี้จะเป็นสาเหตุของผลกระทบปลายทางนั้นต่อภารกิจ — ต่อเนื่อง บวกกันได้ข้ามโหมดและรายการ (ต่างจาก RPN) ผลรวมรายการ: PUMP = 0.2067.
- ② รายการ
- ③ โหมด
- ④ λp /ชม.
- ⑤ แหล่งที่มาของ λ
- ⑥ α
- ⑦ β
- ⑧ Cm
- ⑨ PUMP · bearing · 4e-05 · manual · 0.45 · 1 · 0.1577
- ⑩ PUMP · seal · 4e-05 · manual · 0.3 · 0.3 · 0.03154
- ⑪ PUMP · impeller · 4e-05 · manual · 0.25 · 0.2 · 0.01752

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

ควรแก้โหมดใดก่อน แบริ่ง ตามการจัดอันดับทั้งสองแบบ RPN ของแบริ่งคือ 140 (7 × 5 × 4) เป็น 46.1% ของ RPN รวม 304 และโหมดถัดไปคือซีลมี 100 ต่ำกว่าเกิน 20% แบริ่งจึงอยู่นอกช่วงเสมอกันของกฎความตรงไปตรงมา ความวิกฤต Cm ของแบริ่งคือ 0.1577 จาก 0.2067 ของปั๊ม

ตัวเลขความวิกฤตหมายถึงอะไร Cm = β × α × λp × t คือจำนวนครั้งที่คาดว่าโหมดนั้นทำให้เกิดผลกระทบสุดท้ายในหนึ่งภารกิจ สำหรับแบริ่ง 1.0 × 0.45 × 4e-05 × 8760 = 0.1577 ซีลเพิ่ม 0.3 × 0.3 × 4e-05 × 8760 = 0.03154 และใบพัด 0.2 × 0.25 × 4e-05 × 8760 = 0.01752 Cr รวมของปั๊มคือ 0.2067 ครั้งต่อปี ต่างจาก RPN ตัวเลขเหล่านี้บวกกันได้ข้ามโหมดและรายการ

ทำไมการจัดอันดับทั้งสองแบบต่างกันได้ RPN คูณคะแนนแบบลำดับ 200 ไม่ได้เป็น "สองเท่า" ของ 100 และคะแนนของทีมจัดอันดับตามการรับรู้ Cm สร้างจากอัตราและความน่าจะเป็น ในตัวอย่างนี้ทั้งสองแบบตรงกัน เมื่อไม่ตรงกัน ให้เชื่อการจัดอันดับตามความวิกฤตสำหรับความถี่ที่ผลกระทบสุดท้ายเกิดขึ้น และใช้ RPN สำหรับสิ่งที่ทีมกังวล

ควรขีดเส้นการดำเนินการไว้ที่ใด รายงานจัดอันดับ แต่ไม่บอกว่าควรหยุดที่ใด ทั้งสามโหมดได้เครื่องหมาย ★ เพราะ N อันดับแรกที่จะเน้น เป็น 5 และมีเพียงสามโหมด

การแก้ไขขยับอะไร การเปลี่ยนแบบขยับ S การป้องกันขยับ O การเฝ้าระวังขยับ D ในแง่ความวิกฤต การป้องกันลด α × λp และมาตรการป้องกันลด β