แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง — ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ยอด คัตเซต และเหตุการณ์ที่ควรแก้ก่อน

เมนู: ระบบ ▸ แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง...

ภาค 1 — ฟังก์ชันนี้ทำอะไร

คำนวณอะไร FTA ย่อมาจาก การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง (fault tree analysis) แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่องเริ่มจากเหตุการณ์ยอดที่ไม่ต้องการหนึ่งเหตุการณ์ เช่น "ไม่มีน้ำหล่อเย็น" หรือ "ชุดปั๊มส่งน้ำไม่ได้" แล้วแตกออกผ่านเกตไปเป็นเหตุการณ์พื้นฐาน ซึ่งแต่ละเหตุการณ์มีความน่าจะเป็น คุณพิมพ์ต้นไม้ลงในแผ่นงาน หนึ่งแถวต่อหนึ่งโหนด แล้วแผนภาพต้นไม้ความผิดพร่องคำนวณ

ผลลัพธ์	สิ่งที่บอกคุณ
ความน่าจะเป็นแบบแม่นตรงของเหตุการณ์ยอด	โอกาสของเหตุการณ์ยอด คำนวณอย่างแม่นตรงผ่านเกต
การประมาณเหตุการณ์หายาก	ผลรวมของความน่าจะเป็นของคัตเซตชั้นต่ำ พร้อมช่องว่างจากค่าแม่นตรง
คัตเซตชั้นต่ำ	ชุดเหตุการณ์พื้นฐานที่เล็กที่สุดแต่ละชุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ยอด พร้อมความน่าจะเป็นและสัดส่วนของเหตุการณ์ยอด
ความสำคัญแบบ Fussell–Vesely (FV)	สำหรับเหตุการณ์พื้นฐานแต่ละเหตุการณ์ สัดส่วนความเสี่ยงของเหตุการณ์ยอดที่ไหลผ่านเหตุการณ์นั้น ซึ่งคือรายการลำดับความสำคัญของการซ่อม
การแก้ไขเดี่ยวใดได้ผลมากที่สุด	สำหรับคัตเซตแต่ละชุด ความน่าจะเป็นใหม่ของเหตุการณ์ยอด ถ้าเหตุการณ์ในชุดนั้นล้มเหลวไม่ได้ คำนวณใหม่ทั้งหมด

มีเกตสามชนิด ได้แก่ and (อินพุตทุกตัวล้มเหลว) or (อินพุตตัวใดตัวหนึ่งล้มเหลว) และ vote:k (อินพุตล้มเหลวอย่างน้อย k ตัว) เกต and คูณความน่าจะเป็นของอินพุต เกต or ให้ 1 − Π(1 − q)

จากข้อมูลใด แผ่นงานสี่คอลัมน์ หนึ่งแถวต่อหนึ่งโหนด ได้แก่ ชื่อ สำหรับเกตคือชนิดและอินพุต (ชื่อคั่นด้วยจุลภาค) สำหรับเหตุการณ์พื้นฐานคือความน่าจะเป็น q ที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า 1 ชื่อแยกตัวพิมพ์เล็กและใหญ่

วิศวกรใช้เมื่อใด เมื่ออธิบายได้ว่าเหตุการณ์ยอดเกิดขึ้นอย่างไรในรูปต้นไม้ตรรกะของเหตุการณ์พื้นฐานที่เป็นอิสระต่อกันและมีความน่าจะเป็นคงที่

ไม่ควรใช้เมื่อ

สถานการณ์	ให้ใช้แทน
เหตุการณ์พื้นฐานหนึ่งปรากฏใต้สองเกต (สาเหตุร่วม)	ไม่ได้คำนวณในเวอร์ชัน 1.0.0: ให้จำลองสาเหตุร่วมเป็นกิ่งของตนเอง
คุณคิดเป็นบล็อกและเส้นทางที่ทำงานได้มากกว่าความล้มเหลว	วาดแผนภาพบล็อกความเชื่อถือได้: ระบบ ▸ แผนภาพ RBD (บทที่ 4.1)
คุณต้องการความน่าจะเป็นที่เปลี่ยนตามเวลา การซ่อม หรือการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ระบบ ▸ การจำลอง RAM... (บทที่ 4.5)
คุณต้องการจัดอันดับโหมดความล้มเหลวตามคะแนนหรือตามความวิกฤต	ระบบ ▸ FMEA / ความวิกฤต... (บทที่ 4.7)

ภาค 2 — ข้อมูลนำเข้าของตัวอย่าง

สถานการณ์. น้ำหล่อเย็นสูญเสีย (TOP) ถ้าปั๊มทั้งสองล้มเหลว (เกต G1) หรือวาล์วทางออก V ล้มเหลว ปั๊ม P1 ล้มเหลวเมื่อสั่งงานด้วยความน่าจะเป็น 0.1 ปั๊ม P2 0.2 และวาล์ว 0.05

ชื่อ	ชนิดเกต	อินพุต	ความน่าจะเป็น
TOP	or	G1,V	
G1	and	P1,P2	
P1			0.1
P2			0.2
V			0.05

ข้อมูลนำเข้า	ค่า
ชื่อเกตยอด	TOP
ไฟล์ในไฟล์ zip ตัวอย่าง	4-Fault-Tree/Example-1.csv คือห้าแถวในสี่คอลัมน์

ข้อมูลในแผ่นงานตามที่ภาพในภาค 3 แสดง (คอลัมน์ K ถึง N):

	E	F	G	H	I	J	① K	② L	③ M	④ N	O
1							TOP	or	G1,V		
2							G1	and	P1,P2		
3							P1			0.1	
4							P2			0.2	
5							V			0.05	
6											

ข้อมูลของตัวอย่างในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ K: คอลัมน์ชื่อ (5 ค่า)
- ② คอลัมน์ L: คอลัมน์ชนิดเกต (2 ค่า)
- ③ คอลัมน์ M: คอลัมน์อินพุต (2 ค่า)
- ④ คอลัมน์ N: คอลัมน์ความน่าจะเป็น (3 ค่า)

ภาค 3 — วิธีใช้ ทีละขั้นตอน

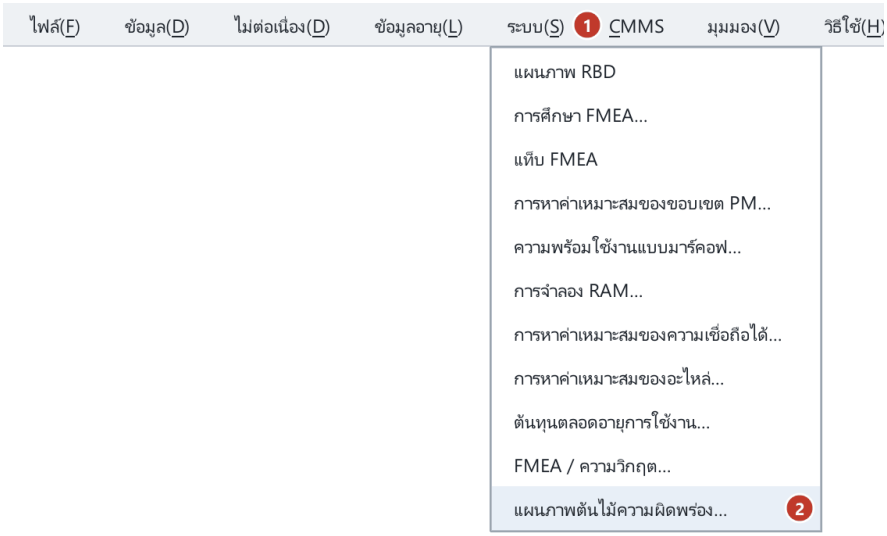
1. **ใส่ต้นไม้ลงในแผ่นงาน** นำเข้า 4-Fault-Tree/Example-1.csv ด้วย ไฟล์ ▸ นำเข้าข้อมูล (Excel / CSV / JSON)… หรือพิมพ์ห้าแถวลงในสี่คอลัมน์ ภาพในบทนี้แสดงข้อมูลในคอลัมน์ K ถึง N

	E	F	G	H	I	J	① K	② L	③ M	④ N	O
1							TOP	or	G1,V		
2							G1	and	P1,P2		
3							P1			0.1	
4							P2			0.2	
5							V			0.05	
6											

ขั้นตอนที่ 1 — ต้นไม้ในแผ่นงาน

- ① คอลัมน์ K: คอลัมน์ชื่อ (5 ค่า)
- ② คอลัมน์ L: คอลัมน์ชนิดเกต (2 ค่า)
- ③ คอลัมน์ M: คอลัมน์อินพุต (2 ค่า)
- ④ คอลัมน์ N: คอลัมน์ความน่าจะเป็น (3 ค่า)

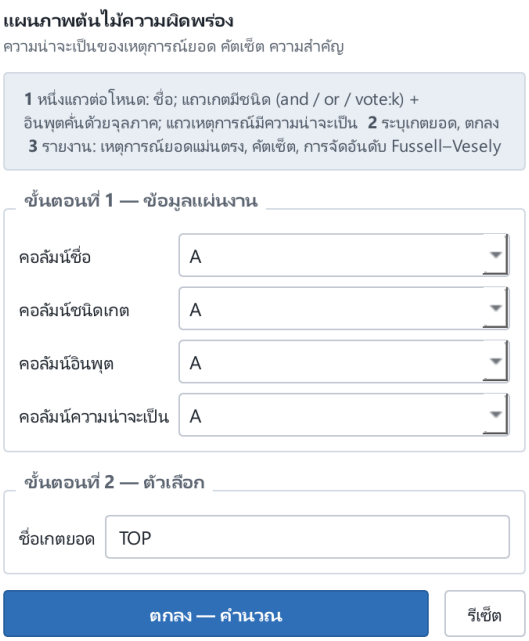
2. **เลือก** ระบบ ▸ **แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง...** ในแถบเมนู แบบฟอร์ม แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง จะเปิดขึ้นในแผงด้านซ้าย



ขั้นตอนที่ 2 — เส้นทางเมนู

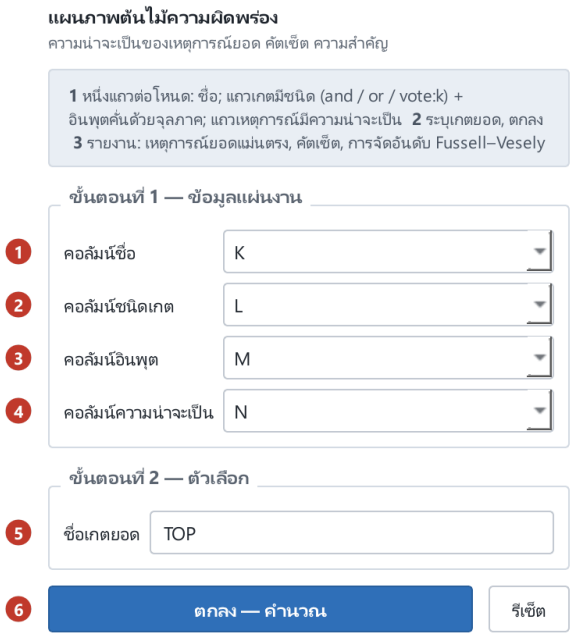
- ① ระบบ: เมนู
- ② แผนภาพต้นไม้ความผิดพร่อง...: รายการที่ต้องคลิก

แบบฟอร์มเมื่อเปิดขึ้น ก่อนตั้งค่าช่องใด:



ขั้นตอนที่ 2 — แบบฟอร์มเมื่อเปิดขึ้น

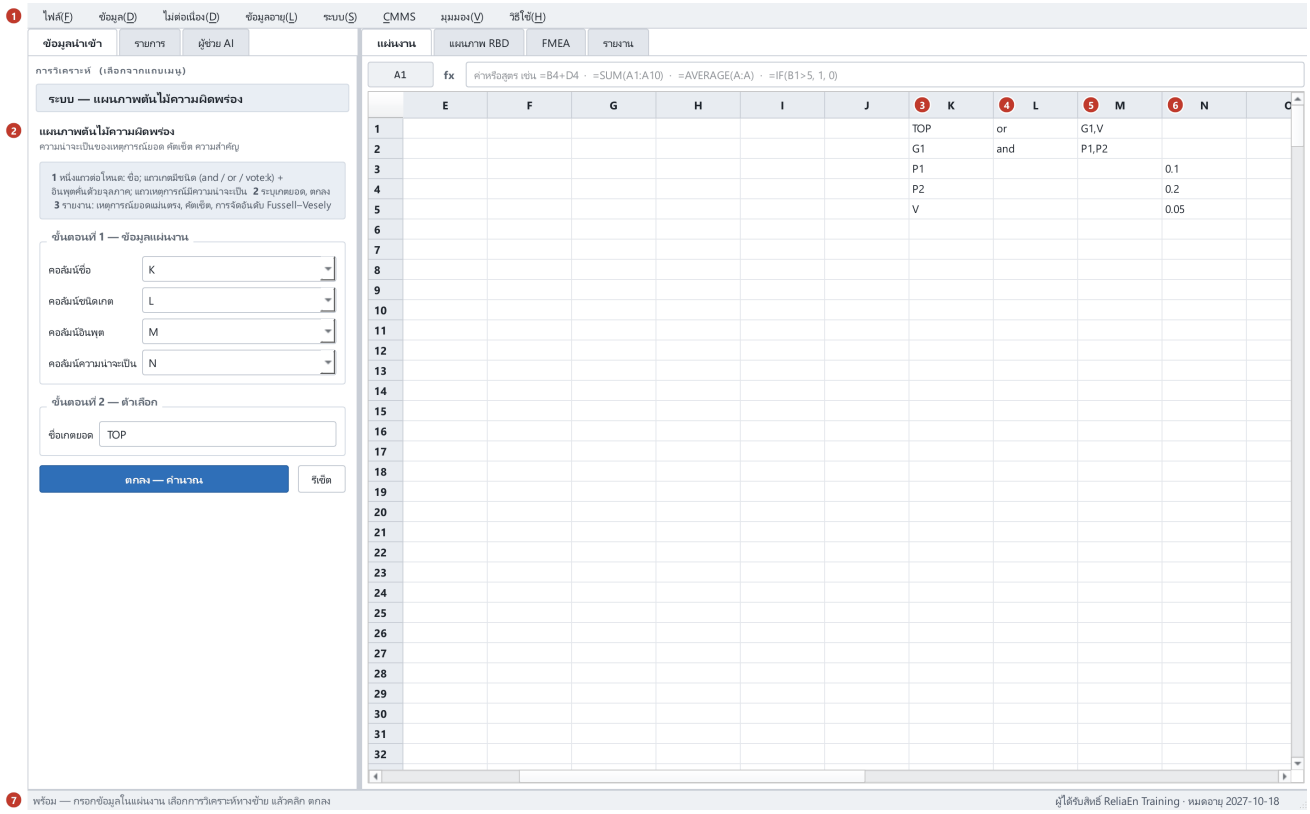
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 ตั้งค่าแบบฟอร์ม มีเครื่องหมาย ① ถึง ⑤ ⑥ คือปุ่มของขั้นตอนที่ 8:



ขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 — แบบฟอร์มที่ตั้งค่าสำหรับตัวอย่างนี้

3. ① **ใน คอลัมน์ชื่อ เลือก K** สี่คอลัมน์ต้องต่างกันทั้งหมด
4. ② **ใน คอลัมน์ชนิดเกต เลือก L**
5. ③ **ใน คอลัมน์อินพุต เลือก M**
6. ④ **ใน คอลัมน์ความน่าจะเป็น เลือก N**
7. ⑤ **ตรวจว่า ชื่อเกตยอด เป็น TOP**

8. **คลิก ตกลง — คำนวณ** ที่ด้านล่างของแบบฟอร์ม (② ในภาพด้านล่าง) ReliaEn ตรวจต้นไม้ คำนวณ และแสดงรายงาน



ขั้นตอนที่ 8 — หน้าต่างก่อนกด ตกลง

- ① แถบเมนู: ไฟล์, ข้อมูล, ไม่ต่อเนื่อง, ข้อมูลอายุ, ระบบ, CMMS, มุมมอง, วิธีใช้
- ② แบบฟอร์มการวิเคราะห์ ตั้งค่าตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 มี ตกลง — คำนวณ อยู่ด้านล่าง
- ③ คอลัมน์ K: คอลัมน์ชื่อ (5 ค่า)
- ④ คอลัมน์ L: คอลัมน์ชนิดเกต (2 ค่า)
- ⑤ คอลัมน์ M: คอลัมน์อินพุต (2 ค่า)
- ⑥ คอลัมน์ N: คอลัมน์ความน่าจะเป็น (3 ค่า)
- ⑦ แถบสถานะ: พร้อม — กรอกข้อมูลในแผ่นงาน เลือกการวิเคราะห์ทางซ้าย แล้วคลิก ตกลง, ผู้ได้รับสิทธิ์ ReliaEn Training · หมดอายุ 2027-10-18

ภาค 4 — รายงาน ทีละการ์ด

ข้อมูลนำเข้า

1	ข้อมูล	**แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน**
2	เกตยอด	**TOP**

ข้อมูลนำเข้า

- ① ข้อมูล แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน.
- ② เกตยอด TOP.

ผลลัพธ์

1	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ยอด (แม่นตรง)	0.069
2	การประมาณเหตุการณ์หายาก	0.07 (เกินไป 0.001 — ตัวเลขแม่นตรงคือคำตอบ)
3	คัตเซ็ตขั้นต่ำ	2
4	เหตุการณ์ที่สำคัญที่สุด (Fussell–Vesely)	V (FV = 0.7246)

ผลลัพธ์

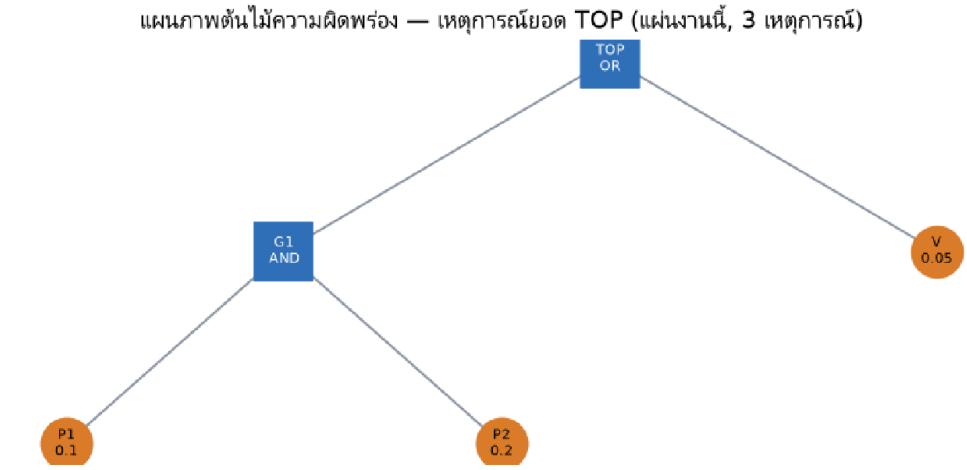
- ① ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ยอด (แม่นตรง) 0.069.
- ② การประมาณเหตุการณ์หายาก 0.07 (เกินไป 0.001 — ตัวเลขแม่นตรงคือคำตอบ).
- ③ คัตเซ็ตขั้นต่ำ 2.
- ④ เหตุการณ์ที่สำคัญที่สุด (Fussell–Vesely) V (FV = 0.7246).

การตีความ

1	คัตเซ็ตแต่ละชุดคือชุดความล้มเหลวที่เล็กที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ยอด; Fussell–Vesely คือสัดส่วนของความเสี่ยงของเหตุการณ์ยอดที่ไหลผ่านเหตุการณ์พื้นฐานแต่ละตัว — รายการลำดับความสำคัญของการซ่อม พิมพ์ทั้งความน่าจะเป็นยอดแบบแม่นตรงและแบบประมาณ; ช่องว่างขยายเมื่อความน่าจะเป็นของเหตุการณ์สูงขึ้น

การตีความ

- ① คัตเซ็ตแต่ละชุดคือชุดความล้มเหลวที่เล็กที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ยอด; Fussell–Vesely คือสัดส่วนของความเสี่ยงของเหตุการณ์ยอดที่ไหลผ่านเหตุการณ์พื้นฐานแต่ละตัว — รายการลำดับความสำคัญของการซ่อม พิมพ์ทั้งความน่าจะเป็นยอดแบบแม่นตรงและแบบประมาณ; ช่องว่างขยายเมื่อความน่าจะเป็นของเหตุการณ์สูงขึ้น



กราฟ

- ต้นไม้ตามที่พิมพ์ในตารางทำการ: เกตยอด เกตที่อยู่ข้างใต้ และเหตุการณ์พื้นฐาน

คัตเซ็ตขั้นต่ำ (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

1 สัดส่วนใช้ความน่าจะเป็นยอดแม่นตรง; รวมกันเกิน 100%
เพราะคัตเซ็ตซ้อนทับกัน
(การซ้อนทับนั้นคือสิ่งที่การประมาณเหตุการณ์หายากละเลยพอดี)

2 คัตเซ็ต	3 ความน่าจะเป็น	4 สัดส่วนของยอด
5 V	0.05	72.5%
6 P1 · P2	0.02	29.0%

คัตเซ็ตขั้นต่ำ (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

- ① สัดส่วนใช้ความน่าจะเป็นยอดแม่นตรง; รวมกันเกิน 100% เพราะคัตเซ็ตซ้อนทับกัน (การซ้อนทับนั้นคือสิ่งที่การประมาณเหตุการณ์หายากละเลยพอดี)
- ② คัตเซ็ต
- ③ ความน่าจะเป็น
- ④ สัดส่วนของยอด
- ⑤ V · 0.05 · 72.5%
- ⑥ P1 · P2 · 0.02 · 29.0%

ความสำคัญแบบ FUSSELL–VESELY (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

1 FV(e) = P(คัตเซ็ตบางชุดที่มี e ล้มเหลว)/
P(ยอด) — แก้ไขรายการบนสุดของรายการนี้ก่อน

เหตุการณ์พื้นฐาน	FV
2 V	0.7246
3 P1	0.2899
4 P2	0.2899

ความสำคัญแบบ Fussell–Vesely (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

- ① FV(e) = P(คัตเซ็ตบางชุดที่มี e ล้มเหลว)/P(ยอด) — แก้ไขรายการบนสุดของรายการนี้ก่อน
- ② V · 0.7246
- ③ P1 · 0.2899
- ④ P2 · 0.2899

การแก้ไขเดี่ยวใดซื้อได้มากที่สุด (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

1 □ แก้ไข V เปลี่ยนเหตุการณ์ยอด 0.069 → 0.02 — การลดที่มากที่สุด
แต่ละแถวคือการวิเคราะห์ใหม่เต็มรูปแบบโดยให้เหตุการณ์เหล่านั้นล้มเหลวไม่ได้ ไม่ใช่การประมาณ

2 คัตเซ็ตที่แก้ไขแล้ว	3 เหตุการณ์ยอดใหม่	4 การลด	5 สัดส่วนที่ขจัด
6 V ★	0.02	0.049	71.0%
7 P1 · P2	0.05	0.019	27.5%

การแก้ไขเดี่ยวใดซื้อได้มากที่สุด (แผ่นงานนี้ — 2 เกต, 3 เหตุการณ์พื้นฐาน)

- ① ★ แก้ไข V เปลี่ยนเหตุการณ์ยอด 0.069 → 0.02 — การลดที่มากที่สุด แต่ละแถวคือการวิเคราะห์ใหม่เต็มรูปแบบโดยให้เหตุการณ์เหล่านั้นล้มเหลวไม่ได้ ไม่ใช่การประมาณ
- ② คัตเซ็ตที่แก้ไขแล้ว
- ③ เหตุการณ์ยอดใหม่
- ④ การลด
- ⑤ สัดส่วนที่ขจัด
- ⑥ V ★ · 0.02 · 0.049 · 71.0%
- ⑦ P1 · P2 · 0.05 · 0.019 · 27.5%

ภาค 5 — วิธีตีความผลลัพธ์

น้ำหล่อเย็นจะสูญเสียบ่อยเพียงใด 0.069 ต่อการสั่งงาน แบบแม่นตรง: ปั๊มคู่ล้มเหลวพร้อมกันด้วยความน่าจะเป็น 0.1 × 0.2 = 0.02 และ TOP = 1 − (1 − 0.02)(1 − 0.05) = 0.069 ให้ใช้ตัวเลขนี้ การประมาณเหตุการณ์หายาก 0.02 + 0.05 = 0.07 สูงกว่า 0.001 เพราะนับกรณีที่ปั๊มและวาล์วล้มเหลวพร้อมกันสองครั้ง

ความเสี่ยงมาจากที่ใด คัตเซตขั้นต่ำสองชุด คือวาล์วเพียงตัวเดียว และปั๊มสองตัวพร้อมกัน วาล์วเป็นจุดล้มเหลวเดี่ยว

ควรแก้อะไรก่อน วาล์ว ความสำคัญแบบ Fussell–Vesely ของวาล์วคือ 0.7246 (0.05 / 0.069) เทียบกับ 0.2899 ของปั๊มแต่ละตัว การทำให้วาล์วล้มเหลวไม่ได้ลดเหตุการณ์ยอดจาก 0.069 เหลือ 0.02 คือลดความเสี่ยงได้ 71.0% ปั๊มที่สมบูรณ์ลดได้เหลือเพียง 0.05 (27.5%) วาล์วตัวที่สองแบบขนานจะได้ผลมากกว่าปั๊มที่ดีขึ้น

ทำไมสัดส่วนรวมกันเกิน 100% 72.5% + 29.0% = 101.5% สัดส่วนใช้ความน่าจะเป็นแบบแม่นตรงของเหตุการณ์ยอด และคัตเซตซ้อนทับกัน ซึ่งเป็นส่วนซ้อนทับที่การประมาณเหตุการณ์หายากไม่นับ

ผลลัพธ์ไม่ใช่อะไร ความน่าจะเป็นคงที่ต่อการสั่งงาน ไม่มีเวลาและไม่มีการซ่อม สำหรับระบบที่ชิ้นส่วนเสื่อมตามอายุหรือได้รับการซ่อม ให้วาดบนแผนภาพ RBD แล้วจำลองด้วย ระบบ ▸ การจำลอง RAM…