

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ ШКАЛ В МЕТОДІ FMECA З ВИКОРИСТАННЯМ FUZZY LOGIC

© Т. Бойко, О.-С. Корчинська, 2017

Національний університет „Львівська політехніка”, Львів, Україна

Зазвичай рангові шкали, що застосовують в експертному оцінюванні, мають порядковий характер. Тому отримані з їх використанням оцінки погано надаються до подальшого опрацювання. Наприклад так, як це відбувається для обчислення RPN - розміру пріоритетності ризику (англ. *Risk Priority Number*) під час застосування методу FMECA – аналізу форм і критичності наслідків відмов. Загалом FMEA і його різновид FMECA є одними з найбільш уживаних методів управління якістю на сучасних підприємствах [1], зокрема вітчизняних [2, 3], що обумовлює актуальність роботи.

Тут RPN - величина, що характеризує кількісну оцінку ризику небажаних наслідків. Її отримують як суб'єктивну міру розміру негативних наслідків з врахуванням ймовірності та можливості виявлення відмови

$$RPN = S \times O \times D,$$

де S - значущість наслідків, що характеризує ступінь впливу відмови на систему або користувача;

O - ймовірність виникнення відмови за заданий або встановлений відрізок часу;

D - характеристика змоги виявити відмову; є оцінкою шансу її ідентифікувати і усунути до появи наслідків для системи або замовника.

Тому метою роботи є дослідити можливі недоліки, властиві експертним шкалам, що застосовують в методі FMECA, зокрема для визначення RPN , і запропонувати способи їх вдосконалення.

В різних типах FMECA використовують різні шкали значень для S , O і D , наприклад від 1 до 4 або 5. Деякі типи FMECA, наприклад в автомобільній промисловості, для аналізу конструкції виробу і процесу виробництва, звані DFMEA і PFMEA, використовують лінійну шкалу від рангів від 1 до 10 [4, 5]. А правила застосування самої методології FMEA, зокрема формування критеріїв оцінювання, регламентує міжнародний стандарт [1].

Однак вказаний нормативний документ не дає уніфікованої терм-множини, яка би була максимально зручною для використання експертами під час отримання рангових оцінок. Тому в роботі запропоновано використати єдину номенклатуру термів, для яких оцінки отримувалися б не на основі простого ранжування з кроком 1 в потрібному діапазоні (наприклад, від 1 до 10, чи від 1 до 5), а на основі математично обгрунтованої функції належності. Недоліком такого підходу є те, що рангові оцінки прийматимуть дробові значення, які не можуть бути використані як кінцеві результати. Але, оскільки дослідження спрямоване на отримання більш адекватної оцінки RPN , яку знаходять як добуток S , O і D , то вказаний недолік не матиме відчутного впливу на кінцеве значення RPN .

В цьому випадку S , O і D необхідно трактувати як лінгвістичні змінні (таблиця 1), математичні операції з якими слід виконувати за правилами нечіткої логіки (англ. *fuzzy logic*).

Таблиця 1

№ терму лінгвістичної змінної	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S – значущість наслідків виникнення відмови	неістотна	дуже низька	низька	нижче середнього	середня	вище середнього	помірно висока	висока	дуже висока	критична
D – вірогідність виникнення відмови	подія мало-вірогідна	дуже низька	низька	нижче середнього	середня	вище середнього	помірно висока	висока	дуже висока	практично гарантована
O – вірогідність виявлення відмови	практично гарантована	дуже висока	висока	помірно висока	вище середнього	середня	нижче середнього	низька	дуже низька	подія мало-вірогідна

Наступні міркування стосуватимуться пар значень ймовірностей виникнення і виявлення відмов. Оскільки значення D і O є однойменними (див. табл. 1), то можна припустити, що характер їх зміни є подібний в цілому діапазоні допустимих значень. Окрім того значення D зазвичай ранжовані в зворотному порядку по відношенню до O - ймовірності появи відмови, тобто - чим вище значення D, тим менш ймовірним є виявлення відмови. Вказані особливості дають підставу аналізувати вказані характеристики спільно. Зокрема з таблиці 2 видно, що добуток однойменних рангів D і O має сильно нелінійний характер. Причому є очевидним, що добуток значень середніх рангів (5×5) розташований в пропорції 1:3 ближче до початку діапазону (див. табл. 2)

Таблиця 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ранги D і O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D×O	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

З врахуванням вказаних особливостей, в роботі запропоновано змінити значення рангів так, щоби отримані значення саме їх добутоків були розташовані рівномірно у всьому діапазоні можливих значень і добуток середніх значень знаходився по середині їх діапазону, як показано в таблиці 3.

Таблиця 3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DN і ON	1,00	3,46	4,80	5,83	6,71	7,48	8,18	8,83	9,43	10,00
DN×ON	1	12	23	34	45	56	67	78	89	100

Використовуючи множини значень DN і ON можна отримати функції належності $\mu(P)$ для знаходження рангів, що відповідатимуть будь-яким значенням терм-множин ймовірностей P виникнення і виявлення відмов.

Не складно перекоонатися, що для поданих в таблиці 3 множин DN і ON залежність $\mu(P)$ матиме явно нелінійний характер. Причому значення DN і ON зростають тим істотніше, чим ближче знаходяться до середини діапазону. Тому значення значущості наслідків виникнення відмови повинні спадати за аналогічним законом, щоби не порушувати загальний характер зміни показника RPN в цілому діапазоні можливих значень. Отримані розрахункові значення рангів SN представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SN	0,40	0,55	0,80	1,15	1,65	2,35	3,40	4,85	7,00	10,00

Аналізуючи характер зміни рангів SN, з таблиці 4 можна прийти до висновку, що її описує сильно нелінійна залежність, коли значення рангів до середини діапазону зростають істотно повільніше, ніж в другій половині діапазону допустимих значень. Такий характер залежності добре узгоджується з вимогами [1], оскільки значущість є тією складовою RPN, за якою надається перевага під час вибору відмови, яку слід усувати в першу чергу, наприклад, за рівних або близьких значень RPN. Причому значущість відмови повинна зростати не пропорційно до зростання значень рангів, а мати степеневий або експоненціальний характер. Загалом згідно [1], значення рангів S слід вважати точними для значущості ≥ 6 , коли під час порівняння втрат внесок S в RPN є найістотнішим. Тому чим більша різниця між суміжними рангами, тим краще вони дають змогу диференціювати відмови.

1. IEC 60812:2006 Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA). 2. Методи аналізування надійності систем. Аналіз наслідків видів відмов (FMEA) (IEC 60812:2006, IDT): ДСТУ IEC 60812:2015. – [Чинний від 2015-07-01]. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2015. – 48 с. – (Національний стандарт України). 3. Дацун Ю.М. Дослідження відмов колісних пар тепловозів в експлуатації із застосуванням FMEA-методології / Ю.М. Дацун, А.М. Філатов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – вип. 147. – С 87-91. 4. SAE J1739:2000 Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA), and Potential Failure Mode and Effects Analysis for Machinery. 5. AIAG Potential Failure Mode and Effects Analysis, Third Edition, 2001.