

ProActive Training 12 maggio 2020

FMEA

Failure Mode & Error Analysis

MASSIMO PIVA

Head of Industrial Digital Transformation di AzzurroDigitale



AzzurroDigitale
STRATEGY&VENTURES

STRUTTURA

- INTRODUZIONE E DEFINIZIONI
- CONCETTI BASE ➡
- FASI DEL PROCESSO ➡
- PREDISPORRE L'ANALISI FMEA ➡
- CRITERI PER LA RIDUZIONE IPR ➡
- MIGLIORARE L'ANALISI FMEA ➡
- IL MODULO ➡
- BIBLIOGRAFIA E FONTI

INFORMAZIONE STORICA

- La **FMEA** fu sviluppata dalle forze armate statunitensi nel **1949**, allo scopo di classificare i guasti in base all'impatto sul successo della missione e sulla sicurezza del personale e degli equipaggiamenti
- Successivamente, FMEA cresce negli anni '60 presso la **NASA** al fine di migliorare l'affidabilità e la sicurezza di tutti gli strumenti, macchine e strutture del progetto Apollo, tenendo in secondo piano i costi.
- E' entrata nel mondo automobilistico attorno agli anni '80 (**FORD**) ed ora è uno degli strumenti di analisi affidabilistica più diffusi in questo settore.

DEFINIZIONE

- FMEA è una sigla che sta per

→ ***Failure Modes Effects Analysis***

- E' una tecnica affidabilistica utilizzata **in fase preventiva** per accrescere **l'affidabilità di un prodotto** attraverso l'analisi di tutti i potenziali **modi di guasto** e dei relativi **effetti** sul cliente.

VANTAGGI DELLA FMEA

- Aumento di qualità del prodotto-produttività del processo
- Strumento di lavoro interdisciplinare
- Maggiore padronanza dei rischi di processo e di prodotti
- Attività preventiva anziché correttiva
- Evita costi elevati di non-qualità
- Capace di generare efficienti piani di controllo

FMEA
Failure Mode & Error Analysis

CONCETTI BASE

PROCEDIMENTO CONCETTUALE

Quando si effettua un'analisi FMEA ci si deve chiedere, fase per fase del processo sotto analisi:

1. Quale anomalia può verificarsi a livello nel “nostro processo” (evento negativo)?
2. Quali sono le conseguenze dell'anomalia, dove e come si ripercuotono (su chi, su che cosa)?
3. Perché può succedere l'anomalia?
4. Quali sono i controlli in essere per intercettare l'anomalia?

DEFINIZIONE DI “FAILURE”

Con il termine “*failure*” (= modo di guasto) si intende il venir meno ad una determinata condizione voluta, la negazione di una funzione propria del processo.

Pertanto, nel seguito della dispensa, con la parola “guasto” si intenderà:

- Un anomalia
- Un errore
- Una non-conformità ad una specifica
- Un malfunzionamento,...

Il “*modo*” di guasto è la descrizione del guasto.

DEFINIZIONE DI “AFFIDABILITÀ”

Probabilità di un prodotto di funzionare correttamente (cioè senza guasti) per un determinato periodo di tempo in determinate condizioni di impiego.

Funzionare correttamente

- Mantenendo la propria stabilità–capability;
- Garantendo la qualità dell’output.

Condizioni di impiego

- Materiali, parametri di processo, modalità operative;
- Manutenzione, etc. secondo gli standard e le procedure;

FMEA
Failure Mode & Error Analysis

FASI DEL PROCESSO FMEA

OVERVIEW – FLUSSO OPERATIVO



COMPONENTE	MODO DI GUASTO	EFFETTO DEL GUASTO SUL SISTEMA SUPERIORE	CAUSE DEL MODO DI GUASTO	TIPOLOGIE CONTROLLO PREVISTE	PROBABILITÀ	GRAVITÀ	RILEVABILITÀ	Indice Priorità Rischio	AZIONI CORRETIVE
					A Probabilità che il guasto si verifichi	B Gravità dell'effetto del guasto (giudicata dal cliente)	C Probabilità di scoprire il guasto	IPR = A X B X C	

Le fasi del processo FMEA

PARTE A: identificazione ed analisi

1. **Team** di lavoro: creare
2. **Processo**: stabilire il processo oggetto della FMEA
3. **Modi di guasto**: identificare, fase per fase
4. **Effetti** di ogni modo di guasto: descrivere
5. **Cause**: identificare le possibili **cause** di ogni modo
6. **Controlli** descrivere i controlli in atto



Le fasi del processo FMEA

PARTE B: sintesi

7. Valutare per ogni terna modo/effetto/causa e calcolo dell'Indice di Priorità del Rischio (IPR):

a) **Probabilità** di accadimento, p ($1 < \mathbf{P} < 10$)

b) **Gravità** g del guasto ($1 < \mathbf{G} < 10$)

c) **Rilevabilità** r , del guasto ($1 < \mathbf{R} < 10$)

$$\rightarrow \mathbf{IPR} = \mathbf{P} \times \mathbf{G} \times \mathbf{R}$$

8. **Azioni** per ridurre IPR: studiare



FASE 1: CREAZIONE TEAM FMEA

Competenze eclettiche ed interfunzionali richieste:

- Progettazione prodotto/processo
- Qualità
- Logistica (interna ed esterna)
- Produzione/Acquisti

Altre competenze possono essere attivate su necessità (ad es. assistenza/manutenzione,)

Come per ogni lavoro di gruppo, serve un **team leader**



FASE 2: STABILIRE L'OGGETTO FMEA

- Identificazione prodotto (nome, codice, disegno,...)
- Definizione/delimitazione del processo
- Acquisizione degli obiettivi fissati per il processo (qualità, logistica, sicurezza,...)
- Scomposizione del processo nelle singole fasi elementari (diagramma di flusso). La fase non è necessariamente l'operazione elementare.



FASE 3: IDENTIFICARE I MODI DI GUASTO



Tutti i possibili modi di guasto che possono presentarsi nella fase del processo considerata e che:

- Sono insiti nelle “5M+A” della fase del processo
- Sono noti dal passato da processi analoghi

Spesso in questa fase della FMEA si sente dire “tutto può succedere” e quindi l'elencazione delle cause può consumare parecchio tempo.

È utile tuttavia, se non si considerano determinati modi di guasto, perché ritenuti altamente improbabili, registrare ciò sul modulo FMEA.



FASE 4: DESCRIVERE EFFETTI DEL GUASTO



Descrivere gli effetti provocati da ciascun modo di guasto, in funzione della percezione dell'utente, esprimendoli in termini di prestazioni mancanti, insufficienti, anomale;

- Per ciascun modo di guasto deve essere indicato un solo effetto: il più grave per l'utente secondo il principio che se si risolve per il più grave, lo si fa anche per il meno grave)
- Gli effetti sono quelli che incidono in modo più o meno negativo sugli obiettivi associati al processo.



FASE 5: IDENTIFICARE LE CAUSE DI GUASTO



Elencare ogni possibile causa che si possa porre all' origine di ciascun modo di guasto (perché?)

- La ricerca delle cause di fondo determinerà la successiva scelta delle azioni da intraprendere.



FASE 6: ELEN CARE CONTROLLI IN ATTO

Elencare i vari controlli in atto che possono individuare le cause del guasto od il modo di guasto.

- Per controlli in atto si intendono quelli normalmente già impiegati durante le diverse fasi del processo (dall' arrivo dei materiali all' imballo e spedizione) e non quelli che si prevede di implementare.



FASE 7: VALUTARE I PARAMETRI P, G e R

7a:

Stimare la **probabilità P** di guasto in una scala da 1 a 10



7b:

Stimare la **gravità G** del guasto in una scala da 1 a 10



7c:

Stimare la **rilevabilità R** del guasto in una scala da 1 a 10



FASE 7: CALCOLARE IPR

Per ogni “modo di guasto”, stimati i valori (da 1 a 10) di P, G e R (solo per la variante FMECA), si calcola:

$$\mathbf{IPR = P \times G \times R}$$

Maggiore è il valore, maggiore è il rischio associato al modo di guasto

Questo permette di creare una “graduatoria” dei modi di guasto



FASE 8: AZIONI PER RIDURRE I VALORI IPR

In base alla priorità, il team lavora per individuare azioni per la riduzione dei valori IPR, ponendo un valore obiettivo.

- Si osserverà che non sempre sarà possibile azzerare la causa (annullando il relativo IPR) ma piuttosto attenuarne l'impatto.
- Si osserverà che non sempre sarà possibile occuparsi sin da subito delle cause per difficoltà di varia natura. In tal caso occorrerà proporre dei rimedi provvisori immediati in attesa di quelli definitivi.



FMEA

Failure Mode & Error Analysis

IL MODULO

24

FMEA
Failure Mode & Error Analysis

PREDISPORRE UN'ANALISI FMEA
COSA BISOGNA FARE PRIMA!

COME SI VALUTANO I PARAMETRI P, G e R?

La valutazione di parametri quali probabilità, gravità e rilevabilità è spesso poco oggettivabile. Dunque vi sono due criteri fondamentali per ridurre la soggettività:

- Lavoro in team: fare la valutazione con occhi diversi
- Valutare secondo una scala numerica in grado di “quantizzare” un giudizio

Prima di effettuare la prima analisi, il team concorda le scale di valutazione dei parametri.

Le scale di valutazione divengono successivamente patrimonio aziendale e soggette a manutenzione

7a – SCALA DI VALUTAZIONE PROBABILITA' (→P)

CLASSE	TASSO	P
Molto alta	100 ogni 1000	10
Failure persistente	50 ogni 1000	9
Alta.	20 ogni 1000	8
Failure frequente	10 ogni 1000	7
Moderata	5 ogni 1000	6
Failure occasionale	2 ogni 1000	5
	1 ogni 1000	4
Bassa	5 ogni 10000	3
Poche failure	1 ogni 10000	2
Remota	1 ogni 100000	1
Failure improbabile		

7b – SCALA DI VALUTAZIONE GRAVITA' (→G)

GRAVITA'	EFFETTO	G
Alta pericolosità senza preavviso	Compromessa sicurezza e/o conformità a disposizioni regolamentari. Guasto senza preavviso	10
Alta pericolosità con preavviso	Compromessa sicurezza e/o conformità a disposizioni regolamentari. Guasto con preavviso	9
Molto alta	Perdita completa delle funzioni	8
Alta	Perdita significativa delle funzioni primarie del prodotto. Cliente molto insoddisfatto	7
Moderata	Perdita completa delle funzioni secondarie del prodotto. Cliente insoddisfatto	6
Bassa	Perdita significativa delle funzioni secondarie del prodotto. Cliente leggermente insoddisfatto	5
Molto bassa	Prodotto con leggere vibrazioni, cigolii notato da >75% clienti	4
Minore	Prodotto non conforme notato da >50% clienti	3
Trascurabile	Prodotto non conforme notato da >25% clienti	2
Nessuna	Prodotto non conforme, difetto non scernibile	1

7c – SCALA DI VALUTAZIONE RILEVABILITA' (→R)

RILEVABILITA'	CONTROLLI IN ESSERE	R
Impossibile	Incapace di rilevare oppure non eseguito	10
Molto remota	Controllo eseguito in modo indiretto o a "spot"	9
Remota	Controllo visivo	8
Molto bassa	Doppio controllo visivo	7
Bassa	Controllo tipo SPC	6
Moderata	Controllo per variabili oppure P/NP 100%	5
Moderatamente alta	Rilevazione difetto in operazioni successive	4
Alta	Rilevazione difetto durante operazioni corrente o controllo eseguito successivamente	3
Molto alta	Rilevazione automatica del difetto (pokayoké)	2
Sicura	Certezza della rilevabilità immediato	1

7 – CALCOLARE IPR MA ATTENZIONE ...

La metodologia FMEA prevede che gli indici P, G, R siano indipendenti. Spesso però si è portati a fare le seguenti valutazioni che potrebbero rendere inattendibile la valutazione; per esempio:

- Se un controllo avviene immediatamente dopo che una anomalia è apparsa, magari anche grave, tutto sommato l'evento in sé non viene ritenuto grave perché le conseguenze non si sono propagate troppo a valle ed il costo sostenuto per rimediare all'anomalia è pressoché nullo.
- Se una anomalia appare frequentemente ma viene gestita senza troppi problemi, tutto sommato l'evento in sé non viene ritenuto grave.
- Se una anomalia comunque viene intercettata al collaudo finale, tutto sommato ha un indice R basso.
- Se una anomalia apparsa in garanzia è difficilmente attribuibile ad una causa particolare, ha indici G e R bassi.

7: DEFINIRE LA SOGLIA DI INTERVENTO

La scala di valutazione dell'IPR si estende da 1 a 1000 (10x10x10), assumendo uno dei valori possibili risultanti dal prodotto tra G, P e R

Qual è il valore di IPR oltre il quale il team interviene al fine di ridurre IPR?

Esempio: si consideri il seguente caso

P	G	R	IPR
10	1	1	10
1	10	1	10

Sono la stessa cosa?

7: DEFINIRE LA SOGLIA DI INTERVENTO

E' possibile utilizzare diversi criteri per determinare una soglia.

- Soglia fissa (ad es. IPR soglia = 100)
- Soglia proporzionale al massimo valore di IPR rilevato (es. IPR soglia = 70% del massimo valore rilevato).
- Soglia fissa legata alla gravità (G) (ad es. IPR soglia = 100 per $G < 5$, oppure IPR soglia = 80 per $5 < G < 7$).

VALORE DI G	SOGLIA
9/10	>40
7/8	>100
4 – 6	>150
1 – 3	>220

7a – CALCOLARE PROBABILITA' ($\rightarrow P$)

- La ripetitività dell'operazione (più l'operazione è ripetitiva, minore è la probabilità di commettere errori).
Non sempre vero $\rightarrow$ eccessiva confidenza $\rightarrow$ abbassamento livello attenzione
- La difficoltà dell'operazione (maggiore abilità è richiesta, maggiore è la probabilità di commettere errori)
Non sempre vero $\rightarrow$ difficoltà $\rightarrow$ innalzamento livello di attenzione
- La presenza di segnalatori, visivi o acustici, che aiutino l'addetto nello svolgimento dell'operazione.
Non sempre vero $\rightarrow$ assuefazione $\rightarrow$ abbassamento livello attenzione



7a – CALCOLARE PROBABILITA' ($\rightarrow P$)

Alcuni fattori per il processo di montaggio manuale

- È più facile dimenticarsi una rondella perché piccola piuttosto che un albero perché grande.
- È più facile commettere un errore di montaggio se non esiste un'istruzione scritta e chiara.
- È più facile commettere un errore di prelievo materiale se non esiste un sistema affidabile anti-mescolamento.
- È più facile danneggiare una guarnizione in fase di montaggio se non si usa un attrezzo di guida.
- È più facile scambiare un componente con un altro se essi sono intercambiabili.
- In sostanza, quanto meglio la fase è pianificata, tanto meno è probabile che insorga una causa ordinaria. L'imprevisto (cause straordinaria) è sempre in agguato.



7a – CALCOLARE PROBABILITA' ($\rightarrow P$)

Alcuni fattori per il processo di montaggio automatico

- La frequenza delle verifiche del buon funzionamento della macchina operatrice (più sono frequenti, minore è la probabilità di errori) (ad es. Per lotto, turno, settimana)
- La complessità della macchina operatrice (più è complessa, più a rischio è il suo comportamento corretto)
- La presenza di segnalatori, visivi o acustici, che aiutino l'addetto nello svolgimento dell'operazione.
- La affidabilità iniziale della macchina stessa/attrezzature (progettazione).
- Il mantenimento dell'affidabilità della macchina nel tempo (conduzione).
- Il mantenimento dell'affidabilità delle attrezzature nel tempo (manutenzione, utilizzo).



NORME DI RIFERIMENTO

- MIL-STD-1629
- SAE J 1739 (USA, *automotive*)
- BS 5760
- IEC 60812
- DIN 25448

Bibliografia / Link e riferimenti

<http://it.wikipedia.org/wiki/FMEA>

http://it.wikipedia.org/wiki/Diagramma_di_Ishikawa

Grazie