

Concetti generali per la garanzia dell'affidabilità:

- *Semplificazione del progetto:*

La maggior complessità aumenta la probabilità statistica di guasto. E' necessario semplificare la struttura il più possibile senza sacrificarne le prestazioni. Ciò porta anche a vantaggi in termini di costo e producibilità. L'obiettivo allora è quello di ridurre il numero di parti a quelle necessarie.

- *Selezione dei componenti e dei materiali*

La qualità dei componenti e dei materiali utilizzati influisce direttamente sull'affidabilità. Un prodotto non può essere affidabile se le sue parti ed i materiali selezionati non sono in grado di sopravvivere agli sforzi applicati o alle sollecitazioni ambientali, oppure se hanno elevato tasso di guasto.

Non sempre e' strettamente necessario usare componenti qualificati (che costa molto di più rispetto a quello normale); in caso di materiale e componenti "off the shelf" e' pero' **necessaria** una adeguata campagna di test per garantirne la affidabilità (qualifica).

Concetti generali per la garanzia dell'affidabilità:

- *Derating e margini di sicurezza*

I criteri di progetto si basano sulle condizioni operative ed ambientali. Le analisi (elementi finiti, simulazioni stime di affidabilità...) forniscono indicazioni sulla capacità di operare del componente. Molti parametri sono tuttavia solo lontanamente prevedibili.

Il derating si basa sull'utilizzo di un elemento in condizioni che causano un livello di stress meno severo rispetto a quello per cui è stato progettato. È molto impiegato per componenti elettronici.

I margini di sicurezza si riferiscono alle condizioni di progetto di parti e/o selezione di componenti. Indicazioni sono spesso fornite nelle ECSS, ad es il margine di coppia richiesto in presenza di attrito è 3 (ECSS-E-30-Part3)

Concetti generali per la garanzia dell'affidabilità:

- *Ridondanza*

Consente di aumentare l'affidabilità aumentando il numero di elementi componenti un sistema. Questo porta ad un aumento di costi, massa e volumi.

Occorre una accurata analisi per stabilire quali sono i componenti e le unità critiche così da scegliere il metodo, o la combinazione dei metodi, più appropriato.

Una analisi del rapporto costo/aumento affidabilità fornisce indicazioni sull'opportunità di implementare la ridondanza o meno

- La tolleranza del guasto (fault tolerance) richiede:
 - Ridondanza del componente
 - Metodo di identificazione del guasto
 - Sistema di trasferimento della funzione al componente ridondante

La tolleranza puo' essere applicata a livello di sottosistema, di componente o all'interno di componenti

- Incrementare la affidabilità ha un costo via via crescente e bisogna decidere quanto addentrarsi in tale aumento. Tutti i costi aggiunti per l'affidabilità dovrebbero risultare in risparmi almeno pari al costo atteso del guasto

Costi dei guasti

- La perdita economica e' una conseguenza sempre presente della ridotta affidabilita'. Nel migliore dei casi si limita al costo del componente (sostituzione).
- All'interno di un piano per l'affidabilita' entro le fasi di sviluppo di un progetto il costo di una failure puo' essere espressa da:

$$V_F = F_S \times V_S$$

Dove:

V_F = costo della failure

F_S = probabilita' della failure

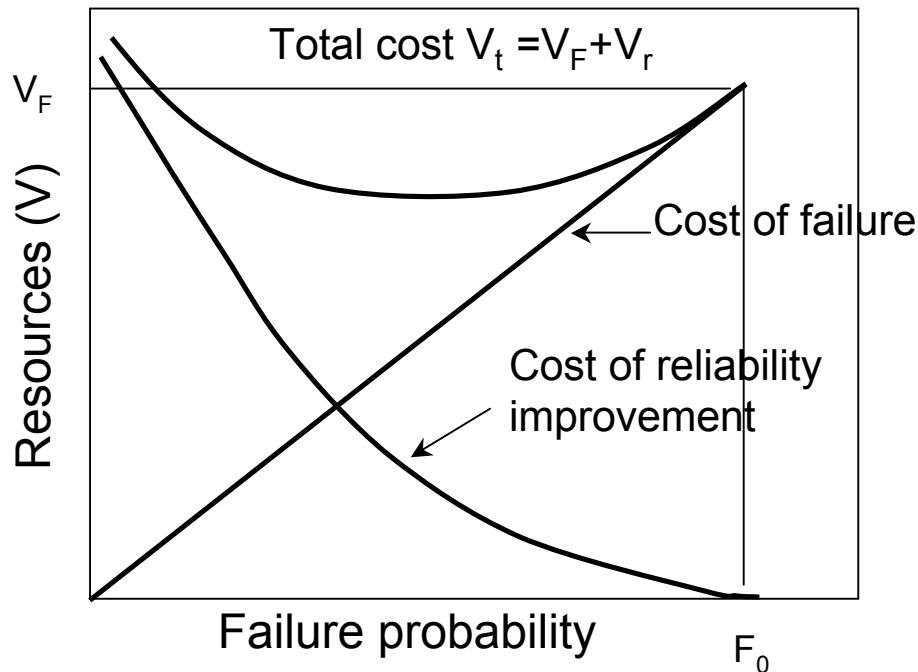
V_S = costo complessivo delle risorse per compensare il guasto

Costo dell'affidabilita'

- Costo dell'aumento di affidabilita':

$$F_s/F_0 = F_0^u, u = V_r/V_0$$

F_s e' la probabilita' di guasto dopo il miglioramento
 F_0 e' la probabilita' di guasto iniziale
 V_r e' il costo del miglioramento
 V_0 e' il costo del sistema



$$F_s/F_0 = F_0^u$$

$$u = V_r/V_0$$

- Se non assegno budget per l'aumento di affidabilita' ($V_r = 0$) ho $F_s = F_0$ (nessuna miglioria)
- Se assegno tutto il budget del sistema ($V_r = V_0$) ho $F_s = F_0^2$ (ridondanza del sistema)

Costo dell'affidabilità

- Esempio:

Costo totale di un sistema (V_0): 100000 €

Probabilità di guasto attesa (F_0): 0.2

Costo miglioria affidabilità disponibile (V_r): 10000 €

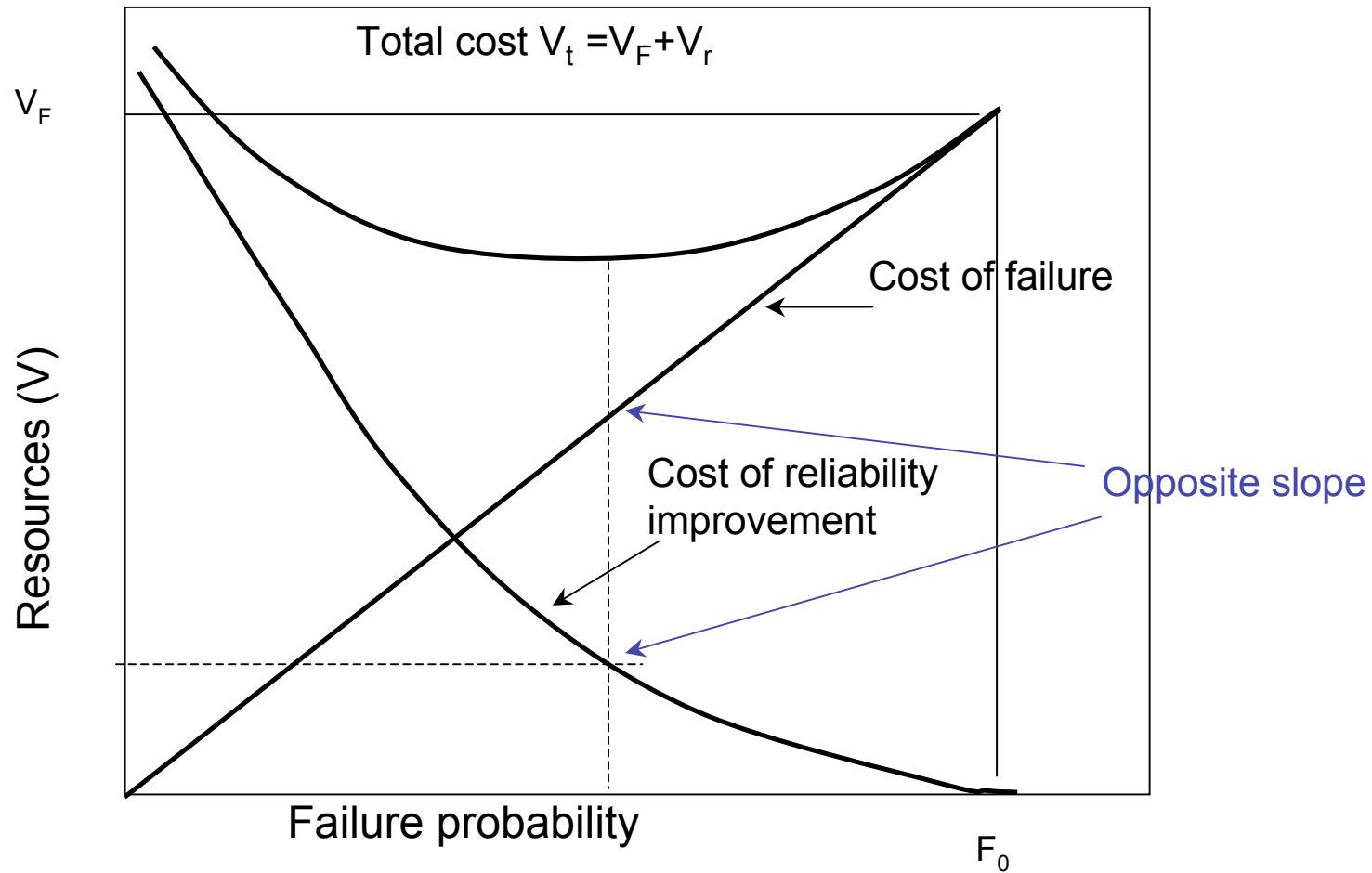
Probabilità di guasto dopo la miglioria (F_s): $F_0 F_0^{V_r/V_0} = 0.2 \cdot 0.2^{0.1} = 0.17$

L'aumento di affidabilità è conveniente se la diminuzione del costo del guasto è maggiore del costo della miglioria

Il limite del miglioramento è quando la pendenza delle due curve di costo è uguale ed opposta. Oltre tale punto il costo della miglioria è maggiore del risparmio sul guasto.

Costo dell'affidabilità'

Ottimizzazione della quantità' di risorse per l'aumento della affidabilità'



Costo dell'affidabilità

- Il costo totale è dato dalla somma delle due curve (V_F e V_r) ed il minimo della somma rappresenta la zona dove è più opportuno operare per aumentare l'affidabilità. Una curva costo totale con minimo piatto consente un maggiore campo decisionale sull'aumento di affidabilità

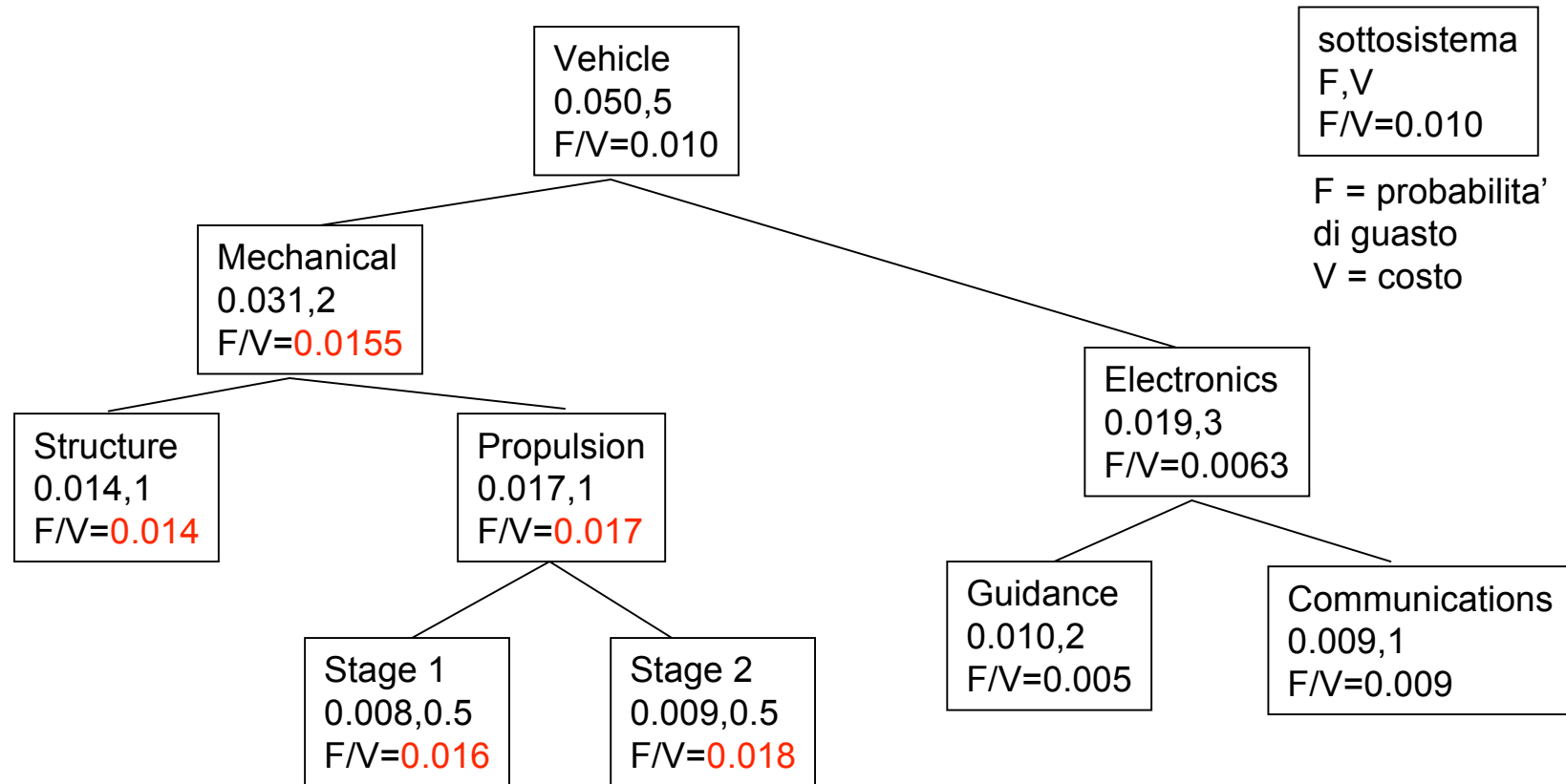
Criteri di assegnazione

- Il budget per l'aumento di affidabilità deve essere reso disponibile partendo da concetto top-down, quindi dal sistema ai sottosistemi di cui è composto. Il criterio di distribuzione si basa su criteri di merito.
- Una funzione di merito può essere il rapporto

$$F_c/V_c$$

per un sottosistema/componente, cioè il rapporto fra la probabilità di guasto ed il suo costo. Maggiore è il rapporto, più benefico è l'incremento di affidabilità

Criteri di assegnazione



I sottosistemi con maggiore F/V sono quelli che maggiormente contribuiscono all'affidabilita' del sistema (sempre in termini F/V) e il cui aumento di affidabilita' da' i maggiori benefici.

Criteri di assegnazione

- In altri casi si possono utilizzare differenti funzioni di merito, ad esempio il rapporto fra probabilita' di guasto e peso (quando il trade-off dei costi del satellite sono dominati dal costo/kg)

$$F_c/W_c$$

Si puo' ancora utilizzare il modello dei costi dell'affidabilita' $F_s = F_0^{u+1}$ dove adesso

$$u = W_r/W_0$$

E' il rapporto fra il peso aggiunto con l'aumento di affidabilita' ed il peso iniziale

Criteria di assegnazione

Esempio: Attitude sensing system

N	Element	Failure Prob. F	Weight W (kg)	F/W (10^{-3} kg^{-1})
1	Control Electronics	0.13	6.8	19.1
2	Gyro	0.02	1.4	14.3
3	Sun sensor electronics	0.02	1.8	11.1

Redundant through element	Weight W (kg)	$u = W_r/W_0$	System Failure Prob. F_s
0		0	0.170
1	6.8	0.68	0.050
2	1.4	0.82	0.039
3	1.8	1	0.029