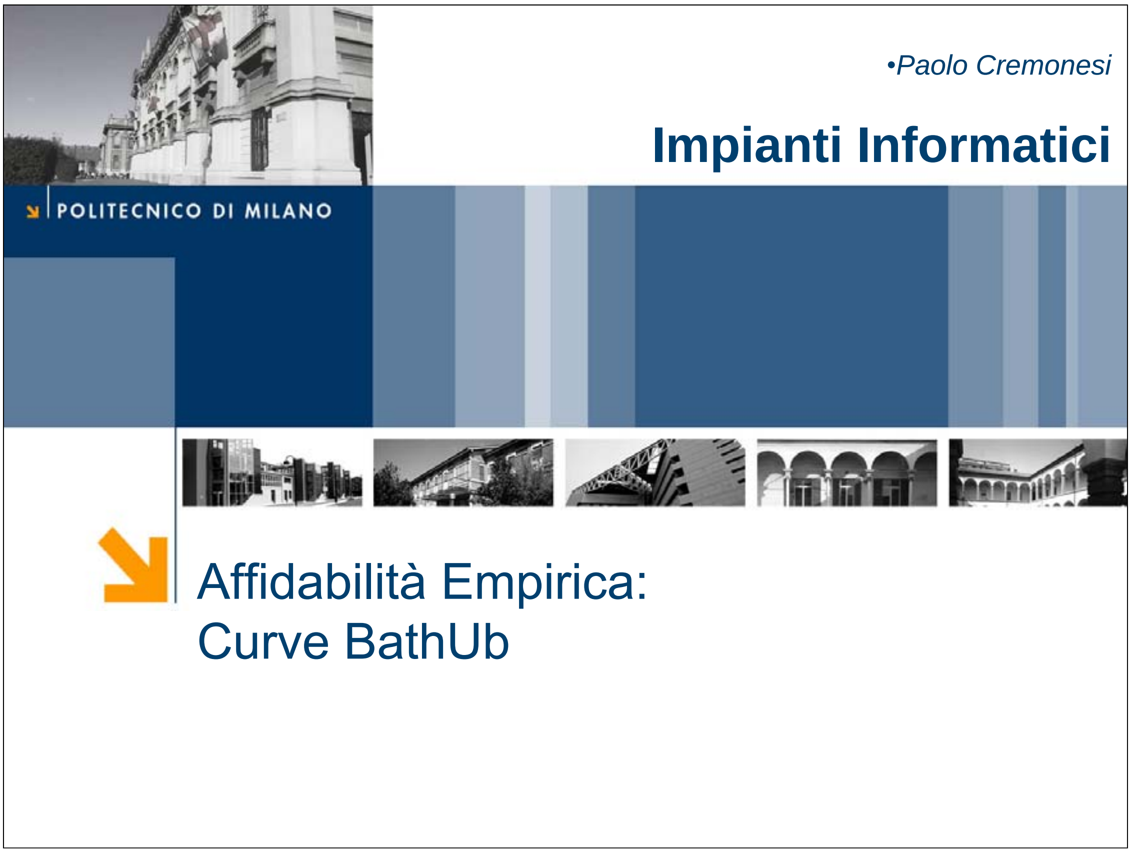
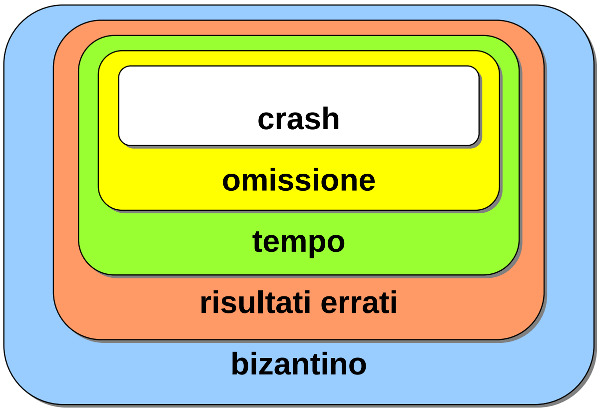


•Mortalità infantile

•Usura

•Vita utile

Classificazione dei guasti in base agli effetti



I guasti di un sistema possono essere classificati in base agli effetti che producono o in base alle componenti che coinvolgono. Nel primo caso, abbiamo le seguenti tipologie di guasti:

•nel caso di **crash** di sistema, il sistema smette totalmente di funzionare

•nel caso di errori di **omissione**, il sistema non risponde ad eventi o comandi esterni

•nel caso di problemi di **tempo**, il sistema esegue le funzioni in un tempo troppo lungo

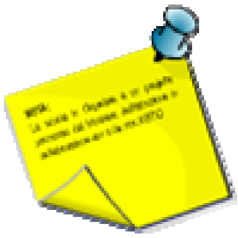
•nel caso di **risultati errati**, il sistema produce dei risultati errati a fronte di dati in ingresso corretti

•nel caso di errori cosiddetti **bizantini**, i guasti non producono effetti percepibili

Classificazione dei guasti in base alle componenti

- Hardware
  - Elettronici
  - Meccanici

- Software

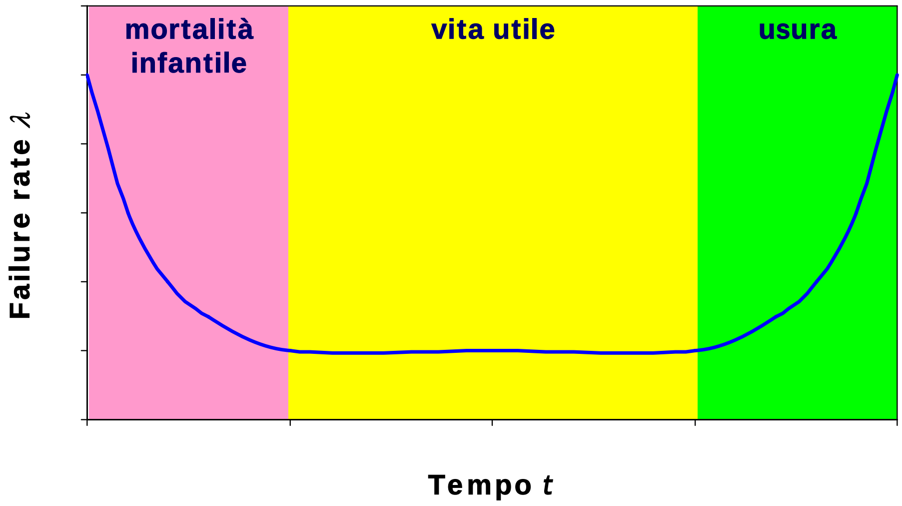


I guasti possono essere classificati in due categorie in base a cosa si è guastato

•Possiamo avere innanzitutto guasti alle componenti hardware dell’impianto, ossia guasti alle componenti elettroniche e meccaniche. Ad esempio, per quanto riguarda le componenti elettroniche, i guasti possono riguardano le CPU, i moduli di memoria, o gli apparati di rete. Per quanto riguarda le componenti meccaniche, i guasti possono riguardare i dischi o le ventole di raffreddamento (ad esempio, delle CPU, delle schede madri, dei trasformatori)

•Abbiamo infine i guasti al software (sistema operativo ed applicazioni). Il software si guasta a causa di bug (ossia errori di specifica o di programmazione) oppure a causa di un’errata configurazione del software stesso, oppure ad una incompatibilità tra software diversi o tra software ed hardware

Componenti elettronici



Per ciascuna delle tre categorie di guasti visti in precedenza (elettronici, meccanici, software) è interessante studiare come varia tipicamente il failure rate λ in funzione della vita del componente.

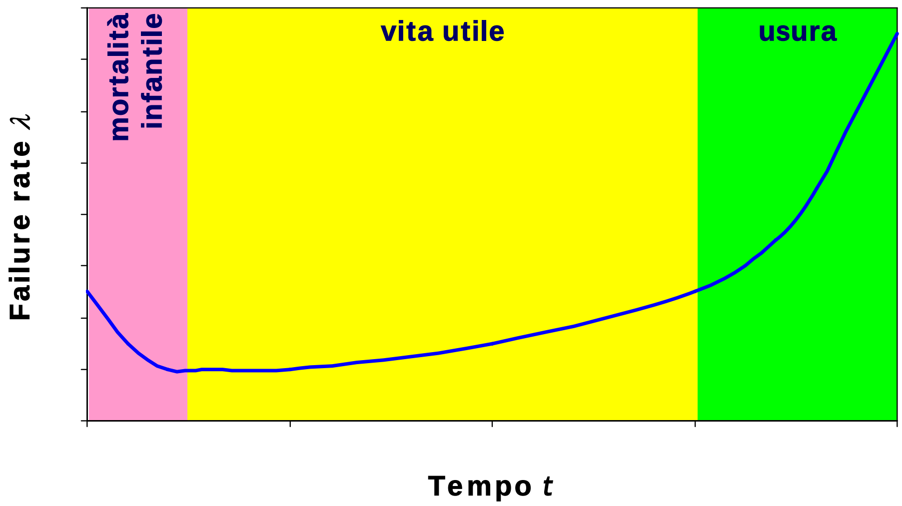
•Nel caso di componenti elettronici il failure rate in funzione del tempo ha un tipico andamento a vasca da bagno (in inglese, *bathub*).

•Nel periodo iniziale di vita del componente il failure rate λ (e quindi la probabilità di guasti) è alto ma tende a diminuire con il tempo. I guasti che avvengono durante questo periodo prendono il nome di **mortalità infantile**. I guasti che si presentano durante questa fase sono dovuti tipicamente a difetti presenti nei materiali o ad errori nei processi produttivi. Solitamente un sistema viene testato in modo tale da superare la fase di mortalità infantile prima di entrare in produzione. Questa categoria di guasti si presenta nei sistemi nuovi. Normalmente questa categoria di guasti non dovrebbe presentarsi nei sistemi in produzione perché questi guasti dovrebbero emergere durante le fasi di test

•Esiste poi un periodo di tempo durante il quale il failure rate è abbastanza basso (e, solitamente, costante). Questo periodo di tempo viene chiamato **vita utile** del componente. I guasti che si presentano durante questo periodo sono tipicamente dovuti ad effetti casuali e difficilemnte prevedibili. I guasti casuali si presentano durante l'intera vita di un sistema. Questa è a categoria di guasti che tipicamente viene considerata negli studi di affidabilità.

•Alla fine della vita utile, le probabilità di guasto aumentano nuovamente a causa dell'usura del componente. Questo periodo prende il nome di **wearout**. In questa fase della vita del componente i guasti sono dovuti essenzialmente al progressivo indebolimento dei materiali per invecchiamento e l'uso. Solitamente si cerca di sostituire un componente prima di entrare nella fase di wearout. Quando un sistema ha raggiunto la fine della sua vita utile, la degradazione di alcune componenti causa il guasto del sistema. La manutenzione preventiva può ritardare l'insorgere di questi guasti

Componenti meccanici

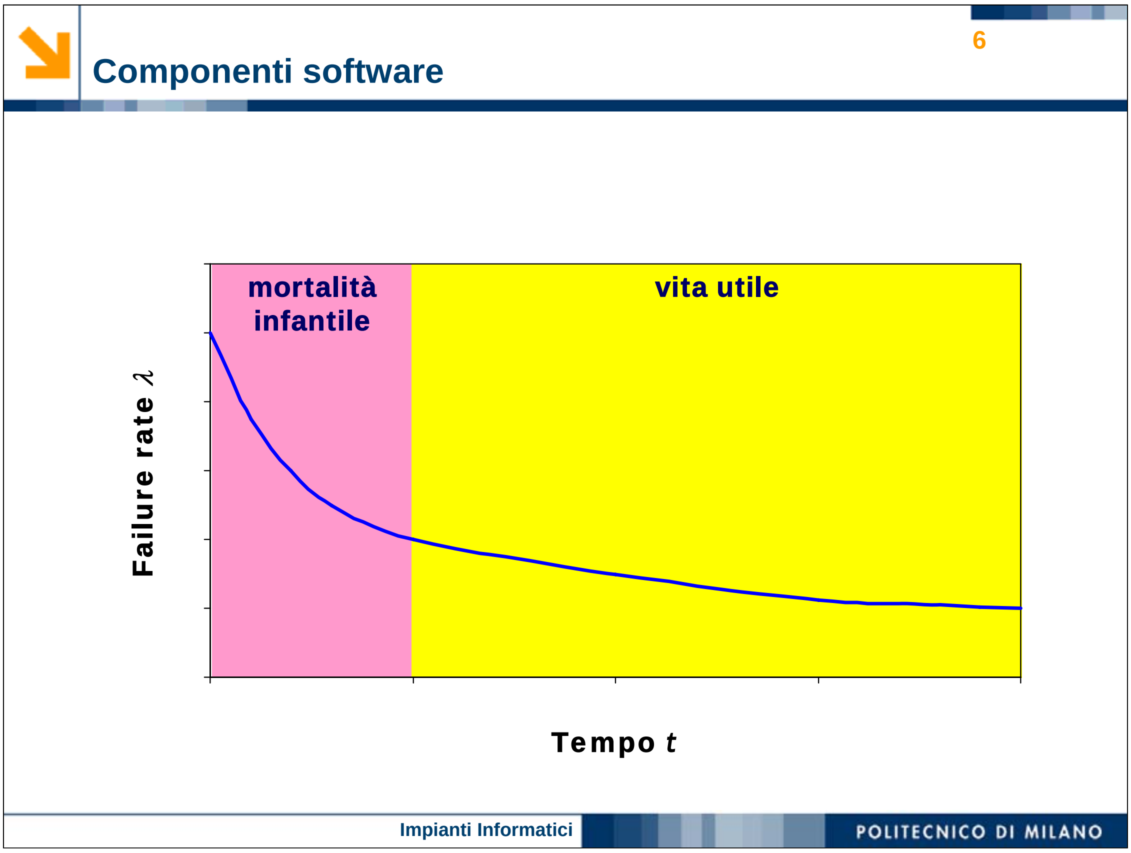


Nel caso di componenti meccanici, come ad esempio hard disk e ventole di raffreddamento, l'andamento a vasca da bagno del failure rate è leggermente diverso

•Esiste sempre il periodo iniziale di mortalità infantile in cui il failure rate è decrescente

•ed esiste sempre un periodo nella vita finale del componente in cui il failure rate aumenta velocemente a causa dell'usura

•ma durante il periodo di vita utile del componente il failure rate, seppure basso, non è costante ma aumenta (circa linearmente) con il tempo

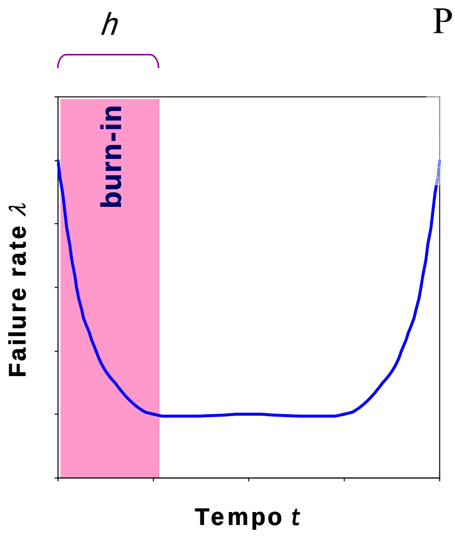


Nel caso di guasti software il failure rate segue un andamento a vasca da bagno abbastanza diverso rispetto ai casi precedenti.

•Abbiamo sempre il periodo iniziale di mortalità infantile in cui il failure è decrescente

•ma non esiste il fenomeno legato all'usura e, durante il periodo di vita utile, il failure rate tende comunque a diminuire con il tempo. Questo peculiare comportamento è legato ai meccanismi con cui il software si "guasta". I guasti software sono causati tipicamente da errori (in inglese *bug*) presenti (sempre) nel codice. Il numero di bug presenti nel codice dipende da diversi fattori quali, la complessità del software, la lunghezza del codice, la percentuale di codice riutilizzato da altre applicazioni "stabili", l'esperienza del team di sviluppo, il rigore della metodologia di testing prima del rilascio in produzione. I bug si presentano tipicamente in seguito a certi input o in corrispondenza di determinate configurazioni di funzionamento del software. Possiamo quindi dire che un software non si usura, anzi: più a lungo un software è in grado di operare senza errori, più ò probabile che anche in futuro il software non manifesti bug. Questo spiega l'andamento decrescente del failure rate el'assenza della fase di wearout

Burn-in



$$P(T \geq t+h \mid T \geq h) = \frac{P(T \geq t+h \cap T \geq h)}{P(T \geq h)} =$$

$$= \frac{P(T \geq t+h)}{P(T \geq h)}$$

$$\boxed{R(t+h \mid h) = \frac{R(t+h)}{R(h)}}$$

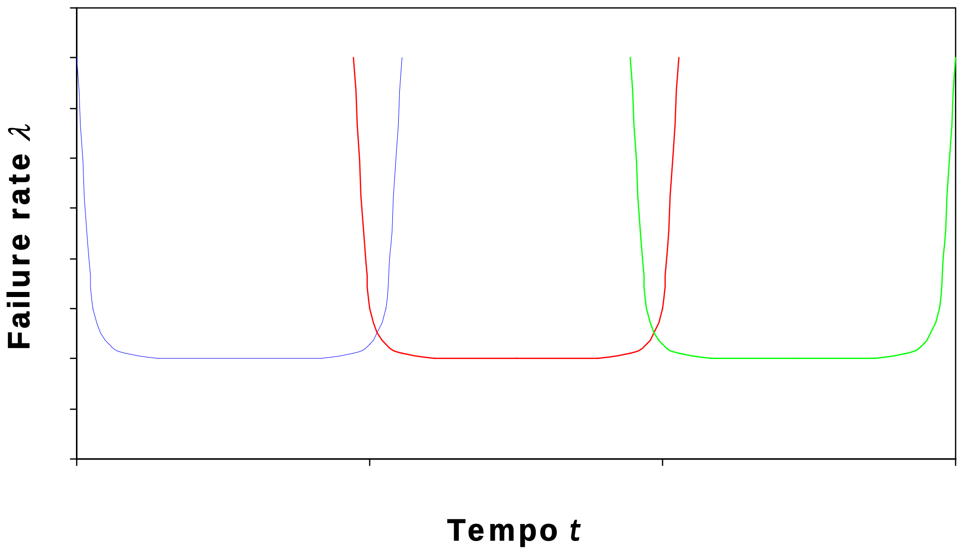
Per evitare di immettere in produzione componenti hardware o software durante la fase di mortalità infantile, è importante sottoporre i componenti ad un periodo di test. Obiettivo del periodo di test è quello di far superare al componente la fase della mortalità infantile. Questa attività in inglese viene chiamata burn-in

•E' importante a questo proposito poter calcolare come varia la reliability di un componete dopo che ha funzionato senza guasti per un periodo h di tempo (ad esempio, la durata del burn-in).

•Indichiamo con T la variabile casuale che indica l'istante in il componente si guasta. Dobbiamo calcolare la probabilità che il guasto avvenga all'istante $t+h$ (la reliability all'istante $t+h$), sapendo che il componente ha operato correttamente sino al tempo h (il periodo di burn-in).

•Applicando le regole della probabilità condizionale, vediamo che l'affidabilità del componente dopo il burn-in è pari al rapporto tra l'affidabilità calcolata al tempo $t+h$ e l'affidabilità calcolata al tempo h

Sostituzione preventiva



Nel caso di componenti hardware è possibile “allungare” il periodo di vita utile sostituendo preventivamente le componenti.

•Supponiamo di avere un componente caratterizzato da una curva bathub

•Se sostituiamo il componente con uno nuovo nel momento in cui dovrebbe iniziare la fase di wearout, possiamo prolungare la fase di vita utile

•La sostituzione può essere ripetuta più volte

Distribuzione di Weibull (1)

$$\boxed{\lambda(t) = -\frac{\mathrm{d}\ln[R(t)]}{\mathrm{d}t}}$$

$$\boxed{\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1}}$$

$$\boxed{R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}}}$$

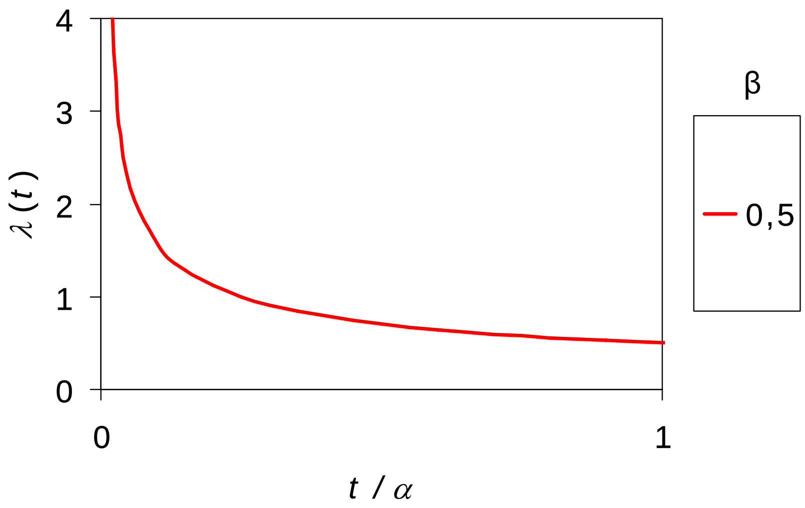
E’ interessante notare come le diverse fasi dell’andamento a vasca da bagno del failure rate (mortalità infantile, vita utile, usura) possano essere descritte molto bene da probabilità d guasto che seguono distribuzioni di Weibull

•Scriviamo innanzitutto la relazione che lega failure rate ed affidabilità

•Scriviamo inoltre la funzione dell’affidabilità nel caso in cui la probabilità di guasto segua una distribuzione di Weibull

•Sostituendo la seconda relazione nella prima, otteniamo l’espressione analitica del failure rate per probabilità di guasto che seguono distribuzioni di Weibull

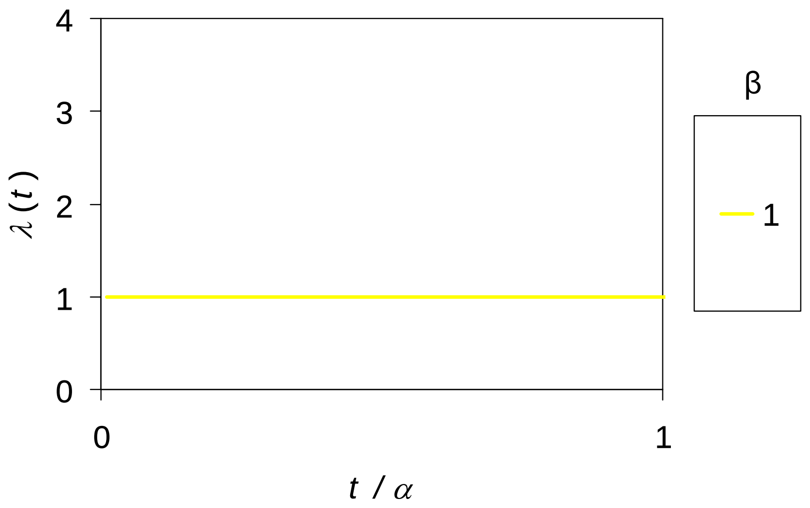
Distribuzione di Weibull (2)



Disegniamo ora l'andamento del failure rate λ appena ricavato in funzione del parametro di forma β, ponendo a zero il parametro di vita minima γ.

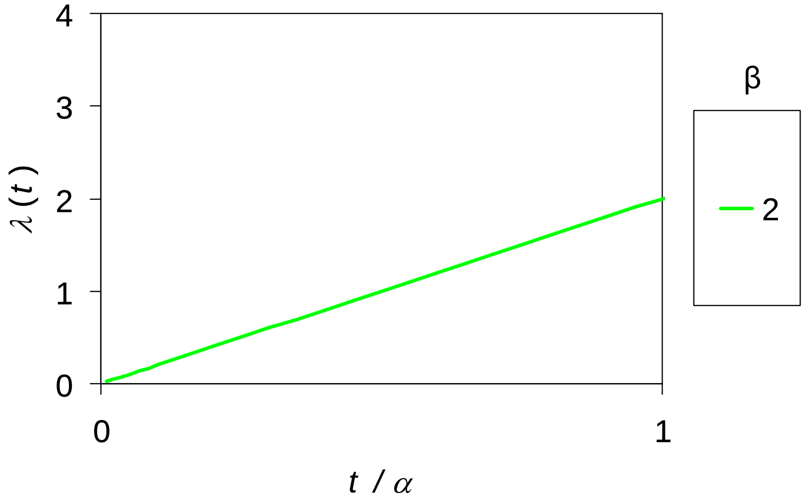
•l'andamento per β<1 il failure rate è decrescente, quindi è possibile descrivere il periodo di mortalità infantile e, per le componenti software, anche il periodo di vita utile

Distribuzione di Weibull (2)



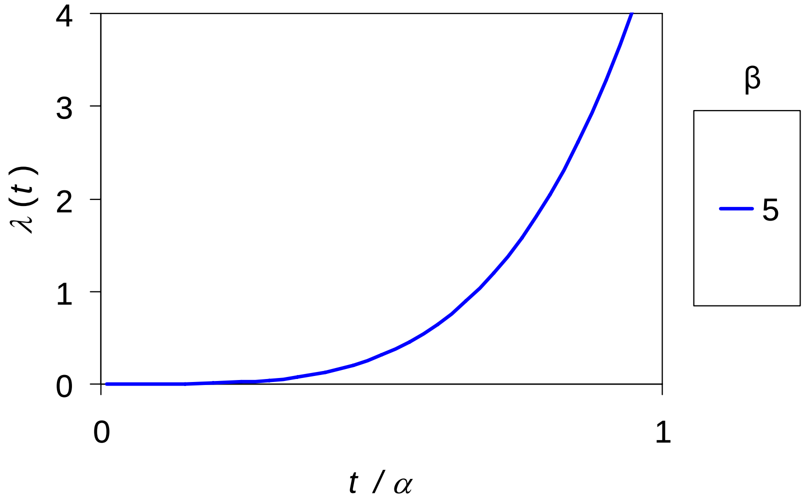
Per β=1 il failure rate è costante e permette di descrivere il periodo di vita utile delle componenti elettroniche e, più in generale, dei sistemi complessi

Distribuzione di Weibull (2)



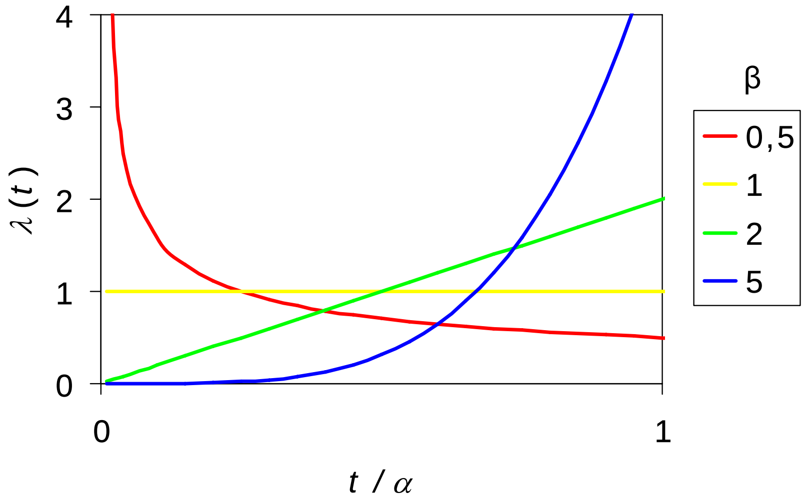
Per β=2 il failure rate aumenta linearmente, come spesso accade durante la vita utile dei componenti meccanici

Distribuzione di Weibull (2)



Per β>2 il failure rate aumenta più velocemente, situazione che rappresenta l'usura dei componenti elettronici e meccanici

Distribuzione di Weibull (2)



Disegniamo ora l'andamento del failure rate λ appena ricavato in funzione del parametro di forma β, ponendo a zero il parametro di vita minima γ.

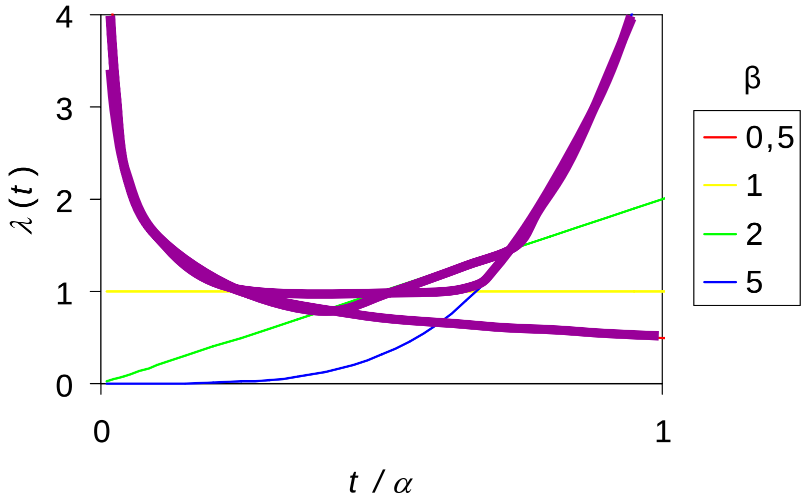
•l'andamento per β<1 il failure rate è decrescente, quindi è possibile descrivere il periodo di mortalità infantile e, per le componenti software, anche il periodo di vita utile

•Per β=1 il failure rate è costante e permette di descrivere il periodo di vita utile delle componenti elettroniche e, più in generale, dei sistemi complessi

•Per β=2 il failure rate aumenta linearmente, come spesso accade durante la vita utile dei componenti meccanici

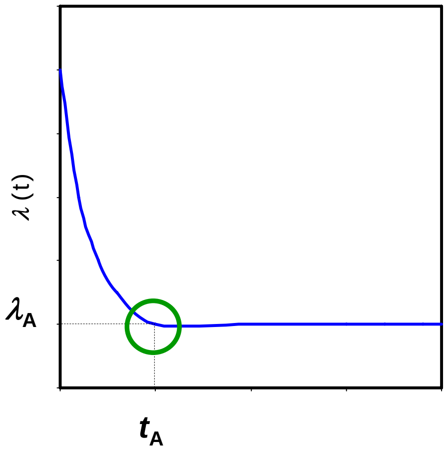
•Per β>2 il failure rate aumenta più velocemente, situazione che rappresenta l'usura dei componenti elettronici e meccanici

Distribuzione di Weibull (3)



Combinando in modo opportuno più distribuzioni di Weibull, è possibile quindi ricostruire le curve bathub per le diverse tipologie di componenti

Combinazione di distribuzioni di Weibull



$$\lambda(t) = \begin{cases} \dfrac{\beta}{\alpha^{\beta}} t^{\beta-1} & 0 < t < t_A \\ \lambda_A & t \geq t_A \end{cases}$$

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda_A (t/t_A)^{\beta-1} & 0 < t < t_A \\ \lambda_A & t \geq t_A \end{cases}$$

Per costruire una distribuzione che consideri le tre fasi di vita di un componente (mortalità infantile, vita utile, usura) è necessario quindi combinare tre diverse distribuzioni di Weibull, con valori eventualmente diversi dei parametri di forma, di scala e di vita minima, in modo da creare una **distribuzione di Weibull a tratti**

•Supponiamo, ad esempio, di voler definire un failure rate come quello in figura, con due fasi: mortalità infantile e vita utile. Supponiamo di voler utilizzare, per il periodo di mortalità infantile, una distribuzione con vita minima γ pari a zero e con parametro di forma β prefissato e compreso tra zero ed uno.

•Supponiamo di utilizzare per il periodo di vita utile una distribuzione con failure rate λ_A costante, equivalente ad una distribuzione di Weibull con parametro di forma β pari ad uno. Indichiamo con t_A il momento in cui termina la fase di mortalità infantile.

•La distribuzione risultante si ottiene combinando tra loro due distribuzioni di Weibull a tratti

•Il parametro di scala α può essere ricavato in funzione degli altri parametri, imponendo la continuità dei due spezzoni della distribuzione