

MTBF, MTTR ve Weibull: güvenilirlik metriklerini doğru okumak

MTBF, MTTR ve erişilebilirliği hipotetik bir kayıtlarla hesaplayın; MTBF'in neden bir yaşam süresi olmadığını ve Weibull şekil parametresi β 'nin planlı değişimi nasıl etkilediğini görün.

Kısaca

- MTBF, çalışma süresinin arıza sayısına bölünmesiyle bulunur ve tamir edilebilir sistemlerin ortalama davranışını anlatır.
- MTBF bir yaşam süresi değildir; sabit arıza oranında bile bir MTBF süresi sonunda birimlerin yaklaşık yüzde 63,2'si arızalanmış olur.
- Weibull şekil parametresi β 'nin 1'in üzerinde olması aşınma davranışına işaret eder ve planlı değişim ancak bu şekil verisiyle desteklendiğinde yardımcı olabilir.

01 / Üç metrik, üç soru

Güvenilirlik metrikleri farklı soruları yanıtlar. Arızalar arası ortalama süre (MTBF), tamir edilebilir bir sistemin ne sıklıkla arıza yaptığını anlatır. Ortalama onarım süresi (MTTR), bir arızanın ortalama ne kadar sürede giderildiğini gösterir. Erişilebilirlik ise sistemin ne kadar zamanda kullanıma hazır olduğunu anlatır.

Bu üç sayının her biri tek başına eksik bir resim verir. Sık ama kısa süren arızalar MTBF'i düşürür; tek ve çok uzun bir onarım ise MTTR'yi yukarı çeker. Metrikleri birlikte okumak, hangi kaybın gerçekten büyük olduğunu gösterir: arıza sıklığı mı, yoksa onarım süresi mi. Üç metriğin her biri bakım planlaması ve yedek parça stoku için farklı bir karar girdisi sağlar; bu yüzden hangisinin hangi kararı beslediğini baştan belirtmek gerekir.

02 / Formüller ve hesaplanmış bir kayıt

Tamir edilebilir sistemler için $MTBF = \text{çalışma süresi} / \text{arıza sayısı}$, $MTTR = \text{toplam onarım süresi} / \text{onarım sayısı}$ dır. Erişilebilirlik ise $A = MTBF / (MTBF + MTTR)$ ile hesaplanır.

Örnek bir pompa kaydı (hipotetik): 8.000 çalışma saati, 4 arıza ve bu dört onarımda toplam 24 saat.

- $MTBF = 8.000 / 4 = 2.000$ saat
- $MTTR = 24 / 4 = 6$ saat
- $A = 2.000 / (2.000 + 6) = 2.000 / 2.006 \approx 0,997$

Bu kayıt için erişilebilirlik yaklaşık yüzde 99,7'dir. Bu, geçmiş döneme ait bir sonuçtur ve gelecekte benzer kalması, işletme koşullarının da benzer kalmasına bağlıdır. Hesaplama kullanılan saatler aynı birimde olmalıdır; dakika ile saat karıştırılırsa MTTR yanlış çıkar. Arıza sayısı sıfırsa MTBF tanımsızdır; bu durumda sonuç, gözlem süresiyle birlikte "arıza görülmedi" olarak yazılmalıdır.

03 / MTBF bir yaşam süresi değildir

En sık yapılan hata, MTBF'i bir parçanın ortalama ömrü gibi okumaktır. MTBF, tekrarlanan arızalar arasındaki ortalama süreyi anlatır; belirli bir parçanın ne zaman bozulacağını söylemez. Yaşam dağılımı çoğu zaman çarpıktır ve ortalamanın iki yanında simetrik değildir.

Sabit arıza oranı varsayımı altında, yani üstel dağılımda, bir MTBF süresi boyunca hayatta kalma olasılığı $e^{-1} \approx 0,368$ 'dir. Bu da bir MTBF süresi sonunda birimlerin yaklaşık yüzde 63,2'sinin arızalanmış olduğu anlamına gelir.

MTBF'in pratikte sınırları da vardır. Çalışma koşullarının sabit kaldığını varsayar ve az arıza sayısında güven aralığı çok geniştir; 4 arıza yalnızca kaba bir tahmin verir. Sayıyı, belirli bir dönemin özeti olarak okuyun, geleceğe dair bir kestirim olarak değil.

04 / Weibull ile arıza davranışını okumak

Weibull dağılımı yaşa bağlı arızaları iki parametreyle tanımlar. Şekil parametresi β , arıza oranının yaşla nasıl değiştiğini gösterir. β 1'in altındaysa erken dönem arızaları baskındır; β yaklaşık 1 ise arızalar rastgele gelir; β 1'in üzerindeyse aşınma dönemi vardır.

Ölçek parametresi η , karakteristik ömürdür: birimlerin yüzde 63,2'sinin arızalandığı yaş. Bu tanım $F(\eta) = 1 - e^{-1} \approx 0,632$ eşitliğinden gelir. Küvet eğrisi bu üç dönemi bir arada gösterir. Analiz için yalnızca arıza zamanları yetmez; gözlem sonunda hâlâ çalışan birimler de bilgi taşır ve modele sansürlü gözlemler olarak girer. Tek bir β tahmini yetmez; güven aralığı, kararın ne kadar sağlam olduğunu gösterir. Farklı tesislerden gelen verileri birleştirirken çalışma koşullarının benzer olup olmadığı önce kontrol edilmelidir.

05 / Hesaplanmış bir Weibull örneği

Hipotetik bir bileşen için $\beta = 2$ ve $\eta = 1.000$ saat alalım. β 1'in üzerinde olduğundan arıza oranı yaşla artar; bu, aşınma davranışdır.

- 500 saate kadar arızalanma: $F(500) = 1 - e^{-(500/1.000)^2} = 1 - e^{-0,25} = 1 - 0,7788 = 0,221$
- 1.000 saate kadar arızalanma: $F(1.000) = 1 - e^{-1} = 0,632$

Bu hipotetik bileşenlerin yaklaşık yüzde 22'si 500 saate kadar, yaklaşık yüzde 63'ü 1.000 saate kadar arızalanmış olur. Bu sayılar gerçek bir bileşenin özelliği değildir. Böyle bir bileşen için planlı değişim, değişim maliyeti ile plansız arızanın maliyeti karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Gerçek bir bileşen için bu hesabı, bakım ekibinin değişim ve onarım notlarıyla karşılaştırmak gerekir.

06 / Tesisinizde nereden başlanır

Arıza kayıtlarını önce bileşen sınıfına göre düzenleyin. Her olay için arıza zamanını, çalışma saatini, onarım süresini ve birimin durumunu (hâlâ çalışıyor, arızadan önce değiştirildi, arızalandı) yazın. Son alan önemlidir, çünkü değiştirilmiş ya da hâlâ çalışan birimler arıza sayılmamalıdır. Ayrıca aynı birimin arızasının iki kez kaydedilmediğini kontrol edin; çift kayıt arıza sıklığını olduğundan yüksek gösterir.

Sonra MTBF ve MTTR'yi ayrı ayrı hesaplayın ve onarım sürelerinin dağılımını çizin; tek bir ortalamaya güvenmeyin. Arıza verisine bir Weibull modeli uydurun ve β değerini belirsizliğiyle birlikte raporlayın. Planlı değişim, yalnızca β belirgin biçimde 1'in üzerindeyse ve planlı değişimin maliyeti, plansız arızanın beklenen maliyetinden düşükse gündeme alınmalıdır. Bu karar bakım ve üretim planlamasının ortak değerlendirmesiyle verilmelidir.

Uygulayın

horizon içindeki yerleşik örnek veriden bir varlığın eşik kesişim zamanını bulun ve bu zamanın, bir MTBF değerinin sorduğu sorudan neden farklı olduğunu yazın.

Kaynaklar ve çevrimiçi rehber

Güncel çevrimiçi rehberi açın

Mean time between failures (Wikipedia)

Mean time to repair (Wikipedia)

Weibull distribution (Wikipedia)

NIST/SEMATECH e-Handbook: 8.1.6.2. Weibull

Önerilen pilot adımları saha doğruluk iddiası içermez. Sentetik örnekler gerçek tesis ölçümü değildir.