

Proses yeterlilik indeksleri: Cp, Cpk ve doğru yorumu

Cp ve Cpk formüllerini bir hipotetik örnekle çözün, merkezlemenin sonucu nasıl değiştirdiğini görün ve indeksleri yorumlamadan önce sağlanması gereken koşulları öğrenin.

Kısaca

- Cp, sürecin yayılımını spesifikasyon genişliğiyle kıyaslar; ancak ortalamanın hedefe yakın olup olmadığını hiç dikkate almaz.
- Cpk, merkezlemeyi de hesaba kattığı için Cp değerini asla aşamaz; ortalama tam ortadaysa ikisi eşittir.
- Cp ve Cpk yorumu, sürecin önce istatistiksel kontrol altında olmasına ve yaklaşık normal dağılmasına bağlıdır; bu koşullar sağlanmadan değerler güvenilir değildir.

01 / Yayılım ve merkezleme: iki ayrı soru

Bir proses ölçüm değerleri üretir ve mühendis iki ayrı soru sorar. Süreç, spesifikasyon aralığına sığacak kadar dar mı? Süreç ortalaması bu aralığın ortasına yakın mı? Cp yalnızca birinci soruyu yanıtlar; Cpk ise ikisini birlikte değerlendirir.

Alt spesifikasyon sınırı (LSL) ve üst spesifikasyon sınırı (USL), müşteri ya da tasarım gereksinimlerinden gelir; sürecin kendi değişkenliğinden doğan kontrol limitleriyle karıştırılmamalıdır. Süreç ortalaması μ , yayılım ise standart sapma σ ile ifade edilir. LSL, USL, μ ve σ indekslerin dört girdisidir. Bu nedenle bir indeks, hem ürün gereksinimine hem de sürecin ölçülen davranışına bağlıdır. Bu ayrım, aynı sürecin neden bir değerlendirmede iyi, diğerinde zayıf görünebildiğini de açıklar; iki değerlendirme farklı gereksinimlere bakıyor olabilir.

02 / Formüller ve anlamları

$Cp = (USL - LSL) / (6\sigma)$. Bu değer, süreç tam ortalanmış olsaydı elde edilecek potansiyel yeterliliği anlatır. Paydadaki 6σ , normal dağılımda ortalamanın iki yanındaki $\pm 3\sigma$ yayılımını ifade eder.

$Cpk = \min[(USL - \mu) / (3\sigma), (\mu - LSL) / (3\sigma)]$. Formül, ortalamadan her sınıra olan uzaklığı 3σ birimiyle ölçer ve daha küçük olanı seçer; yani ortalamanın yakın olduğu sınıra göre hesaplanır.

Cpk = 1,00 demek, ortalamanın en yakın sınırdan yaklaşık üç standart sapma uzakta olması demektir. Bu yorum, dağılımın yaklaşık normal olduğu varsayımına dayanır. Hesaplarken σ ile sınırların birimi aynı olmalıdır; ölçüler mikrometre ile milimetre karışırsa indeks anlamsız bir sayıya dönüşür. Cp ve Cpk birbirinden bağımsız iki ölçü değildir; ikisi de aynı LSL, USL, μ ve σ girdilerinden hesaplanır.

03 / Hipotetik bir örnek ve merkez kayması

Örnek bir dolum prosesi (hipotetik): LSL = 9,8; USL = 10,2; ortalama μ = 10,05; standart sapma σ = 0,05.

- $C_p = (10,2 - 9,8) / (6 \times 0,05) = 0,4 / 0,3 = 1,33$
- C_{pk} , alt kol: $(10,05 - 9,8) / (3 \times 0,05) = 0,25 / 0,15 = 1,67$
- C_{pk} , üst kol: $(10,2 - 10,05) / (3 \times 0,05) = 0,15 / 0,15 = 1,00$
- $C_{pk} = \min(1,67; 1,00) = 1,00$

C_p , süreci tam ortalanmış gibi tanımlar. C_{pk} ise sürecin üst sınıra daha yakın çalıştığını gösterir ve değeri 1,00'a düşürür. Ortalama 10,00'a çekilseydi her iki kol da $0,20 / 0,15 = 1,33$ olurdu ve C_{pk} , C_p 'ye eşitlenirdi. Yayılım değişmemiştir; yalnızca merkezleme değişmiştir.

04 / Ön koşullar: önce kararlılık, sonra indeks

İndeks yorumu, sürecin istatistiksel kontrol altında olduğu varsayımına dayanır. Kontrol dışı bir süreçte hesaplanan σ , değişimin bir bölümünü kaçırabilir ve ortalama zamanla kayabilir. Bu durumda C_p ve C_{pk} , tek bir yeterlilik değil, karışık bir durumlar bütünüdür. Önce kontrol kartıyla kararlılığı gösterin.

Normal dağılım varsayımı da önemlidir. Çarpık ya da çok modlu veriler, örneğin iki ayrı çalışma modu içeren bir süreç, normal varsayımına dayanan yorumu yanıltabilir. Örneklem büyüklüğü de önemlidir; sık görülen bir öneri 100 ve üzeri ölçümdür. σ 'nın nereden hesaplandığı da anlamı değiştirir: alt grup içi değişkenlikten hesaplanan σ , C_p ve C_{pk} verir; genel değişkenlikten hesaplanan σ ise P_p ve P_{pk} verir. İkisini karıştırmak sık görülen bir hatadır.

05 / Sınırlar ve sık yapılan yanlış okumalar

Hedef değerler indeksin bir parçası değildir. 1,33 ve 1,67 değerleri yaygın olarak anılır, ancak bunları müşteri ya da uygulanacak gereksinim belirler. Bir ürün için uygun olan hedef, başka bir ürün için uygun olmayabilir; bu yüzden hedef bir genel kuraldan değil, gereksinim belgesinden alınmalıdır.

Sık görülen yanlış okumalar da bellidir. C_p yüksek olduğu için süreç iyi sanılır; oysa C_{pk} düşüktür, çünkü ortalama merkezden uzaktır. Kontrol limitleri ile spesifikasyon sınırları da karıştırılır. Bir süreç kontrol içinde olup spesifikasyon dışında olabilir, ya da tersi. Ayrıca C_p ve C_{pk} , sınırların dışında kalan ürün oranını doğrudan vermez; bunun için dağılımın şekline bakan ayrı bir değerlendirme gerekir.

06 / Tesisinizde nasıl kontrol edilir

Önce ortalamanın ve yayılımın zamanla değişip değişmediğini gösteren bir kontrol kartı çizin; $\bar{X}$ ve R kartı bunun için yaygın bir seçenektir. Kart kontrol dışı bir sinyal veriyorsa indeks hesabını, nedeni anlaşılana kadar erteleyin.

Ardından ölçüm sistemini değerlendirin. Tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik hataları, gözlenen yayılımın bir kısmını taşır ve süreç iyi olsa bile C_p ile C_{pk} 'yı düşürür. Ölçüm sistemi analizi, indekslerin raporlanmasından önce yapılmalıdır. Son olarak LSL ve USL değerlerini gereksinim belgesiyle yeniden doğrulayın ve indeksleri tek bir sayı olarak değil, histogram ve kontrol kartıyla birlikte raporlayın. Bu adımlar tamamlandıktan sonra indeksleri, hesabın hangi veri penceresi ve ölçüm sistemiyle yapıldığını gösteren kısa bir notla birlikte saklayın.

Uygulayın

lab içinde yerleşik ölçüm serisini robust anomali taramasından geçirin; işaretlenen noktaları veriden çıkarmadan ve çıkararak iki ayrı standart sapma ile C_{pk} değerini elle hesaplayıp farkı yazın.

Kaynaklar ve çevrimiçi rehber

Güncel çevrimiçi rehberi açın

NIST/SEMATECH e-Handbook: 6.1.6. What is Process Capability?

Process capability index (Wikipedia)

Statistical process control (Wikipedia)

Control chart (Wikipedia)

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