

HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍCH PROCESŮ

Způsobilost výrobního procesu

- Způsobilostí výrobního procesu („process capability“) :
 - schopnost trvale dosahovat předem stanovená kritéria kvality.
- Hledání vhodného ukazatele:
 - jednoduchost,
 - srozumitelnost,
 - dobrá vypovídací schopnost,
 - názornost,
 - široká upotřebitelnost,
 - univerzálnost.
- Existuje poměrně mnoho ukazatelů pro posuzování způsobilosti procesu, každý z nich je použitelný pouze tehdy, jsou-li splněny určité konkrétní předpoklady.

Cíle hodnocení způsobilosti procesu

- Při kvantitativním hodnocení způsobilosti výrobního procesu se obvykle sledují tyto dva cíle :
 1. Schopnost procesu udržet cílovou hodnotu T (anglicky „target value“) ukazatele kvality.
 2. Přiměřená variabilita dosahovaných hodnot ukazatele kvality kolem cílové hodnoty.

Výběr vhodného ukazatele

- Prvním kritériem, podle kterého se rozhodujeme a které dělí ukazatele způsobilosti na dvě skupiny je skutečnost, zda se sleduje jeden nebo více ukazatelů kvality. U jednoho ukazatele se pak dále sleduje, je-li to atribut, tj. neměřitelná charakteristika, či měřitelná veličina.
- Měřitelné charakteristiky jsou reprezentovány výsledky měření výrobku nebo výrobního procesu. Tato měření, která jsou ze statistického hlediska výběrovým souborem, mají často normální rozdělení. Předpoklad normality je zásadní a musí být ověřen. Podle toho, zda je či není splněn tento předpoklad, se pak volí vhodný ukazatel ze skupiny měřitelných ukazatelů.

Předpoklady hodnocení způsobilosti

- Každý z dále uváděných ukazatelů způsobilosti je spolehlivě použitelný pouze při splnění určitých předpokladů.
- Předpoklady hodnocení způsobilosti lze rozdělit na
 - a) obecné
 - b) specifické
- *Obecné předpoklady* jsou ty, které musí být splněny vždy, u všech používaných indexů způsobilosti.
- *Specifické předpoklady* jsou ty, které jsou požadovány u jednotlivých indexů způsobilosti, vedle obecných předpokladů, navíc.
- Splnění obecných i specifických předpokladů je nutné ověřit, nejčastěji statistickým testem.

Obecné předpoklady

- Obecné předpoklady, které musí být splněny při výpočtu jakéhokoliv indexu způsobilosti, jsou zejména tyto:
 - a) proces je stabilizován,
 - b) data o procesu jsou nezávislá, bez odlehlých pozorování a jejich dostatek,
 - c) je stanovena správně tolerance.
- Jestliže kterákoliv z těchto podmínek není splněna, neměl by být počítán žádný z indexů způsobilosti.
 - Při nedodržení této zásady jsou vypočítané hodnoty indexů buď velmi nespolehlivé (nadhodnocené, resp. podhodnocené - podle toho, co nebylo splněno) nebo i nesmyslné (např. extrémně velké při špatné toleranci, záporné apod.).

Stabilizace procesu

- *Proces je stabilizován* (je pod statistickou kontrolou) tehdy, jestliže všechny hodnoty sledovaného ukazatele kvality leží uvnitř regulačních mezí příslušného regulačního diagramu.
- Dříve, než se začne s hodnocením způsobilosti, měl by být zaveden do provozu (je-li to technicky možné) regulační diagram. Ten sleduje nepřetržitě vývoj klíčových parametrů procesu v čase.

Atributy (neměřitelné charakteristiky kvality)

- Pro atributy se způsobilost procesu vyjadřuje procentem výrobků, které vyhovují požadovanému ukazateli kvality. Označíme-li relativní četnost špatných výrobků

$$V = \frac{\text{pocet nevyhovujících výrobku mezi sledovanými}}{\text{celkový počet sledovaných výrobku}}$$

- pak způsobilost C bude procento vyhovujících výrobků

$$C = 100(1-V).$$

- U tohoto ukazatele není stanovena obecně platná minimální hodnota C . Donedávna přijímaná úroveň byla 98- 99%, dnes začíná převažovat přísný požadavek 3ppm (3 špatné výrobky na milion kusů).

Měřené charakteristiky kvality

- V současné době se prakticky výhradně používá při posuzování způsobilosti procesů třída ukazatelů nazývaných *indexy způsobilosti* (capability index nebo indices v plurálu).
- O třídě hovoříme proto, že existuje mnoho typů indexů způsobilosti, které se liší způsobem výpočtu, vlastnostmi i podmínkami své použitelnosti. Princip jejich konstrukce je však stejný: vždy jde o poměr předepsané přesnosti a skutečně dosahované přesnosti výroby. Předepsaná přesnost je dána tolerancí a cílovou hodnotou.

Specifikace výrobního procesu

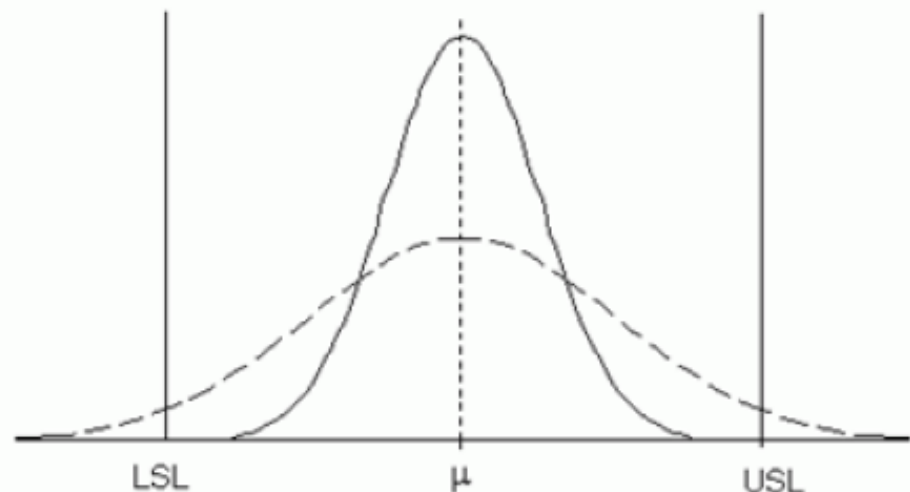
- Označme:
- USL = horní toleranční hranice (**U**pper **S**pecification **L**imit pro sledovaný ukazatel kvality),
- LSL = dolní toleranční hranice (**L**ower **S**pecification **L**imit),
- T = cílová hodnota (**T**arget **V**alue).

- Pak toleranční interval bude (LSL, USL), jeho délka je $USL - LSL$ a střed intervalu MSL je:
$$MSL = 1/2(USL + LSL)$$
- *Specifikace výrobního procesu* je určena trojicí (LSL, T, USL).

Rozptyly

- Skutečně dosahovaná přesnost je vyjádřena rozptylem.
- Je známo, že má-li soubor normální rozdělení, pak podle pravidla tří sigma leží v intervalu $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ až 99,73 % hodnot. Délka tohoto intervalu je 6σ .
- Na obrázku jsou znázorněny dva případy normálního rozdělení s různými rozptily. Pro jeden jsou všechny hodnoty v toleranci, kdežto pro druhý je část mimo:

Tolerance a dva různé rozptyly



Konstrukce indexů způsobilosti

- Porovnáním délky tolerančního intervalu (LSL, USL) a intervalu 6σ získáme představu o poměru předepsané a skutečně dosahované přesnosti.
- Na tomto principu jsou také konstruovány indexy způsobilosti:

$$\text{způsobilost} = \frac{\text{délka intervalu, kde mají být všechny hodnoty}}{\text{délka intervalu, kde jsou všechny hodnoty}}$$

Index C_p

- Nejstarší index způsobilosti je označován C_p a je definován:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma}$$

- Vzhledem k tomu, že směrodatná odchylka základního souboru σ většinou není známa, je nahrazena výběrovou směrodatnou odchylkou s .
- Tím místo C_p máme jeho odhad

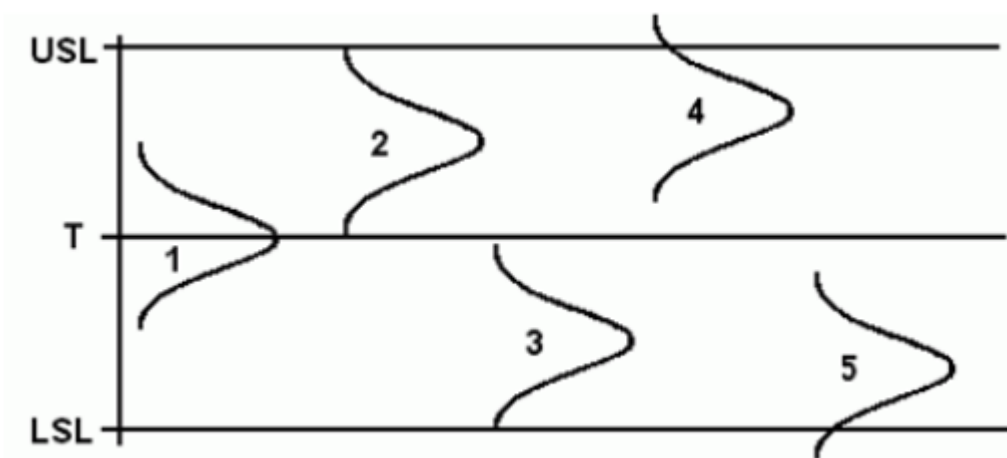
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s}$$

Nutná podmínka

- Připomeňme, že pravidlo 6σ , na kterém je vztah založen, platí pouze pro normální rozdělení.
- To je závažný poznatek, který prakticky znamená, že pokud měření nemají normální rozdělení, nelze tímto způsobem hodnotit způsobilost. Je proto důležité rozhodnout pokud možno spolehlivě, má-li soubor normální rozdělení či nikoliv. K tomu je nutné
 - mít dostatečně velký soubor,
 - použít spolehlivý test na normalitu,
 - odstranit ze souboru odlehlé hodnoty.

Nedostatek indexu C_p

- Vážným nedostatkem indexu C_p je, že vůbec nehodnotí, jak je proces **centrován**, tedy jaký je vztah předepsané hodnoty T a průměrné hodnoty .
- Názorně je to vidět na obrázku, kde je pět různých výrobců se stejným indexem C_p :



Specifické podmínky pro použití C_p

- **Specifické podmínky pro použití C_p :**
 - a) měření má rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$
 - b) $\mu = T$ (proces je centrován).

Index C_{pK}

- Snaha o zavedení obecnější charakteristiky způsobilosti než C_p vedla ke konstrukci indexů:

$$C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3 \cdot \sigma}$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3 \cdot \sigma}$$

$$C_{pK} = \min\{C_{pU}, C_{pL}\}.$$

- Tento index má jen jednu specifickou podmínku použití a to normální rozdělení sledovaného ukazatele kvality.

Shrnutí

- Problematikou způsobilosti výrobního procesu (process capability) se rozumí jeho schopnost trvale dosahovat předem stanovená kritéria kvality.
- Při konstrukci ukazatelů způsobilosti výrobního procesu jsme měli určité představy o jejich vlastnostech. Z hlediska výpočtového mezi ně patří zejména jednoduchost, dále srozumitelnost, dobrá vypovídací schopnost, názornost. Dalším požadavkem je široká upotřebitelnost, což znamená co nejméně omezujících podmínek pro jejich použití, stručně řečeno, univerzálnost. Ukazatele způsobilosti jsou samozřejmě konstruovány tak, aby hodnotily všechny stránky způsobilosti výrobního procesu.

Děkuji za pozornost.