

## Způsobilost

Menu: QCExpert Způsobilost

Modul počítá na základě dat a zadaných specifikačních mezí hodnoty různých indexů způsobilosti (capability index,  $Cp$ ) a výkonnosti (performance index,  $Pp$ ). Dále jsou vypočítány související hodnoty překročení specifikace a ARL. Modul umožňuje výpočet indexů i pro jednostranné specifikace a pro data s asymetrickým (nenormálním) rozdělením.

### Data a parametry

Vstupními daty jsou naměřené hodnoty sledovaného znaku jakosti. Tento modul očekává data v jednom sloupci. V dialogovém panelu je dále nutno zadat cílovou hodnotu a alespoň jednu specifikační mez LSL (spodní specifikační mez, *Lower Specification Limit*) a USL (horní specifikační mez, *Upper Specification Limit*). V poli *Sloupce* se vybere příslušný sloupec s daty a případně zvolíme výpočet pro označená nebo neoznačená data v poli *Data*. V poli *Grafy* můžeme vybrat grafy, které chceme mít v grafickém výstupu, přehled grafů je uveden níže v odstavci 0.

Je-li u sledovaného procesu definována jen jedna specifikační mez, ať už spodní nebo dolní, zapíše se tato mez do dialogového panelu, druhá mez se ponechá prázdná. Zadaná *Hladina významnosti* je použita pro výpočet intervalu spolehlivosti jednotlivých indexů způsobilosti a výkonnosti. *Mezní  $Cp$*  je hodnota, indexu způsobilosti, pod kterou chceme považovat proces za nezpůsobilý. V protokolu se všechny hodnoty indexů i mezí jejich intervalů spolehlivosti, které jsou menší než mezní  $Cp$ , zvýrazní červeně. Obvyklá hodnota mezního  $Cp$  bude zřejmě 1.

Je-li zaškrtnuto políčko *Klasické indexy*, vypočítají se a uvedou v protokolu klasické indexy způsobilosti a výkonnosti  $c_p, c_{pk}, c_{pm}, P_p, P_{pk}, P_{pm}$  podle níže uvedených vztahů a k nim příslušné další parametry. Pokud je uvedena pouze jedna specifikační mez, klasické indexy se nepočítají. V tom případě je nutno zaškrtnout políčko *Obecné indexy* a použít index  $c_{pk}^*$ . Je-li zaškrtnuto políčko *Obecné indexy*, vypočítají se a uvedou v protokolu zobecněný index způsobilosti  $c_{pk}^*$  založené na pravděpodobnostním přístupu. Tento zobecněný index lze použít i pro jednostrannou specifikační mez nebo pro asymetrická data, která nevyhovují předpokladu normálního rozdělení. (Test normality rozdělení dat je obsažen v modulu *Základní statistika*. Je-li zaškrtnuto políčko *Asymetrická data*, počítá program s možností asymetrického (sešikmeného) rozdělení dat a přispůsobí výpočet  $c_{pk}^*$  skutečnému rozdělení dat za pomoci exponenciální transformace dat, která je použita k výpočtu příslušné hodnoty kvantilové funkce  $F^{-1}$  ve vztahu pro  $c_{pk}^*$ . Pozor, není-li políčko *Asymetrická data* zaškrtnuté, program použije „násilně“ model normálního rozdělení pro výpočet  $c_{pk}^*$  i v případě, že data z normálního rozdělení nepocházejí. Pokud si tedy nejsme jisti, necháme toto políčko zaškrtnuté. Další podrobnosti o exponenciální transformaci viz modulu *Transformace*, případně v *Kupka: Statistické řízení jakosti*, viz doporučená literatura. Nemají-li data normální rozdělení, klasické indexy jsou nerealistické, často silně nadhodnocené (avšak mohou být i podhodnocené) a není vhodné jich tedy používat.

Obrázek 1 Dialogový panel pro Způsobilost

$$c_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_C}, \quad c_{pk} = \frac{\min(USL - \bar{x}, \bar{x} - LSL)}{3\sigma_C}, \quad c_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{6\sqrt{\sigma_C^2 + (\bar{x} - T)^2}}$$

$$p_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_P}, \quad p_{pk} = \frac{\min(USL - \bar{x}, \bar{x} - LSL)}{3\sigma_P}, \quad p_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{6\sqrt{\sigma_P^2 + (\bar{x} - T)^2}}$$

$$\sigma_C = \frac{1}{d_2} \frac{\sum_{i=2}^n |x_i - x_{i-1}|}{n-1}, \quad \sigma_P = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad d_2 = 1,128$$

$$p_{zm} = F_N\left(\frac{\bar{x} - LSL}{\sigma_C}\right) + 1 - F_N\left(\frac{USL - \bar{x}}{\sigma_C}\right)$$

$$ARL = 1/p_{zm}$$

$$c_{pk}^* = -\frac{1}{3} F^{-1}\{1/ARL\},$$

kde  $F^{-1}$  je inverzní distribuční funkce (neboli kvantilová funkce) normálního rozdělení.

**Poznámka:** Protože skutečná hodnota indexu způsobilosti se nerovná vypočítanému odhadu, ale může ležet kdekoli uvnitř intervalu spolehlivosti, je jistější považovat za skutečnou hodnotu indexu spodní mez intervalu spolehlivosti. Je nutno mít na paměti, že vyjde-li například index  $c_p=1.001$  s intervalem spolehlivosti 0.8 až 1.2, je proces s 50% pravděpodobností nezpůsobilý (tedy  $c_p < 1$ )! Vyjde-li však index  $c_p=1.2$  s intervalem spolehlivosti 1.0 až 1.4, je pravděpodobnost (riziko), že proces je nezpůsobilý, jen asi 2.5%.

## Protokol

<b>Způsobilost a výkonnost pro normální rozdělení</b>	Výpočty pro normální rozdělení se provádějí pouze při zadání obou specifikačních mezí. Je-li zadána jen jedna mez, použijí se výsledky odstavce „Cpk pro asymetrická data“.
Název úlohy :	Název sešitu s daty.
Cílová hodnota:	Zadaná požadovaná hodnota parametru (cílová hodnota, target) .
Specifikační meze	
LSL	Spodní specifikační mez, je-li zadána.
USL	Horní specifikační mez, je-li zadána.
Mezní CP	Nejnižší přípustná hodnota způsobilosti, resp. výkonnosti. Hodnoty nižší než mezní CP budou v protokolu označeny červeně a tučně.
Indexy způsobilosti	
Aritmetický průměr	Aritmetický průměr dat.
Směrodatná odchylka	Směrodatná odchylka dat $\sigma_C$ .
+/- 3sigma	Spodní a horní mez intervalu $\pm 3\sigma_C$ kolem aritmetického průměru.
Z-skore	Hodnoty Z-skóre odpovídající spodní a horní části rozdělení dat.
Index	
Cp	Hodnota klasického indexu způsobilosti $c_p$ na základě $\sigma_C$ .
Cpk	Hodnota klasického indexu způsobilosti $c_{pk}$ na základě $\sigma_C$ .
Cpm	Hodnota klasického indexu způsobilosti $c_{pm}$ na základě $\sigma_C$ .
Dolní mez	Dolní mez intervalu spolehlivosti pro příslušné indexy. Udává nejnižší možnou hodnotu skutečného indexu.
Horní mez	Horní mez intervalu spolehlivosti pro příslušné indexy. Udává nejvyšší možnou hodnotu skutečného indexu.
Indexy výkonnosti	
Aritmetický průměr	Aritmetický průměr dat.
Směrodatná odchylka	Směrodatná odchylka dat $\sigma_P$ .
+/- 3sigma	Spodní a horní mez intervalu $\pm 3\sigma_P$ kolem aritmetického průměru.
Z-skore	Hodnoty Z-skóre odpovídající spodní a horní části rozdělení dat.
Index	
Pp	Hodnota klasického indexu výkonnosti $p_p$ na základě $\sigma_P$ .
Ppk	Hodnota klasického indexu výkonnosti $p_{pk}$ na základě $\sigma_P$ .
Ppm	Hodnota klasického indexu výkonnosti $p_{pm}$ na základě $\sigma_P$ .
Dolní mez	Dolní mez intervalu spolehlivosti pro příslušné indexy. Udává nejnižší možnou hodnotu skutečného indexu.
Horní mez	Horní mez intervalu spolehlivosti pro příslušné indexy. Udává nejvyšší možnou hodnotu skutečného indexu.
Pravd. překročení	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifikační meze, $p_{zm}$ . Toto číslo lze chápat jako pravděpodobnost, že příští měření padne pod spodní, resp. nad horní specifikační mez
Pravd. překročení %	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifikační meze (v procentech). Toto číslo lze chápat jako počet měření, která padnou pod spodní, resp. nad horní specifikační mez z příštích 100 měření, pokud se v procesu nic nezmění.

Pravd. překročení PPM	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifi kační meze (v PPM). Toto číslo lze chápat jako počet měření, která padnou pod spodní, resp. nad horní specifi kační mez z příštích 1 000 000 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
Pravd. mimo SL	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifi kačních mezí. Toto číslo lze chápat jako pravděpodobnost, že příští měření padne mimo specifi kační meze.
Pravd. mimo SL %	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifi kačních mezí. Toto číslo se rovná součtu příslušných hodnot pro spodní a horní mez z předchozího odstavce. Lze jej chápat jako počet měření, která padnou mimo specifi kační meze z příštích 100 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
Pravd. mimo SL PPM	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifi kačních mezí v procentech. Toto číslo se rovná součtu příslušných hodnot pro spodní a horní mez z předchozího odstavce. Lze jej chápat jako počet měření, která padnou mimo specifi kační meze z příštích 1 000 000 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
ARL	Střední (očekávaná) délka běhu (anglicky ARL = <i>Average Run Length</i> ) mezi dvěma po sobě následujícími překročeními specifi kačních mezí.
<b>Cpk pro asymetrická data<sup>1)</sup></b>	
Počet hodnot	Počet dat pro výpočet
Opravený průměr	Odhad střední hodnoty s ohledem na sešikmení dat. V případě symetrických dat se rovná aritmetickému průměru, viz modul <i>Transformace</i> .
Cílová hodnota	Zadaná cílová hodnota (target).
Mezní CP	Nejnižší přípustná hodnota způsobilosti, resp. výkonnosti. Hodnoty nižší než mezní CP budou v protokolu označeny červeně a tučně.
Specifi kační meze	Zadané specifi kační meze.
Pravd. překročení	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifi kační meze, $p_{zm}$ . Toto číslo lze chápat jako pravděpodobnost, že příští měření padne pod spodní, resp. nad horní specifi kační mez.
Pravd. překročení %	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifi kační meze (v procentech). Toto číslo lze chápat jako počet měření, která padnou pod spodní, resp. nad horní specifi kační mez z příštích 100 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
Pravd. překročení PPM	Pravděpodobnost překročení horní, resp. spodní specifi kační meze (v PPM). Toto číslo lze chápat jako počet měření, která padnou pod spodní, resp. nad horní specifi kační mez z příštích 1 000 000 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
Pravd. mimo SL	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifi kačních mezí. Toto číslo lze chápat jako pravděpodobnost, že příští měření padne mimo specifi kační meze.
Pravd. mimo SL %	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifi kačních mezí. Toto číslo se rovná součtu příslušných hodnot pro spodní a horní mez z předchozího odstavce. Lze jej chápat jako počet měření, která padnou mimo specifi kační meze z příštích 100 měření, pokud se v procesu nic

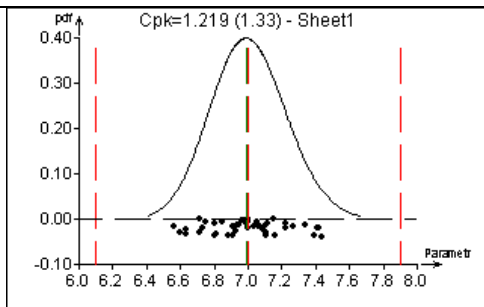
	nezmění.
Pravd. mimo SL PPM	Pravděpodobnost překročení kterékoliv ze specifičních mezí v procentech. Toto číslo se rovná součtu příslušných hodnot pro spodní a horní mez z předchozího odstavce. Lze jej chápat jako počet měření, která padnou mimo specifiční meze z příštích 1 000 000 měření, pokud se v procesu nic nezmění.
ARL	Střední (očekávaná) délka běhu (anglicky ARL = <i>Average Run Length</i> ) mezi dvěma po sobě následujícími překročeními specifičních mezí.
Cpk	Hodnota zobecněného indexu způsobilosti $c_{pk}^*$ pro symetrická i asymetrická data platná pro oboustranné i jednostranné symetrické i asymetrické specifiční meze. Tato hodnota cpk by se měla používat vždy v případě prokazatelně asymetrických dat.
Meze pro Cpk	Dolní a horní mez intervalu spolehlivosti indexu způsobilosti $c_{pk}^*$ . Udává nejnižší a nejvyšší možnou hodnotu skutečného indexu.

1) Výpočty pro asymetrická data jsou založeny na transformované klasické směrodatné odchylce

## Grafy

Modul Způsobilost poskytuje čtyři grafy, z nichž tři mají charakter hustoty pravděpodobnosti a jeden distribuční funkce. První tři grafy, tedy Histogram, Distribuční funkce a Hustoty pravděpodobnosti se zobrazí pouze bylo-li zaškrtnuto políčko *Klasické indexy*, poslední graf, Transformovaná hustota pravděpodobnosti, se vytváří pouze bylo-li zaškrtnuto políčko *Obecné indexy*.

	<p>Orientační graf porovnávající data se specifičními mezemi. Data jsou představována histogramem, jádrovým odhadem hustoty pravděpodobnosti (červeně) a křivkou hustoty normálního rozdělení (Gaussovou křivkou). Svislé čáry označují cílovou hodnotu, spodní a horní specifiční mez. Vrchol Gaussovy křivky (zeleně) odpovídá aritmetickému průměru, který má být co nejblíže cílové hodnotě.</p>
	<p>Křivka distribuční funkce normálního rozdělení (neboli kumulativní hustota pravděpodobnosti) vypočítaná z dat za předpokladu normálního rozdělení dat. Svisle jsou opět vyznačeny cílová hodnota (target) a specifiční meze. Vodorovná přímka odpovídá pravděpodobnosti 0.5 a její průsečík s křivkou odpovídá aritmetickému průměru dat. Z tohoto grafu lze přímo odečítat pravděpodobnosti pro odpovídající hodnoty parametru. Pro přesnější odečet použijte funkci <i>Detail</i> v interaktivním režimu grafu.</p>
	<p>Křivky hustoty pravděpodobnosti. Červeně je vyznačen jádrový odhad hustoty, zeleně je vyznačena Gaussova křivka hustoty normálního rozdělení. Odlíší-li se výrazně tvar těchto dvou křivek může to svědčit o tom, že data nepocházejí z normálního rozdělení. Pro objektivní posouzení je však nutno použít test normality, který je obsažen v modulu <i>Základní statistika</i>. Přerušovanými svislými přímkami jsou vyznačeny specifiční meze a cílová hodnota. Data jsou reprezentována černými body pod osou <math>x</math>. Tyto body jsou náhodně rozptýleny ve svislém směru pro lepší přehlednost. V záhlaví grafu je uveden vypočítaný odhad klasických indexů <math>c_p</math>, <math>c_{pk}</math> a <math>c_{pm}</math>.</p>



Transformovaná hustota pravděpodobnosti. Jedná se o graf s obdobným významem jako graf předchozí. Hustota pravděpodobnosti je vypočtena metodou exponenciální transformace (další podrobnosti o exponenciální transformaci viz modulu Transformace). Není-li před výpočtem zaškrtnuto políčko *Asymetrická data*, transformace se neprovádí a křivka v grafu představuje hustotu normálního rozdělení. Křivka hustoty pravděpodobnosti odráží případné sešikmení rozdělení dat. V záhlaví je uvedena hodnota indexu  $c_{pk}^*$  a v závorce (jsou-li zadány obě specifikací meze) i klasického indexu  $c_{pk}$ . Liší-li se výrazně tyto hodnoty, je vhodnější použít první hodnotu  $c_{pk}^*$ . Ilustrace vlevo uvádí tvary grafu pro symetrická data a pro sešikmená data.

