

REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY EVALUATION FOR QUALITY MEASUREMENT SYSTEM EVALUATION

Vítězslav JÁHN, Master Degree Programme (5)
Dept. of Microelectronics, FEEC, BUT
E-mail: xjahnv00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Radovan Novotný

ABSTRACT

There is often preferable effort to evaluate repeatability and reproducibility and establish quality measurement system than using extremely precise but expensive measuring instruments. Evaluation of repeatability and reproducibility is the part of measurement system analysis. These valuables give us quantity of operator influence, influence of used method and the other parameters to the total measuring data quality. The article presents results of repeatability and reproducibility evaluation.

1 ÚVOD

Opakovatelnost je pro účely této práce definována jako variabilita měření provedených jedním měřicím přístrojem, který byl použit několikrát stejným operátorem pro měření identického znaku na stejné komponentě. Reprodukovatelností se pak rozumí variabilita mezi operátory, tj. proměnlivost výsledků měření různými operátory za použití stejného měřicího přístroje, při měření identického znaku na stejné komponentě.

2 PROVEDENÁ ANALÝZA METODOU PRŮMĚR-ROZPĚTÍ

Pro sledovaný parametr jakosti bylo zapotřebí provést analýzu způsobilosti používaného systému měření. Součástí této analýzy bylo hodnocení reprodukovatelnosti a opakovatelnosti, jehož výsledky jsou prezentovány dále.

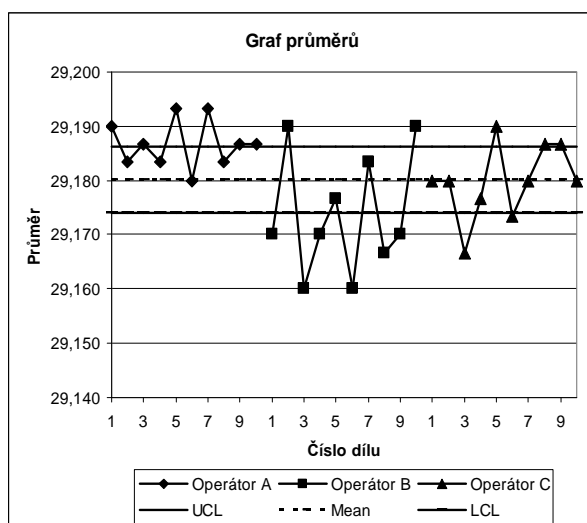
Bylo zajištěno deset komponent, které představovaly dosahovanou variabilitu výrobního procesu. Za účelem vyhodnocení reprodukovatelnosti byli vybráni tři operátoři, označení jako operátor A, B a C. Měřené komponenty byly očíslovány 1 až n tak, aby operátoři nemohli tato čísla vidět. Operátor A v náhodném pořadí změřil počet n komponent a výsledky byly zaznamenány do připraveného formuláře, viz. *tab. 1*. Operátoři B a C provedli stejné měření, přičemž bylo zajištěno, aby neznali naměřené hodnoty z ostatních měření. Celý cyklus se třikrát v náhodném pořadí opakoval a výsledky byly zaznamenány (Measurement Systems Analysis Reference Manual. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements, AIAG 2002).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Průměr
Operátor A												
1	29,19	29,18	29,19	29,19	29,20	29,17	29,20	29,18	29,18	29,19		29,187
2	29,19	29,19	29,19	29,18	29,19	29,18	29,19	29,18	29,19	29,19		29,187
3	29,19	29,18	29,18	29,18	29,19	29,19	29,19	29,19	29,19	29,18		29,186
Průměr	29,190	29,183	29,187	29,183	29,193	29,180	29,193	29,183	29,187	29,187	Xa	29,187
Rozpětí	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	Ra	0,010
Operátor B												
1	29,17	29,19	29,16	29,17	29,17	29,16	29,18	29,16	29,17	29,19		29,172
2	29,17	29,19	29,16	29,17	29,18	29,16	29,19	29,17	29,17	29,19		29,175
3	29,17	29,19	29,16	29,17	29,18	29,16	29,18	29,17	29,17	29,19		29,174
Průměr	29,170	29,190	29,160	29,170	29,177	29,160	29,183	29,167	29,170	29,190	Xb	29,174
Rozpětí	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	Rb	0,003
Operátor C												
1	29,18	29,18	29,17	29,17	29,19	29,17	29,18	29,18	29,18	29,18		29,178
2	29,18	29,18	29,17	29,18	29,19	29,18	29,18	29,19	29,19	29,18		29,182
3	29,18	29,18	29,16	29,18	29,19	29,17	29,18	29,19	29,19	29,18		29,180
Průměr	29,180	29,180	29,167	29,177	29,190	29,173	29,180	29,187	29,187	29,180	Xc	29,180
Rozpětí	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	Rc	0,005
Průměr	29,180	29,184	29,171	29,177	29,187	29,171	29,186	29,179	29,181	29,186	R _p	0,016

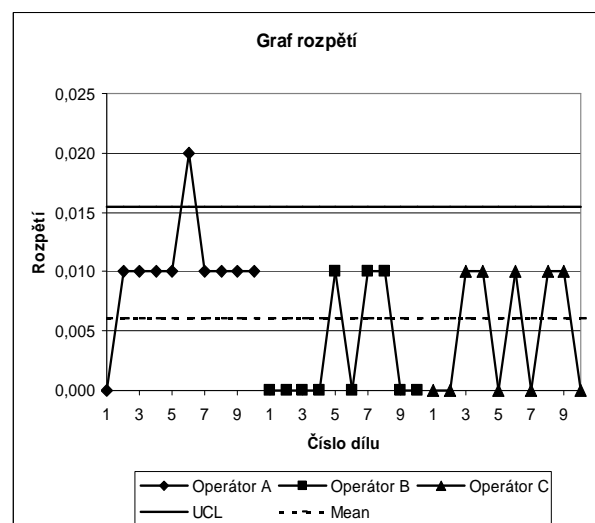
Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot

2.1 GRAFICKÁ ANALÝZA VÝSLEDKŮ HODNOCENÍ REPRODUKOVATELNOSTI A OPAKOVATELNOSTI

Regulační diagramy pro průměr a rozpětí (obr. 1 a 2) napomohou zjistit rozdíly mezi naměřenými hodnotami u jednotlivých operátorů a jimi měřených dílů. Regulační meze určují pásmo, v němž leží s předem zvolenou pravděpodobností hodnoty měřených veličin, za předpokladu, že na zkoumaný proces působí v daném okamžiku jen náhodné vlivy. Jelikož oblast uvnitř regulačních mezí na regulačním diagramu pro průměr (obr. 1) představuje citlivost měření, měla by se alespoň jedna polovina průměrů nacházet mimo tyto meze. Tuto podmínku dané hodnoty splňují, takže lze říci, že by systém měření měl být pro zjištění variability sledovaného kritického parametru mezi vyráběnými komponentami vhodný.



Obr. 1: Regulační diagram pro průměr



Obr. 2: Regulační diagram pro rozpětí

Z dalšího hodnocení *obr. 1* lze říci, že se všichni operátoři navzájem liší v naměřených hodnotách, nejvíce zřejmě operátor A od operátorů B a C. V této souvislosti lze vyslovit hypotézu, že jednotliví operátoři mají vliv na změřené hodnoty sledovaného parametru.

Hodnocením regulačního diagramu pro rozpětí, znázorněného na *obr. 2*, lze poznamenat, že se jedna hodnota rozpětí u operátora A nachází nad horním kontrolním limitem, čímž tento operátor vybočuje ze statisticky zvládnutého stavu, a lze se domnívat, že se jeho použitá metoda liší od metod použitých ostatními operátory.

2.2 NUMERICKÁ ANALÝZA HODNOCENÍ REPRODUKOVATELNOSTI A OPAKOVATELNOSTI

Nejdříve je potřeba vypočítat z naměřených dat, shrnutých v *tabulce 1*, hodnotu \bar{R} , což je aritmetický průměr z hodnot průměrných rozpětí R_a, R_b, R_c . Dále se vypočítá \bar{X}_{DIFF} , což je rozdíl maximální a minimální hodnoty z průměrů X_a, X_b, X_c .

Výpočet koeficientů charakterizujících vlastnosti měřicího systému z pohledu reprodukovatelnosti a opakovatelnosti:

$$\text{Opakovatelnost: } EV = \bar{R} \cdot K_1 \quad (1)$$

$$\text{Reprodukovatelnost: } AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \cdot K_2)^2 - (EV^2 / (nr))} \quad (2)$$

$$\text{Opakovatelnost a reprodukovatelnost: } R \ \& \ R = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (3)$$

$$\text{Variabilita dílu: } PV = R_p \cdot K_3 \quad (4)$$

$$\text{Celková variabilita: } TV = \sqrt{R \ \& \ R^2 + PV^2} \quad (5)$$

Pozn. R_p představuje rozpětí průměru dílů; n je počet dílů, r je počet měření; konstanty K_1, K_2, K_3 jsou rovny převrácené hodnotě konstanty d_2^* , získané z Duncanových tabulek, a závisí na počtu měření, počtu operátorů a počtu měřených dílů; tolerance pro tento proces je 0,1.

Ukazatel	Hodnota	5,15 násobek	% celkové variability	% tolerance
EV	0,00354	0,01826	39,06	18,26
AV	0,00677	0,03486	74,60	34,86
R&R	0,00764	0,03935	84,21	39,35
PV	0,00489	0,02520	53,93	25,20

Tab. 2: Tabulka vypočtených hodnot

3 ZÁVĚR

Jelikož je obecný požadavek na variabilitu systému měření takový, že pouze 10 % celkové variability může spotřebovat systém měření a ve zde prezentovaném šetření je hodnota opakovatelnosti a především reprodukovatelnosti velmi vysoká, čímž je vysoká i celková hodnota parametru R&R, je systém měření zapotřebí považovat za nepřijatelný. Za tímto účelem byl v navazujícím šetření proveden rozbor příčin, identifikace kořenových příčin a přijetí nápravných opatření, které vedly k dosažení způsobilosti systému měření.