

# APPLICATION OF CONTROL CHARTS IN PROCESS QUALITY EVALUATION

Ondřej JANKOVIČ, Master Degree Programme (5)  
Dept. of Microelectronics, FEEC, BUT  
E-mail: xjanko05@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Radovan Novotný

## ABSTRACT

The use of control charts can help to identify variability for quality control purposes. This paper describes application of Shewhart control charts and EWMA charts and implies differences between them.

## 1 ÚVOD

Regulační diagramy slouží k indikování vymezených příčin variability procesu. Nepůsobí-li vymezené příčiny variability, nacházejí se hodnoty sledovaných proměnných ve statisticky určených regulačních mezích, přičemž nevykazují žádné trendy. Regulační diagramy napomáhají ve výrobě udržovat žádoucí stabilní stav, vytvářející předpoklad dosažení očekávaných výstupů.

## 2 APLIKOVANÉ REGULAČNÍ DIAGRAMY

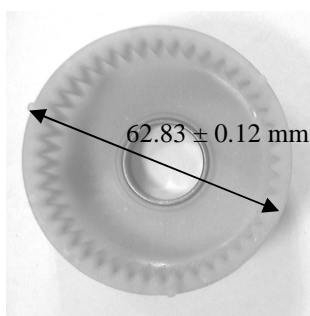
Pro účely této práce jsou regulační diagramy rozčleněny na:

- (a) Regulační diagramy bez paměti, což jsou hlavně klasické Shewhartovy diagramy, kde je každá další vynášená hodnota dána pouze samotnou zjištěnou hodnotou nebo hodnotami sledované logické podskupiny.
- (b) Regulační diagramy s pamětí, mezi něž lze zařadit diagramy CUSUM (s neomezenou a rovnoměrnou pamětí) a diagramy EWMA (s neomezenou a nerovnoměrnou pamětí). Pro tyto regulační diagramy je každá další vynášená hodnota dána součtem hodnoty nově zjištěné a hodnot předchozích.

U diagramů CUSUM mají všechny předchozí hodnoty stejnou váhu. U diagramů EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) má váha klesající charakter směrem do minulosti. Paměť se dá nastavit pomocí parametru  $\lambda$  ( $0 < \lambda < 1$ ). Pokud je  $\lambda = 1$ , pak se EWMA chová stejně jako Shewhartův diagram, tzn. že váha je dána pouze poslední hodnotě. Naopak, čím více se  $\lambda$  blíží 0, tím více se vlastnosti paměti podobají paměti diagramů CUSUM.

### 3 DEMONSTRACE ZAVÁDĚNÍ STATISTICKÉ REGULACE

V návaznosti na spolupráci s praxí, jsou dílčí nástroje statistického řízení procesů aplikovány pro řízení technologických procesů ve firmě Carclo. V procesech dosahované výsledky jsou z pohledu kritických parametrů jakosti finálních komponent i kritických parametrů dílčích procesů a operací postupně monitorovány a statisticky vyhodnocovány. Pro účely tohoto příspěvku je aplikace demonstrována na výrobě plastové komponenty, viz. obr. 1. Na základě rozboru v rámci plánování jakosti, je statisticky sledovaným parametrem průměr komponenty.



**Obr. 1:** Vyráběná součást

Tabulka 1 prezentuje část časové řady, která byla v rámci zavedené statistické regulace získána. Je zde výsledek 20 logických podskupin pěti vždy po sobě vyrobených komponent.

| n | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 62,84 | 62,84 | 62,79 | 62,83 | 62,84 | 62,84 | 62,85 | 62,79 | 62,81 | 62,79 | 62,78 | 62,77 | 62,79 | 62,8  | 62,79 | 62,87 | 62,77 | 62,83 | 62,79 | 62,8  |
| 2 | 62,81 | 62,83 | 62,83 | 62,82 | 62,81 | 62,81 | 62,78 | 62,8  | 62,86 | 62,77 | 62,8  | 62,78 | 62,81 | 62,79 | 62,78 | 62,85 | 62,78 | 62,8  | 62,83 | 62,76 |
| 3 | 62,82 | 62,79 | 62,82 | 62,84 | 62,84 | 62,82 | 62,81 | 62,77 | 62,77 | 62,76 | 62,81 | 62,82 | 62,78 | 62,82 | 62,86 | 62,77 | 62,86 | 62,78 | 62,84 | 62,84 |
| 4 | 62,84 | 62,84 | 62,78 | 62,78 | 62,85 | 62,83 | 62,84 | 62,79 | 62,8  | 62,83 | 62,77 | 62,86 | 62,8  | 62,79 | 62,82 | 62,84 | 62,8  | 62,85 | 62,8  | 62,77 |
| 5 | 62,83 | 62,83 | 62,81 | 62,85 | 62,83 | 62,8  | 62,85 | 62,8  | 62,87 | 62,85 | 62,82 | 62,85 | 62,85 | 62,79 | 62,86 | 62,81 | 62,77 | 62,76 | 62,77 | 62,77 |

**Tab. 1:** Část analyzované časové řady (hodnoty jsou v milimetrech)

K vyhodnocení stability ve formě klasického regulačního diagramu je pro rozsah podskupiny 5 použit regulační diagram  $(\bar{x}, R)$ , který využívá výběrového průměru  $\bar{x}$  a výběrového rozpětí  $R$ , viz. obr. 2.

Hodnota výběrového průměru v  $j$ -tém výběru  $\bar{x}_j$  se stanoví podle vztahu (1), kde  $x_{ij}$  je  $i$ -tá naměřená hodnota regulované veličiny v  $j$ -tém výběru. Hodnota výběrového rozpětí v  $j$ -tém výběru  $R_j$  se stanoví podle vztahu (2), kde  $x_{j\max}, x_{j\min}$  je největší, respektive nejmenší naměřená hodnota  $j$ -tého výběru.

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (1)$$

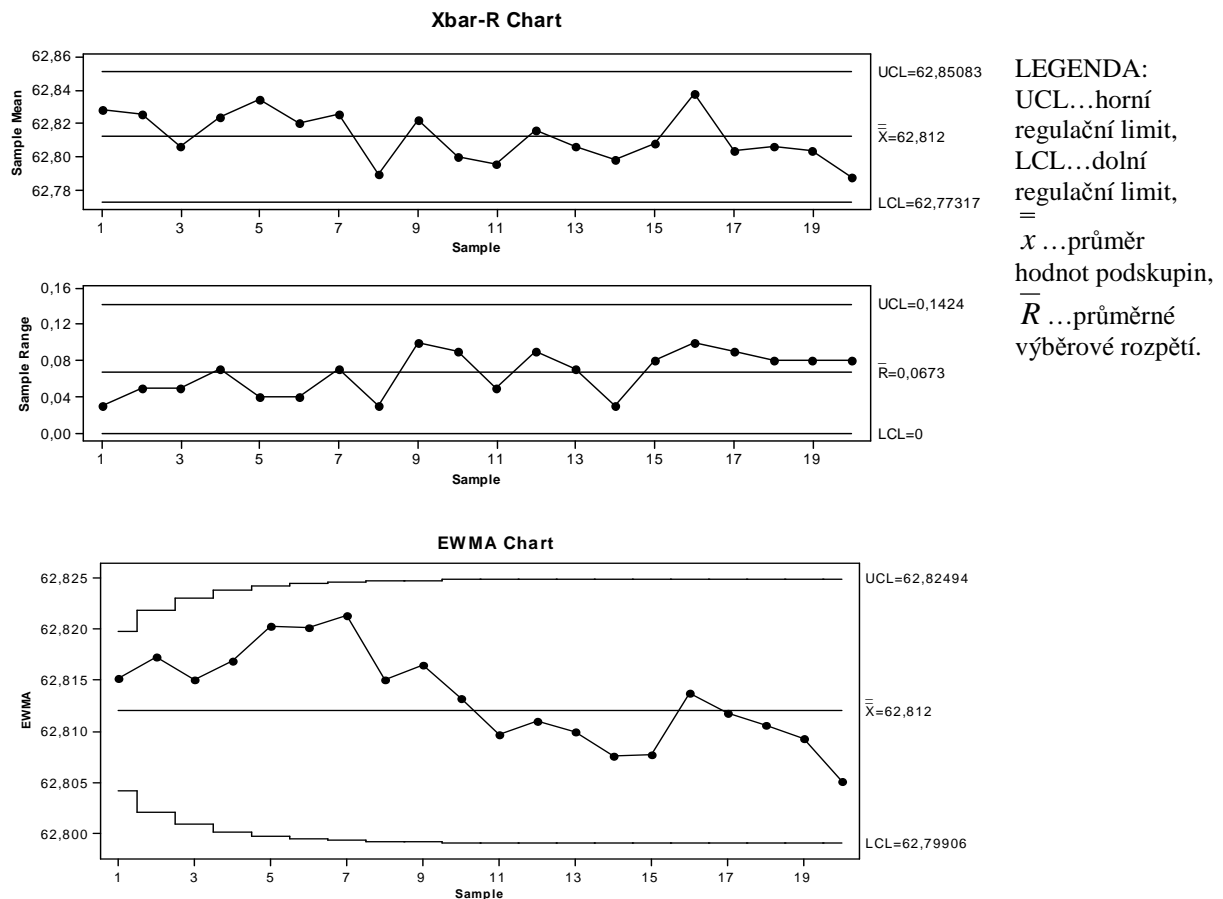
$$R_j = x_{j\max} - x_{j\min} \quad (2)$$

Jelikož podskupiny vykazují náhodné seskupení, nepřesahují regulační meze a splňují všechny podmínky pro identifikaci vymezených příčin, proces se jeví jako stabilní.

Z diagramů s pamětí byl použit EWMA s parametrem  $\lambda = 0,2$  (obr. 2) a i podle tohoto diagramu je sledovaný proces stabilní. Hodnota po j-tém výběru se stanoví podle vztahu (3), kde  $\bar{x}$  je průměr hodnot podskupin.

$$y_j = (1 - \lambda) \cdot y_{j-1} + \lambda \cdot \bar{x}_j \quad \text{pro } 0 < \lambda < 1, \quad y_0 = \bar{x} \quad (3)$$

Na diagramu EWMA je sice patrný náznak klesajícího trendu, ale žádná příčina, která by to mohla způsobit nebyla prokázána. Pro další nákladné pátrání u procesu, který je stabilní a navíc způsobit nebyl důvod.



**Obr. 2:** Regulační diagramy pro analyzovaný proces

## 4 ZÁVĚR

Zavádění statistické regulace poskytuje cenné poznatky o technologických procesech a příčinách neplnění specifikovaných požadavků. Výsledky práce poukazují na skutečnost, že i když diagramy EWMA průkazněji signalizují trendy a rychleji indikují vznik přetrvávajících příčin nestability procesu, je v mnoha případech účelnější použít klasických Shewhartových regulačních diagramů.

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji ing. Martinu Suchému, manažeru jakosti firmy Carclo za poskytnutí možnosti zapojit se do zavádění statistické regulace, což bylo předpokladem vzniku tohoto příspěvku.