

안전 및 환경성능 모니터링을 위한 관리도 개발 (Development of Control Charts for Safety and Environmental Performance Monitoring)

최성운 *

Abstract

This paper presents several control charts for safety and environmental performance monitoring. We also propose guidelines that control charts for statistical process control can be used for safety and environmental performance evaluation.

1. 서론

안전성능 평가기준은 재해에 끼치는 영향의 정도에 따라 다양한 유형으로 분류될 수 있으므로 이런 다양한 재해 유형의 중요도에 따른 효율적이고 효과적인 관리도의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 서로 다른 다양한 안전성능 평가 기준을 갖는 안전시스템에서 하나의 관리도로 연속해서 작성, 모니터링하고 재해의 잠재요인을 사전에 개선할 수 있는 Demerit 관리도와 안정화 관리도를 제시하였다.

또한 본 연구에서는 황산화물(SOX), 질산화물(NOX), 일산화탄소(CO), 이황화탄소(CS₂), 황화수소(H₂S), 암모니아(NH₃) 등 배출 규제 대상 오염물질 등의 서로 다른 다양한 환경성능평가 기준을 효율적이고 효과적으로 평가하기 위한 DNOM 관리도와 표준화 관리도를 제시하였다.

2. 안전성능평가 관리도[6]

2.1 Demerit 관리도 (Demerit Control Charts)

안전성능평가기준의 중요도가 다른 경우 하나의 Demerit 관리도로 동시에 쉽게 작성, 모니터링 할 수 있으며 안전에 미치는 영향의 정도에 따라 가중치를 부여할 수 있다. 중요도의 계산은 위험 평가에 사용되는 FMEA의 RPN(Occurrence Ranking × Severity Ranking × Detectability Ranking)을 적용할 수 있다.[3]

* 경원대학교 산업공학과

· Demerit 관리도

$$\text{타점 : } u_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_j}{n}$$

$$\text{Where } d_j = w_A c_A + w_B c_B + w_C c_C + w_D c_D$$

$$\begin{aligned} CL &= \bar{u} \\ UCL &= \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u \\ LCL &= \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Where } \bar{u} &= w_A \bar{u}_A + w_B \bar{u}_B + w_C \bar{u}_C + w_D \bar{u}_D \\ \hat{\sigma}_u &= \sqrt{\frac{(w_A)^2 \bar{u}_A + (w_B)^2 \bar{u}_B + (w_C)^2 \bar{u}_C + (w_D)^2 \bar{u}_D}{n}} \end{aligned}$$

· Demerit - CUSUM 관리도

$$\begin{aligned} \text{타점 : } c_i^+ &= \max [0, u_i - K + c_{i-1}^+] \\ c_i^- &= \max [0, K - u_i + c_{i-1}^-] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Where } c_o^+ &= c_o^- = 0 \\ K &= \bar{u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCL &= H \\ LCL &= H \end{aligned}$$

· Demerit - EWMA 관리도

$$\text{타점 : } Y_i = (1 - \lambda)y_{i-1} + \lambda u_i$$

$$\begin{aligned} UCL &= h \\ LCL &= h \end{aligned}$$

2.2 안정화 관리도 (Stabilized Control Charts)

$$Z_i = \frac{\text{샘플통계량} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}$$

여기서 샘플통계량은 2.1 절 Demerit 관리도에서 사용된 4가지 유형의 안전성능평가기준으로 안정화 된 Z_i 값을 사용할 경우 하나의 관리도로 연속적으로 작성가능하며 모니터링 할 수 있다.[7]

- 안정화 P 관리도

$$\text{타점 : } Z_i = \frac{P_i - \bar{P}}{\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

$$\begin{aligned} UCL &= +3 \\ LCL &= -3 \end{aligned}$$

- 안정화 nP 관리도

$$\text{타점 : } Z_i = \frac{nP_i - n\bar{P}}{\sqrt{n\bar{P}(1-\bar{P})}}$$

$$\begin{aligned} UCL &= +3 \\ LCL &= -3 \end{aligned}$$

- 안정화 C 관리도

$$\text{타점 : } Z_i = \frac{C_i - \bar{C}}{\sqrt{\bar{C}}}$$

$$\begin{aligned} UCL &= +3 \\ LCL &= -3 \end{aligned}$$

- 안정화 U 관리도

$$\text{타점} : Z_i = \frac{U_i - \bar{U}}{\sqrt{\frac{U}{n}}}$$

$$UCL = +3$$

$$LCL = -3$$

3. 환경성능평가 관리도

3.1 DNOM 관리도

타점

- DNOM1=실측치(Actual Value)-목표치(Target Value)
- DNOM2=코드밸류(Code Value)

$$= \frac{\text{실측치(Actual Value)} - \text{목표치(Target Value)}}{\text{측정단위(Unit of Measure)}}$$

위의 두 가지 DNOM 값을 KSA 3201:2001에서 적용되는 관리도 공식에 대입하여 사용한다.

3.2 표준화 관리도(Standardized Control Chart)

표준화 관리도는 DNOM 관리도의 단점을 극복할 수 있는 즉 모든 환경평가기준의 변동이 다른 경우도 적용할 수 있다.

- LCL < 타점 < UCL
- 표준화 \bar{x} -R 관리도

$$\bar{x} \text{ 관리도} : -A_2 < \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{R} < A_2$$

$$R \text{ 관리도} : D_3 < \frac{R_i}{R} < D_4$$

- 표준화 \bar{x} -S 관리도

$$\bar{x} \text{ 관리도} : -A_1 < \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{S} < A_1$$

$$S\text{관리도} : B_3 < \frac{S_i}{S} < B_4$$

- 표준화 $x-R$ 관리도

$$x\text{관리도} : -2.66 < \frac{x_i - \bar{x}}{R_s} < 2.66$$

$$R_s\text{관리도} : 0 < \frac{R_{s_i}}{R_s} < 3.27$$

- 표준화 \tilde{x} 관리도

$$\tilde{x}\text{관리도} : -m_3 A_2 < \frac{\tilde{x}_i - \bar{\tilde{x}}}{R} < m_3 A_2$$

- 표준화 $L-M$ 관리도

$$-A_9 < \frac{\bar{L}_i - \bar{M}_i}{R}, \frac{\bar{S}_i - \bar{M}_i}{R} < A_9$$

- 표준화 EWMA 관리도

$$-A_2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) < \frac{z_i - \bar{x}}{R} < A_2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right)$$

- 표준화 MA 관리도

$$\frac{A_2}{\sqrt{w}} < \frac{M_i - \bar{x}}{R} < \frac{A_2}{\sqrt{w}}$$

- 표준화 Acceptance 관리도 [4]

$$RPL\text{ 관리도} : \frac{\bar{x}_i - LSL}{R} = \frac{Z_{RPL}}{d_2} + \frac{Z_\beta}{\sqrt{nd_2}}$$

$$\frac{\bar{x} - USL}{R} = - \left(\frac{Z_{RPL}}{d_2} + \frac{Z_\beta}{\sqrt{nd_2}} \right)$$

$$APL\text{ 관리도} : \frac{\bar{x} - LSL}{R} = \left(\frac{Z_{APL}}{d_2} - \frac{Z_\alpha}{\sqrt{nd_2}} \right)$$

$$\frac{\bar{x} - USL}{R} = -\frac{Z_{APL}}{d_2} + \frac{Z_a}{\sqrt{nd_2}}$$

· 상관 관리도

SOX, NOX 각각의 환경성능 평가기준이 시간에 따른 자동 상관된 데이터(Serially Correlated Data) 패턴을 가질 경우 적용적인 실시간으로 환경의 유해물질을 모니터링 할 수 있는 스케일 CUSUM 관리도를 적용할 수 있다.[5]

SOx, NOX 등의 다양한 환경성능 평가기준이 독립적이 아닌 서로 종속되어 있는 경우 다변량 관리도를 적용할 수 있다.[1,2]

4. 결론

안전 성능 평가기준이 다른 경우 하나의 관리도로 연속해서 쉽게 작성하고 모니터링 할 수 있는 Demerit 관리도와 안정화 관리도를 제안하였다. 그리고 SOX, NOX 등의 서로 다른 환경성능기준을 평가할 경우 하나의 관리도로 연속해서 쉽게 작성하고 모니터링 할 수 있는 DNOM 관리도와 표준화 관리도를 제안하였다.

참고문헌

1. Choi, S. and Lee, S. , "Relative Performance Comparision of Group CUSUM Chart," IJMS, Vol.5, No.1, PP. 51-71, 1999.
2. Choi, S. and Lee, S. , "A General Multivariate EWMA Control Chart," IJMS, Vol.6, No.1, PP. 1-19, 2000.
3. Corbett, C. J. and Pan, J. N. , "Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques," European Journal of Operational Reserch, Vol.139, PP. 68-83, 2002.
4. Juran, J. M. and Gryna, F.M., Quality Control Handbook, 5th Edition, New York : McGraw - Hill, 1999.
5. Lee, S. and Choi, S. , "Adaptive Process Monitoring Using Scale CUSUM for Serially Correlated Processes, "Computers & Industrial Engineering, Vol.33, No.3-4, PP. 737-740, 1997.
6. Pyzdek, T. , The Six Sigma Handbook, Revised and Expanded, New York : McGraw - Hill, 2003.
7. Pyzdek, T. , Quality Engineering Handbook : Second Edition, Revised and Expanded, New York : Marcel Dekker, 2003.