

프로세스의 독립성, 데이터 가중치 체계, 부분군 형성과 관리도 용도에 따른 합격판정 관리도의 설계

최성운*

*경원대학교 산업공학과

Design of Acceptance Control Charts According to the Process Independence, Data Weighting Scheme, Subgrouping, and Use of Charts

Sung-Woon Choi*

*Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

Abstract

The study investigates the various Acceptance Control Charts (ACCs) based on the factors that include process independence, data weighting scheme, subgrouping, and use of control charts.

$USL - LSL > 6\sigma$ that used in the good condition processes in the ACCs are designed by considering user's perspective, producer's perspective and both perspectives.

ACCs developed from the research is efficiently applied by using the simple control limit unified with APL (Acceptable Process Level), RPL (Rejectable Process Level), Type I Error α , and Type II Error β .

Sampling interval of subgroup examines i.i.d. (Identically and Independent Distributed) or auto-correlated processes. Three types of weight schemes according to the reliability of data include Shewhart, Moving Average(MA) and Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) which are considered when designing ACCs. Two types of control charts by the purpose of improvement are also presented.

Overall, α , β and APL for nonconforming proportion and RPL of claim proportion can be designed by practioners who emphasize productivity and claim defense cost.

Keywords : Acceptance Control Charts, Process Independence, Data Weighting Scheme, Subgrouping, Use of Control Charts, iid or Auto-Correlated Processes, Shewhart, MA, EWMA, α , β , APL, RPL

1. 서론

기업경쟁력 향상을 위해 끊임없는 품질개선을 위한 활동은 생존에 필수불가결한 요소이다. 이러한 품질개선을 위해 프로세스의 산포 변동(Dispersion Variation)을 감소시키려는 정밀도(Precision)의 사전예방 도구인 관리도(Control Chart)를 주로 활용한다. 관리도는 산포

의 우연원인(Random Cause)과 이상원인(Assignable Cause)을 구분하기 위해 중심선(CL : Central Line), 관리상한(UCL : Upper Control Limit), 관리하한(LCL : Lower Control Limit)의 관리한계를 사용한다. 관리한계는 중심극한 정리의 통계적인 장점을 활용하기 위해 이상원인이되는 5M1JPE(Man, Machine, Material, Method, Measurement, Jig, Part, Environment)와 시간

† 본 논문은 2010년도 경원대학교 지원에 의한 연구임

† 교신저자: 최성운, 경기도 성남시 수정구 복정동 산 65 경원대학교 산업공학과

M · P: 011-256-0697, E-mail: swchoi@kyungwon.ac.kr

2010년 4월 12일 접수; 2010년 5월 25일 수정본 접수; 2010년 5월 27일 게재확정

(Time), 로트(Lot, Batch)에 대해 합리적인 군구분(Rational Subgrouping)을 실시한다. Subgroup Size $n > 1$ 인 경우 $\bar{x}-R$, $\bar{x}-s$ 관리도가, $n = 1$ 인 경우 $I-MR$ 관리도가 사용된다. 이 관리도는 Shewhart의 3σ 원칙에 의해 $\alpha = 0.27\%$ 로 설계되었으며, 현상과악 단계에서 이상원인을 파악, 개선하려는 해석용 관리도와 사후관리 단계에서 우연원인을 표준화 상태로 유지시키는 관리용 관리도의 용도(Use)에 따른 종류가 있다.

관리도에서 플롯되는 점 k 는 Subgroup Number로 이 데이터의 선정을 위한 가중체계(Data Weight Scheme)에 따라 Shewhart, MA(Moving Average), EWMA (Exponentially Weighted Moving Average), CUSUM (Cumulative Sum) 등으로 분류된다. Shewhart 관리도는 마지막 데이터를, MA 관리도는 w 기간동안의 데이터를 대상으로 한다. EWMA 관리도는 현재의 데이터에 λ 의 가중치를 부여하고 과거로 올라갈수록 지수적으로 감소시키며[4,8-9,10] CUSUM 관리도는 전체 데이터를 누적시킨다. 공정의 빠른 변화를 탐지하기 위해 EWMA, CUSUM 등의 가중관리도를 많이 활용한다.

관리도에서 통상 Subgroup Number k 데이터간은 i.i.d.(Identically and Independent Distributed) 랜덤 샘플로 가정되는데, 최근 자동화 측정장치의 발전으로 데이터간 측정간격이 좁아짐에 따라 데이터간 시계열 종속성(Serially Autocorrelation)을 갖는 Box-Jenkins[3]의 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average) (p, d, q)모형을 관리도에 적용하고 있다. ARIMA 데이터에 관리도를 적용시키는 방법과 모형의 식별, 추정, 진단 후 남은 백색 잔차(White Noise, Residual)에 기존의 i.i.d. 관리도를 활용하는 방법이 있다.

관리도는 산포 정밀도 관리를 위해 제1종 오차인 $\alpha = 0.27\%$ 로 설계하며 이상원인을 파악, 개선시키는 가시관리의 꺾은선 그래프이다. 평균과 스펙 규격간의 정확도, 스펙 규격을 벗어나는 비율인 부적합품률의 관계를 시각적으로 표현하는 도구가 히스토그램이며 이를 공식화한 것이 공정능력지수(Process Capability Index)이다. 이 세가지 도구를 이용하여 공정개선을 도모하는 SPC(Statistical Process Control) 관리도에서는 관리한계를, 히스토그램에서는 스펙 규격한계를 별도로 사용해야 하는 불편함이 존재한다.

공정의 표준편차가 스펙의 공차(Tolerance)에 비해 $1/6$ 정도로 안정되어 있어 ($\sigma < (USL - LSL)/6$), 이상원인이 거의 검출이 되지 않는 경우 관리한계와 α , 스펙 규격한계와 부적합품률의 관계를 하나의 식으로 설계하는 방법이 합격판정 관리도(ACC : Acceptance Control Chart)이다. 그러나 합격판정 관리도의 대부분의 연구는 i.i.d. \bar{x} 에 대해 치우쳐 있으며[1-2,5-6,7,11] 생산자 관점에서의 EWMA 가중데이터에 대한 합격판정 관리도 연구[8]가 부분적으로 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 프로세스의 독립성과 종속성(i.i.d., AR(1)), 데이터의 가중체계(Shewhart, MA, EWMA), 군구분 형태($n > 1, n = 1$) 관리도의 용도(관리용, 해석용)를 유형화하여 제1종 오차 α 와 부적합품률의 APL(Acceptable Process Level)의 생산자 관점, 제2종 오차 β 와 클레임률의 RPL(Rejectable Process Level)의 소비자 관점, 양쪽 관점에서의 3가지 종류에 대한 합격판정 관리도의 종합적인 설계방법을 개발하고 적용예를 제시한다.

<표 1> 본 연구에서 유형화된 합격판정 관리도의 종류

프로세스의 독립성 및 종속성	데이터의 가중체계	군구분의 크기	관리도의 용도	ACC의 관리한계
· iid. 프로세스	· Shewhart	· $n > 1$ i) 계량규준형 샘플링 검사 방식 ii) $\bar{x}-R$ 관리도 방식 iii) $\bar{x}-s$ 관리도 방식	· 관리용 관리도	· 생산자관점 관리한계 · 소비자관점 관리한계
	· MA			
· AR(1)프로세스	· EWMA		· $n = 1$: $I-MR$ 관리도 방식	· 해석용 관리도

2. i.i.d. Shewhart 프로세스에서 합격판정 관리도의 설계

2.1 i.i.d. $n > 1$ ACC

Subgroup Size와 Subgroup Number 등이 독립인 합격판정 관리도의 관리한계는 3단계 과정을 통하여 유도된다. 1단계는 APL, RPL과 스펙 규격한계 USL, LSL과의 관계식을 유도한다. 2단계는 α, β 와 관리한계 UCL, LCL과의 관계식을 유도한다. 3단계는 1단계를 CL식으로 정리하여 2단계에 대입하여 합격판정 관리도의 관리한계를 구한다. 예를 들어 스펙 규격한계 USL에 대하여 APL, α 의 생산자 관점에서의 관리한계는
 1단계 : $USL = CL + Z_{APL}\sigma$
 2단계 : $UCL = CL + Z_\alpha\sigma / \sqrt{n}$,
 3단계 : 1단계의 $CL = USL - Z_{APL}\sigma$ 를 2단계의 CL에 대입하며 $UCL = USL - Z_{APL}\sigma + Z_\alpha\sigma / \sqrt{n}$ 이 된다. 본 연구에서 <표 1>과 같이 유형화된 합격판정 관리도의 관리한계는 1, 2단계가 연계된 3단계만을 기술하기로 한다.

2.1.1 관리용 ACC 관리도

생산자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{APL}\sigma + Z_\alpha\sigma / \sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{APL}\sigma - Z_\alpha\sigma / \sqrt{n}$ 이고,
 소비자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{RPL}\sigma - Z_\beta\sigma / \sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{RPL}\sigma + Z_\beta\sigma / \sqrt{n}$ 이다.
 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - k\sigma, LCL = LSL + k\sigma$,
 $k = (Z_{RPL}Z_\beta + Z_{APL}Z_\alpha) / (Z_\alpha + Z_\beta)$,
 $n = ((Z_\alpha + Z_\beta) / (Z_{APL} - Z_{RPL}))^2$ 이다.
 σ 는 목표 표준편차이다.

2.1.2 해석용 ACC 관리도

(1) 계량 균준형 샘플링검사 방식
 생산자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - (Z_{APL} + Z_\alpha / \sqrt{n'})s$,
 $LCL = LSL + (Z_{APL} - Z_\alpha / \sqrt{n'})s$ 이고
 소비자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - (Z_{RPL} + Z_\beta / \sqrt{n'})s$,
 $LCL = LSL + (Z_{RPL} - Z_\beta / \sqrt{n'})s$ 이다.

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - k'\sigma, LCL = LSL + k'\sigma$,
 $k' = (1/n + k^2/2(n-1))^{1/2}, n' = (1 + k^2/2)n$ 이다.

(2) $\bar{x} - R$ 관리도 방식

생산자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{APL}\bar{R}/d_2 + Z_\alpha\bar{R}/d_2\sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{APL}\bar{R}/d_2 - Z_\alpha\bar{R}/d_2\sqrt{n}$ 이고,
 $\alpha = 0.27\%$ 의 Shewhart 3σ 원칙을 적용하면
 $Z_\alpha\bar{R}/d_2\sqrt{n} = A_2\bar{R}$ 로 표기가 가능하다.
 소비자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{RPL}\bar{R}/d_2 - Z_\beta\bar{R}/d_2\sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{RPL}\bar{R}/d_2 + Z_\beta\bar{R}/d_2\sqrt{n}$ 이다.
 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - k\bar{R}/d_2, LCL = LSL + k\bar{R}/d_2$ 이다.
 d_2, A_2 는 범위(R)를 계산해 주는 Subgroup Size n 에 의해 찾는 관리도 계수이다.

(3) $\bar{x} - s$ 관리도 방식

생산자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{APL}\bar{s}/c_4 + Z_\alpha\bar{s}/c_4\sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{APL}\bar{s}/c_4 - Z_\alpha\bar{s}/c_4\sqrt{n}$ 이고,
 3σ Shewhart 규칙을 적용하면
 $Z_\alpha\bar{s}/c_4\sqrt{n} = A_1\bar{s}$ 가 된다.
 소비자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - Z_{RPL}\bar{s}/c_4 - Z_\beta\bar{s}/c_4\sqrt{n}$,
 $LCL = LSL + Z_{RPL}\bar{s}/c_4 + Z_\beta\bar{s}/c_4\sqrt{n}$ 이다.
 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - k\bar{s}/c_4, LCL = LSL + k\bar{s}/c_4$ 이다.
 c_4, A_1 은 표준편차(s)를 계산해 주는 Subgroup Size n 에 의해 찾는 관리도 계수이다.

2.2 i.i.d. $n = 1$ ACC

2.2.1 관리용 ACC 관리도

생산자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - (Z_{APL}, - Z_\alpha)\sigma$,
 $LCL = LSL + (Z_{APL} - Z_\alpha)\sigma$ 이고,
 소비자 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - (Z_{RPL} + Z_\beta)\sigma$,
 $LCL = LSL + (Z_{RPL} + Z_\beta)\sigma$ 이다.

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계
 $UCL = USL - k\sigma$, $LCL = LSL + k\sigma$ 이다.

2.2.2 해석용 ACC 관리도

$I-MR$ 관리도 방식에 의한 생산자 관점에서의 관리한계

$$UCL = USL - Z_{APL}\overline{MR}/d_2 + Z_\alpha\overline{MR}/d_2,$$

$$LCL = LSL + Z_{APL}\overline{MR}/d_2 - Z_\alpha\overline{MR}/d_2 \text{이고,}$$

소비자 관점에서의 관리한계

$$UCL = USL - Z_{RPL}\overline{MR}/d_2 - Z_\beta\overline{MR}/d_2,$$

$$LCL = LSL + Z_{RPL}\overline{MR}/d_2 + Z_\beta\overline{MR}/d_2 \text{이다.}$$

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계

$UCL = USL - k\overline{MR}/d_2$, $LCL = LSL + k\overline{MR}/d_2$ 이고, d_2 는 이동범위(MR)를 계산하는 데이터의 개수 $n = 2$ 로 찾는 관리도 계수이다.

다음 절부터는 <표1>과 같이 유형화된 다양한 종류의 합격판정관리도에 대해 생산자, 소비자 양쪽 관점 중 1개씩만 설정하여 개발, 제시하기로 한다.

3. MA, EWMA i.i.d 프로세스에서 합격판정 관리도의 설계

3.1 MA $n > 1$ ACC

이동평균 $M_i = (\overline{x}_i + \overline{x}_{i-1} + \dots + \overline{x}_{i+w+1})/w$ 로 w 기간 동안의 평균데이터만 선택하는 가중치 방법이다. 생산자 관점에서의 관리용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{APL}\sigma/\sqrt{w} + Z_\alpha\sigma/\sqrt{nw},$$

$$LCL = LSL + Z_{APL}\sigma/\sqrt{w} - Z_\alpha\sigma/\sqrt{nw} \text{이다.}$$

소비자 관점에서의 $\overline{x}-R$ 관리도 방식에 의한 해석용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{RPL}\overline{R}/d_2\sqrt{w} - Z_\beta\overline{R}/d_2\sqrt{nw},$$

$$LCL = LSL + Z_{RPL}\overline{R}/d_2\sqrt{w} + Z_\beta\overline{R}/d_2\sqrt{nw} \text{이다.}$$

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 $\overline{x}-s$ 관리도 방식에 의한 해석용 ACC관리한계

$$UCL = USL - k\overline{s}/c_4\sqrt{w}, LCL = LSL + k\overline{s}/c_4\sqrt{w}$$

이다.

3.2 MA $n = 1$ ACC

이동평균 M_i 는 평균 \overline{x}_i 가 아닌 개별 데이터 \overline{x}_i 에

의해 구하며, 소비자 관점에서의 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{RPL}\sigma/\sqrt{w} - Z_\beta\sigma/\sqrt{w},$$

$$LCL = LSL + Z_{RPL}\sigma/\sqrt{w} + Z_\beta\sigma/\sqrt{w} \text{이고,}$$

생산자 관점에서의 $I-MR$ 관리도 방식에 의한 해석용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{APL}\overline{MR}/d_2\sqrt{w} + Z_\alpha\overline{MR}/d_2\sqrt{w},$$

$$LCL = LSL + Z_{APL}\overline{MR}/d_2\sqrt{w} - Z_\alpha\overline{MR}/d_2\sqrt{w}$$

이다.

3.3 EWMA $n > 1$ ACC

EWMA $Z_i = \lambda\overline{x}_i + (1-\lambda)Z_{i-1}$ (단, $Z_0 = \overline{\overline{x}}, 0 < \lambda < 1$)로 현재에 비중을 많이 주고 과거로 올라갈수록 지수적으로 비중을 적게 주는 가중치 방법으로 정확한(Exact) 방식과 간략화(Approximate) 방식의 두 종류가 있다.

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 정확한 방식의 관리용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - k\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1-(1-\lambda)^{2i}))^{1/2},$$

$$LCL = LSL + k\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1-(1-\lambda)^{2i}))^{1/2} \text{이다.}$$

생산자 관점에서의 간략한 방식의 $\overline{x}-R$ 관리도에 의한 해석용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{APL}(\overline{R}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} +$$

$$Z_\alpha(\overline{R}/d_2\sqrt{n})(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}, LCL = LSL + Z_{APL}$$

$$(\overline{R}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} - Z_\alpha(\overline{R}/d_2\sqrt{n})(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$$

이다.

소비자 관점에서의 간략한 방식의 $\overline{x}-s$ 관리도에 의한 해석용 ACC 관리한계 $UCL = USL - Z_{RPL}$
 $(\overline{s}/c_4\sqrt{n})(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} - Z_\beta(\overline{s}/c_4\sqrt{n})(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ 이다.

3.4 EWMA $n = 1$ ACC

EWMA Z_i 는 평균데이터 \overline{x}_i 가 아닌 \overline{x}_i 로 구하며, 생산자 관점에서의 정확한 방식에 의한 관리용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - (Z_{APL} - Z_\alpha)\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1-(1-\lambda)^{2i}))^{1/2},$$

$$LCL = USL + (Z_{APL} - Z_\alpha)\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1-(1-\lambda)^{2i}))^{1/2} \text{이다.}$$

소비자 관점에서의 간략한 방식의 $I-MR$ 관리도에 의한 해석용 ACC 관리한계

$$UCL = USL - Z_{RPL}(\overline{MR}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} -$$

$Z_{\beta}(\overline{MR}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$, $LCL = LSL + Z_{RPL}(\overline{MR}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} + Z_{\beta}(\overline{MR}/d_2)(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ 이다.

4. EWMA와 AR(1) 혼합 프로세스에서 합격판정 관리도의 설계

4.1 EWMA와 AR(1) 혼합 371 ACC

AR(1)은 $\bar{x}_i = \phi \bar{x}_{i-1} + \epsilon_i$ 로 Subgroup \bar{x}_i 간 ϕ 계수로 자동상관된 프로세스이며 ϵ_i 는 White Noise를 나타낸다. AR(1)에 대해 EWMA $Z_i = \lambda \bar{x}_i + (1-\lambda)Z_{i-1}$ 의 가중체계를 적용하면 EWMA와 AR(1)의 혼합프로세스가 된다.

생산자 관점에서의 정확한 방식에 의한 관리용 ACC 관리한계 $UCL = USL - (Z_{APL} - Z_{\alpha}/\sqrt{n})\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1 - (1-\lambda)^{2i}))^{1/2}((1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$, $LCL = LSL + (Z_{APL} - Z_{\alpha}/\sqrt{n})\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1 - (1-\lambda)^{2i}))^{1/2}((1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$ 이다.

4.2 EWMA와 AR(1) $n = 1$ ACC

MA와 EWMA Z_i 는 개별 데이터 \bar{x}_i 에 의해 구하며 소비자 관점에서의 간략한 방식에 의한 관리용 ACC 관리한계 $UCL = USL - (Z_{APL} - Z_{\alpha})\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$, $LCL = LSL + (Z_{APL} - Z_{\alpha})\sigma((\lambda/(2-\lambda))(1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$ 이다.

생산자 관점에서의 간략한 방식에 의한 I-MR에 의한 해석용 ACC 관리한계 $UCL = USL - (Z_{RPL} + Z_{\beta})(MR/d_2)((\lambda/(2-\lambda))(1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$, $LCL = LSL + (Z_{RPL} + Z_{\beta})(\overline{MR}/d_2)((\lambda/(2-\lambda))(1/(1-\phi^2))((1+\phi(1-\lambda))/(1-\phi(1-\lambda))))^{1/2}$ 이다.

5. 적용 예

고철 스크랩(Scrap)의 원료를 전기로에 넣고 가열하여 빌렛(Billet)을 제조하는 철근 공정이나 시멘트, 모래, 자갈 등의 배합에 의해 레미콘을 생산하는 공정은 설비

특정상 반제품의 상태를 확인할 수 없어 설비조건인 적정 온도 또는 적정 배합비를 점검하는 간접적인 생산기술의 방식을 활용한다. 따라서 빌렛의 인장강도나 레미콘의 압축강도 같은 하한스펙(LSL)의 제품일 경우 반제품은 온도 또는 배합비의 생산기술 조건의 점검항목으로 작업일지를 통해 관리하고, 완제품은 인장강도, 압축강도의 검사항목을 검사성적서를 통해 판정한다. 이러한 공정에서는 반제품의 공정관리 항목이 존재하지 않아 점검항목으로 관리도를 작성하나 결과계가 아닌 원인계를 대상으로 관리도를 사용하는 것은 큰 의미가 없으며, 결국 일정기간이 경과한후 생성된 완제품의 스펙으로 확인되어야 한다. 따라서 기업의 실무자는 완제품의 스펙에 대한 검사를 통해 로트를 판정하여 특채, 용도변경, 폐기, 재작업, 수리, 할인판매 등의 사후 처리하는 활동에 치중하고 있다 특히 KS 인증공장같은 경우 심사원의 강요에 의해 완제품 스펙의 검사항목으로 $\bar{x}-R$ 관리도를 형식적으로 운영하고 있다.

이러한 경우 인장강도나 압축강도의 LSL를 갖는 완제품의 부적합품률, 클레임률을 APL, RPL로 설정하고 생산자 관점에서의 제1종 오차 α , 소비자 관점에서의 제2종 오차 β 를 고려하여 제품 결과계인 인장강도나 압축강도를 관리항목으로, 공정 원인계인 온도나 배합비를 점검항목으로 합격판정 관리도를 활용하는 것이 바람직하다. 예를 들어 빌렛공정에서 생산자 관점의 i.i.d. Shewhart $n > 1$ ACC 관리용 관리한계

$LCL = LSL + Z_{APL}\sigma - Z_{\alpha}\sigma/\sqrt{n}$ 로 인장강도의 관리도를 작성하고 완제품의 부적합품률과 반제품의 생산기술 공정조건을 점검하여 이상원인을 개선하는 SPC 활동을 수행할 수 있으며 <표 1>과 같은 다양한 실무적 조건에 따라 본 연구에서 제시한 관리도를 적용할 수 있다. 제 1종오차 α 의 크기에 따라 이상원인 해석과 개선에 의한 생산성 효율이 결정되며 완제품의 관리항목과 반제품의 생산기술 점검항목간의 시차(Time Lag)도 고려되어야 한다.

본 연구에서 개발한 관리도는 공정의 표준편차가 공차에 비해 1/6정도로 작아 이상원인이 거의 검출되지 않는 경우 관리한계, α , 스펙, 부적합품률을 하나의 식으로 효율적으로 관리하기 위해 사용된다. 관리도가 제품 검사에서 스펙을 벗어나는 부적합품률을 원천적으로 발생시키는 반제품의 공정조건외 이상원인을 개선하여 예방하는 역할이 있는 동시에, 목표 부적합품률을 만족하는 제품스펙과 우연원인을 만족하는 반제품 공정관리한계를 연계해서 새롭고 안정된 생산기술 공정조건을 찾는 것도 관리도의 중요한 역할이다.

6. 결 론

본 연구는 프로세스의 독립성, 데이터의 가중체계, 군구분 형태와 관리도의 용도를 유형화하여 생산자 관점, 소비자 관점, 양쪽 관점에서의 합격판정 관리도의 설계방법을 제시하였다. 합격판정 관리도는 공정의 표준편차가 스펙 규격 공차의 1/6 정도로 작아 이상원인이 거의 발생되지 않는 경우 적용되며 스펙 규격에 대한 부적합품률(APL), 클레임률(RPL), α , β 등을 하나의 관리한계로 이상원인을 판정하는 효율적인 도구이다. 빌렛 또는 레미콘 공정과 같이 인장강도 또는 압축강도에 대한 제품검사의 부적합품률을 만족하기 위해 측정이 불가능한 반제품의 생산기술조건을 원인계로 연계, 관리하는 경우 적용된다. 본 연구에서 유형화된 관리도 운영의 실무적 조건의 특징은 다음과 같다.

1. Subgroup Number 간 샘플링의 간격이 시간, 일간, 주간 넓을 경우 독립(iid)으로 가정되며 사용이 용이한 Shewhart 관리도를 적용할 수 있다. 그러나 자동화 생산 및 장치산업과 같이 측정간격이 짧은 경우 시계열 데이터의 자동상관을 고려하나 분석방법이 어렵다는 단점이 있다.
2. 데이터의 신뢰도에 따른 선택은 데이터의 가중체계를 이용할 수 있다. 최종 데이터를 사용하는 Shewhart 관리도가 실무에서 가장 많이 사용되어 타공정과 벤치마킹할 경우 유용하며 이동평균 관리도, 지수가중이동평균 관리도는 w 기간과 λ 가중치의 객관적인 설정에 어려움이 있다.
3. 중심극한정리의 장점을 이용하기 위해 Subgroup Size $n > 1$ 로 합리적인 군구분을 설정하는 것이 유리하나 장치산업의 수율같은 경우 $n = 1$ 을 적용한다.
4. 현상파악 단계에서 이상원인을 판정하는 경우 해석용 관리도를, 사후관리 단계에서 표준화된 공정에서 우연원인으로 유지시키는 경우 관리용 관리도를 사용한다.
5. 합격판정 관리도의 생산자 관점에서 설계조건 α 는 정상에 대한 이상원인의 오류로, 불필요한 개선 노력으로 인한 생산의 비효율성 관점에서 검토되어야 하며, 소비자 관점에서 연계조건 β 는 이상에 대한 정상원인의 오류로 인한 고객 클레임률의 관점에서 고려되어야 한다.

7. 참 고 문 헌

- [1] 최성운, “계량 규준형 샘플링 검사 스킴을 이용한 합격판정 관리도의 설계 및 운영”, 대한안전경영과학회

학회 춘계학술대회 발표문집 (2008) : 443-450.

- [2] KSQ ISO 7966: 2009 합격판정관리도, 지식경제부 기술표준원, 2009.
- [3] Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Time Series Analysis : Forecasting and Control, 4th Edition, Wiley, 2008.
- [4] Crowder S.V., "Design of Exponentially Weighted Moving Average Schemes", Journal of Quality Technology, 21(1989) : 155-162.
- [5] Duncan A.J., Quality Control and Industrial Statistics, 5th Edition, Irwin, 1986.
- [6] Freud R.A., "Acceptance Control Charts", Industrial Quality Control, 14(4)(1957) : 13-23.
- [7] Hill D., "Modified Control Limits", Applied Statistics, 5(1)(1956) : 12-19.
- [8] Holmes D.S., Mergen A.E., "Exponentially Weighted Moving Average Acceptance Charts", Quality and Reliability Engineering International, 16(2000) : 139-142.
- [9] Hunter J.S., "The Exponentially Weighted Moving Average", Journal of Quality Technology, 21(1989) : 242-250.
- [10] Montgomery D.C., Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, Wiley, 2008.
- [11] Schmid W., " On EWMA Charts for Time Series", Frontiers in Statistical Quality Control, Edited by Lenz H.J. and Wilrich P.T., Physica - Verlag, 115-137, 1997.

저 자 소 개

최 성 운



현 경원대학교 산업공학과 교수. 한양 대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고, 1994년 한국과학재단 지원으로 University of Minnesota에서 1년간 Post-Doc을 수행했으며, 2002년부터 1년 반동안 University of Washington에서 Visiting Professor를 역임하였음. 주요 관심분야는 자동화 생산 및 장치산업에서의 품질관리이며, 통신, 정보시스템의 보안, 신뢰성 설계 및 분석, 서비스 사이언스, RFID시스템, Wavelet에도 관심을 가지고 있음.

주소: 경기도 성남시 수정구 북정동 산65번지 경원대학교 산업공학과