

# 수요량과 다양성 패턴에 의해 유형화된 단기간 표준화 관리도와 단기간 합격판정 관리도의 개발

최성운\*

\*경원대학교 산업공학과

## Development of Short-Run Standardized Control Charts and Acceptance Control Charts Classified by the Demand Volume and Variety

Sung-woon Choi\*

\*Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

### Abstract

The research develops short-run standardized control charts(SSCC) and short-run acceptance control charts(SACC) under the various demand patterns. The demand patterns considered in this paper are three types such as high-variety and repetitive low-volume pattern, extremely-high-variety and nonrepetitive low-volume pattern, and high-variety and extremely-low-volume pattern.

The short-run standardized control charts developed by extending the long-run  $\bar{x}-R$ ,  $\bar{x}-s$  and  $I-MR$  charts have strengths for practioners to understand and use easily.

Moreover, the short-range acceptance control charts developed in the study can be efficiently used through combining the functions of the inspection and control chart.

The weighting schemes such as Shewhart, moving average (MA) and exponentially weighted moving average (EWMA) can be considered by the reliability of data sets. The two types according to the use of control chart are presented in the short-range standardized charts and acceptance control charts.

Finally, process capability index(PCI) and process performance index(PPI) classified by the demand patterns are presented.

**Keywords :** Short-Run Standardized Control Charts, Short-Run Acceptance Control Charts, Various Demand Patterns, Weighting Schemes, Use of Control Charts, PCI, PPI

### 1. 서론

글로벌 대량 수요시장이 형성되는 자동차, 핸드폰, 가전, IT 첨단제품을 조립, 생산하는 기업에서는 생산의 효율성을 기하기 위해 소품종 대량생산 형태의 제품별 설비배치(Product Layout)를 취한다. 수요를 예측

한 대로트의 계획생산을 수립하며 사이클 타임(Cycle, Pitch, Tact, Takt Time)을 단축하고 애로공정(Bottleneck)을 평준화(Levelling)하기 위해 컨베이어의 흐름 생산방식을 취한다. 이 생산방식은 Ford에 의해 고안된 방식으로 공정을 단위작업, 요소작업, 단위동작, 요소동작으로 분할하고 단순화, 전문화, 표준화의 이점을 활용한다.

† 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 10월 7일 접수; 2010년 12월 2일 수정본 접수; 2010년 12월 6일 게재확정

<표1> 본 연구에서 수요 패턴별로 유형화된 단기간 관리도의 종류

수요패턴 유형	군구분의 크기	데이터의 가중치	관리도의 용도	단기간 관리도	공정평가
· 유형1 : 다품종 반복 소량 수요 패턴 · 특징 : 여러 종류의 부품(Job) 수요이고 Run별로 반복된 부품을 모아 소량을 수요로 처리가능	· $n > 1$ · $\bar{x}-R$ 관리도 · $\bar{x}-s$ 관리도	· Shewhart	· 해석용 관리도	· 표준화 관리도	· PCI
· 유형2 : 극품종 비반복 소량 수요 패턴 · 특징 : 품종마다 서로 다른 극품종 부품(Job)이고 소량의 수요량이 Run별로 비반복됨	· $n > 1$ · 계단형 · $\bar{x}-s$ 관리도	· MA(Moving Average)	· 관리용 관리도	· 합격판정 관리도	· PPI
· 유형3 : 다품종 극량 수요 패턴 · 특징 : 부품(Job)의 수요 종류는 다양하나 수요량은 1개의 극량	· $n = 1$ · $t-MR$ 관리도	· EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)			

또한 설비투자 비용과 균형점이 되는 BEP(Break-Even Point) 이상의 생산량을 달성하여 생산자는 단위 원가를 줄이고 소비자에게는 싸게 팔아 봉사할 수 있다는 원리를 가지고 있다. 그러나 이 생산형태는 수요의 패턴이 변하거나 공급이 수요를 초과하는 경우 반도체의 치킨게임(Chicken Game)과 같이 기업이 도산의 위험에 직면하게 된다. 소품종 대량생산 형태의 제품별 배치에 대한 자동화 배치로는 TL(Transfer Line), FTL(Flexible TL)이 있으며 품질관리 기법으로는 전통적인 관리도를 사용하는 장기간(Long-Run, Long-Range) SPC(Statistical Process Control)가 있다.[2-3]

수요의 탄력성에 대비하기 위해 중품종 중량 생산형태는 GT 설비배치(Group Technology Layout)를 취하는데 이는 PFA(Production Flow Analysis)에 의한 기계 셀(Machine Cell)과 C&C(Code and Classification) 시스템에 의한 부품군(Part Family)을 형성하여 그룹 준비시간(Group Setup Time)을 감소하는 준 흐름(Semi-Flow)식의 생산방식이다 생산의 유연성을 위한 중품종 중량 생산형태의 GT설비배치에 대한 자동화 배치는 FMC(Flexible Manufacturing Cell), FMS (Flexible Manufacturing System)가 있으며 품질관리 기법으로는 중기간(Medium-Run, Medium-Range) SPC가 있다.[7,12]

수요의 형태가 다양하고 주문이 소량으로 이루어지는 기업에서는 다품종 소량 생산형태의 공정별(기능별, 기계별) 설비배치(Process Layout)를 취한다. 이는 같은 종류의 범용기계를 공정별로 배치하고 가공되는 부품 및 제품을 이동하는 비효율적인 생산방식이나 다양한 수요에 대처할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 다품종 소량 생산형태의 공정별 설비배치에 대한 자동화 배치는 NC(Numerical Control), CNC(Computer NC),

DNC(Direct NC)가 있으며 품질관리 기법으로는 단기간(Short-Run, Short-Range) SPC가 있다. 그러나 단기간 SPC에 대한 연구는 전통적인  $\bar{x}-R$ ,  $\bar{x}-s$  관리도에서 부품스펙의 측정단위와 값을 정규화하기 위한 표준화(Standardized) 변수변환 방법에 치우쳐 있다.[1,4-6, 8-11]

따라서 본 연구에서는 수요량과 다양성 패턴에 의해 다품종 반복 소량 수요, 극다품종 비반복 소량 수요, 다품종 극소량 수요로 유형화하고 단기간 표준화 관리도(SCC : Standardized Control Chart)와 단기간 합격판정 관리도(ACC : Acceptance Control Chart)를 개발한다. 특히 두 단기간 관리도의 데이터 수집 및 분석의 용이성을 위해 수요패턴별로 데이터 시트(Data Sheet)가 설계되며, 데이터의 가중치, 관리도의 개선용도 [3] 등의 실무조건이 고려된 다양한 단기간 관리도를 제안한다.

또한 개발된 단기간 표준화 관리도 SSCC(Short-Run Standardized Control Chart) 및 단기간 합격판정 관리도 SACC(Shot-Run Acceptance Control Chart)의 공정능력 및 성능을 평가하기 위한 단기간 PCI(Process Capability Index)와 단기간 PPI(Process Performance Index)를 제시한다.

## 2. 다품종 반복 소량 수요패턴의 단기간 관리도의 개발

기호 및 용어

$l$ : Job의 수 (1, 2, ...,  $t$ )

$T_l$ : Job  $l$ 의 목표기준 공칭치수(Target Value)

$i$ : 데이터시트에서 Subgroup Number (1, 2, ...,  $k_l$ )

- $j$ : 데이터시트에서 Subgroup Size  
(수요유형1: 1, 2, CDOTS, n, 수요유형2: 1, 2, ...,  $n_l$ )
- $o_j$ : 데이터시트에서 수요유형 1의 원 측정치
- $\bar{o}_i$ : 데이터시트에서 수요유형 1의 원 측정치 (Original Value) 평균(수요유형2에서는  $\bar{o}_l$ )
- $R_i$ : 수요유형 1의 원 측정치 범위(수요유형2에서는  $R_l$ )
- $s_i$ : 수요유형 1의 원 측정치 표준편차(수요유형2에서는  $s_l$ )
- $\bar{o}_l$ : 수요유형1의 Job  $l$  별  $\bar{o}_i$ 의 평균 (수요유형2에서는 존재하지 않음)
- $\bar{R}_l$ : 수요유형1의 Job  $l$  별  $R_i$ 의 평균 (수요유형2에서는 존재하지 않음)
- $\bar{s}_l$ : 수요유형1의 Job  $l$  별  $s_i$ 의 평균 (수요유형2에서는 존재하지 않음)
- $R'_i$ : 수요유형 1의 Plot 되는  $\bar{x}$ 관리도 점(수요유형2에서는  $R'_l$ )
- $s'_i$ : 수요유형 1의 Plot되는  $s$ 관리도 점(수요유형2에서는  $s'_l$ )
- $I_i$ : 수요유형 3의 원 측정치
- $MR_i$ : 수요유형 3의 이동범위
- $\bar{I}_l$ : 수요유형 3의 원 측정치의 Job  $l$  별  $I_i$ 의 평균
- $\overline{MR}_l$ : 수요유형 3의 원 측정치 Job  $l$  별  $MR_i$ 의 평균
- $I'_i$ : 수요유형 3의 원 측정치 Plot되는  $I$  관리도 점
- $MR'_i$ : 수요유형 3의 원 측정치 Plot되는  $MR$ 관리도 점
- $USL_i$ : Job  $l$ 의 상한스펙 (Upper Specification Limit)
- $LSL_i$ : Job  $l$ 의 하한스펙 (Lower Specification Limit)

- $UCL$ : 관리상한 (Upper Control Limit)
- $LCL$ : 관리하한 (Lower Control Limit)
- $\mu_0$ : 사후관리를 위한 목표 평균
- $\sigma_0$ : 사후관리를 위한 목표 표준편차
- $APL$ : Acceptable Probability Level
- $RPL$ : Rejectable Probability Level
- $C_{pml}$ : Job  $l$ 의 공정능력지수
- $\bar{C}_{pml}$ :  $C_{pml}$ 의 평균
- $A, A_2, A_3, B_3, B_4, B_5, B_6, D_1, D_2, D_3, D_4$ : 관리도의 계수

## 2.1 반복 소량 단기간 표준화 관리도

### (1) $\bar{x}-R$ SSCC

다품종 반복소량의 부품종인 Job ( $l = 1, 2, \dots, t$ )의 목표기준 공칭치 (Target, Nominal Value)가  $T_l$ , 각 Job별 Subgroup Number ( $i = 1, 2, \dots, k_l$ ), 각 Subgroup Number별 Subgroup Size ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), 원 측정치(Original Measurement)  $o_j$ , 각 Subgroup별  $o_j$ 의 평균  $\bar{o}_i$ , 범위  $R_i$ , 표준편차는  $s_i$ 이다. Job  $l$ 별 총평균  $\bar{o}_l, \bar{R}_l$ 로 Plot되는 점  $\bar{x}_i = (o_i - T_l) / \bar{R}_l, R'_i = R_i / \bar{R}_l$ 로 이를 체계적으로 정리, 계산하기 위한 데이터 시트(Data Sheet)는 <표2>와 같다. 이 관리도는 동일 Job이 반복되어 클러스터링(Clustering)이 가능할 정도의 생산납기(Due Date, Delivery)가 여유가 있을 경우 적용이 가능하며 Subgroup Size  $n$ 을 일정하게 유지할 수가 있다.

$\bar{x}$  SSCC 해석용 관리한계는  $LCL < \bar{o}_i < UCL, \mu_0 - 3\sigma_0 < \bar{o}_i < \mu_0 + 3\sigma_0, \mu_0 - (3/\sqrt{n})\sigma_0 < \bar{o}_i <$

<표2> 반복소량 단기간  $\bar{x}-R$ , SSCC 데이터 시트

Job $l$	Subgroup Number $i$	Subgroup Size $j$	$\bar{o}_i$	$R_i$	Plot 되는점	
		$o_1 o_2 \dots o_n$			$\bar{x}_i = (o_i - T_l) / \bar{R}_l$	$R'_i = R_i / \bar{R}_l$
1	1					
	2					
	$\vdots$					
	$k_1$		$\bar{o}_1$	$\bar{R}_1$		
	$\vdots$					
$t$	1					
	2					
	$\vdots$					
	$k_t$		$\bar{o}_t$	$\bar{R}_t$		

$\mu_o - (3/\sqrt{n})\sigma_o$ ,  $T_\ell - (3/\sqrt{n})(\overline{R}_\ell/d_2) < \overline{o}_i < T_\ell + (3/\sqrt{n})(\overline{R}_\ell/d_2)$ ,  $-(3/\sqrt{n} \cdot d_2) < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{R}_\ell < (3/\sqrt{n} \cdot d_2)$ ,  $-A_2 < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{R}_\ell < +A_2$ 가 된다.  $R$  SSCC 해석용 관리한계는  $LCL < R_i < UCL$ ,  $\mu_R - 3\sigma_R < R_i < \mu_R + 3\sigma_R$ ,  $d_2\sigma_x - 3d_3\sigma_x < R_i$ ,  $< d_2\sigma_x + 3d_3\sigma_x$ ,  $(d_2 - 3d_3)\sigma_x < R_i < (d_2 + 3d_3)\sigma_x$ ,  $(d_2 - 3d_3)(\overline{R}_\ell/d_2) < R_i < (d_2 + 3d_3)(\overline{R}_\ell/d_2)$ ,  $1 - 3d_3/d_2 < R_i/\overline{R}_\ell < 1 + 3d_3/d_2$ ,  $D_3 < R_i/\overline{R}_\ell < D_4$ 이다.

현상과악에서 이상원인을 파악하는 해석용 관리도의 용도와 다르게 사후관리에서 스펙을 고려한 목표 평균  $\mu_o$ , 목표 표준편차  $\sigma_o$ 로 안정상태를 유지하는 관리용 관리도[3]를 대상으로 단기간 관리한계를 유도한다.

$\bar{x}$  SSCC 관리용 관리한계는  $LCL < \overline{o}_i < UCL$ ,  $\mu_o - (3/\sqrt{n})\sigma_o < \overline{o}_i < \mu_o + (3/\sqrt{n})\sigma_o$ ,  $-3/\sqrt{n} < (\overline{o}_i - \mu_o)/\sigma_o < +3/\sqrt{n}$ ,  $-A < (\overline{o}_i - \mu_o)/\sigma_o < +A$ 이고,  $R$  SSCC 관리도 관리한계는  $LCL < \overline{o}_i < UCL$ ,  $d_2\sigma_o - 3d_3\sigma_o < R_i < d_2\sigma_o + 3d_3\sigma_o$ ,  $d_2 - 3d_3 < R_i/\sigma_o < d_2 + 3d_3$ ,  $D_1 < R_i/\sigma_o < D_2$ 가 된다.  $\mu_o$ 는 제품의 목표값 또는 목표기준 공칭치수가  $T_\ell$ 이고  $\sigma_o$ 는 스펙의 허용차(Allowance), 공차(Tolerance) 또는 목표 공정능력지수에서 산출된 목표 표준편차로  $\sigma_o = s_o d_2/c_4$ 의 관계식을 통해 구할 수 있다.

현재의 데이터를 고려하는 Shewhart 관리도와 다르게 데이터의 신뢰성에 따라  $w$ 기간만의 데이터를 고려하는 이동평균(MA) 관리도와  $\lambda$ 의 지수가중으로 데이터를 고려하는 EWMA 관리도[3]를 대상으로 단기간 관리한계를 구한다.

원 측정치의 Subgroup Number 간 평균인  $\overline{o}_i$ 에 대해 이동평균(MA)  $M_i = (\overline{o}_i + \overline{o}_{i-1} + \dots + \overline{o}_{i-w+1})/w$ 로  $w$ 기간 동안의 가중치로 데이터를 선택할 경우의  $\bar{x} - R$  MA SSCC 해석용 관리한계는  $-A_2/\sqrt{w} < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{R}_\ell < +A_2/\sqrt{w}$ ,  $D_3/\sqrt{w} < R_i/\overline{R}_\ell < D_4/\sqrt{w}$ 이다.

EWMA  $Z_i = \lambda\overline{o}_i + (1-\lambda)\overline{Z}_{i-1}$  (단,  $Z_o = \overline{o}$ ,  $0 < \lambda < 1$ )로 지수적인 가중치를 부여하는 경우  $\bar{x} - R$  EWMA SSCC 관리용 관리한계는  $-A(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} < (\overline{o}_i - \mu_o)/\sigma_o < +A(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ ,  $D_1(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} < R_i/\sigma_o < D_2(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ 이 된다.

(2)  $\bar{x} - s$  SSCC

$\bar{x} - s$  SSCC에 대한 데이터 시트는 <표3>과 같으며  $\bar{x}$  SSCC 해석용 관리한계는  $LCL < \overline{o}_i < UCL$ ,  $\mu_o - (3/\sqrt{n})\sigma_o < \overline{o}_i < \mu_o + (3/\sqrt{n})\sigma_o$ ,  $T_\ell - (3/\sqrt{n})(\overline{s}_\ell/c_4) < \overline{o}_i < T_\ell + (3/\sqrt{n})(\overline{s}_\ell/c_4)$ ,  $-(3/\sqrt{n}c_4) < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{s}_\ell < +(3/\sqrt{n}c_4)$ ,  $-A_3 < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{s}_\ell < +A_3$ 가 된다.  $s$  SSCC 해석용 관리도는  $LCL < s_i < UCL$ ,  $\mu_s - 3\sigma_s < s_i < \mu_s + 3\sigma_s$ ,  $c_4\sigma_x - 3c_5\sigma_x < s_i < c_4\sigma_x + 3c_5\sigma_x$ ,  $(c_4 - 3c_5)\sigma_x < s_i < (c_4 + 3c_5)\sigma_x$ ,  $(1 - 3c_5)(\overline{s}_\ell/c_4) < s_i < (1 + 3c_5)(\overline{s}_\ell/c_4)$ ,  $1 - 3c_5/c_4 < s_i/\overline{s}_\ell < 1 + 3c_5/c_4$ ,  $B_3 < s_i/\overline{s}_\ell < B_4$ 가 된다.

$\bar{x}$  SSCC 관리용 관리한계는  $\bar{x} - R$ 과 동일하며  $s$  SSCC 관리용 관리한계는  $LCL < s_i < UCL$ ,  $c_4\sigma_o - 3c_5\sigma_o < s_i < c_4\sigma_o + 3c_5\sigma_o$ ,  $(c_4 - 3c_5)\sigma_o < s_i < (c_4 + 3c_5)\sigma_o$ ,  $c_4 - 3c_5 < s_i/\sigma_o < c_4 + 3c_5$ ,  $B_5 < s_i/\sigma_o < B_6$ 가 된다.

$\bar{x} - s$  SSCC MA SSCC 관리용 관리한계는  $-A/\sqrt{w} < (\overline{o}_i - \mu_o)/\sigma_o < +A/\sqrt{w}$ ,  $B_5/\sqrt{w} < s_i/\sigma_o < B_6/\sqrt{w}$ 이다.

$\bar{x} - s$  SSCC EWMA SSCC 해석용 관리한계는  $-A_1(\lambda/(2-\lambda))^{1/2} < (\overline{o}_i - T_\ell)/\overline{s}_\ell < +A_1(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ 이 된다.

이 모형은 다품종 비반복 소량 수요패턴으로 확장가능하며  $n = n_l$ 로 관리한계의 공식을 바꾸어 주면 된다.

## 2.2 반복 소량 단기간 합격판정 관리도

합격판정 관리도(ACC : Acceptance Control Chart)는 공정이 장기간 안정되어  $USL - LSL > 6\sigma$ 의 공정능력을 유지하는 경우 적용된다. 생산자 관점에서의 부적합품률 APL과 소비자 관점에서의 부적합품률 RPL의 요구되는 부적합품률을 유지하는 스펙규격과 생산기술 조건의 점검항목을 제어하는  $\alpha, \beta$ 를 고려한 관리한계를 연계하여 효율적이고 효과적인 통합검사 - SPC 시스템을 운영하는 품질기법이다.[3]

단기간 합격판정 관리도(SACC : Short-Run Acceptance Control Chart)는 최[3]가 개발한 장기간 합격판정 관리도(LACC : Long-Run Acceptance Control Charts)에서 Job별로 표준화된 형태의 관리 상태의 판정식으로 유도한다. 따라서 표준화된 좌변의 측정 값이 우변의 관리

<표3> 반복소량 단기간  $\bar{x}-s$ , SSCC 데이터 시트

Job $\ell$	Subgroup Number $i$	Subgroup Size $j$	$\bar{o}_i$	$s_i$	Plot 되는점	
		$o_1 o_2 \dots o_n$			$\bar{x}_i' = (o_i - T_1)/\bar{s}_i$	$s_i' = s_i/\bar{s}_i$
1	1					
	2					
	$\vdots$					
	$k_1$					
			$\bar{o}_1$	$\bar{s}_1$		
					$\vdots$	
$t$	1					
	2					
	$\vdots$					
	$k_t$					
			$\bar{o}_t$	$\bar{s}_t$		

<표4> 극품중 단기간  $\bar{x}-R$ , SSCC 데이터 시트

Job $\ell$	Subgroup Number $i$	Subgroup Size $j$	$\bar{o}_i$	$R_i$	$\bar{x}_i' = (o_i - T_1)/\bar{s}_i$	$R_i' = R_i/(d_2 \text{ 공차}/6)$
		$o_1 o_2 \dots o_{n_i}$				
1	$k_1 = 1$					
	$\vdots$					
$t$	$k_t = 1$					

<표5> 극품중 단기간  $\bar{x}-R$ , SSCC 데이터 시트

Job $\ell$	Subgroup Number $i$	Subgroup Size $j$	$\bar{o}_i$	$s_i$	$\bar{x}_i' = (O_i - T_1)/\bar{s}_i$	$S_i' = S_i/(C_4 \text{ 공차}/6)$
		$o_1 o_2 \dots o_{n_i}$				
1	$k_1 = 1$					
	$\vdots$					
$t$	$k_t = 1$					

한계를 만족했을 경우 우연원인의 안전상태로 판정한다. SACC 종류는 Shewhart, MA, EWMA의 데이터 가중 체계와 생산자 관점, 소비자 관점의 관리한계, 해석용, 관리용 관리도의 용도에 따라 다양하게 유도될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 최[3]가 유형화한 분류항목을 조합하여 대표적인 SACC 관리한계를 제시하고자 한다.

생산자 관점에서의 Shewhart SACC 관리용 관리한

$$\text{계는 } (\bar{o}_i - USL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) < Z_\alpha - Z_{APL}\sqrt{n},$$

$$(\bar{o}_i - LSL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) > Z_{APL}\sqrt{n} - Z_\alpha \text{ 이고}$$

소비자 관점에서의 MA SACC 관리용 관리한계는

$$(\bar{o}_i - USL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) < Z_\alpha/\sqrt{w} - Z_{APL}\sqrt{\frac{n}{w}},$$

$$(\bar{o}_i - LSL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) > Z_{RPL}\sqrt{\frac{n}{w}} + Z_\beta/\sqrt{w} \text{ 이다.}$$

생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 EWMA SACC 관리용 관리한계는  $(\bar{o}_i - USL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) < -k(n\lambda)/(2$

$-\lambda)^{1/2}, (\bar{o}_i - USL)/(\sigma_o/\sqrt{n}) > k(3\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$  이다. 여기서  $k = (Z_{RPL}Z_\beta + Z_{APL}Z_\alpha)/(Z_\alpha + Z_\beta), n = ((Z_\alpha + Z_\beta)/(Z_{APL} - Z_{RPL}))^2$  이다.

### 3. 극다품종 비반복 소량 수요패턴의 단기간 관리도의 개발

#### 3.1 극다품종 단기간 표준화 관리도

2.1절과 다르게 부품 품종인 Job( $\ell = 1, 2, \dots, t$ )이 완전히 다른 극 다품종 형태이며 Job별로 Subgroup Size  $n_\ell$ 가 다른 비반복 소량 수요패턴을 갖는다. 단기간 관리도에 대한 데이터 시트는 <표4><표5>와 같으며 Job별로 클러스터링을 할 수 없어 <표2><표3>에서  $k_1 = k_2 = \dots = k_t = 1$ 로,  $n$ 은  $n_\ell$ 로  $\bar{o}_i, R_i, \bar{x}_i'$

,  $R_i', s_i'$  에서 첨자  $i$  는  $l$  로 바꾸어 주며 Job 별 총 평균  $\bar{o}_l, \bar{R}_l, \bar{s}_l$  은 존재하지 않는다.

(1)  $\bar{x}-R$  SSCC

$\bar{x}-R$  SSCC 해석용 관리한계는  $-A_2 < (\bar{o}_i - T_\ell) / R_\ell < +A_2, D_3 < R_i / R_\ell < D_4$  로 2.1절에서는 동일 Job으로 총별된  $\bar{R}_\ell$  을 사용하지만 여기서는 개별 Job 의  $R_\ell$  로 계산되나 R관리도에서는 약분되어 1이 되므로  $R_i = d_2 \sigma_x = d_2(\text{공차}/6)$  로 추정하여 표준화한다. 관리용 관리한계는 2.1절과 동일하나  $A_2, D_3, D_4, A, D_1, D_2$  계수는 비반복 소량  $n_i$  이 Job마다 다르므로 계단형의 관리한계 형태를 가진다.

(2)  $\bar{x}-s$  SSCC

$\bar{x}-s$  SSCC 해석용 관리한계는  $-A_1 < (\bar{o}_i - T_\ell) / s_\ell < +A_1, B_3 < s_i / s_\ell < B_4$  로 2.1절에서는 클러스터 링된 Job으로 계산된  $\bar{s}_\ell$  과 다르게 Job별  $s_\ell$  을 사용하 나 s 관리도에서는 R 관리도와 마찬가지로 1이 되므로  $s_i = c_4 \sigma_x = c_4(\text{공차}/6)$  로 추정하여 표준화한다. 관리 용 관리한계는 2.1절과 동일하나 비반복 소량의 수요패 턴으로 Job마다의 Subgroup Size  $n_i$  이 달라 이에 따른  $A_1, B_3, B_4, A, B_5, B_6$  의 영향으로 관리한계는 계단 형의 형태를 지닌다.

3.2 극다품종 단기간 합격판정 관리도

$\bar{x}-R$  관리도 방식에 의한 생산자 관점에서의 Shewhart SACC 관리용 관리한계는  $(\bar{o}_i - USL) / (R_\ell / d_2 \sqrt{n}) < Z_\alpha - Z_{APL} \sqrt{n}, (\bar{o}_i - LCL) / (R_\ell / d_2 \sqrt{n}) > Z_{APL} \sqrt{n} - Z_\alpha$  이고 소비자 관점에서의 EWMA SACC 관리용 관리한계는

$$(\bar{o}_i - USL) / (R_\ell / d_2 \sqrt{n}) < Z_\alpha (\lambda / (2 - \lambda))^{1/2} - Z_{APL} (n\lambda / (2 - \lambda))^{1/2}$$

이 된다.  $\bar{x}-s$  관리도 방식에 의한 소비자 관점에서의 Shewhart SACC 관리용 관리계수는

$$(\bar{o}_i - USL) / (s_\ell / c_4 \sqrt{n}) < -Z_\beta - Z_{RPL} \sqrt{n}, (\bar{o}_i - LSL) / (s_\ell / c_4 \sqrt{n}) > Z_\beta + Z_{RPL} \sqrt{n}$$

이고 생산자 관점에서의 MA SACC 관리용 관리한계는  $(\bar{o}_i - USL) / (s_\ell / c_4 \sqrt{n}) < Z_\alpha (\lambda / (2 - \lambda))^{1/2} - Z_{APL} (n\lambda / (2 - \lambda))^{1/2}, (\bar{o}_i - USL) / (s_\ell / c_4 \sqrt{n}) < Z_{APL} (n\lambda / (2 - \lambda))^{1/2} - Z_\alpha (\lambda / (2 - \lambda))^{1/2}$  이 된다.

4. 다품종 극소량 수요패턴의 단기간 관리도의 개발

4.1 극소량 단기간 표준화 관리도

부품 품종인 Job ( $\ell = 1, 2, \dots, t$ ), Subgroup Number ( $i = 1, 2, \dots, k_\ell$ )에 대해 원 개별측정치  $I_i$ , 목표기준 공칭치  $T_\ell$  ( $\ell = 1, 2, \dots, t$ ),  $I_i$ 의 이동범위  $MR_i$ , Job  $l$ 별 총평균  $\bar{I}_l, \overline{MR}_l$  이고 Plot 되는 점

$$I_i' = (I_i - T_l) / \overline{MR}_l, MR_i' = MR_i / \overline{MR}_l$$

의 데이터 시트는 <표6>과 같다. I SSCC 해석용 관리한계는  $LCL < I_i < UCL, \mu_I - 3\sigma_I < I_i < \mu_I + 3\sigma_I, T_\ell - 3\overline{MR}_\ell / d_2 < I_i < T_\ell + 3\overline{MR}_\ell / d_2 - 3/d_2 < (I_i - T_\ell) / \overline{MR}_\ell < +3/d_2$  이며 MR SSCC 해석용 관리한계는  $LCL < MR_i < UCL, \mu_{MR} - 3\sigma_{MR} < MR_i < \mu_{MR} + 3\sigma_{MR}, (1 - 3d_3/d_2)$

<표6> 극품종 단기간  $\bar{x}-R, SSCC$  데이터 시트

Job $\ell$	Subgroup Number $i$	$I_i$	$MR_i$	$I_i' = (I_i - T_l) / \overline{MR}_l$	$MR_i' = MR_i / \overline{MR}_l$
1	1				
	2				
	$\vdots$				
	$k_1$				
		$\bar{I}_1$	$\overline{MR}_1$		
	$\vdots$				
$t$	1				
	2				
	$\vdots$				
	$k_t$				
		$\bar{I}_t$	$\overline{MR}_t$		

$\overline{MR}_i < MR_i < 1(+3d_3/d_2)\overline{MR}_i$ ,  $D_3 < MR_i/\overline{MR}_i < D_4$ 이며  $n = 2$ 일 경우 계수표를 찾아 대입하면  $I-MR$ 관리한계는  $-2.66 < (I_i - T_\ell)/\overline{MR}_i < +2.66$   $0 < MR_i/\overline{MR}_i < 3.27$ 이 된다.  $I-MR$  SSCC 관리용 관리한계는  $-3 < (I_i - \mu_o)/\sigma_o < 3$ ,  $D_1 < MR_i/\sigma_o < D_2$ 로  $n$ 이 2일 경우 계수표를 찾으면  $0 < MR_i/\sigma_o < 3.86$ 이다.

#### 4.2 극소량 단기간 합격판정 관리도

소비자 관점에서의 Shewhart SACC 관리용 관리한계는  $(I_i - USL)/\sigma_o < -Z_{RPL} - Z_\beta$ ,  $(I_i - LSL)/\sigma_o > Z_{RPL} + Z_\beta$ 이고 생산자 관점에서의 MA SACC 관리용 관리한계는  $(I_i - USL)/\sigma_o < (Z_\alpha - Z_{APL})/\sqrt{w}$ ,  $(I_i - LSL)/\sigma_o > (Z_{APL} - Z_\alpha)/\sqrt{w}$ 이다. 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 EWMA SACC 관리용 관리한계는  $(I_i - USL)/\sigma_o < -k(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ ,  $(I_i - LSL)/\sigma_o > k(\lambda/(2-\lambda))^{1/2}$ 이다.

### 5. 단기간 PCI 및 PPI의 개발

#### 5.1 장기간 PCI와 PPI

장기간 SPC에서 해석용 관리도가 우연원인의 정상으로 판정될 경우 군내 표준편차만을 고려한 PCI(Process Capability Index)를 사용하고 이상원인으로 판정된 경우 군내(Within) 표준편차와 군간(Between) 표준편차로 합성된 종합(Total) 표준편차로 계산된 PPI(Process Performance Index)를 활용한다. 관리도가 산포정밀도를 관리하는 도구라면 히스토그램은 치우침의 정확도를 시각적으로 파악하는 방법으로 PCI, PPI는 각각 치우침이 없는 경우, 치우침이 있는 경우의 네 가지 지수로 구분된다.

$C_p = (USL - LSL)/6\sigma_w$ 는 관리도가 정상인 경우 군내 표준편차, 히스토그램에서 치우침이 없는 경우의 PCI이고  $C_{pk} = (1 - k)C_p$ (단,  $k = |(\mu - T)/허용차|$ ,  $T$ : 목표기준 공칭치수)는 관리도가 정상인 경우 군내표준편차, 히스토그램에서 치우침이 있는 경우의 PCI이다.

관리도가 이상으로 판정된 경우  $C_p$ ,  $C_{pk}$ 의  $\sigma_w$ 를 전체 표준편차  $\sigma_T$ 로 계산하면 PPI의  $P_p$ ,  $P_{pk}$ 가 된다.

대칭인 양쪽 스펙규격의  $C_{pk}$ 는 분자에 위치한 치우침의 정확도와 분모의 표준편차의 정밀도가 상쇄되어 공정능력 평가에 어려움을 줄 수 있다. 이에 대한 대응

책으로 정확도와 정밀도를 모두 분모에 위치하는  $C_{pm} = (USL - LSL)/6(\sigma^2 + (\mu - T)^2)^{1/2}$ 을 사용한다. 본 연구에서도 3가지 수요패턴에 대해 장기간  $C_{pm} = \min(USL - T, T - LST)/3(\sigma^2 + (\mu - T)^2)^{1/2}$ 을 응용하여 단기간 PCI와 PPI를 개발한다.

### 5.2 단기간 PCI 와 PPI

#### 5.2.1 다품종 반복 소량 단기간 PCI 와 PPI

<표1>에서 관리도가 정상인 경우 군내 표준편차  $\sigma_w = \overline{R}_\ell/d_2$  또는  $\sigma_w = \overline{s}_\ell/c_4$ 로 추정하여  $d_2$ ,  $c_4$ 는 Subgroup Size  $n$ 에 의해 계수를 구한다. 관리도가 이상원인으로 판정된 경우 동일 Job으로 클러스터링된 데이터의 전체 표준편차  $s_T$ 를 계산한 후  $\sigma_T = s_o/c_4$ 로 추정하며  $c_4$ 는 전체 데이터의 수에 의해 계수를 구한다.

$C_{pml} = \min(USL_\ell - T_\ell, T_\ell - LSL)/3(\sigma^2 + n(\overline{o}_\ell - T_\ell)^2/(n-1))^{1/2}$ 에서  $\sigma^2$  대신  $\sigma_w^2$ 와  $\sigma_T^2$ 를 대입하면 클러스터링된 집단별 PCI와 PPI가 나온다. 클러스터링된 개수가  $t$ 개이고  $n$ 이 동일하므로  $\overline{C}_{pml} = \Sigma C_{pml}/t$ 로 계산된다.

#### 5.2.2 극다품종 비반복 소량 단기간 PCI와 PPI

클러스터링된 Job들이 없고 비반복 소량주문으로 Subgroup Size는 Job마다  $n_\ell$ 로 다르다.  $\sigma_w = R_\ell/d_2$  또는  $\sigma_w = s_\ell/c_4$ 로 계산되며  $d_2$ ,  $c_4$ 는 Job별  $n_\ell$ 에 의해 계수를 구한다. 전체 표준편차  $S_T$ 를 계산한 후  $c_4$ 로 나누어  $\sigma_T$ 를 계산하는데  $c_4$ 는 전체 데이터 개수에 의해 계수를 구한다.

$C_{pml} = \min(USL_\ell - T_\ell, T_\ell - LSL_\ell)/3(\sigma^2 + n_\ell(\overline{o}_\ell - T_\ell)^2/(n_\ell - 1))^{1/2}$ 에서  $\sigma^2$  대신  $\sigma_w^2$ 와  $\sigma_T^2$ 를 대입하면 Job별 PCI와 PPI가 나오며 평균  $\overline{C}_{pml} = \Sigma n_\ell C_{pml} / \Sigma n_\ell$ 로 계산된다.

### 5.3 다품종 극소량 단기간 PCI와 PPI

<표3>에서 동일한 Job으로 층별된 클러스터에 대해  $\sigma_w = \overline{MR}_\ell/d_2 = \overline{MR}_\ell/d_4$  또는 MSSD(Mean of the Squared Successive Difference)로 측정하며  $d_2$ ,  $d_4$ 는  $n = 2$ 에 의하여 구하는 계수이다. 클러스터링된 전체 표준편차  $s_T$ 를 계산한 후 전체 데이터 개수를 고려한 계수  $c_4$ 로 나누어  $\sigma_T$ 를 구한다.

$C_{pml} = \min(USL_\ell - T_\ell, T_\ell - LSL_\ell)/3(\sigma^2 + (\overline{I}_\ell - T_\ell$

)<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>에서  $\sigma^2$  대신  $\sigma_w^2$  와  $\sigma_T^2$ 를 대입하면 클러스터링 된 집단별 PCI와 PPI가 나온다. 클러스터링된 개수가  $t$ 개 이므로  $\overline{C_{pml}} = \Sigma C_{pml} / t$ 로 계산된다.

### 6. 적용 예

다품종 반복 소량 수요패턴의 생산계획에 의한 에서 첫번째 Job의 치수 스펙은  $10 \pm 1$ 이고 Subgroup Number는 2, Subgroup Size는 5로

$\overline{o_1} = 9.8, \overline{o_2} = 9.7, R_1 = 0.4, R_2 = 0.2$ 이다. 두번째 Job의 치수 스펙은  $5 \pm 0.5$ 이고 Subgroup Number는 2, Subgroup Size는 5로 반복 소량의 수요패턴을 가지며  $\overline{o_1} = 5.1, \overline{o_2} = 4.8, R_1 = 0.2, R_2 = 0.1$ 이다. 첫번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계는

$-A_2 < (\overline{o_i} - T_i) / \overline{R_i} < +A_2$ 에서 첫번째 Subgroup Number  $(\overline{o_1} - T_1) / \overline{R_1} = (9.8 - 10) / ((0.4 + 0.2) / 2) = \pm 0.677$ 로  $\pm A_2 = \pm 0.577$  관리한계를 벗어나고,

두번째 Subgroup Number  $(\overline{o_2} - T_2) / \overline{R_2} = (9.7 - 10) / 0.3 = -1$ 로 관리한계를 이탈하게 된다. R SSSC 해석용 관리한계는

$D_3 < R_i / \overline{R_i} < D_4$ 에서 첫 번째 Subgroup Number  $R_i / \overline{R_i} = 0.5 / 0.3 = 1.67$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 2.114$  관리한계내에 위치하고 두번째 Subgroup Number  $R_2 / \overline{R_2} = 0.3 / 0.3 = 1$ 로 관리한계내에 위치한다. 두번째 Job의  $\bar{x} - R$  SSSC 해석용 관리도도 마찬가지로 방법으로 구할 수 있으며 관리한계는 반복 소량의 수요패턴으로 Subgroup Size를 같이 취할 수 있어 Job별로 일직선의 동일한 관리한계를 갖는 특성을 지니고 있다. 다품종 반복 소량 단기간 PCI  $C_{pml} = \min(USL_i - T_i, T_i - LSL_i) / 3((\overline{R_i} / d_2)^2 + 3(\overline{o_i} - T_i)^2 / (n - 1))^{1/2}$ 에서 첫번째 Job  $C_{pml} = \min(11 - 10, 10 - 9) / 3((0.3 / 2.326)^2 + 5(9.75 - 10)^2 / (5 - 1))^{1/2} = 1.083$ 이고 두번째 Job의  $C_{pml} = (5.5 - 5, 5 - 4.5) / 3((0.15 / 2.326)^2 + 5(4.95 - 5)^2 / (5 - 1))^{1/2} = 1.952$ 이며 평균  $\overline{C_{pml}} = (1.083 + 1.952) / 2 = 1.5175$ 이다.

극다품종 비반복 소량 수요패턴의 생산계획에서 Job 별로 Subgroup Number는 1개이고 Subgroup Size도 달라진다. 첫번째 Job의 적정 경도 스펙은  $20 \pm 1$ 이고 Subgroup Number  $n_i = 3$ 이고  $\overline{o_1} = 21, R_1 = 2$ 이다.

두 번째 Job의 적정 신물 스펙은  $30 \pm 2$ 이고, Subgroup Size  $n_i = 2$ 이고  $\overline{o_2} = 29, R_2 = 3$ 이다. 첫번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계는

$-A_2 < \overline{o_1} - T_1 / R_1 < +A_2$ 에서,  $(\overline{o_1} - T_1) / R_1 = (21 - 20) / 2 = 0.5$  로  $\pm A_2 = 1.023$ 의 관리한계를 이탈하며 R SSSC 해석용 관리한계는  $D_3 < R_1 / R_1 < D_4$ 에서  $R_1 / R_1 = R_1 / (d_2 \text{공차} / 6) = 2 / (1.693 \times 2 / 6) = 3.54$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 2.575$ 의 관리한계를 이탈한다. 두번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계에서  $(\overline{o_2} - T_2) / R_2 = (29 - 30) / 3 = -0.333$ 으로  $\pm A_2 = 1.880$ 의 관리한계내에 위치하며 R SSSC 해석용 관리한계에서  $R_2 / R_1 = R_2 / (d_2 \cdot \text{공차} / 6) = 3 / (1.128 \times 4 / 6) = 3.99$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 3.267$ 의 관리한계를 이탈한다. 이 관리도의 특징은 첫번째 Job과 두번째 Job의 비반복성으로 인해 관리한계가 계단형의 형태를 지닌다. 극품종 비반복 소량 단기간 PCI  $C_{pml} = \min(USL_i - T_i, T_i - LSL_i) / 3((R_i / d_2)^2 + n_i(\overline{o_i} - T_i)^2 / (n_i - 1))^{1/2}$ 에서 첫번째 Job의  $C_{pml} = (21 - 20, 20 - 19) / 3((2 / 1.693)^2 + 3(21 - 20)^2 / (3 - 1))^{1/2} = 0.196$ 이고 두번째 Job의  $C_{pml} = (32 - 30, 30 - 28) / 3((3 / 1.128)^2 + 2(29 - 30)^2 / (2 - 1))^{1/2} = 0.221$ 이며 평균  $\overline{C_{pml}} = (3 \times 0.196 + 2 \times 0.221) / 5 = 0.206$ 이다.

다품종 극소량 수요패턴의 생산계획에 의한 단기간 관리한계는 다품종 반복 소량 수요패턴에서 Subgroup Size가 1개적인 경우로 I-MR SSSC 해석용 관리한계는  $-2.66 < (I_i - T_i) / \overline{MR_i} < +2.66,$

$0 < MR_i / \overline{MR_i} < 3.27$ 이 된다. 첫번째 Job의 적정 인장강도 스펙이  $100 \pm 1$ 이고 Subgroup Number는 3,  $I_1 = 99, I_2 = 98, I_3 = 101, MR_1 = 1, MR_2 = 3$ 이고, 두번째 Job의 압축강도 스펙은  $150 \pm 2$ 이고, Subgroup Number는 4,  $I_1 = 151, I_2 = 149, I_3 = 152, I_4 = 151, MR_1 = 2, MR_2 = 3, MR_3 = 1$ 이다.

첫번째 Job의 3개의 Subgroup에 대한 I SSSC 해석용 관리한계의  $(I_i - T_i) / \overline{MR_i}$ 에서  $(99 - 100) / 2 = -0.5, (98 - 100) / 2 = -1, (101 - 100) / 2 = 0.5$ 로  $\pm 2.66$ 의 관리한계내에 위치하며 R SSSC 해석용 관리한계의  $MR_i / \overline{MR_i}$ 에서  $1 / 2 = 0.5, 3 / 2 = 1.5$ 로 관리한계  $0 \sim 3.27$ 내에 위치한다. 두번째 Job의 I-MR SSSC 해석용 관리한계도 마찬가지로 방법으로 구할 수 있다. 다

두 번째 Job의 적정 신물 스펙은  $30 \pm 2$ 이고, Subgroup Size  $n_i = 2$ 이고  $\overline{o_2} = 29, R_2 = 3$ 이다. 첫번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계는  $-A_2 < \overline{o_1} - T_1 / R_1 < +A_2$ 에서,  $(\overline{o_1} - T_1) / R_1 = (21 - 20) / 2 = 0.5$  로  $\pm A_2 = 1.023$ 의 관리한계를 이탈하며 R SSSC 해석용 관리한계는  $D_3 < R_1 / R_1 < D_4$ 에서  $R_1 / R_1 = R_1 / (d_2 \text{공차} / 6) = 2 / (1.693 \times 2 / 6) = 3.54$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 2.575$ 의 관리한계를 이탈한다. 두번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계에서  $(\overline{o_2} - T_2) / R_2 = (29 - 30) / 3 = -0.333$ 으로  $\pm A_2 = 1.880$ 의 관리한계내에 위치하며 R SSSC 해석용 관리한계에서  $R_2 / R_1 = R_2 / (d_2 \cdot \text{공차} / 6) = 3 / (1.128 \times 4 / 6) = 3.99$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 3.267$ 의 관리한계를 이탈한다. 이 관리도의 특징은 첫번째 Job과 두번째 Job의 비반복성으로 인해 관리한계가 계단형의 형태를 지닌다. 극품종 비반복 소량 단기간 PCI  $C_{pml} = \min(USL_i - T_i, T_i - LSL_i) / 3((R_i / d_2)^2 + n_i(\overline{o_i} - T_i)^2 / (n_i - 1))^{1/2}$ 에서 첫번째 Job의  $C_{pml} = (21 - 20, 20 - 19) / 3((2 / 1.693)^2 + 3(21 - 20)^2 / (3 - 1))^{1/2} = 0.196$ 이고 두번째 Job의  $C_{pml} = (32 - 30, 30 - 28) / 3((3 / 1.128)^2 + 2(29 - 30)^2 / (2 - 1))^{1/2} = 0.221$ 이며 평균  $\overline{C_{pml}} = (3 \times 0.196 + 2 \times 0.221) / 5 = 0.206$ 이다.

다품종 극소량 수요패턴의 생산계획에 의한 단기간 관리한계는 다품종 반복 소량 수요패턴에서 Subgroup Size가 1개적인 경우로 I-MR SSSC 해석용 관리한계는  $-2.66 < (I_i - T_i) / \overline{MR_i} < +2.66,$

$0 < MR_i / \overline{MR_i} < 3.27$ 이 된다. 첫번째 Job의 적정 인장강도 스펙이  $100 \pm 1$ 이고 Subgroup Number는 3,  $I_1 = 99, I_2 = 98, I_3 = 101, MR_1 = 1, MR_2 = 3$ 이고, 두번째 Job의 압축강도 스펙은  $150 \pm 2$ 이고, Subgroup Number는 4,  $I_1 = 151, I_2 = 149, I_3 = 152, I_4 = 151, MR_1 = 2, MR_2 = 3, MR_3 = 1$ 이다.

첫번째 Job의 3개의 Subgroup에 대한 I SSSC 해석용 관리한계의  $(I_i - T_i) / \overline{MR_i}$ 에서  $(99 - 100) / 2 = -0.5, (98 - 100) / 2 = -1, (101 - 100) / 2 = 0.5$ 로  $\pm 2.66$ 의 관리한계내에 위치하며 R SSSC 해석용 관리한계의  $MR_i / \overline{MR_i}$ 에서  $1 / 2 = 0.5, 3 / 2 = 1.5$ 로 관리한계  $0 \sim 3.27$ 내에 위치한다. 두번째 Job의 I-MR SSSC 해석용 관리한계도 마찬가지로 방법으로 구할 수 있다. 다

두 번째 Job의 적정 신물 스펙은  $30 \pm 2$ 이고, Subgroup Size  $n_i = 2$ 이고  $\overline{o_2} = 29, R_2 = 3$ 이다. 첫번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계는  $-A_2 < \overline{o_1} - T_1 / R_1 < +A_2$ 에서,  $(\overline{o_1} - T_1) / R_1 = (21 - 20) / 2 = 0.5$  로  $\pm A_2 = 1.023$ 의 관리한계를 이탈하며 R SSSC 해석용 관리한계는  $D_3 < R_1 / R_1 < D_4$ 에서  $R_1 / R_1 = R_1 / (d_2 \text{공차} / 6) = 2 / (1.693 \times 2 / 6) = 3.54$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 2.575$ 의 관리한계를 이탈한다. 두번째 Job의  $\bar{x}$  SSSC 해석용 관리한계에서  $(\overline{o_2} - T_2) / R_2 = (29 - 30) / 3 = -0.333$ 으로  $\pm A_2 = 1.880$ 의 관리한계내에 위치하며 R SSSC 해석용 관리한계에서  $R_2 / R_1 = R_2 / (d_2 \cdot \text{공차} / 6) = 3 / (1.128 \times 4 / 6) = 3.99$ 로  $D_3 = 0, D_4 = 3.267$ 의 관리한계를 이탈한다. 이 관리도의 특징은 첫번째 Job과 두번째 Job의 비반복성으로 인해 관리한계가 계단형의 형태를 지닌다. 극품종 비반복 소량 단기간 PCI  $C_{pml} = \min(USL_i - T_i, T_i - LSL_i) / 3((R_i / d_2)^2 + n_i(\overline{o_i} - T_i)^2 / (n_i - 1))^{1/2}$ 에서 첫번째 Job의  $C_{pml} = (21 - 20, 20 - 19) / 3((2 / 1.693)^2 + 3(21 - 20)^2 / (3 - 1))^{1/2} = 0.196$ 이고 두번째 Job의  $C_{pml} = (32 - 30, 30 - 28) / 3((3 / 1.128)^2 + 2(29 - 30)^2 / (2 - 1))^{1/2} = 0.221$ 이며 평균  $\overline{C_{pml}} = (3 \times 0.196 + 2 \times 0.221) / 5 = 0.206$ 이다.

다품종 극소량 수요패턴의 생산계획에 의한 단기간 관리한계는 다품종 반복 소량 수요패턴에서 Subgroup Size가 1개적인 경우로 I-MR SSSC 해석용 관리한계는  $-2.66 < (I_i - T_i) / \overline{MR_i} < +2.66,$

$0 < MR_i / \overline{MR_i} < 3.27$ 이 된다. 첫번째 Job의 적정 인장강도 스펙이  $100 \pm 1$ 이고 Subgroup Number는 3,  $I_1 = 99, I_2 = 98, I_3 = 101, MR_1 = 1, MR_2 = 3$ 이고, 두번째 Job의 압축강도 스펙은  $150 \pm 2$ 이고, Subgroup Number는 4,  $I_1 = 151, I_2 = 149, I_3 = 152, I_4 = 151, MR_1 = 2, MR_2 = 3, MR_3 = 1$ 이다.



품종 극소량 단기간 PCI  $C_{pml} = \min(USL_l - T_l, T_l - LSL_l) / 3((\overline{MR}_l/d_2)^2 + (\bar{I}_l - T_l)^2)^{1/2}$ 에서 첫번째 Job의  $C_{pml} = \min(101 - 100, 100 - 99) / 3((2/1.128)^2 + (99.33 - 100)^2)^{1/2} = 0.176$ 이고,  $C_{pml} = \min(152 - 150, 150 - 148) / 3((2/1.128)^2 + (150.75 - 150)^2)^{1/2} = 0.346$ 이며 평균  $\overline{C_{pml}} = (0.176 + 0.346) / 2 = 0.261$ 이다.

### 7. 결론

본 연구에서는 수요량과 다양성에 따른 수요패턴을 유형화하고 이 수요패턴에 따른 생산계획에서 사용할 수 있는 이 단기간 표준화 관리도와 단기간 합격판정 관리도를 개발하였다. 고려된 다품종 반복수량 수요패턴은 여러 종류의 품종이 존재하나 동일 Job을 클러스터링할 수 있을 정도의 납기여유가 있는 경우이고, 극품종 비반복 소량 수요패턴은 품종이 서로 다른 극다품종이고 납기여유가 없어 소량의 수요량이 Run별로 비반복되는 경우이며 다품종 극소량 수요패턴은 품종은 다양하나 수요량은 1개의 극소량인 경우이다.

단기간 표준화 관리도는 수요패턴에 따라 군구분의 크기가 고려된  $\bar{x} - R, \bar{x} - s, I - MR$  장기간 관리도를 응용하여 개발하였기 때문에 실무에서 사용이 용이하다는 장점이 있다. 또한 개발된 합격판정 관리도는 검사의 스펙규격한계와 관리도의 관리한계를 연계하여 효율적으로 판정하는 장점을 지니고 있다.

데이터의 신뢰성은 Shewhart, MA, EWMA 가중체계에 따라 선택될 수 있으며 개선 프로세스에서 현상 파악의 해석용 관리도, 사후관리 단계의 관리용 관리도를 용도에 따라 사용할 수 있다.

3가지 수요패턴 유형에 따라 제시된 PCI는 관리도가 정상이며 치우침이 없는 경우 적용되며 PPI는 관리도가 이상이며 치우침이 있는 경우 사용된다.

### 8. 참고 문헌

[1] 최성운, “ 안전 및 환경성능 평가를 위한 관리도에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, 6(4)(2004): 195-213.  
 [2] 최성운, “ 정확도와 정밀도 오차에 의한 PCI, PPI 및 Z시그마 수준의 유형화 ”, 대한안전경영과학회지, 12(2)(2009): 31-40.  
 [3] 최성운, “ 프로세스의 독립성, 데이터 가중치 체계, 부분군 형성과 관리도 용도에 따른 합격판정관리도의 설계 ”, 대한안전경영과학회지, 12(3)(2009):257-262.

[4] Bothe D.R., " A Powerful New Control Chart ", ASQ 43rd Annual Quality Congress Transactions, (1986): 265-270.  
 [5] Bothe D.R., "A Debate on One Approach to Short-Run Control Charts", Quality Progress , 32(2)(1999): 86-88.  
 [6] Hillier F.S. , "  $\bar{x}$  and R Chart Control Limits Based on a Small Number of Subgroups ", Journal of Quality Technology, 1(1969): 17-25.  
 [7] Lin S.Y., Lai Y.J., Chang S.I., " Short-Run Statistical Process Control: Multicriteria Part Family Formation", Quality and Reliability Engineering International, 13(1997) : 9-24.  
 [8] Montgomery D.C., Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, Wiley, 2008.  
 [9] Pyzdek T., " Process Control for Short Runs ", Quality Progress, 26(4)(1993): 51-60.  
 [10] Spiring F., " A Process Capability/Customer Satisfaction Approach to Short-Run Processes ", Quality and Reliability Engineering International, 24(2008): 467-483.  
 [11] Quesenberry C.P., " SPC Q Charts for Start-Up Processes and Short or Long Runs ", Journal of Quality Technology, 23(3)(1991): 213-224.  
 [12] Zhu Y.D., Wong Y.S., Lee K.S., " Framework of a Computer - Aided Short-Run SPC Planning System", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 34(2007): 362-377.

### 저 자 소개

#### 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 장치 산업에서의 품질관리이며, 통신, 정보시스템의 보안, 신뢰성 설계 및 분석, 서비스 사이언스, RFID시스템, Wavelet에도 관심을 가지고 있음.

주소: 경기도 성남시 수정구 북정동 산65번지 경원대학교 산업공학과