



버전 16

품질 및 공정 방법

“진정 무엇인가를 발견하는 여행은 새로운 풍경을 바라보는
것이 아니라 새로운 눈을 가지는 데 있다.”

Marcel Proust

JMP, A Business Unit of SAS
SAS Campus Drive
Cary, NC 27513

16.1

The correct bibliographic citation for this manual is as follows: SAS Institute Inc. 2020–2021. JMP® 16 품질 및 공정 방법. Cary, NC: SAS Institute Inc.

JMP® 16 품질 및 공정 방법

Copyright © 2020–2021, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

All rights reserved. Produced in the United States of America.

U.S. Government License Rights; Restricted Rights: The Software and its documentation is commercial computer software developed at private expense and is provided with RESTRICTED RIGHTS to the United States Government. Use, duplication or disclosure of the Software by the United States Government is subject to the license terms of this Agreement pursuant to, as applicable, FAR 12.212, DFAR 227.7202-1(a), DFAR 227.7202-3(a) and DFAR 227.7202-4 and, to the extent required under U.S. federal law, the minimum restricted rights as set out in FAR 52.227-19 (DEC 2007). If FAR 52.227-19 is applicable, this provision serves as notice under clause (c) thereof and no other notice is required to be affixed to the Software or documentation. The Government's rights in Software and documentation shall be only those set forth in this Agreement.

SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513-2414.

2021년 3월

2021년 8월

SAS® and all other SAS Institute Inc. product or service names are registered trademarks or trademarks of SAS Institute Inc. in the USA and other countries. ® indicates USA registration.

Other brand and product names are trademarks of their respective companies.

SAS software may be provided with certain third-party software, including but not limited to open-source software, which is licensed under its applicable third-party software license agreement. For license information about third-party software distributed with SAS software, refer to <http://support.sas.com/thirdpartylicenses>.

JMP 활용하기

JMP를 처음 사용하든 오랫동안 사용해왔든, JMP와 관련해서 배워야 하는 것은 언제나 있습니다.

JMP.com을 방문하면 다음과 같은 유용한 자료를 볼 수 있습니다.

- JMP 시작 방법에 대한 라이브 및 녹화 웹 캐스트
- 새로운 기능과 고급 기법에 대한 비디오 데모 및 웹 캐스트
- JMP 교육 과정 등록에 대한 상세 정보
- 현지에서 개최되는 세미나 일정
- 다른 사용자들이 JMP를 사용하는 방법을 보여주는 성공 사례
- JMP 사용자 커뮤니티, 추가 기능 및 스크립트 예를 포함한 사용자용 리소스, 포럼, 블로그, 컨퍼런스 정보 등

<https://www.jmp.com/getstarted>

목차

품질 및 공정 방법

1	JMP 알아보기	13
	설명서 및 추가 리소스	
	JMP 설명서에 사용되는 서식 규칙	15
	JMP 도움말	16
	JMP 설명서 라이브러리	16
	JMP 학습을 위한 추가 리소스	22
	JMP 자습서	22
	샘플 데이터 테이블	22
	통계 및 JSL 용어에 대해 알아보기	23
	JMP 팁 및 힌트 알아보기	23
	JMP 툴팁	23
	JMP 사용자 커뮤니티	23
	무료 온라인 Statistical Thinking 교육 과정	24
	JMP 새로운 사용자를 위한 입문 키트	24
	Statistics Knowledge 포털	24
	JMP 교육 과정	24
	사용자가 작성한 JMP 설명서	24
	JMP 시작하기 창	24
	JMP 기술 지원	25
2	품질 및 공정 방법 소개	27
	공정 및 제품 개선을 위한 도구	
3	관리도 빌더	29
	대화식으로 관리도 생성	
	관리도 빌더 개요	32
	관리도 빌더의 예	32
	관리도 유형	34
	Shewhart 계량형 관리도	34
	Shewhart 계수형 관리도	35
	회귀 사건 관리도	36
	관리도 유형	37
	관리도 빌더 시작	39

관리도 빌더 대화식 작업 영역	40
특정 관리도의 시작 창	42
관리도 빌더 창	43
관리도 빌더 옵션	45
관리도 빌더의 빨간색 삼각형 메뉴 옵션	45
옵션 패널 및 마우스 오른쪽 버튼 클릭 차트 옵션	48
관리도 빌더의 마우스 오른쪽 버튼 클릭 축 옵션	57
관리 한계 작업	58
관리 한계의 예	58
관리도 빌더에서 제외 및 숨겨진 표본	66
관리도 빌더의 추가 예	67
개별 측정값 및 이동 범위 차트 예제	67
Xbar-R 차트 단계 예제	69
부분군 크기가 다른 Xbar-S 차트 예제	72
런 차트 예제	74
P 차트 예제	75
NP 차트 예제	76
C 차트 예제	78
U 차트 예제	79
G 차트 예제	80
T 차트 예제	81
삼원 관리도 예제	83
여러 관리도의 예	85
관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보	85
Xbar-R 차트에 대한 관리 한계	86
Xbar-S 차트에 대한 관리 한계	87
개별 측정값 및 이동 범위 차트에 대한 관리 한계	87
P 및 NP 차트에 대한 관리 한계	89
U 차트 및 C 차트에 대한 관리 한계	89
Levey-Jennings 차트	90
G 차트에 대한 관리 한계	90
T 차트에 대한 관리 한계	91
삼원 관리도에 대한 시그마 계산	92
4 측정 시스템 분석	95
EMP 방법을 사용하여 연속형 측정 공정 평가	
측정 시스템 분석 개요	97
측정 시스템 분석의 예	97
측정 시스템 분석 플랫폼 시작	100
데이터 형식	101

측정 시스템 분석 플랫폼 옵션	102
평균 차트	103
범위 차트 또는 S 관리도	104
EMP 결과	104
유효 해상도	106
변화 감지 프로파일러	106
편향 비교	111
검사 - 재검사 오차 비교	111
측정 시스템 분석의 추가 예	112
측정 시스템 분석에 대한 통계 상세 정보	118
급내 상관 및 확률 오차 계산	118

5 계량형 게이지 차트 121

게이지 R&R 을 사용하여 연속형 측정 공정 평가

계량형 차트 개요	123
계량형 차트의 예	124
계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작	125
데이터 형식	126
계량형 게이지 차트	126
계량형 게이지 플랫폼 옵션	128
이분산성 검정	130
분산 성분	130
게이지 R&R 방법 정보	132
게이지 R&R 옵션	133
판별비	135
오분류 확률	135
편향 보고서	136
선형성 연구	136
계량형 차트의 추가 예	137
이분산성 검정의 예	137
편향 보고서 옵션의 예	139
계량형 차트에 대한 통계 상세 정보	142
분산 성분에 대한 통계 상세 정보	142
판별비에 대한 통계 상세 정보	143
오분류 확률에 대한 통계 상세 정보	144

6 계수형 게이지 차트 145

합치도 측도를 사용하여 범주형 측정 공정 평가

계수형 게이지 차트 개요	147
계수형 게이지 차트의 예	147

계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작	149
계수형 게이지 차트 및 보고서	150
합치도 보고서	151
유효성 보고서	152
계수형 게이지 플랫폼 옵션	153
계수형 게이지 차트에 대한 통계 상세 정보	154
합치도 보고서에 대한 통계 상세 정보	155

7 공정 능력

시간 경과에 따른 공정의 변동성 측정

공정 능력 플랫폼 개요	161
정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예	163
비정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예	165
공정 능력 플랫폼 시작	171
공정 선택	172
공정 부분군 지정	172
이동 범위 옵션	173
과거 정보	173
분포 옵션	174
기타 규격	175
규격 한계 입력	175
규격 한계 창	175
한계 데이터 테이블	176
규격 한계 열 특성	177
공정 능력 보고서	178
목표 그림	179
공정 능력 상자 그림	181
공정 능력 지수 그림	183
공정 능력 플랫폼 옵션	185
개별 상세 정보 보고서	188
정규화된 상자 그림	194
공정 성능 그림	195
요약 보고서	196
목표 그림 요약 테이블 생성	198
공정 능력 플랫폼의 추가 예	199
안정적인 공정에 대한 공정 능력	199
불안정한 공정에 대한 공정 능력	202
비정규 공정 P_{pk} 에 대한 신뢰 한계 시뮬레이션	206
공정 능력 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	213
변동 통계량	213

목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기	216
목표 그림	217
목표값이 결측인 공정에 대한 공정 능력 상자 그림	218
정규 분포에 대한 공정 능력 지수	219
비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법	224
분포의 파라미터화	225
8 CUSUM 관리도	229
결정 한계가 포함된 테이블 형식 CUSUM 관리도 생성	
CUSUM 관리도 플랫폼 개요	231
CUSUM 관리도의 예	231
CUSUM 관리도 플랫폼 시작	233
CUSUM 관리도 플랫폼 보고서	234
CUSUM 관리도의 제어판	234
CUSUM 차트	235
CUSUM 관리도 플랫폼 옵션	236
평균 런 길이 (ARL) 보고서	238
CUSUM 관리도의 추가 예	239
CUSUM 관리도의 데이터 단위 옵션 예	239
부분군이 있는 CUSUM 차트의 예	240
CUSUM 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	241
CUSUM 관리도 생성에 대한 통계 상세 정보	241
변화 감지에 대한 통계 상세 정보	242
평균 런 길이에 대한 통계 상세 정보	242
9 EWMA 관리도	245
지수 가중 관리도 생성	
EWMA 관리도 플랫폼 개요	247
EWMA 관리도 플랫폼의 예	247
EWMA 관리도 플랫폼 시작	249
EWMA 관리도 플랫폼 보고서	250
EWMA 관리도의 제어판	250
EWMA 차트 보고서	251
EWMA 관리도 플랫폼 옵션	252
EWMA 관리도의 평균 런 길이 (ARL) 보고서	255
EWMA 관리도 플랫폼의 추가 예	256
EWMA 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	259
10 다변량 관리도	263
여러 공정 특성 동시 모니터링	
다변량 관리도 개요	265

다변량 관리도의 예	265
다변량 관리도 플랫폼 시작	268
다변량 관리도	269
다변량 관리도 플랫폼 옵션	270
분할된 T 제공	271
변화 지점 감지	271
주성분	272
다변량 관리도의 추가 예	273
부분군으로 묶은 데이터를 사용한 공정 모니터링의 예	273
분할된 T 제공의 예	276
변화 지점 감지의 예	278
다변량 관리도에 대한 통계 상세 정보	280
개별 관측값에 대한 통계 상세 정보	280
합리적 부분군의 관측값에 대한 통계 상세 정보	281
변화 지점 감지에 대한 통계 상세 정보	284
11 모형 기반 다변량 관리도	287
복합 공정 모니터링 및 진단	
모형 기반 다변량 관리도 개요	289
모형 기반 다변량 관리도의 예	289
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 시작	292
데이터 형식	292
모형 기반 다변량 관리도 보고서	293
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 옵션	294
그림 옵션	295
스코어 그림	296
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼의 추가 예	297
과거 데이터를 사용하는 MDMVCC의 예	297
PLS 모형을 사용하는 MDMVCC의 예	298
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	299
모니터링 통계량	299
한계	301
기여도	303
스코어 그림 그룹 비교	306
스코어 그림 적재	306
12 레거시 관리도	307
계량형 및 계수형 관리도 생성	
레거시 관리도의 예	309
레거시 관리도 유형	310

계량형 관리도	310
계수형 관리도	313
레거시 관리도 플랫폼 시작	314
공정 정보	315
한계 규격	317
지정된 통계량	317
레거시 관리도 보고서	318
V- 마스크 CUSUM 차트 보고서	320
양측 V-마스크 CUSUM 차트 해석	320
단측 CUSUM 차트 해석	322
레거시 관리도 플랫폼 옵션	322
레거시 관리도에 대한 창 옵션	322
레거시 관리도에 대한 차트 옵션	325
V- 마스크 CUSUM 관리도에 대한 차트 옵션	327
한계 저장 및 검색	328
제외, 삭제 및 숨겨진 표본	331
관리도 플랫폼의 추가 예	333
사전 집계 차트 예제	333
V- 마스크 CUSUM 차트 예제	335
단측 CUSUM 차트 예제	337
UWMA 차트 예제	338
관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	339
중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계	339
공정 능력 분석에 대한 통계 상세 정보	339
V- 마스크 CUSUM 관리도에 대한 통계 상세 정보	345
가중 이동 평균 차트에 대한 통계 상세 정보	348
13 파레토도	349
근본 원인을 개선하기 위한 노력에 집중	
파레토도 플랫폼 개요	351
파레토도 플랫폼의 예	351
파레토도 플랫폼 시작	354
파레토도 보고서	355
파레토도 플랫폼 옵션	356
원인 옵션	357
파레토도 플랫폼의 추가 예	358
결합 원인의 임계 예제	358
그룹 전체에서 상수 크기 사용 예제	360
그룹 전체에서 상수가 아닌 표본 크기 사용 예제	361
일원 비교 파레토도 예제	363

이원 비교 파레토도 예제	364
파레토도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	366
가능도비 카이제곱 검정	366
14 특성 요인도	367
근본 원인 식별	
특성 요인도 개요	369
특성 요인도의 예	369
데이터 준비	370
다이어그램 플랫폼 시작	370
특성 요인도	371
마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴	371
특성 요인도 메뉴 옵션	374
다이어그램 저장	374
다이어그램을 데이터 테이블로 저장	374
다이어그램을 저널로 저장	375
다이어그램을 스크립트로 저장	375
15 품질 유틸리티	377
규격 한계 관리 및 OC 곡선 생성	
규격 한계 관리 유틸리티	379
규격 한계 관리 유틸리티의 예	379
규격 한계 관리 옵션	382
검사 특성 곡선 유틸리티	383
OC 곡선 유틸리티 시작	383
관리도에 대한 OC 곡선 옵션	383
합격 표집에 대한 OC 곡선 옵션	384
A 참조 자료	385
B 기술 라이선스 고지 사항	389

1 장

JMP 알아보기 설명서 및 추가 리소스

설명서 서식 규칙, 각 JMP 문서에 대한 설명, 도움말 시스템, 기타 지원 제공 위치 등 JMP 설명서에 대해 알아봅니다.

목차

JMP 설명서에 사용되는 서식 규칙	15
JMP 도움말	16
JMP 설명서 라이브러리	16
JMP 학습을 위한 추가 리소스	22
JMP 자습서	22
샘플 데이터 테이블	22
통계 및 JSL 용어에 대해 알아보기	23
JMP 팁 및 힌트 알아보기	23
JMP 툴팁	23
JMP 사용자 커뮤니티	23
무료 온라인 Statistical Thinking 교육 과정	24
JMP 새로운 사용자를 위한 입문 키트	24
Statistics Knowledge 포털	24
JMP 교육 과정	24
사용자가 작성한 JMP 설명서	24
JMP 시작하기 창	24
JMP 기술 지원	25

JMP 설명서에 사용되는 서식 규칙

설명서 자료가 가리키는 화면 정보를 쉽게 알아볼 수 있도록 다음과 같은 서식 규칙이 사용됩니다.

- 샘플 데이터 테이블 이름, 열 이름, 경로 이름, 파일 이름, 파일 확장자 및 폴더는 **Helvetica**(또는 **sans-serif online**) 글꼴로 표시됩니다.
- 코드는 **Lucida Sans Typewriter**(또는 **monospace online**) 글꼴로 표시됩니다.
- 코드 출력은 **Lucida Sans Typewriter** 기울임꼴 (또는 **monospace italic online**) 글꼴로 표시되고 앞의 코드보다 더 많은 들여쓰기가 적용됩니다.
- **Helvetica bold**(또는 **bold sans-serif online**) 서식은 작업을 수행하기 위해 사용자가 선택하는 다음과 같은 항목을 나타냅니다.
 - 버튼
 - 체크박스
 - 명령
 - 선택 가능한 목록 이름
 - 메뉴
 - 옵션
 - 탭 이름
 - 텍스트 상자
- 다음 항목은 기울임꼴로 표시됩니다.
 - 중요하거나 JMP 와 관련된 정의가 있는 단어 또는 구
 - 설명서 제목
 - 변수
- JMP Pro 에만 해당되는 기능에는 JMP Pro 아이콘  이 표시됩니다. JMP Pro 기능의 개요는 <https://www.jmp.com/software/pro> 에서 확인할 수 있습니다.

참고 : 참고 섹션에는 특수한 정보와 제한 사항이 표시됩니다.

팁 : 팁 섹션에는 유용한 정보가 표시됩니다.

JMP 도움말

"도움말" 메뉴의 "JMP 도움말"에서는 JMP 기능, 통계적 방법 및 JSL(JMP Scripting Language)에 대한 정보를 검색할 수 있습니다. 다음과 같은 몇 가지 방법으로 JMP 도움말을 열 수 있습니다.

- Windows 에서 **도움말 > JMP 도움말**을 선택하여 JMP 도움말을 검색하고 봅니다.
- Windows 에서 F1 키를 눌러 기본 브라우저로 도움말 시스템을 엽니다.
- 데이터 테이블 또는 보고서 창의 특정 부분에 대한 도움말을 확인합니다. **도구** 메뉴에서 도움말 도구  를 선택한 후 데이터 테이블 또는 보고서 창의 아무 곳이나 클릭하면 해당 영역에 대한 도움말이 표시됩니다.
- JMP 창 내에서 **도움말** 버튼을 클릭합니다.

참고: JMP 도움말은 인터넷이 연결되어 있어야 사용할 수 있습니다. 인터넷이 연결되어 있지 않으면 **도움말 > JMP 설명서 라이브러리**를 선택하여 단일 PDF 파일에서 모든 설명서를 검색할 수 있습니다. 자세한 내용은 [JMP 설명서 라이브러리](#)에서 확인하십시오.

JMP 설명서 라이브러리

도움말 시스템 콘텐츠는 JMP 설명서 라이브러리라는 단일 PDF 파일로도 제공됩니다. 이 파일을 열려면 **도움말 > JMP 설명서 라이브러리**를 선택합니다. JMP 라이브러리에 포함된 각 문서의 개별 PDF 파일을 검색하려면 <https://www.jmp.com/documentation>에서 파일을 다운로드하십시오.

다음 표에서는 JMP 라이브러리에 포함된 각 문서의 용도와 내용을 설명합니다.

문서 제목	문서 용도	문서 내용
JMP 살펴보기	JMP에 익숙하지 않다면 이 설명서부터 시작하십시오.	JMP에 대해 소개하고 데이터 생성 및 분석을 시작하기 위한 정보를 제공합니다. 또한 결과를 공유하는 방법도 알아볼 수 있습니다.
JMP 사용	JMP 데이터 테이블과 기본적인 작업을 수행하는 방법에 대해 알아봅니다.	데이터 가져오기, 열 특성 수정, 데이터 정렬, SAS 연결 등을 비롯하여 JMP의 모든 영역에 걸친 일반적인 JMP 개념 및 기능을 다룹니다.

문서 제목	문서 용도	문서 내용
기본 분석	이 문서를 사용하여 기본적인 분석을 수행합니다.	"분석" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 분포 • X로 Y 적합 • 테이블 생성 • 텍스트 탐색기 "분석">"X로 Y 적합"을 통해 이변량 분석, 일원 ANOVA 및 분할 분석을 수행하는 방법을 다룹니다. 붓스트랩을 사용하여 표집 분포에 근사한 값을 산출하는 방법과 시뮬레이션 플랫폼을 사용하여 모수적 재표집을 수행하는 방법도 포함되어 있습니다.
Essential Graphing	데이터에 이상적인 그래프를 찾습니다.	"그래프" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 그래프 빌더 • 3D 산점도 • 등고선 그림 • 버블 그림 • 평행 그림 • 셀 그림 • 산점도 행렬 • 삼원 그림 • 트리맵 • 차트 • 중첩 그림 이 설명서에서는 배경 맵 및 사용자 맵을 생성하는 방법도 다룹니다.
Profilers	반응 표면의 횡단면을 볼 수 있게 해주는 대화식 프로파일링 도구의 사용 방법을 알아봅니다.	"그래프" 메뉴에 나열된 모든 프로파일러를 다룹니다. 랜덤 입력을 사용한 시뮬레이션 실행과 함께 잡음 요인 분석이 포함됩니다.

문서 제목	문서 용도	문서 내용
실험 설계 가이드	실험 설계 방법을 알아보고 적절한 표본 크기를 결정합니다.	"DOE" 메뉴의 모든 항목을 다룹니다.
선형 모형 적합	모형 적합 플랫폼과 이 플랫폼의 다양한 분석법에 대해 알아봅니다.	"분석" 메뉴의 모형 적합 플랫폼에서 사용할 수 있는 다음 분석법에 대해 설명합니다. - 표준 최소 제곱 - 단계별 - 일반화 회귀 - 혼합 모형 - MANOVA - 로그 선형 분산 - 명목형 로지스틱 - 순서형 로지스틱 - 일반화 선형 모형

문서 제목	문서 용도	문서 내용
Predictive and Specialized Modeling	추가 모델링 기법에 대해 알아봅니다.	"분석">"예측 모델링" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 신경망 • 파티션 • 붓스트랩 포레스트 • 부스티드 트리 • K 최근접 이웃 • Naive Bayes • 서포트 벡터 머신 • 모형 비교 • 모형 선별 • 검증 열 생성 • 계산식 저장소 "분석">"전문 모델링" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 곡선 적합 • 비선형 • 함수 데이터 탐색기 • 가우스 과정 • 시계열 • 매칭 쌍 "분석">"선별" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 모델링 유틸리티 • 반응 변수 선별 • 공정 변수 선별 • 예측 변수 선별 • 연관성 분석 • 공정 기록 탐색기

문서 제목	문서 용도	문서 내용
Multivariate Methods	몇 개의 변수를 동시에 분석하기 위한 기법을 알아봅니다.	"분석">"다변량 방법" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 다변량 • 주성분 • 판별 • 부분 최소 제곱 • 다중 대응 분석 • 구조 방정식 모형 • 요인 분석 • 다차원 척도법 • 항목 분석 "분석">"군집화" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 계층적 군집화 • K 평균 군집화 • 정규 혼합 • 잠재 계층 분석 • 변수 군집화
품질 및 공정 방법	공정 평가 및 개선을 위한 도구에 대해 알아봅니다.	"분석">"품질 및 공정" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 관리도 빌더 및 개별 관리도 • 측정 시스템 분석 • 계량형 / 계수형 게이지 차트 • 공정 능력 • 모형 기반 다변량 관리도 • 레거시 관리도 • 파레토도 • 다이어그램 • 규격 한계 관리 • OC 곡선

문서 제목	문서 용도	문서 내용
Reliability and Survival Methods	제품 또는 시스템의 신뢰도 평가 및 향상 방법과 사람 및 제품의 생존 데이터 분석 방법을 알아봅니다.	"분석">"신뢰성 및 생존" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 수명 분포 • 수명 분포 적합 • 누적 손상 • 재발 분석 • 열화 • 파괴 열화 • 신뢰도 예측 • 신뢰도 성장 • 신뢰도 블록 다이어그램 • 수리 가능 시스템 시뮬레이션 • 생존 • 모수 생존 모형 적합 • 비례 위험 모형 적합
Consumer Research	소비자 선호도를 연구하고 해당 정보를 사용하여 보다 나은 제품 및 서비스를 개발하기 위한 방법을 알아봅니다.	"분석">"소비자 조사" 메뉴의 다음 플랫폼에 대해 설명합니다. • 범주형 • 선택 • 최대차이 • Uplift • 다중 요인 분석
Scripting Guide	강력한 JSL(JMP 스크립트 언어)의 활용 방법을 알아봅니다.	스크립트 작성/디버깅, 데이터 테이블 조작, 표시 상자 생성 및 JMP 응용 프로그램 생성 등의 다양한 주제를 다룹니다.
JSL Syntax Reference	다양한 JSL 함수 및 인수, 그리고 개체 및 표시 상자로 보내는 메시지에 대해 알아봅니다.	JSL 명령의 구문, 예제 및 참고 사항이 포함되어 있습니다.

JMP 학습을 위한 추가 리소스

JMP 도움말 외에도 다음 리소스를 사용하여 JMP에 대해 배울 수 있습니다.

- "JMP 자습서 "
- " 샘플 데이터 테이블 "
- " 통계 및 JSL 용어에 대해 알아보기 "
- "JMP 팁 및 힌트 알아보기 "
- "JMP 툴팁 "
- "JMP 사용자 커뮤니티 "
- " 무료 온라인 Statistical Thinking 교육 과정 "
- "JMP 새로운 사용자를 위한 입문 키트 "
- "Statistics Knowledge 포털 "
- "JMP 교육 과정 "
- " 사용자가 작성한 JMP 설명서 "
- "JMP 시작하기 창 "

JMP 자습서

도움말 > 자습서를 선택하여 JMP 자습서에 액세스할 수 있습니다. **자습서** 메뉴의 첫 번째 항목은 **자습서 디렉터리**입니다. 이 항목을 클릭하면 모든 자습서가 범주별로 그룹화되어 있는 새 창이 열립니다.

JMP에 익숙하지 않다면 **초보자 자습서**부터 시작하십시오. 이 자습서에서는 JMP 인터페이스를 단계별로 안내하며 JMP를 사용하는 데 필요한 기본 사항을 설명합니다.

나머지 자습서는 실험 설계, 표본 평균과 상수의 비교 같은 JMP의 특정 측면을 이해하는 데 유용합니다.

샘플 데이터 테이블

JMP 설명서 모음에 포함된 모든 예에서는 샘플 데이터를 사용합니다. 샘플 데이터 디렉터리를 열려면 **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하십시오.

샘플 데이터 테이블의 사전순 목록을 보거나 범주별로 샘플 데이터를 보려면 **도움말 > 샘플 데이터**를 선택하십시오.

샘플 데이터 테이블은 다음 디렉터리에 설치되어 있습니다.

Windows: C:\Program Files\SAS\JMP\16\Samples\Data

macOS: \Library\Application Support\JMP\16\Samples\Data

JMP Pro의 경우에는 JMP 디렉터리가 아니라 JMPPRO 디렉터리에 샘플 데이터가 설치되어 있습니다.

샘플 데이터를 사용한 예를 보려면 **도움말 > 샘플 데이터**를 선택하고 교육 자료 섹션으로 이동하십시오. 교육 자료에 대한 자세한 내용은 <https://jmp.com/tools>에서 확인하십시오.

통계 및 JSL 용어에 대해 알아보기

통계 용어에 대한 도움말을 보려면 "도움말 > 통계 분석 인덱스"를 선택합니다. JSL 스크립트 및 예제에 대한 도움말을 보려면 **도움말 > 스크립트 인덱스**를 선택합니다.

통계 분석 인덱스 통계 용어에 대한 정의를 제공합니다.

스크립트 인덱스 JSL 함수, 개체 및 표시 상자에 대한 정보를 검색할 수 있습니다. "스크립트 인덱스"에서는 샘플 스크립트를 편집 및 실행하고 명령에 대한 도움말을 볼 수도 있습니다.

JMP 팁 및 힌트 알아보기

JMP를 처음 시작할 때는 "오늘의 유익한 정보" 창이 표시됩니다. 이 창에서는 JMP를 사용하기 위한 팁을 제공합니다.

"오늘의 유익한 정보" 기능을 해제하려면 **시작할 때 정보 표시** 체크박스를 선택 해제하십시오. 이 창을 다시 보려면 **도움말 > 오늘의 유익한 정보**를 선택하십시오. 또는 "환경 설정" 창을 사용하여 이 기능을 해제할 수도 있습니다.

JMP 툴팁

JMP에서 다음과 같은 항목을 커서로 가리키면 설명 툴팁 (또는 가리키기 라벨)이 제공됩니다.

- 메뉴 또는 도구 모음 옵션
- 그래프의 라벨
- 보고서 창의 텍스트 결과 (커서를 원 모양으로 움직이면 표시됨)
- 홈 창의 파일 또는 창
- 스크립트 편집기의 코드

팁: Windows의 경우 JMP 환경 설정에서 툴팁을 숨길 수 있습니다. **파일 > 환경 설정 > 일반**을 선택한 후 **메뉴 팁 표시**를 선택 취소합니다. 이 옵션은 macOS에서는 사용할 수 없습니다.

JMP 사용자 커뮤니티

JMP 사용자 커뮤니티에서는 JMP에 대해 알아보고 다른 JMP 사용자와 교류하는 데 도움이 되는 다양한 옵션을 제공합니다. 한 페이지 분량의 가이드, 자습서 및 데모로 구성된 학습 라이브러리부터 시작하는 것이 좋습니다. 다양한 JMP 교육 과정에 등록하여 학습을 계속할 수도 있습니다.

그 밖에도 토론 포럼, 샘플 데이터 및 스크립트 파일 교환, 웹 캐스트 및 소셜 네트워킹 그룹을 비롯한 리소스가 있습니다.

웹 사이트의 JMP 리소스에 액세스하려면 **도움말 > JMP 사용자 커뮤니티**를 선택하거나 <https://community.jmp.com>을 방문하십시오.

무료 온라인 Statistical Thinking 교육 과정

이 무료 온라인 교육 과정에서는 탐색적 데이터 분석, 품질 관리 방법, 상관 및 회귀 등의 항목에 대한 실용적인 통계적 기술을 배울 수 있습니다. 이 교육 과정은 짧은 비디오와 데모, 연습 등으로 구성되어 있습니다. 자세한 내용은 <https://www.jmp.com/statisticalthinking>에서 확인하십시오.

JMP 새로운 사용자를 위한 입문 키트

JMP 새로운 사용자를 위한 입문 키트는 JMP의 기본 사항을 빨리 익힐 수 있도록 돕기 위한 것입니다. 30개의 짧은 데모 비디오 및 작업을 마치면 좀더 편하게 소프트웨어 사용 방법을 익히고 세계 최대 규모의 JMP 사용자 온라인 커뮤니티와 연결할 수 있습니다. 자세한 내용은 <https://www.jmp.com/welcome>에서 확인하십시오.

Statistics Knowledge 포털

Statistics Knowledge 포털에서는 방문자가 확실한 기초를 토대로 통계적 기술을 쌓을 수 있도록 간략한 통계 설명과 함께 명확한 예시 및 그래픽을 제공합니다. 자세한 내용은 <https://www.jmp.com/skp>에서 확인하십시오.

JMP 교육 과정

SAS에서는 숙련된 JMP 전문가 팀의 주도로 다양한 주제에 대한 교육 과정을 제공합니다. 공개 교육, 라이브 웹 교육, 현장 교육 등이 제공되며, 온라인 e-learning 구독을 선택하여 편리한 시간에 학습할 수도 있습니다. 자세한 내용은 <https://www.jmp.com/training>에서 확인하십시오.

사용자가 작성한 JMP 설명서

JMP 웹 사이트에서는 JMP 사용자가 작성한 추가 JMP 사용 설명서가 제공됩니다. 자세한 내용은 <https://www.jmp.com/books>에서 확인하십시오.

JMP 시작하기 창

JMP 또는 데이터 분석에 익숙하지 않다면 먼저 "JMP 시작하기" 창을 살펴보십시오. 이 창에는 옵션이 범주별로 설명되어 있으며 버튼을 클릭하여 옵션을 시작할 수 있습니다. "JMP 시작하기"

창에는 "분석", "그래프", "테이블" 및 "파일" 메뉴에 있는 다양한 옵션이 포함됩니다. 또한 이 창에는 JMP Pro 의 기능 및 플랫폼도 나열됩니다.

- "JMP 시작하기" 창을 열려면 **보기** (macOS 의 경우 **창**) > **JMP 시작하기**를 선택합니다.
- Windows 에서 JMP 를 열 때 자동으로 "JMP 시작하기" 를 표시하려면 **파일 > 환경 설정 > 일반**을 선택한 후 "초기 JMP 창" 목록에서 **JMP 시작하기**를 선택합니다. macOS 에서는 **JMP > 환경 설정 > 초기 JMP 시작하기 창**을 선택합니다.

JMP 기술 지원

JMP 기술 지원은 통계학자 또는 SAS 및 JMP 의 교육을 받은 엔지니어가 제공하며, 이들 중 상당수는 통계 또는 기타 기술 분야의 석사 학위를 갖고 있습니다.

기술 지원 전화 번호를 포함한 많은 기술 지원 옵션이 <https://www.jmp.com/support>에서 제공됩니다.

품질 및 공정 방법 소개

공정 및 제품 개선을 위한 도구

품질 및 공정 방법에서는 다음과 같이 품질 및 공정 성능을 평가하고 개선하기 위해 JMP에서 사용할 수 있는 다양한 방법과 도구에 대해 설명합니다.

- 관리도는 주요 변수에 대한 피드백을 제공하고 공정이 통계적 관리 상태이거나 관리 이탈일 때 이를 표시합니다. "[관리도 빌더](#)"에서는 관리도 빌더라고 하는 대화식 관리도 플랫폼을 사용하여 관리도를 생성하는 JMP 접근 방식에 대해 설명합니다.
- 측정 시스템 분석 플랫폼은 시스템의 정밀도, 일관성 및 편향을 평가합니다. 공정을 연구하려면 먼저 공정을 정확하고 정밀하게 측정할 수 있는지 확인해야 합니다. 만일 변동의 대부분이 측정 공정 자체에 기인하는 경우 공정에 대해 신뢰할 수 있는 정보를 얻지 못합니다. 이 분석을 통해 시스템 성능을 확인할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[측정 시스템 분석](#)"에서 확인하십시오.
- 계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼은 계량형 또는 계수형 게이지 차트를 생성합니다. 계량형 차트는 연속형 측정값을 분석하여 시스템 성능을 표시합니다. 계수형 차트는 범주형 측정값을 분석하여 반응 간의 합치 측도를 보여 줍니다. 게이지 연구를 수행하여 데이터의 변동 측도를 확인할 수도 있습니다. 자세한 내용은 "[계량형 게이지 차트](#)" 및 "[계수형 게이지 차트](#)"에서 확인하십시오.
- 공정 능력 플랫폼은 규격 한계를 충족하는 공정 능력을 측정합니다. 공정 중심 및 변동성별로 요약된 공정 성능을 규격 한계와 비교할 수 있습니다. 이 플랫폼은 장기 변동과 단기 변동을 둘 다 기준으로 하여 공정 능력 지수를 계산합니다. 분석을 수행하여 규격을 기준으로 변동을 식별할 수 있으며, 이로 인해 점점 더 높은 적합 값을 얻을 수 있습니다. 자세한 내용은 "[공정 능력](#)"에서 확인하십시오.
- CUSUM 차트를 사용하면 누적합을 기반으로 의사 결정을 내릴 수 있습니다. 이 차트를 통해 공정의 작은 변화를 감지할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[CUSUM 관리도](#)"에서 확인하십시오.
- EWMA(지수 가중 이동 평균) 차트를 사용하여 공정의 작은 변화를 감지할 수도 있습니다. 자세한 내용은 "[EWMA 관리도](#)"에서 확인하십시오.
- 여러 공정 특성을 동시에 모니터링해야 하는 경우 "[다변량 관리도](#)"의 내용을 참조하십시오.
- MDMVCC(모형 기반 다변량 관리도) 플랫폼에서는 주성분 또는 부분 최소 제곱 모형을 기반으로 관리도를 생성할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[모형 기반 다변량 관리도](#)"에서 확인하십시오.
- "[레거시 관리도](#)"에서는 JMP의 이전 관리도 플랫폼에 대해 설명합니다. 이러한 플랫폼을 사용하지 않고 새로 추가된 CUSUM 및 EWMA 관리도 플랫폼과 함께 관리도 빌더 플랫폼을 사용하는 것이 좋습니다.

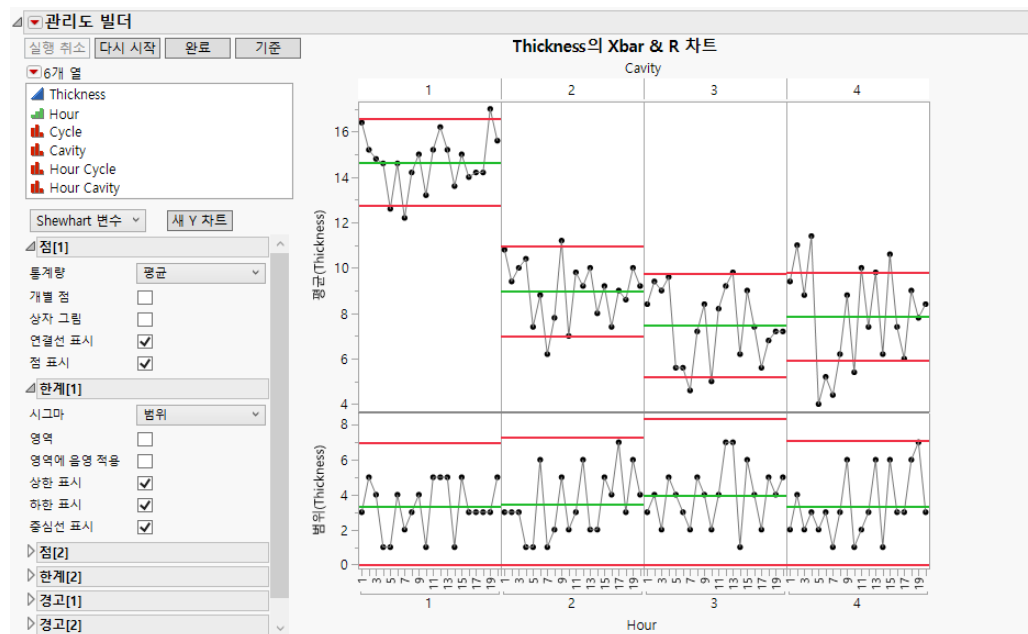
- 파레토도 플랫폼은 품질 관련 공정 또는 작업에서 문제의 빈도를 보여 줍니다 . 파레토도는 문제의 빈도와 심각도를 강조 표시하여 어떤 문제를 먼저 해결해야 할지 결정하는 데 도움이 됩니다 . 자세한 내용은 "[파레토도](#)" 에서 확인하십시오 .
- 다이어그램 플랫폼은 브레인스토밍을 위해 또는 추가 실험의 변수를 식별하기 위한 예비 분석 용도로 문제의 원인을 구성하는 특성 요인도를 생성합니다 . 완료되면 추가 분석을 수행하여 문제의 근본 원인을 식별할 수 있습니다 . 자세한 내용은 "[특성 요인도](#)" 에서 확인하십시오 .
- 규격 한계 관리 유틸리티를 사용하면 여러 열에 대한 많은 규격 한계를 한 번에 빠르게 추가하거나 편집할 수 있습니다 . 자세한 내용은 "[규격 한계 관리 유틸리티](#)" 에서 확인하십시오 .
- OC(검사 특성) 곡선 유틸리티를 사용하면 관리도 및 계수형 합격 표집 계획에 대한 OC 곡선을 생성할 수 있습니다 . 자세한 내용은 "[검사 특성 곡선 유틸리티](#)" 에서 확인하십시오 .

관리도 빌더 대화식으로 관리도 생성

관리도는 공정 변동을 모니터링하기 위한 그래프 및 분석 도구입니다. 공정 자체에서 발생하는 고유 변동은 관리 한계 집합을 사용하여 정량화할 수 있습니다. 관리 한계는 우연 원인 변동과 특수 원인 변동을 구별하는 데 도움이 됩니다. 일반적으로 특수 원인 변동을 식별 및 제거하기 위한 작업이 수행됩니다. 공정의 우연 원인 변동을 정량화하는 것도 중요합니다. 이는 공정 능력을 결정하기 때문입니다.

관리도 빌더를 사용하여 공정 데이터의 관리도를 생성합니다. 관리도 빌더는 대화식 작업 영역으로 시작하거나 특정 관리도 메뉴 옵션에서 시작할 수 있습니다. 대화식 작업 영역에서 차트를 작성할 변수를 선택하여 영역으로 드래그합니다. JMP에서 해당 데이터를 기반으로 적절한 차트 유형이 자동으로 선택됩니다. 다른 유형의 차트를 빠르게 생성하거나 기존 차트의 현재 설정을 변경할 수 있습니다.

그림 3.1 관리도 빌더의 예



목차

관리도 빌더 개요	32
관리도 빌더의 예	32
관리도 유형	34
Shewhart 계량형 관리도	34
Shewhart 계수형 관리도	35
희귀 사건 관리도	36
관리도 유형	37
관리도 빌더 시작	39
관리도 빌더 대화식 작업 영역	40
특정 관리도의 시작 창	42
관리도 빌더 창	43
관리도 빌더 옵션	45
관리도 빌더의 빨간색 삼각형 메뉴 옵션	45
옵션 패널 및 마우스 오른쪽 버튼 클릭 차트 옵션	48
관리도 빌더의 마우스 오른쪽 버튼 클릭 축 옵션	57
관리 한계 작업	58
관리 한계의 예	58
관리도 빌더에서 제외 및 숨겨진 표본	66
관리도 빌더의 추가 예	67
개별 측정값 및 이동 범위 차트 예제	67
Xbar-R 차트 단계 예제	69
부분군 크기가 다른 Xbar-S 차트 예제	72
런 차트 예제	74
P 차트 예제	75
NP 차트 예제	76
C 차트 예제	78
U 차트 예제	79
G 차트 예제	80
T 차트 예제	81
삼원 관리도 예제	83
여러 관리도의 예	85
관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보	85
Xbar-R 차트에 대한 관리 한계	86
Xbar-S 차트에 대한 관리 한계	87
개별 측정값 및 이동 범위 차트에 대한 관리 한계	87
P 및 NP 차트에 대한 관리 한계	89
U 차트 및 C 차트에 대한 관리 한계	89
Levey-Jennings 차트	90

G 차트에 대한 관리 한계	90
T 차트에 대한 관리 한계	91
삼원 관리도에 대한 시그마 계산.....	92

관리도 빌더 개요

관리도는 공정 변동을 모니터링하고 공정의 특수 원인 변동을 식별하기 위한 그래픽 및 분석 도구입니다. 관리 한계를 설정하여 일상적 변동을 필터링하면 공정이 안정적이고 예측 가능한지 여부를 판별하는 데 도움이 됩니다. 공정의 변동이 필요 이상인 경우 공정을 조정하여 잠재적인 비용 절감 효과와 함께 더 높은 품질의 결과를 생성할 수 있습니다.

공정은 시간에 따라 모니터링되므로 모든 공정에서 측정 변동을 보입니다. 공정 측정에는 다음과 같은 두 가지 유형의 변동이 있습니다.

- **일상적 또는 우연 원인 변동**. 안정적인 공정에서 얻은 측정값도 랜덤 변동을 보입니다. 공정 측정 결과 우연 원인 변동만 나타나는 경우 측정값은 예상 한계 내에 유지됩니다.
- **비정상 또는 특수 원인 변동**. 특수 원인 변동은 관리도에서 관측된 패턴으로 표시됩니다. 공정 평균의 변화, 관리 한계 위 / 아래의 점 또는 위 / 아래로 추세를 나타내는 측정값 등을 예로 들 수 있습니다. 공정 측정의 이러한 변화는 도구 또는 기계 파손, 장비 성능 저하, 원재료 변경과 같은 요인이 원인일 수 있습니다. 공정의 변화 또는 결함은 대부분 공정 측정의 비정상적 변동에 의해 식별할 수 있습니다.

관리도 빌더를 사용하면 Shewhart 및 회귀 사건 관리도를 포함하여 여러 유형의 관리도를 생성할 수 있습니다. Shewhart 관리도는 크게 계량형 관리도와 계수형 관리도로 분류됩니다. 회귀 사건 차트는 드물게 발생하는 사건에 사용하기 위한 용도로 만들어졌습니다. JMP에서는 관리도 생성을 위해 유연한 사용자 정의 방식을 제공합니다. 다음과 같은 방법으로 관리도를 생성할 수 있습니다.

- 대화식 관리도 빌더 작업 영역을 사용합니다. 데이터 열을 작업 영역으로 드래그하면 관리도 빌더가 데이터 유형 및 표본 크기를 기반으로 적절한 차트를 생성합니다.
- 관리도 메뉴 옵션을 사용하여 시작 창으로 특정 관리도를 생성합니다.

위의 방법 중 하나를 통해 초기 차트가 생성되면 메뉴 및 기타 옵션을 사용하여 차트 유형 변경, 차트의 통계량 변경, 차트 형식 조정 또는 차트 추가 등을 수행할 수 있습니다.

관리도 빌더의 예

Socket Thickness.jmp 샘플 데이터 테이블에는 소켓 두께 측정값이 포함되어 있습니다. 생산 중 결함 수가 증가했으며 이 문제의 발생 원인을 조사하려고 합니다. 이 예에서는 대화식 방식 또는 시작 창 방식 중 하나를 사용하여 관리도 빌더에서 조사를 수행하는 방법을 보여 줍니다. 생성할 관리도 유형을 알고 있으면 두 번째 방식이 편리합니다.

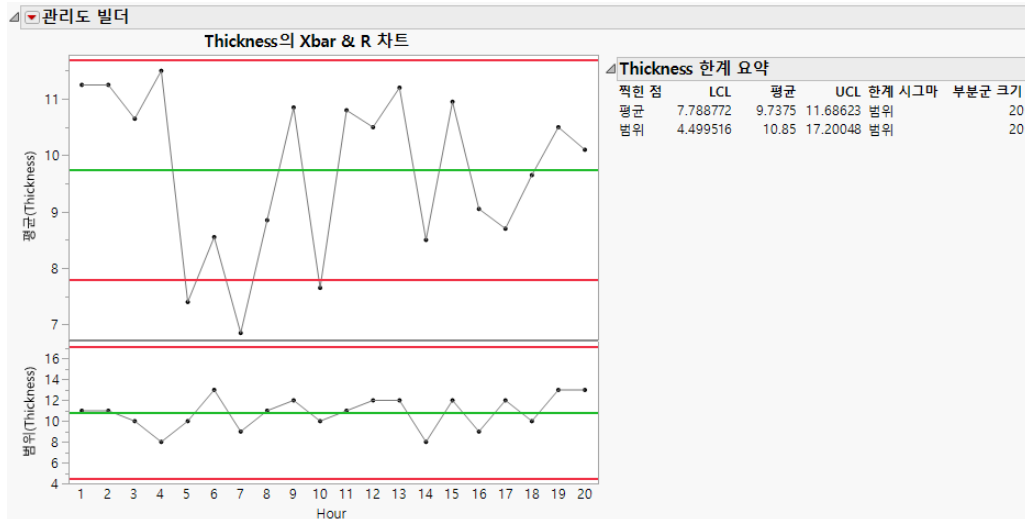
관리도 빌더 대화식 방법

대화식 관리도 빌더 작업 영역을 사용하여 공정 데이터의 변동을 조사할 수 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Socket Thickness.jmp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.

3. Thickness 를 Y 영역으로 드래그합니다 .
4. Hour 를 부분군 영역 (아래쪽) 으로 드래그합니다 .

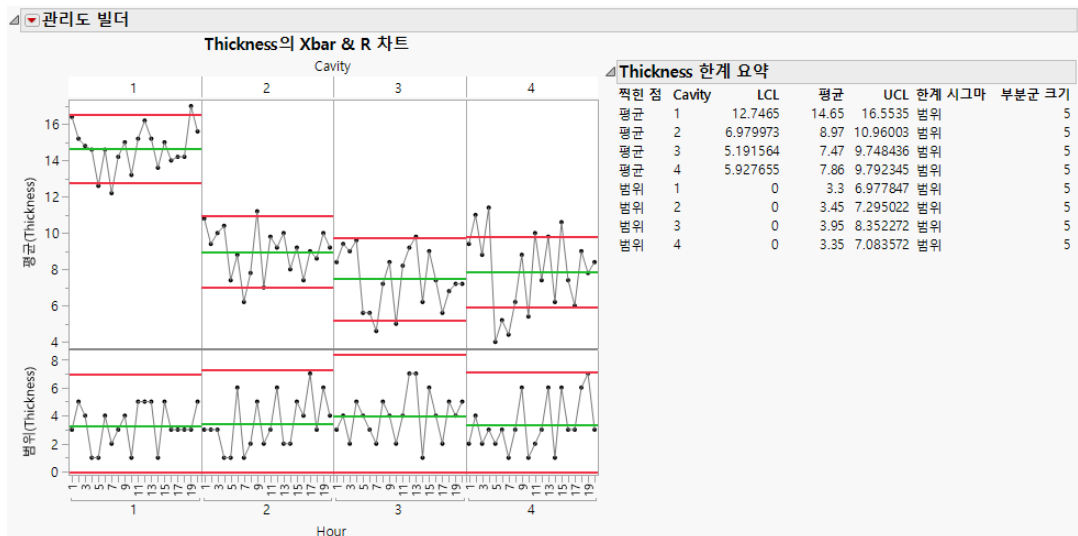
그림 3.2 Thickness(소켓 두께) 에 대한 관리도



" 평균 " 차트를 보면 관리 하한인 7.788772 아래에 점이 여러 개 있음을 알 수 있습니다 . 다른 변수가 문제의 원인이 될 수 있는지 확인하려고 합니다 .

5. Cavity 를 단계 영역으로 드래그합니다 .
6. 완료를 클릭합니다 .

그림 3.3 각 Cavity(캐비티) 에 대한 관리도



"평균" 차트에서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있습니다.

- 캐비티 간에 차이가 있으므로 각 캐비티에 대해 별도의 관리 한계가 필요합니다.
- Cavity 1 은 다른 캐비티보다 평균 두께 값이 큰 소켓을 생산합니다. 이는 캐비티 간의 차이에 대한 추가 조사가 필요하다는 것을 의미합니다.
- 모든 캐비티에 관리 한계를 벗어나는 점이 있습니다. 따라서 각 캐비티에 대한 공정의 관리 결여를 조사해야 합니다.

각 캐비티에 대한 "범위" 차트에서는 부분군 내 측정값이 관리 상태이며 캐비티 전체에서 비슷하다는 것을 보여 줍니다.

관리도 빌더 시작 창 방법

"XBar 관리도" 시작 창을 사용하여 [그림 3.3](#) 과 동일한 차트를 얻을 수 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Socket Thickness.jmp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > XBar 관리도**를 선택합니다.
3. Thickness 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. Hour 를 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. Cavity 를 선택하고 **단계**를 클릭합니다.
6. **확인**을 클릭합니다.

[그림 3.3](#) 과 동일한 관리도를 볼 수 있습니다.

관리도 유형

관리도 빌더를 사용하면 Shewhart 계량형, Shewhart 계수형 및 회귀 사건 차트를 포함하여 여러 유형의 관리도를 생성할 수 있습니다.

- "Shewhart 계량형 관리도"
- "Shewhart 계수형 관리도"
- "회귀 사건 관리도"
- "관리도 유형"

Shewhart 계량형 관리도

계량형 관리도는 차트에 표시된 부분군 요약 통계량에 따라 분류됩니다.

- XBar 차트는 부분군 평균을 표시하는 위치 차트의 한 유형입니다.
- R 차트는 부분군 범위 (최대값 - 최소값) 를 표시하는 산포 차트의 한 유형입니다.
- S 차트는 부분군 표준편차를 표시하는 산포 차트의 한 유형입니다.

- 개별 측정값 차트는 개별 측정값을 표시하는 위치 차트의 한 유형입니다.
- 런 차트는 개별 측정값을 연결된 일련의 점으로 표시하는 위치 차트의 한 유형입니다.
- 사전 집계 차트에는 부분군 평균과 표준편차가 모두 표시됩니다.
- 이동 범위 차트는 연속된 두 측정값의 이동 범위를 표시하는 산포 차트의 한 유형입니다.

참고: 산포 차트를 제거하거나, 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더에서 "두 개의 Shewhart 차트 표시" 옵션을 해제하면 위치 차트만 표시됩니다. 연결된 스크립트에는 Off(0)로 설정된 JSL 옵션 "Show Two Shewhart Charts" 가 포함됩니다.

XBar, R 및 S 차트

연속형 척도로 측정된 품질 특성에 대해 일반적인 분석을 수행하면 해당하는 R 또는 S 차트 위에 평균 차트를 정렬하여 공정 평균과 변동성이 모두 표시됩니다.

개별 측정값 차트

개별 측정값 차트에는 개별 측정값이 표시됩니다. 각 표집 시점에 대해 하나의 측정값만 사용 가능한 경우 개별 측정값 차트가 적합합니다. 개별 측정값을 차트에 표시하는 경우 개별 측정값 차트는 해당 이동 범위 차트 위에 표시됩니다. 이동 범위 차트에는 연속된 두 측정값의 이동 범위가 표시됩니다.

사전 집계 차트

데이터가 동일한 공정 단위의 반복 측정값으로 구성된 경우 이를 해당 단위에 대한 하나의 측정값으로 결합할 수 있습니다. 데이터에 각 공정 또는 측정 단위에 대한 반복 측정값이 포함된 경우 외에는 사전 집계하지 않는 것이 좋습니다.

사전 집계는 선택한 표본 크기 또는 표본 라벨을 기반으로 공정 열을 표본 평균 및/또는 표준편차로 요약합니다. 그런 다음 창에서 선택한 옵션에 따라 요약 데이터를 차트에 표시합니다.

Levey-Jennings 차트

Levey-Jennings 차트는 장기 시그마를 기반으로 한 관리 한계와 공정 평균을 보여 줍니다. 관리 한계는 중심선에서 3s 떨어진 위치에 배치됩니다. Levey-Jennings 차트에 대한 표준편차 s는 분포 플랫폼의 표준편차와 동일한 방식으로 계산됩니다.

Shewhart 계수형 관리도

계수형 차트는 개수 데이터에 적용할 수 있습니다. 계수형 차트는 이항 및 Poisson 모형을 기반으로 합니다. 개수는 부분군별로 측정되므로 여러 차트를 비교할 때 차트 간에 부분군의 항목 수가 비슷한지 확인해야 합니다. 계수형 차트는 계량형 차트와 마찬가지로 차트에 표시된 부분군 표본 통계량에 따라 분류됩니다.

표 3.1 계수형 차트 결정

시그마 계산에 사용되는 분포	통계량 유형 : 비율	통계량 유형 : 개수
이항	P 차트	NP 차트
Poisson	U 차트	C 차트

관리도 빌더는 선택된 변수를 기반으로 몇 가지 결정을 내립니다. 기본 차트가 생성되면 메뉴 및 기타 옵션을 사용하여 차트의 유형, 통계량, 형식 등을 변경할 수 있습니다.

- P 차트에는 부분군 크기가 변동 가능한 표본에서 부적합품 (불량) 의 비율이 표시됩니다. P 차트의 각 부분군은 N_i 개 항목으로 구성되며 각 항목이 적합 또는 부적합으로 평가되므로 부분군의 최대 부적합품 수는 N_i 개입니다.
- NP 차트에는 부분군 표본의 부적합품 (불량) 수가 표시됩니다. NP 차트의 각 부분군은 N_i 개 항목으로 구성되며 각 항목이 적합 또는 부적합으로 평가되므로 부분군 i 의 최대 부적합품 수는 N_i 개입니다.
- C 차트에는 대개 하나의 검사 단위로 구성된 (만드시 그런 것은 아님) 부분군 표본의 결점 (결함) 수가 표시됩니다.
- U 차트에는 검사 단위 수가 변할 수 있는 부분군 표본의 단위별 결점(결함) 수가 표시됩니다.

희귀 사건 관리도

희귀 사건 차트는 드물게 발생하는 사건에서 데이터를 가져오는 공정에 대한 정보를 제공하는 관리도입니다. 기존 관리도에서 드물게 발생하는 추적 공정은 비효과적인 경향이 있습니다. 희귀 사건 차트는 희귀 사건 시나리오에서 관리도의 한계에 대응하여 개발되었습니다. 관리도 빌더는 두 가지 유형의 희귀 사건 차트를 제공합니다(G 차트, T 차트). G 차트와 T 차트의 차이는 희귀 사건 사이의 간격을 측정하는 데 사용되는 양(quantity)입니다. G 차트는 일정 시간 사이에 발생한 사건 수를 측정하는 반면 T 차트는 발생 사건 사이의 시간 간격을 측정합니다.

표 3.2 시그마를 기반으로 희귀 사건 차트 결정

시그마 계산에 사용되는 분포	차트 유형
음이항	G 차트
Weibull	T 차트

G 차트

G 차트는 드물게 발생하는 오류 또는 부적합 발생 사건 수를 측정하여 시간 경과에 따른 공정 차트를 생성합니다. 차트의 각 점은 상대적으로 드문 사건 발생 사이의 단위 수를 나타냅니다. 예

를 들어 물품이 매일 생산되는 환경에서 예기치 않게 생산 라인이 중단될 수 있습니다. G 차트를 사용하여 생산 라인 중단 사이에 생산된 단위 수를 검토할 수 있습니다.

G 차트를 읽을 때 관리 상한 위의 점은 오류 사이의 사건 수가 증가했음을 나타냅니다. 드물게 발생하는 오류 또는 부적합 발생 사건 수가 증가했다면 관리도 차원에서 좋은 의미로 해석할 수 있습니다. 따라서 G 차트로 작업할 때는 일반적으로 한계를 초과하여 관리이탈로 플래그 지정된 점이 바람직한 효과로 간주됩니다.

T 차트

T 차트는 마지막 사건 이후 경과된 시간 간격을 측정합니다. 차트의 각 점은 이전에 희귀 사건이 발생한 이후 경과된 시간 간격 수를 나타냅니다. T 차트는 음수가 아닌 숫자 데이터, 날짜/시간 데이터 및 시간 간격 데이터에 사용할 수 있습니다. 이러한 데이터의 기존 그림에는 0 위치에 많은 점이 포함되고 가끔 1 위치에 점이 포함될 수 있으므로 T 차트를 사용하면 많은 수의 점이 관리이탈 상태로 플래그 지정되는 것을 방지할 수 있습니다. 관리도 빌더에서 T 차트의 데이터 점은 정수 값으로 제한됩니다.

T 차트를 읽을 때 관리 상한 위의 점은 사건 사이의 시간이 증가했음을 나타냅니다. 이는 부작용 발생률이 감소했다는 의미입니다. 따라서 T 차트로 작업할 때는 일반적으로 한계를 초과하여 관리이탈로 플래그 지정된 점이 바람직한 효과로 간주됩니다.

관리도 유형

관리도 빌더와 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 메뉴의 플랫폼에서 가장 일반적인 관리도를 사용할 수 있습니다. 차트를 쉽고 빠르게 생성하려면 관리도 빌더를 첫 번째 옵션으로 선택하십시오. JMP에서는 데이터를 기반으로 적절한 차트 유형이 자동으로 선택됩니다. 표 3.3 ~ 표 3.7에는 다양한 관리도 유형이 요약되어 있습니다.

표 3.3 그룹화 (X) 변수 또는 요약되지 않은 데이터가 없는 계량형 차트

차트 유형	관리도 빌더 옵션	
	점 > 통계량	한계 > 시그마
개별	개별	이동 범위
개별값에 대한 이동 범위	이동 범위	이동 범위
개별 (중앙값 이동 범위에서 계산된 한계)	개별	중앙값 이동 범위
개별값에 대한 중앙값 이동 범위	이동 범위	중앙값 이동 범위
Levey Jennings	개별	Levey Jennings

표 3.4 그룹화 (X) 변수 또는 요약 데이터가 있는 계량형 차트

차트 유형	관리도 빌더 옵션	
	점 > 통계량	한계 > 시그마
XBar(범위에서 계산된 한계)	평균	범위
XBar(표준편차에서 계산된 한계)	평균	표준편차
R	범위	범위
S	표준편차	표준편차
Levey Jennings	평균	Levey Jennings 또는 전체 표준편차

표 3.5 사전 집계 차트

차트 유형	관리도 빌더 옵션	
	점 > 통계량	한계 > 시그마
그룹 평균에 대한 개별값	평균	이동 범위
그룹 평균에 대한 개별값(중앙값 이동 범위에서 계산된 한계)	평균	중앙값 이동 범위
그룹 표준편차에 대한 개별값	표준편차	이동 범위
그룹 표준편차에 대한 개별값(중앙값 이동 범위에서 계산된 한계)	표준편차	중앙값 이동 범위
그룹 평균에 대한 이동 범위	평균에 대한 이동 범위	이동 범위
그룹 평균에 대한 중앙값 이동 범위	평균에 대한 이동 범위	중앙값 이동 범위
그룹 표준편차에 대한 이동 범위	표준편차에 대한 이동 범위	이동 범위
그룹 표준편차에 대한 중앙값 이동 범위	표준편차에 대한 이동 범위	중앙값 이동 범위

표 3.6 계수형 차트

차트 유형	관리도 빌더 옵션	
	점 > 통계량	한계 > 시그마
P 차트	비율	이항
NP 차트	개수	이항
C 차트	개수	Poisson
U 차트	비율	Poisson

표 3.7 희귀 사건 차트

차트 유형	관리도 빌더 옵션	
	점 > 통계량	한계 > 시그마
G 차트	개수	음이항
T 차트	개수	Weibull

관리도 빌더 시작

다음 두 가지 방법으로 관리도 빌더를 시작할 수 있습니다.

- 어떤 유형의 관리도가 데이터에 적합한지 확실하지 않은 경우 **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다. 이 방법을 사용하면 데이터 열을 작업 영역으로 드래그할 수 있으며 관리도 빌더가 데이터 유형 및 표본 크기를 기반으로 적절한 차트를 생성합니다. 자세한 내용은 "**관리도 빌더 대화식 작업 영역**"에서 확인하십시오.
- 데이터에 적합한 관리도 유형을 알고 있는 경우 **분석 > 품질 및 공정 > 관리도** 하위 메뉴에서 적절한 차트를 선택합니다. 그러면 관리도 시작 창이 표시됩니다. 자세한 내용은 "**특정 관리도의 시작 창**"에서 확인하십시오. 다음 관리도에 대한 관리도 빌더 시작 창이 있습니다.
 - I/MR 관리도
 - XBar 관리도
 - 런 차트
 - P 관리도
 - NP 관리도
 - C 관리도
 - U 관리도

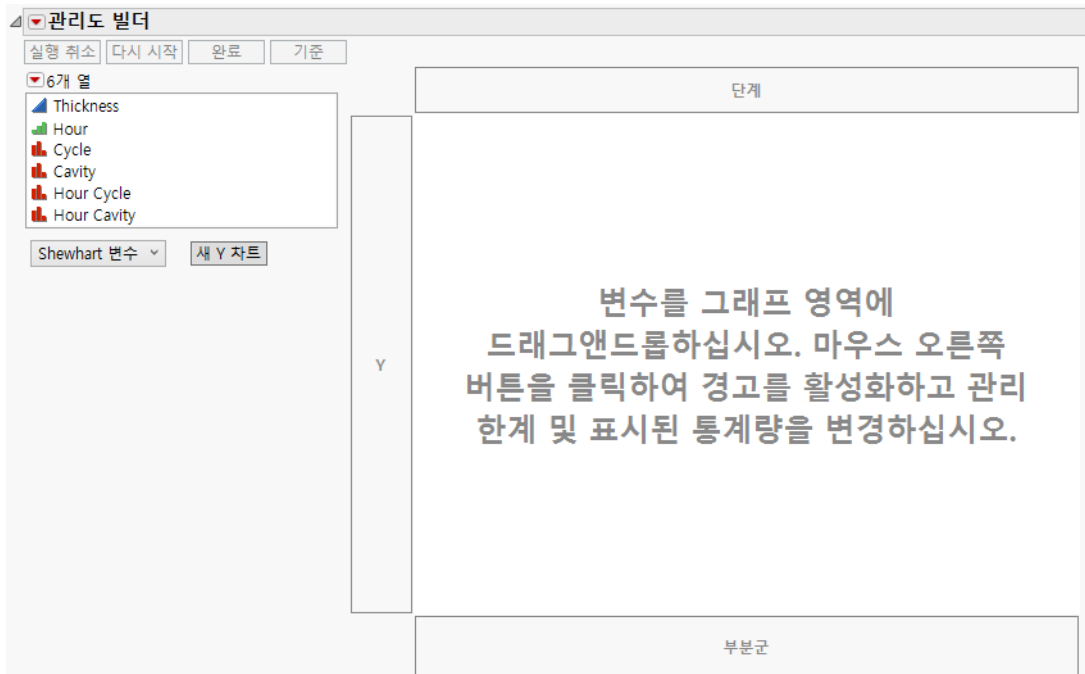
- Levey Jennings 관리도
- 평균 I/MR 관리도
- 삼원 관리도

참고 : CUSUM 관리도, EWMA 관리도 및 다변량 관리도는 관리도 빌더에서 시작되는 대신 자체 플랫폼에서 시작되며 별도로 문서화됩니다. 자세한 내용은 "[CUSUM 관리도](#)", "[다변량 관리도](#)" 및 "[EWMA 관리도](#)" 에서 확인하십시오.

시작 창에서 "확인"을 클릭하면 기본적으로 제어판이 숨겨져 있는 관리도 빌더 창이 나타납니다. 다른 모든 옵션 및 기능은 동일합니다.

관리도 빌더 대화식 작업 영역

그림 3.4 대화식 관리도 빌더 창



"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

관리도 생성을 시작하려면 **열 선택** 상자의 변수를 영역으로 드래그합니다. 변수를 가운데에 놓으면 해당 변수가 연속형인지 아니면 범주형인지에 따라 JMP 에서 변수 위치를 추측합니다. 관리도 빌더 작업 영역에는 다음 영역이 포함되어 있습니다.

Y 공정 변수를 할당합니다.

부분군 부분군 변수를 할당합니다. 부분군 수준을 여러 열의 조합으로 정의하려면 **부분군** 영역에 여러 변수를 추가합니다. 부분군 변수가 할당되면 관리도의 각 점은 부분군의 모든 점에 대한 요약 통계량에 해당합니다.

단계 단계 변수를 할당합니다. 단계 변수가 할당되면 각 단계에 대해 별도의 관리 한계가 계산됩니다. 자세한 내용은 "**Xbar-R 차트 단계 예제**"에서 확인하십시오.

초기 "관리도 빌더" 창에는 다음 버튼이 포함되어 있습니다.

실행 취소 창에서 마지막으로 변경한 사항을 되돌립니다.

다시 시작 창을 기본 상태로 되돌려 모든 데이터를 제거하고 모든 영역을 지웁니다.

완료 버튼과 "열 선택" 상자를 숨기고 모든 놓기 영역 외곽선을 제거합니다. 프레젠테이션에 적합한 이 형식을 사용하여 그래프를 다른 프로그램에 복사할 수 있습니다. 창을 대화식 모드로 복원하려면 "관리도 빌더"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **제어판 표시**를 선택합니다.

기준 변수를 식별하고 열에 나타나는 각 값에 대해 별도의 분석을 생성합니다.

Shewhart 계량형 / Shewhart 계수형 / 희귀 사건 "Shewhart 계량형", "Shewhart 계수형" 또는 "희귀 사건" 관리도 유형을 선택할 수 있습니다. 계수형 차트 유형을 선택하면 차트에 "시행 횟수" 상자와 영역이 나타납니다.

시행 횟수 (계수형 차트에 사용 가능) 계수형 관리도에 사용할 로트 크기를 할당합니다.

새 Y 차트 "열 선택" 상자에서 선택한 모든 열에 대해 현재 차트의 복사본을 생성합니다. 선택한 열은 새 차트의 Y 역할에 사용됩니다.

변수를 차트로 드래그하면 차트에서 항목을 표시하거나 숨기거나 전환할 수 있는 다른 버튼과 옵션이 왼쪽에 나타납니다 (그림 3.7). 이러한 기능 (점, 한계, 경고 등) 중 대부분은 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하면 사용할 수 있는 기능과 동일합니다. 자세한 내용은 "**옵션 패널 및 마우스 오른쪽 버튼 클릭 차트 옵션**"에서 확인하십시오. 경고와 규칙에 대한 자세한 내용은 "**검정**" 및 "**Westgard 규칙**"에서 확인하십시오.

삼원 관리도 계량형 차트 유형에 대한 삼원 관리도를 생성할 수 있습니다. 부분군 크기는 1보다 커야 합니다. 부분군 평균, 부분군 내 변동 또는 부분군 간 변동에 따라 도표화되는 통계량이 달라집니다. 세 개의 기본 집합에는 이동 범위 한계를 사용한 평균의 사전 집계 차트, 이동 범위 차트 및 범위 차트가 포함됩니다.

사건 선택기 선택이 변경될 때 해당 내용에 대한 반응이 실시간으로 차트에 적용될 수 있습니다. 인식되어 사전 스코어링되는 몇 가지 표준 그룹이 있습니다 (예: 통과 / 실패, 예 / 아니요, Likert 척도, 적합 / 부적합 및 결함 / 무결함). 설문 조사 결과를 분석 중이고 하나 이상의 질문에 대해 결과의 특정 부문에만 초점을 맞추려는 경우 화면에서 선택할 수 있습니다. 선택하면 차트가 스코어링되고 즉시 다시 표시됩니다. 사건 선택기에서 선택한 수준은 사건으로 간주되고 다른 모든 수준은 비사건 (non-event)으로 간주됩니다.

사건 선택기는 반응 열의 모델링 유형이 명목형 또는 순서형인 계수형 차트에 사용할 수 있습니다. 숫자 정수 값 명목형 또는 순서형 반응 열에서 사건 선택기를 사용하려면 "관리도 빌더"의 빨간색 삼각형 메뉴에서 "사건 선택기 사용" 옵션을 선택해야 합니다. 모델링 유형이 연속형인 반응 열에는 사건 선택기가 나타나지 않습니다.

특정 관리도의 시작 창

시작 창에 표시되는 옵션은 시작하는 관리도가 계량형인지 아니면 계수형인지에 따라 달라집니다.

계량형 관리도의 시작 창

이 섹션에는 I/MR, XBar, 런, Levey Jennings, 평균 I/MR 및 삼원 관리도의 시작 창에 대한 정보가 포함되어 있습니다.

그림 3.5 계량형 관리도의 시작 창

The '열 선택' (Column Selection) section on the left contains a list of variables: Thickness, Hour, Cycle, Cavity, Hour Cycle, and Hour Cavity. Below this list is a field for '일정한 부분군 크기' (Fixed Subgroup Size) set to 5, with a note '(부분군 열이 제공되지 않은 경우)' (if no subgroup column is provided). There is also a '산포 차트' (Dispersion Chart) section with a '범위' (Range) dropdown.

The '선택한 열 역할 지정' (Assign Roles to Selected Columns) section in the middle has four rows for assigning roles: 'Y' (assigns '필수 숫자' and '선택적 숫자'), '부분군' (assigns '선택적'), '단계' (assigns '선택적'), and '기준' (assigns '선택적').

The '작업' (Actions) section on the right contains buttons for '확인' (OK), '취소' (Cancel), '제거' (Remove), '재호출' (Re-call), and '도움말' (Help).

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

Y 공정 변수를 할당합니다.

부분군 (XBar, Levey Jennings, 평균 I/MR 및 삼원 관리도에만 사용 가능) 부분군 변수를 할당합니다. 부분군 변수가 할당되면 관리도의 각 점은 부분군의 모든 점에 대한 요약 통계량에 해당합니다.

표본 라벨 (I/MR 차트에만 사용 가능) 개별 측정값에 고유 라벨을 지정하기 위해 표본 라벨 변수를 할당합니다.

단계 (런 차트에는 사용 불가능) 단계 변수를 할당합니다. 단계 변수가 할당되면 각 단계에 대해 별도의 관리 한계가 계산됩니다.

기준 열에 나타나는 각 값에 대해 별도의 분석을 생성하기 위해 변수를 식별합니다.

표본 라벨을 기준으로 정렬 표본 라벨을 기준으로 모든 변수를 정렬합니다.

일정한 부분군 크기 (XBar 차트에만 사용 가능) 각 부분군을 구성하는 관측값 수를 지정합니다. 부분군당 관측값 수가 일정하지 않으면 "부분군" 역할에 열을 지정해야 합니다.

참고: 부분군 변수를 지정하면 플랫폼에서 "일정한 부분군 크기" 옵션의 설정이 무시됩니다.

산포 차트 (XBar 차트에만 사용 가능) XBar 차트 아래에 나타나는 산포 차트의 유형을 지정합니다. 산포 차트 없음, 범위 차트 (XBar & R) 또는 S 관리도 (XBar & S) 중에서 선택할 수 있습니다.

계수형 관리도의 시작 창

이 섹션에는 NP, P, C 및 U 관리도의 시작 창에 대한 정보가 포함되어 있습니다.

그림 3.6 계수형 관리도의 시작 창

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

Y 공정 변수를 할당합니다.

부분군 부분군 변수를 할당합니다. 부분군 변수가 할당되면 관리도의 각 점은 부분군의 모든 점에 대한 요약 통계량에 해당합니다.

시행 횟수 부분군 표본 크기를 할당합니다.

단계 단계 변수를 할당합니다. 단계 변수가 할당되면 각 단계에 대해 별도의 관리 한계가 계산됩니다.

기준 열에 나타나는 각 값에 대해 별도의 분석을 생성하기 위해 변수를 식별합니다.

관리도 빌더 창

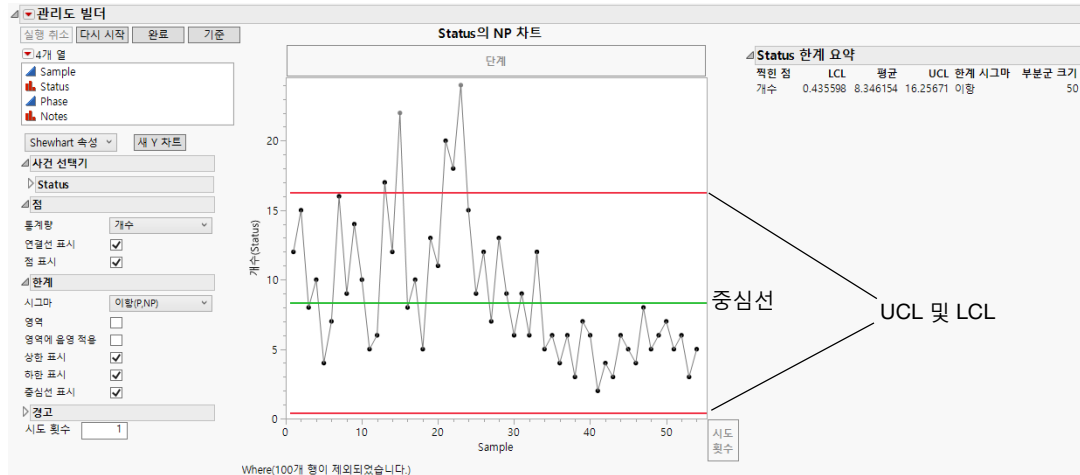
관리도 빌더를 사용하여 공정 데이터에 대한 관리도를 생성할 수 있습니다. 분석을 통해 공정이 통계적 관리 상태인지 여부를 평가하는 데 사용할 수 있는 차트가 생성됩니다. 보고서는 선택한 차트 유형에 따라 달라집니다. 데이터 테이블에서 데이터가 추가되거나 변경되면 관리도가 동적으로 업데이트됩니다. [그림 3.7](#)에는 Bottle Tops.jmp 샘플 데이터 테이블에 대한 관리도 빌더 창이 표시되어 있습니다.

차트를 생성하려면 다음을 수행하십시오.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Bottle Tops.jmp 를 엽니다.

2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 선택합니다.
3. Status 를 Y 영역으로 드래그합니다.
4. Sample 을 부분군 영역 (아래쪽) 으로 드래그합니다.

그림 3.7 관리도 빌더 창



다른 변수를 다양한 영역으로 드래그하여 분석을 확대하고 "관리도 빌더 옵션"을 사용하여 데이터를 자세히 검토할 수 있습니다. 또한 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 나타나는 차트 옵션 중 일부(예: 점, 한계, 경고 및 영역 표시 또는 숨기기, 통계량 및 시그마 옵션 선택)가 차트 왼쪽에 표시되어 쉽게 액세스할 수 있습니다.

관리도에는 다음과 같은 특성이 있습니다.

- 차트에 표시된 각 점은 개별 공정 측정값 또는 요약 통계량을 나타냅니다. 부분군은 추론에 근거하여 합리적으로 선택해야 합니다. 즉, 부분군 간의 공정 신호가 참일 확률을 최대화하도록 선택해야 합니다. 대개 가장 효과적인 그룹화 전략을 결정하려면 공정에 대한 지식이 필요합니다. 자세한 내용은 Wheeler(2004), Woodall and Adams(1998) 연구 자료에서 확인하십시오.
- 관리도의 세로 축은 요약 통계량과 동일한 단위로 척도화됩니다.
- 관리도의 가로 축은 부분군 표본을 식별하고 시간 순서로 지정됩니다. 시간별 공정을 관측하는 것은 공정의 변화 여부를 평가하는 데 중요합니다.

녹색 선은 중심선, 즉 데이터의 평균입니다. 중심선은 공정이 통계적 관리 상태일 때 요약 통계량의 평균 값 (기대값) 을 나타냅니다. 측정값은 중심선의 양쪽에 균등하게 나타나야 합니다. 그렇지 않으면 공정 평균이 변하고 있다는 증거가 될 수 있습니다.

- 빨간색 선 두 개는 각각 UCL 및 LCL 라벨이 지정된 관리 상한과 관리 하한입니다. 관리 한계는 공정이 통계적 관리 상태일 때 요약 통계량에 예상되는 변동 범위를 제공합니다. 공정에서 일상적 변동만 나타나는 경우 모든 점이 해당 범위 내에 무작위로 포함되어야 합니다.

참고: 산포, 계수형 및 회귀 사건 차트에서 관리 하한을 숨기려면 옵션 패널의 "하한 표시" 옵션을 선택 취소합니다. 관리 하한을 항상 숨기도록 기본값을 변경하려면 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더에서 "관리 하한 표시" 환경 설정을 선택 취소합니다.

- 관리 한계를 벗어난 점은 특수한 변동 원인이 있음을 나타냅니다.

관리도 빌더 창의 옵션은 표본을 받고 기록하거나 데이터 테이블에 추가할 때 동적으로 업데이트할 수 있는 관리도를 생성합니다. 관리도에 비정상적인 변동이 나타날 때 공정 성능이 저하된 경우에는 공정을 통계적 관리 상태로 되돌리는 조치를 취해야 합니다. 비정상적인 변동이 공정 개선을 나타낼 경우에는 변동 원인을 연구하고 구현해야 합니다.

축을 두 번 클릭하면 형식, 축 값, 눈금 수, 격자선, 참조선 및 표시할 기타 옵션을 지정할 수 있는 적절한 축 규격 창이 나타납니다.

관리도 빌더 옵션

관리도 빌더 옵션은 빨간색 삼각형 메뉴에 표시되거나 차트 또는 축을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하면 나타납니다. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 나타나는 차트 옵션 중 일부는 차트 왼쪽에도 표시되어 쉽게 액세스할 수 있습니다. 또한 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더에서 관리도 빌더의 다양한 옵션에 대한 환경 설정을 지정할 수 있습니다.

- "관리도 빌더의 빨간색 삼각형 메뉴 옵션"
- "옵션 패널 및 마우스 오른쪽 버튼 클릭 차트 옵션"
- "관리도 빌더의 마우스 오른쪽 버튼 클릭 축 옵션"

관리도 빌더의 빨간색 삼각형 메뉴 옵션

"관리도 빌더"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

제어판 표시 다음 요소를 표시하거나 숨깁니다.

- 버튼
- 열 선택 상자
- 놓기 영역 테두리
- 체크박스 및 드롭다운 메뉴

한계 요약 표시 한계 요약 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 이 보고서에는 관리 한계 (LCL 및 UCL), 중심선 (평균), 찍힌 점과 한계 및 차트의 표본 크기가 표시됩니다. 회귀 사건 차트의 경우 표본 크기가 표시되지 않습니다.

공정 능력 표시 (규격 한계가 있는 Shewhart 계량형 차트에만 사용 가능) 공정 능력 분석 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 공정 능력 보고서는 한계 요약 보고서의 일부이므로 "한계 요약 표시" 옵션을 선택한 경우에만 나타납니다. 자세한 내용은 "**공정 능력 보고서**"에서 확인하십시오. 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 관리도 빌더의 공정 능력 보고서에 있는 다양한 옵션에 대한 환경 설정을 지정할 수 있습니다.

참고 : 반응 변수에 변동이 없으면 "공정 능력 표시"를 사용할 수 없습니다.

경보 보고서 표시 관리이탈 표본에 대한 정보가 포함된 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 이 보고서는 각 차트에서 현재 활성화된 검정의 오류를 반영하며 다른 검정이 활성화 / 비활성화되고 데이터 및 행 상태가 변경되면 자동으로 업데이트됩니다. 두 번째 테이블에는 각 차트에 대해 현재 활성화된 검정이 나열됩니다. 첫 번째 테이블에는 다음 열이 포함되어 있습니다.

위치 보고서의 맨 위에서 시작하여 차트 위치를 숫자로 나타냅니다.

총 관리이탈 표본 수 선택한 검정 중 하나 이상에 실패한 표본 수를 계산합니다.

경보 비율 총 관리이탈 표본 수를 총 비결측 표본 수로 나눈 값입니다. 관리이탈 비율이라고도 합니다.

참고 : 경보 비율을 계산할 때 제외된 표본 수도 포함하려면 "제외된 부분군 검정" 및 "제외된 영역 표시" 옵션이 모두 선택되어 있어야 합니다.

한계 라벨 표시 각 차트에서 한계의 라벨을 표시하거나 숨깁니다. 한계는 차트의 오른쪽 프레임 안에 표시됩니다.

시그마 보고서 표시 (Shewhart 계량형 차트에만 사용 가능) 시그마 값 테이블이 포함된 공정 시그마 보고서를 표시하거나 숨깁니다. "공정 시그마 보고서"에는 전체 표본 크기, 부분군 수, 표본 평균, 전체 표준편차, 군내 표준편차 및 안정성 지수가 포함됩니다. 삼원 관리도의 경우 군간 표준편차 및 군간 - 군내 표준편차 값도 표시됩니다. 단계 변수가 지정되면 각 단계에 대한 값 집합이 제공됩니다.

참고 : "공정 시그마 보고서"는 한계 요약 보고서가 실행된 경우에만 나타납니다.

한계 가져오기 열려 있거나 저장된 데이터 테이블에 포함되어 있는 관리 한계를 가져옵니다.

제외된 영역 표시 차트에서 표본이 제외된 영역을 표시 (설정) 하거나 제거 (해제) 합니다. 완전히 제외된 부분군은 위치 차트에 흐린 점으로 표시되어 해당 부분군이 제외되었음을 나타냅니다.

주의 : "제외된 영역 표시" 옵션은 차트에 영향을 줍니다. 제외된 표본은 이 옵션의 설정 여부에 관계없이 관리 한계 계산에서 제거됩니다. 제외된 표본은 "제외된 부분군 검정" 및 "제외된 영역 표시" 옵션이 모두 선택된 경우에만 경보 비율 계산에 포함됩니다.

부분군 크기 설정 (부분군 변수가 지정된 경우에는 사용 불가능) 부분군 크기를 설정합니다. 한계 및 시그마를 계산할 때 결측값이 고려됩니다.

참고 : "부분군 크기 설정" 옵션을 사용하는 경우 "제외된 영역 표시" 옵션이 자동으로 설정됩니다.

한계 저장 다음 중 한 가지 방법으로 관리 한계를 저장합니다.

열에 관리 한계를 반응 변수의 기존 데이터 테이블에 열 특성으로 저장합니다. 한계가 일정하면 보고서의 각 차트 유형에 대한 LCL, 평균 및 UCL 값이 저장됩니다. 단계 차트에는 이 옵션을 사용할 수 없습니다. 또한 각 차트에 대해 표본 크기가 일정하지 않으면 이 옵션을 사용해도 아무 효과가 없습니다.

새 테이블에 각 차트의 표준편차 및 평균을 새 데이터 테이블에 저장합니다. 한계가 일정하면 각 차트의 LCL, 평균, UCL 및 표본 크기도 저장됩니다. 단계가 있는 경우 각 단계에 대한 새 값 집합이 저장됩니다. 각 통계량에 대한 행과 각 Y 변수에 대한 열이 있습니다.

새 세로형 테이블에 (회귀 사건, 계수형 또는 단계 차트에는 사용 불가능) 각 차트의 표준편차, 평균 및 시그마를 새 데이터 테이블에 저장합니다. 한계가 일정하면 각 차트의 LCL, 평균, UCL 및 표본 크기도 저장됩니다. 각 Y 변수에 대한 행과 각 통계량에 대한 열이 있습니다. 공정 변수 선별 플랫폼에서 사용할 수 있는 시그마 열도 저장됩니다.

요약 저장 표본 라벨, 표본 크기, 표시되는 통계량, 중심선, 관리 한계, 검정, 경고 및 오류와 같은 정보를 포함하는 새 데이터 테이블을 생성합니다. 테이블에 포함되는 특정 통계량은 차트 유형에 따라 다릅니다.

그래프 간격 그래프 사이의 간격 크기를 설정합니다.

결측 범주 포함 그래프에서 범주형 열에 결측값이 있는 행을 수집할 수 있도록 하고 그래프의 결측값을 별도의 범주로 표시합니다. 이 옵션을 비활성화하면 결측 X 값이 있는 모든 행이 계산에서 제거되고 그래프에서도 숨겨집니다.

수집된 결측값을 관련 축에 표시할 수 있는 확실한 방법이 없으므로 연속형 X 변수 또는 범주형 Y 변수에는 이 옵션을 사용할 수 없습니다. 기본적으로 이 옵션은 활성화되어 있습니다.

참고 : "결측 범주 포함"이 활성화된 경우 범주형 X 변수에 결측값이 있으면 관리도 빌더의 공정 능력 분석 결과가 공정 능력 플랫폼의 결과와 일치하지 않습니다.

사건 선택기 사용 (비연속형 수치 Y 변수가 있는 계수형 차트에만 사용 가능) 순서형 수치 데이터를 범주화하고 개별 수치 수준의 모델링 선택을 제공합니다.

경보 스크립트 데이터가 특수 원인 검정에 실패했음을 나타내는 스크립트를 작성하고 실행할 수 있습니다. 자세한 내용은 "**검정**"에서 확인하십시오. 결과를 파일 또는 로그에 쓰거나 이 메일로 보낼 수 있습니다. 검정이 실패한 이유에 대한 설명을 포함하는 옵션이 있습니다.

경보 스크립트가 호출되면 실행된 스크립트와 후속 JSL 스크립트에서 모두 다음 변수를 사용할 수 있습니다.

`qc_col` - 열 이름

`qc_test` - 실패한 검정

`qc_sample` - 표본 번호

qc_phase - 오류가 발생한 단계의 라벨

사용자 정보 스크립트 작성에 대한 자세한 내용은 **Scripting Guide** 의 에서 확인하십시오 .

참고 : 로컬 데이터 필터를 사용하는 보고서에서는 경보 스크립트를 사용할 수 없습니다 .

행 순서별 정렬 모든 부분군 및 단계 변수를 데이터 테이블에 수준이 나타나는 순서대로 정렬합니다 . 이 옵션은 내포된 부분군 및 단계 변수의 모든 조합에 적용됩니다 .

제외된 부분군 검정 (" 제외된 영역 표시 " 옵션이 선택된 경우에만 사용 가능) 완전히 제외된 부분군을 검정 계산에 포함 (설정) 하거나 제외 (해제) 합니다 . 제외된 부분군이 표시된 경우 " 제외된 부분군 검정 " 옵션을 선택하지 않으면 제외된 부분군이 결측값으로 처리됩니다 .

참고 : 연속된 점을 사용하는 검정의 경우 (런 검정) 완전히 제외된 부분군이 결측값으로 처리되고 연속된 점 개수가 다시 계산됩니다 .

관리도 대화상자 (관리도 시작 창을 통해 관리도를 시작한 경우에만 사용 가능) 관리도를 생성하는 데 사용된 원래 설정으로 관리도 시작 창을 엽니다 .

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용** 의 에서 확인하십시오 .

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다 .

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 . 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 " 자동 재계산 " 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다 .

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 .

- 열 전환기는 연결된 차트가 두 개 이하인 단일 Y 변수에만 사용할 수 있습니다 . 선택한 차트 유형에 따라 Y 역할에 적합한 열만 열 전환기 열 목록에 포함됩니다 .
- 관리도 빌더에서 " 자동 재계산 " 옵션은 기본적으로 설정되어 있으며 해제할 수 없습니다 .
- 로컬 데이터 필터를 사용하는 경우 " 제외된 영역 표시 " 옵션의 선택을 취소하면 더 집중적으로 탐색할 수 있습니다 .

옵션 패널 및 마우스 오른쪽 버튼 클릭 차트 옵션

다음 옵션은 관리도 빌더 보고서의 왼쪽에 나타나거나 , 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하면 나타납니다 . 일부 옵션은 두 위치에 모두 표시됩니다 .

사건 선택기 (반응 열의 모델링 유형이 명목형 또는 순서형인 계수형 차트에만 사용 가능) 선택이 변경될 때 해당 내용에 대한 반응이 실시간으로 차트에 적용될 수 있습니다 . 자세한 내용은 " **사건 선택기** " 에서 확인하십시오 .

점 다음 옵션을 제공합니다 .

통계량 차트에 표시되는 통계량을 변경합니다. 자세한 내용은 "**통계량**"에서 확인하십시오.

개별 점 부분군의 개별 관측값을 표시하거나 숨깁니다. 부분군 변수 또는 "표본 크기 설정"에서만 사용할 수 있습니다. 계수형 차트 유형 또는 회귀 사건 차트에는 이 옵션을 사용할 수 없습니다.

상자 그림 (Shewhart 계량형 차트에만 사용 가능) 차트에 상자 그림을 표시하거나 숨깁니다.

연결선 표시 점 사이의 연결선을 표시합니다.

점 표시 차트에 점을 표시하거나 숨깁니다.

한계 다음 옵션을 제공합니다.

시그마 시그마 계산 방법을 지정합니다. 자세한 내용은 "**시그마**"에서 확인하십시오.

영역 (계량형 및 계수형 차트 유형에만 사용 가능) 차트에 영역을 표시하거나 숨깁니다. 평균의 양쪽에 너비가 동일한 영역이 세 개씩 있습니다. LCL 아래 또는 UCL 위에는 영역이 표시되지 않습니다. 계량형 차트의 한계가 평균을 기준으로 중심화되지 않으면 $\min(\text{평균} - \text{LCL}, \text{UCL} - \text{평균})/3$ 이 각 영역의 너비로 사용됩니다. 계수형 차트의 영역에서는 $(\text{UCL} - \text{평균})/3$ 을 너비로 사용합니다.

영역에 음영 적용 범위별로 음영 영역을 표시하거나 숨깁니다. C 영역은 녹색, A 및 B 영역은 노란색으로 각각 음영이 적용되고 A 영역을 벗어난 부분은 빨간색으로 음영이 적용됩니다.

규격 한계 (데이터 테이블에 "규격 한계" 열 특성이 있거나, "규격 한계 추가" 옵션을 사용하여 규격 한계를 지정하는 경우에만 사용 가능) 차트에 규격 한계를 표시하거나 숨깁니다. 기본적으로 "규격 한계" 열 특성에서 "그래프 참조선으로 표시" 옵션이 선택된 경우 규격 한계가 표시됩니다. 규격 한계 열 특성을 추가하는 방법에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

규격 한계 추가 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 규격 한계를 입력할 수 있습니다.

관리 한계 설정 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 검정의 관리 한계를 입력할 수 있습니다. "관리 한계 설정" 창에서 "확인"을 클릭하면 지정된 관리 한계가 전체 그룹에 균등하게 설정됩니다. 지정된 관리 한계를 제거하려면 이 옵션을 다시 선택합니다.

한계 추가 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 차트에 표시할 추가 관리 한계를 지정합니다. 이러한 한계는 검정에 사용되지 않습니다.

상한 표시 차트에 관리 상한을 표시하거나 숨깁니다. 차트에서 관리 상한을 숨기면 "한계를 벗어난 경우 검정" 및 "검정 1" 옵션은 숨겨진 관리 상한과 연결된 점에 플래그를 지정하지 않습니다.

하한 표시 차트에 관리 하한을 표시하거나 숨깁니다. 차트에서 관리 하한을 숨기면 "한계를 벗어난 경우 검정" 및 "검정 1" 옵션은 숨겨진 관리 하한과 연결된 점에 플래그를 지정하지 않습니다.

중심선 표시 차트에 중심선을 표시하거나 숨깁니다.

산포 차트 추가 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 차트 영역에 산포 차트를 추가합니다. "점" 옵션으로 차트 유형을 변경합니다. 산포 차트에서는 범위, 표준편차 또는 이동 범위를 포함한 여러 형태의 산포 중 하나를 표시하여 데이터의 변동을 보여 줍니다. 계량형 차트 유형에만 사용할 수 있습니다.

참고 : 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더에서 "산포 차트" 및 "요약된 산포 차트" 환경 설정을 사용하여 기본 산포 차트 유형을 사용자 정의할 수 있습니다.

부분군 크기 설정 부분군 크기를 설정합니다. 한계 및 시그마를 계산할 때 결측값이 고려됩니다. 경고 다음 옵션을 제공합니다.

검정 사용자 정의 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 사용자 검정을 설계하고 동시에 여러 검정을 선택하거나 선택 취소할 수 있습니다. 이 옵션을 선택하면 검정 설계를 위한 "검정 사용자 정의" 창이 나타납니다. 검정 설명을 선택하고 원하는 번호 (n) 및 라벨을 입력합니다. 설정을 환경 설정에 저장할 수 있으며 기본 설정을 복원할 수도 있습니다. 계량형 및 계수형 차트 유형에만 사용할 수 있습니다.

검정 활성화할 통계적 관리 검정을 선택할 수 있습니다. 검정에 대한 자세한 내용은 "**검정**"에서 확인하십시오. 계량형 및 계수형 차트 유형에만 사용할 수 있습니다.

참고 : 차트에서 플래그 지정된 점을 커서로 가리키면 실패한 검정에 대한 설명을 확인할 수 있습니다.

Westgard 규칙 활성화된 Westgard 통계적 관리 검정 집합을 지정합니다. Westgard 규칙은 영역이 아니라 시그마를 기반으로 하므로 일정한 표본 크기를 고려하지 않고 계산할 수 있습니다. 검정에 대한 자세한 내용은 "**Westgard 규칙**"에서 확인하십시오. 계량형 및 계수형 차트 유형에만 사용할 수 있습니다.

한계를 벗어난 경우 검정 (JMP에서는 검정 15라고 함) 관리 한계를 벗어나는 점에 대한 검정을 활성화합니다. 이러한 점은 차트에서 식별됩니다. 이 검정은 표본 크기가 동일한지에 관계없이 한계가 있는 모든 차트에서 작동합니다.

참고 : 관리 상한 또는 하한을 숨기면 "한계를 벗어난 경우 검정" 옵션은 관리도에 표시되지 않는 한계를 벗어나는 점에 플래그를 지정하지 않습니다.

그래프 제거 (마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에서 사용 가능) 관리도를 제거합니다.

위치 차트 제거 (위치 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭한 경우에만 사용 가능) 보고서에서 위치 차트를 제거합니다.

산포 차트 제거 (산포 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭한 경우에만 사용 가능) 보고서에서 산포 차트를 제거합니다.

참고 : 행, 그래프, 사용자 정의 및 편집 메뉴에 대한 설명은 JMP 사용에서 확인하십시오.

삼원 관리도 계량형 차트 유형에 대한 삼원 관리도를 생성할 수 있습니다. 자세한 내용은 "**삼원 관리도**"에서 확인하십시오.

통계량

차트에 점으로 표시되는 통계량을 변경할 수 있습니다. 사용 가능한 옵션은 선택한 차트 유형에 따라 다릅니다.

계량형 차트 유형의 경우 다음 옵션을 사용하여 차트에 점으로 표시되는 통계량을 변경할 수 있습니다.

개별 각 점이 데이터 테이블의 개별 값을 나타내는 차트를 생성합니다.

평균 각 점이 부분군 값의 평균을 나타내는 차트를 생성합니다.

범위 각 점이 부분군 값의 범위를 나타내는 차트를 생성합니다.

표준편차 각 점이 부분군 값의 표준편차를 나타내는 차트를 생성합니다.

평균에 대한 이동 범위 연속된 두 부분군 평균 간의 범위 차이를 계산합니다.

표준편차에 대한 이동 범위 연속된 두 부분군 표준편차 간의 범위 차이를 계산합니다.

이동 범위 각 점이 연속된 두 관측값 간의 차이를 나타내는 차트를 생성합니다.

참고 : 평균, 범위, 표준편차, 평균에 대한 이동 범위 및 표준편차에 대한 이동 범위 방법은 표본 크기가 1 보다 큰 부분군 변수가 지정되거나 표본 크기가 설정된 경우에만 나타납니다.

계수형 차트 유형의 경우 다음 옵션을 사용하여 차트에 점으로 표시되는 통계량을 변경할 수 있습니다.

비율 각 점이 부분군 표본의 항목 비율을 나타내는 차트를 생성합니다.

개수 각 점이 부분군 표본의 항목 수를 나타내는 차트를 생성합니다.

희귀 사건 차트 유형의 경우 "개수" 옵션을 사용하여 통계량을 차트에 점으로 나타냅니다.

시그마

차트에 대한 시그마 계산 방법을 변경할 수 있습니다. 사용 가능한 옵션은 선택한 차트 유형에 따라 다릅니다.

계량형 차트 유형의 경우 다음 옵션을 사용할 수 있습니다.

범위 부분군 데이터의 범위를 사용하여 시그마를 추정합니다.

표준편차 부분군 데이터의 표준편차를 사용하여 시그마를 추정합니다.

이동 범위 이동 범위를 사용하여 시그마를 추정합니다. 이동 범위는 연속된 두 점 사이의 차이입니다.

중앙값 이동 범위 평균 이동 범위가 아니라 중앙값 이동 범위를 사용하여 시그마를 추정합니다.

Levey-Jennings 모든 관측값의 표준편차를 사용하여 시그마를 추정합니다. 차트에 단계가 있는 경우 시그마는 각 단계에 대해 개별적으로 계산됩니다.

계수형 차트 유형의 경우 다음 옵션을 사용할 수 있습니다.

이항 이항 분포 모형을 사용하여 시그마를 추정합니다. 이 모형은 각 실험이 특정 확률로 성공하는 일련의 순차적 실험에서 성공 횟수를 나타냅니다. "이항" 을 선택하면 P 또는 NP 차트가 생성됩니다.

Poisson Poisson 분포 모형을 사용하여 시그마를 추정합니다. 이 모형은 사건의 수와 지정된 시간 간격 동안 이러한 사건이 발생하는 시간을 나타냅니다. "Poisson" 을 선택하면 C 또는 U 차트가 생성됩니다.

희귀 사건 차트 유형의 경우 다음 옵션을 사용할 수 있습니다.

음이항 음이항 분포 모형을 사용하여 시그마를 추정합니다. 이 모형은 지정된 실패 횟수에 도달하기 전에 일련의 시행에서 성공 횟수를 나타냅니다. "음이항" 을 선택하면 G 차트가 생성됩니다.

Weibull Weibull 분포 모형을 사용하여 시그마를 추정합니다. 이 모형은 고장 사이의 평균 시간을 나타냅니다. "Weibull" 을 선택하면 T 차트가 생성됩니다.

검정

팝업 메뉴 또는 창 왼쪽에 있는 "경고" 옵션은 검정 선택을 위한 하위 메뉴를 표시합니다. 메뉴에서 특수 원인에 대한 하나 이상의 검정(Western Electric 규칙)을 선택할 수 있습니다. Nelson(1984)은 관리도에서 특수 검정을 식별하는 데 사용되는 번호 매기기 표기법을 개발했습니다. 크기가 동일한 표본과 동일하지 않은 표본에서 모두 검정이 가능합니다.

선택한 검정이 특정 표본에 대해 양성인 경우 해당 점의 라벨에 검정 번호가 지정됩니다. 표시할 검정을 여러 개 선택한 경우 특정 점에서 둘 이상의 검정에 대한 신호가 나타나면 가장 낮은 숫자가 지정된 검정의 라벨이 해당 점 옆에 나타납니다. 차트에서 플래그 지정된 점을 커서로 가리키면 실패한 검정에 대한 설명을 확인할 수 있습니다.

팁 : 동시에 여러 검정을 추가하거나 제거하려면 제어판의 **경고 > 검정**에서 검정을 선택 또는 선택 취소하십시오.

표 3.8에는 8 개의 검정 목록 및 해석이 포함되어 있고 그림 3.9에서는 검정을 보여 줍니다. 각 검정에 다음 규칙이 적용됩니다.

- 상한과 하한 사이의 영역은 각각 너비가 1 표준편차인 6 개 영역으로 구분됩니다.
- 영역에 A, B, C, C, B, A 라벨이 지정되며 C 영역이 중심선에서 가장 가깝습니다.
- C 영역과 B 영역을 구분하는 선을 벗어난 점은 B 영역 내에 있거나 영역을 벗어납니다. 즉, 중심선으로부터의 표준편차가 1 을 초과하는 경우입니다.
- 두 영역을 구분하는 선 위에 있는 점은 가장 안쪽 영역에 속하는 것으로 간주됩니다. 따라서 A 영역과 B 영역 사이의 선 위에 있는 점은 B 영역에 있는 것으로 간주됩니다.
- 단계 변수가 지정되면 각 단계를 시작할 때 각 검정의 개수가 재설정됩니다.

참고 :

- 검정 1 ~ 검정 8 은 모든 Shewhart 계량형 차트 유형에 적용됩니다.

- 검정 1, 2, 5, 6 은 차트의 위쪽 및 아래쪽 절반에 각각 별도로 적용됩니다 .
- 검정 3, 4, 7, 8 은 전체 차트에 적용됩니다 .
- 연속 관측값을 기반으로 하는 런 검정이 발동하면 다음 표본으로 이동할 때 개수가 0 으로 재설정되지 않습니다 .
- 런 검정은 " 제외된 영역 표시 " 및 " 제외된 부분군 검정 " 옵션의 설정에 따라 제외된 행을 처리합니다 .
 - 기본적으로 두 옵션이 모두 선택되어 있으며 제외된 행이 런 검정 계산에 포함됩니다 .
 - " 제외된 영역 표시 " 옵션을 선택하고 " 제외된 부분군 검정 " 옵션을 선택하지 않으면 제외된 행이 결측값으로 처리되고 다음 표본으로 이동할 때 런 검정 개수가 0 으로 재설정됩니다 .
 - " 제외된 영역 표시 " 옵션을 선택하지 않으면 제외된 행이 삭제된 것처럼 처리됩니다 .
- 계수형 차트에는 검정 5 ~ 검정 8 을 사용할 수 없습니다 .

이러한 검정의 사용 방법에 대한 자세한 권장 사항은 Nelson 연구 자료(1984, 1985)에서 확인하십시오.

그림 3.8 Western Electric 규칙에 대한 영역

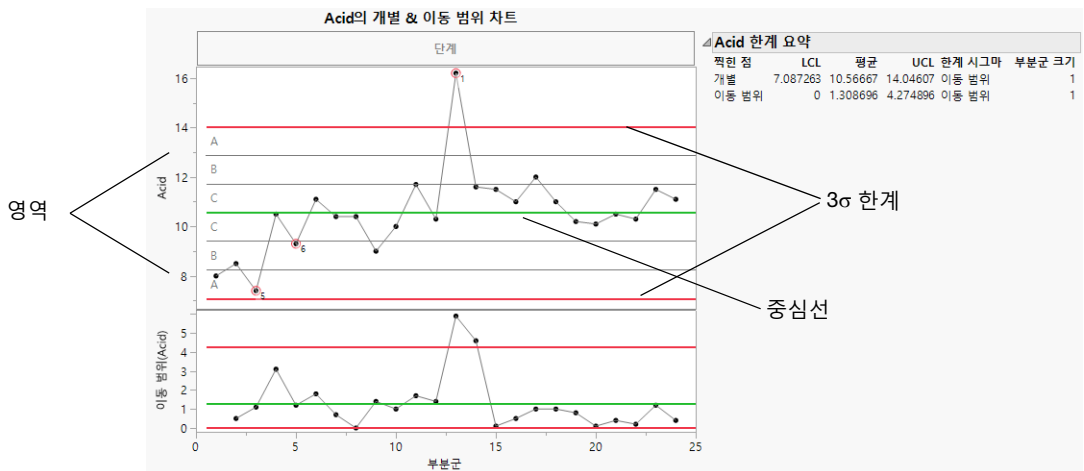


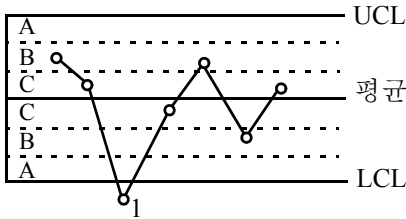
표 3.8 특수 원인 검정에 대한 설명 및 해석^a

검정 1	1 개의 점이 영역 A를 벗어나는 경우(위쪽 또는 아래쪽)	공정에서 평균의 변화, 표준편차의 증가 또는 단일 이탈을 감지합니다. 검정 1 해석을 위해 산포 차트(R, S 또는 MR)를 사용하여 변동 증가를 제외할 수 있습니다. 관리 상한 또는 하한을 숨기면 "검정 1" 옵션은 관리도에 표시되지 않는 한계와 연결된 점에 플래그를 지정하지 않습니다.
검정 2	연속된 9 개의 점이 영역 C의 한 쪽(위쪽 또는 아래쪽)에 있거나 벗어나는 경우	공정 평균의 변화를 감지합니다.
검정 3	연속된 6 개의 점이 점진적으로 증가하거나 감소하는 경우(차트의 모든 위치)	공정 평균의 추세 또는 흐름을 감지합니다.
검정 4	연속된 14 개의 점이 세로 방향으로 번갈아 나오는 경우(차트의 모든 위치)	교대로 사용되는 두 기계, 벤더 또는 작업자와 같은 체계적 효과를 감지합니다.
검정 5	연속된 3 개의 점 중 2 개의 점이 영역 A에 있거나 벗어나고 점 자체가 영역 A에 있거나 벗어나는 경우. 2 개의 점은 같은 쪽(위쪽 또는 아래쪽)에 있어야 합니다.	공정 평균의 변화 또는 표준편차의 증가를 감지합니다. 3 개 점 중 2 개의 점이 양성 검정을 제공합니다.
검정 6	연속된 5 개의 점 중 4 개의 점이 영역 B에 있거나 벗어나고 점 자체가 영역 B에 있거나 벗어나는 경우. 4 개의 점은 같은 쪽(위쪽 또는 아래쪽)에 있어야 합니다.	공정 평균의 변화를 감지합니다. 5 개 점 중 4 개의 점이 양성 검정을 제공합니다.
검정 7	연속된 15 개의 점이 영역 C, 즉 중심선 위/아래에 있는 경우	단일 부분군의 관측값을 평균이 다른 여러 소스에서 가져오는 경우 부분군의 총화를 감지합니다. 변동 감소도 감지합니다.
검정 8	연속된 8 개의 점이 중심선 양측에 있고 영역 C에는 없는 경우	한 부분군의 관측값은 단일 소스에서 가져오지만 부분군을 평균이 다른 여러 소스에서 가져오는 경우 부분군의 총화를 감지합니다.

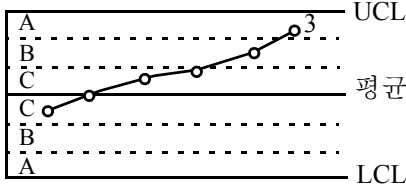
a. Nelson (1984, 1985)

그림 3.9 특수 원인 검정에 대한 그림¹

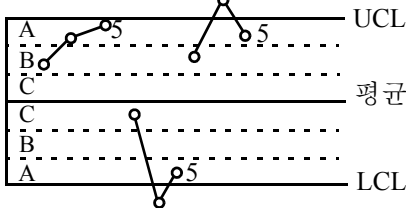
검정 1: 1 개의 점이 영역 A 를 벗어나는 경우



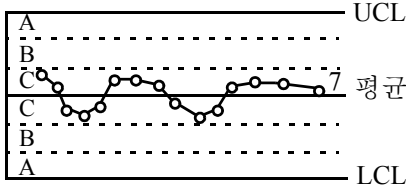
검정 3: 연속된 6 개의 점이 점진적으로 증가하거나 감소하는 경우



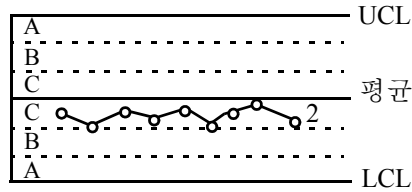
검정 5: 연속된 3 개의 점 중 2 개의 점이 영역 A 에 있거나 벗어나는 경우



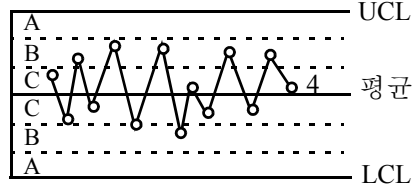
검정 7: 연속된 15 개의 점이 영역 C, 즉 중심선 위 / 아래에 있는 경우



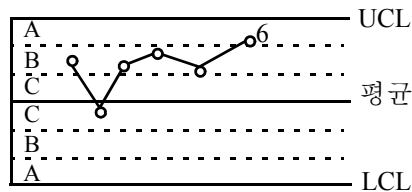
검정 2: 연속된 9 개의 점이 영역 C 의 한쪽 (위쪽 또는 아래쪽) 에 있거나 벗어나는 경우



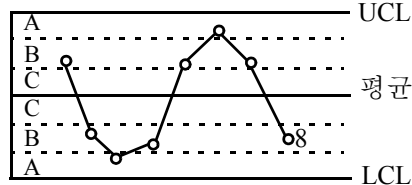
검정 4: 연속된 14 개의 점이 세로 방향으로 번갈아 나오는 경우



검정 6: 연속된 5 개의 점 중 4 개의 점이 영역 B 에 있거나 벗어나는 경우



검정 8: 연속된 8 개의 점이 중심선 양측에 있고 영역 C 에는 없는 경우



Westgard 규칙

Westgard 규칙은 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭할 때 나타나거나 창 왼쪽에 있는 "경고" 옵션의 "Westgard 규칙" 하위 메뉴에서 구현됩니다. 특정 검정에 대한 결정 규칙을 사용하여 약

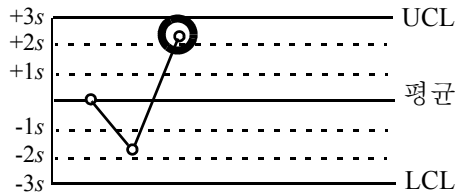
1. Nelson 1984, 1985)

어 형태로 표현된 여러 검정이 있습니다. 예를 들어 **1 2s**는 1개의 점과 평균 사이의 거리가 2 표준편차인 검정을 나타냅니다.

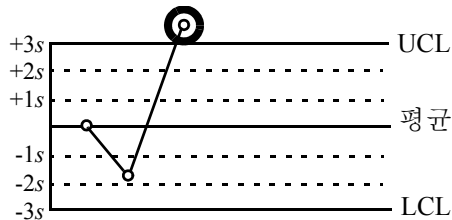
참고:

- 연속 관측값을 기반으로 하는 런 검정이 발동하면 다음 표본으로 이동할 때 개수가 0으로 재설정되지 않습니다.
- 런 검정은 "제외된 영역 표시" 및 "제외된 부분군 검정" 옵션의 설정에 따라 제외된 행을 처리합니다.
 - 기본적으로 두 옵션이 모두 선택되어 있으며 제외된 행이 런 검정 계산에 포함됩니다.
 - "제외된 영역 표시" 옵션을 선택하고 "제외된 부분군 검정" 옵션을 선택하지 않으면 제외된 행이 결측값으로 처리되고 다음 표본으로 이동할 때 런 검정 개수가 0으로 재설정됩니다.
 - "제외된 영역 표시" 옵션을 선택하지 않으면 제외된 행이 삭제된 것처럼 처리됩니다.

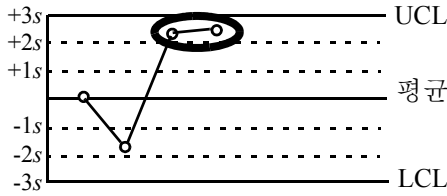
규칙 1 2S(JMP에서는 검정 9라고 함)는 관리 한계와 평균 사이의 거리가 2 표준편차로 설정된 Levey-Jennings 차트에서 주로 사용됩니다. 1개의 점이 이러한 한계를 초과할 때 규칙이 발동합니다.



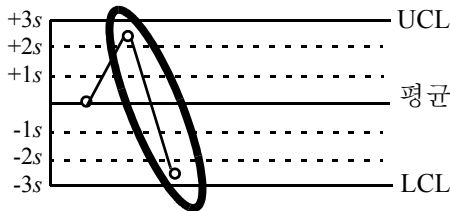
규칙 1 3S(JMP에서는 검정 10이라고 함)는 관리 한계와 평균 사이의 거리가 3 표준편차로 설정된 Levey-Jennings 차트에 공통적인 규칙을 나타냅니다. 1개의 점이 이러한 한계를 초과할 때 규칙이 발동합니다.



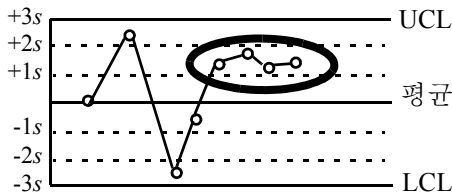
규칙 2 2S(JMP에서는 검정 11이라고 함)는 관리도에서 연속된 두 측정값이 평균으로부터 2 표준편차를 벗어날 때 발동합니다.



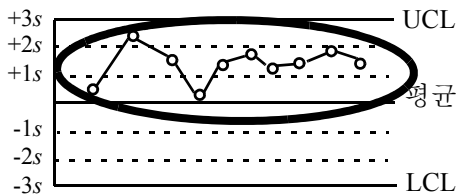
규칙 R 4S(JMP에서는 검정 12라고 함)는 한 측정값과 평균 사이의 거리가 2 표준편차보다 크고 이전 측정값과 평균 사이의 거리가 반대 방향으로 2 표준편차보다 큰 경우, 즉 차이가 4 표준편차보다 클 때 발동합니다.



규칙 4 1S(JMP에서는 검정 13이라고 함)는 연속된 4개의 측정값이 평균으로부터 1 표준편차를 벗어날 때 발동합니다.



규칙 10 X(JMP에서는 검정 14라고 함)는 연속된 10개의 점이 평균의 한쪽 부분에 있을 때 발동합니다.



관리도 빌더의 마우스 오른쪽 버튼 클릭 축 옵션

그래프 제거 전체 그래프를 제거합니다.

제거 변수를 제거합니다.

참고 : 그래프에 차트 유형이 두 개 이상 있으면 여러 차트를 나열하는 하위 메뉴가 표시됩니다. 제거할 차트를 선택할 수 있습니다.

측 설정, 측 되돌리기, 측 라벨 추가 또는 제거, 열 특성에 저장 및 편집 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

관리 한계 작업

관리 한계는 공정 성능을 기반으로 하며 공정의 변동성에 대한 정보를 제공합니다. 관리도가 생성될 때 데이터에서 UCL(관리 상한), 중심선 및 LCL(관리 하한)이 계산됩니다. 계산된 관리 한계를 사용하여 공정이 변경된 시기를 나타낼 수 있습니다.

관리 한계는 주로 공정 능력 분석에 사용되는 규격 한계와 다릅니다.

표 3.9 관리 한계와 규격 한계 비교

관리 한계	규격 한계
데이터에서 계산됨	고객 또는 설계에 의해 정의됨
변동성에 기반	시스템 요구 사항에 기반
VOP(공정의 소리)	VOC(고객의 소리)

관리 한계의 예

회사의 인쇄 공정을 예로 들겠습니다. 변동으로 인해 기울어짐, 두께 및 길이 문제를 포함하여 선이 왜곡될 수 있습니다. 이 예에서는 선 길이를 검토합니다. 인쇄된 선 길이가 16cm +/- 0.2cm 이면 양호한 것으로 간주됩니다. 더 길면 문장이 페이지 밖으로 나갈 수 있습니다. 더 짧으면 페이지에서 버려지는 공간이 많을 수 있습니다. 인쇄를 실행할 때마다 첫 번째 책과 마지막 책이 측정에 사용됩니다. 각 책의 중간에 지정된 페이지에서 선 길이가 측정됩니다.

이 공정이 관리 상태(안정적)인지 여부, 인쇄 품질이 일관적인지 여부, 인쇄 공정을 개선했을 때 나타나는 결과, 품질이 향상되는지 등에 대해 알고 싶습니다. 이러한 질문의 답을 얻기 위해 관리도를 생성하고 관리 한계를 사용해야 합니다.

이 예는 세 부분으로 나누어집니다. 대부분의 경우 JMP에서 관리 한계를 자동으로 계산할 수 있는 **"기준 관리도 생성"** 작업으로 시작합니다. 그런 다음 이러한 관리 한계를 새 데이터에 적용하기 위해 **"관리 한계 지정"** 또는 **"여러 관리 한계 집합 지정"**(단계 데이터의 경우) 작업을 수행합니다.

기준 관리도 생성

먼저 기존 공정이 관리 상태인지 여부를 검토합니다. 관리 상태이면 JMP에서 생성한 관리 한계를 기준 또는 과거 한계로 사용할 수 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Line Length.jmp를 엽니다.

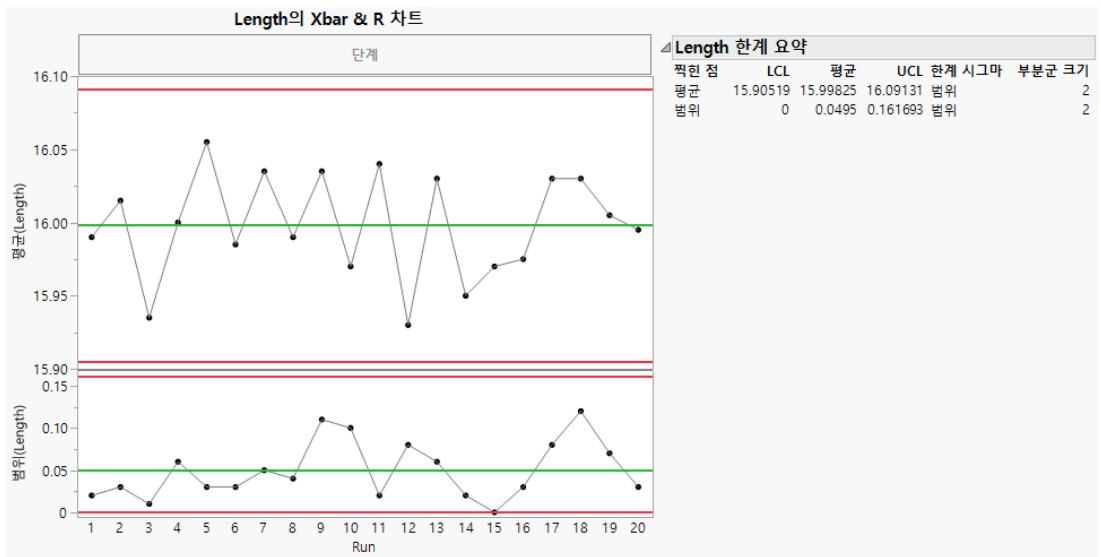
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 선택합니다.

3. Length 를 Y 영역으로 드래그합니다.

"Length 의 개별값 및 이동 범위 차트" 가 나타납니다. 이 차트는 데이터에 자연적 부분군 지정이 없는 경우에 적합합니다. 그러나 이 예에는 자연적 부분군 지정, 즉 각 인쇄 실행이 있습니다.

4. Run 을 부분군 영역 (아래쪽) 으로 드래그합니다.

그림 3.10 인쇄 실행별 Length(선 길이)의 Xbar-R 차트



Xbar-R 차트에 가로로 세 개의 선이 그려집니다. 이 선은 계산된 LCL(관리 하한), 평균 및 UCL(관리 상한)입니다.

모든 점이 관리 한계 내에 있고 이러한 한계 내에 점이 무작위로 배치되는 것이 가장 이상적입니다. 그래프를 보면 관리 한계를 벗어나는 점이 없고 점에 패턴이 있는 것 같지 않습니다. 더 자세히 조사하려면 Western Electric 검정을 수행하여 이러한 검정의 실패 원인이 되는 패턴과 추세가 있는지 확인하십시오. Western Electric 검정은 Nelson 검정이라고도 합니다.

5. XBar 차트에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 경고 > 검정 > 모든 검정을 선택합니다.

원 안에 포함되거나 플래그가 지정된 점이 없습니다. 이는 공정이 관리 상태이거나 안정적인 의미를 의미합니다.

공정이 관리 상태가 아니라고 판단한 경우 관리이탈 점을 조사하거나 관리 상태가 되도록 공정을 변경하는 작업을 수행하게 됩니다. 이 예에서는 공정이 이미 관리 상태이거나 안정적이므로 해당 단계를 건너뛸 수 있습니다. 이제 새 데이터에 이러한 관리 한계를 사용할 수 있습니다. 단계 데이터가 있는 예는 "관리 한계 지정" 또는 "여러 관리 한계 집합 지정"에서 확인하십시오.

관리 한계 지정

공정이 관리 상태임을 확인했으므로 이러한 과거 한계를 새 데이터와 함께 사용하여 새 데이터가 기존 공정과 어떻게 비교되는지 확인할 수 있습니다. 과거 한계를 사용하려면 관리 한계를 JMP에서 자동으로 계산하지 않고 사용자가 지정해야 합니다.

다음과 같은 몇 가지 방법으로 JMP에서 관리 한계를 지정할 수 있습니다.

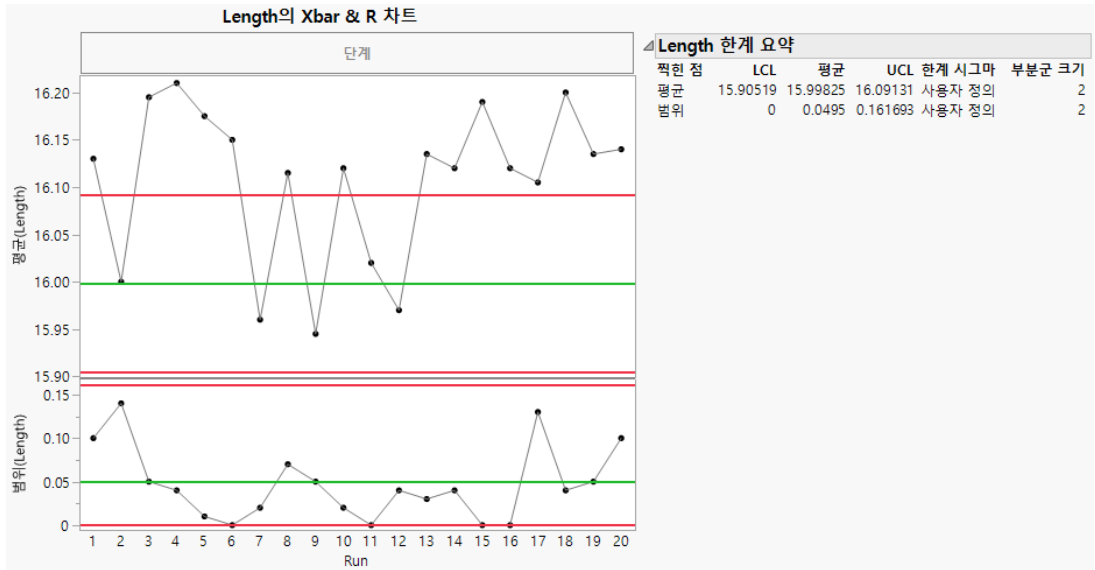
- "관리 한계 설정 옵션"
- "열 특성 추가"
- "한계 가져오기 옵션 사용"
- "행 제외"

관리 한계 설정 옵션

관리 한계를 지정하는 간단한 방법 중 하나는 관리도 빌더의 "관리 한계 설정" 옵션을 사용하는 것입니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/New Length Data.jmp**를 엽니다.
이 테이블에는 새 데이터가 포함되어 있습니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. **Length**를 **Y** 영역으로 드래그합니다.
4. **Run**을 **부분군** 영역 (아래쪽)으로 드래그합니다.
5. 평균 (XBar) 차트에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **한계 > 관리 한계 설정**을 선택합니다.
6. 다음 한계를 입력합니다.
 - LCL - 15.90519
 - 평균 - 15.99825
 - UCL - 16.09131
 이 값은 [그림 3.10](#)에 있는 평균 (XBar) 차트의 과거 한계입니다.
7. **확인**을 클릭합니다.
8. 범위 (R) 차트에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **한계 > 관리 한계 설정**을 선택합니다.
9. 다음 한계를 입력합니다.
 - LCL - 0
 - 평균 - 0.0495
 - UCL - 0.161693
 이 값은 [그림 3.10](#)에 있는 범위 (R) 차트의 과거 한계입니다.
10. **확인**을 클릭합니다.

그림 3.11 과거 한계를 사용한 Length(선 길이) 의 Xbar-R 차트



JMP는 데이터에서 한계를 계산하는 대신 사용자가 정의한 과거 관리 한계를 사용했습니다. 이제 "Length 한계 요약" 테이블의 "한계 시그마"에 "사용자 정의"라고 표시됩니다. 지금은 많은 점이 한계를 벗어났습니다. 또한 평균이 기준 공정의 평균보다 높습니다. 이 공정은 기준 관리 한계를 계산하는 데 사용한 원래 공정과 다르게 나타납니다.

열 특성 추가

관리 한계를 지정하는 또 다른 방법은 "관리 한계" 열 특성을 새 데이터 테이블의 열에 추가하는 것입니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/New Length Data.jmp를 엽니다. 이 테이블에는 새 데이터가 포함되어 있습니다.
2. Length 열을 선택하고 **열 > 열 정보**를 클릭합니다.
3. **열 특성 > 관리 한계**를 클릭합니다.
4. XBar 가 선택되었으므로 평균 (XBar) 차트에 대한 다음 고정 한계를 입력합니다.
 - 평균 - 15.99825
 - LCL - 15.90519
 - UCL - 16.09131

이 값은 [그림 3.10](#)에 있는 평균 (XBar) 차트의 과거 한계입니다.

"부분군 크기" 값은 비워 둡니다. 이 값은 관리도 빌더 플랫폼에서 사용되지 않습니다.

5. **XBar > R** 을 클릭하고 범위 (R) 차트에 대한 다음 고정 한계를 입력합니다.
 - 평균 - 0.0495

- LCL - 0
- UCL - 0.161693

이 값은 [그림 3.10](#) 에 있는 범위 (R) 차트의 과거 한계입니다.

"부분군 크기" 값은 비워 둡니다. 이 값은 관리도 빌더 플랫폼에서 사용되지 않습니다.

6. **확인**을 클릭합니다.

Length 열에 대한 Xbar-R 차트의 관리 한계를 입력했습니다. 이제 관리도를 생성할 수 있습니다.

7. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
8. Length 를 **Y** 영역으로 드래그합니다.
9. Run 을 **부분군** 영역 (아래쪽) 으로 드래그합니다.

[그림 3.11](#) 의 관리도와 동일한 관리도가 표시됩니다.

한계 가져오기 옵션 사용

"한계 가져오기" 를 사용하여 관리 한계를 지정하는 것은 가장 유연한 방법입니다. 다음과 같은 경우 이 방법을 사용해야 합니다.

- 여러 공정에 대한 관리 한계가 있는 경우
- 각 단계마다 다른 관리 한계가 있는 경우 ("여러 관리 한계 집합 지정" 참조)

"한계 가져오기" 방법을 사용하려면 과거 한계를 정의하는 데이터 테이블이 필요합니다. 한계 테이블을 생성하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[한계 저장 및 검색](#)"에서 확인하십시오.

참고 : 부분군 변수가 지정되지 않은 경우 "한계 가져오기" 옵션은 한계 테이블의 부분군 크기 (_Sample Size) 를 사용합니다. 또한 파일에 한계가 없는 경우에는 시그마 (_Std Dev) 도 검색합니다. 한계 파일에 LCL 또는 UCL 이 지정되지 않은 경우 (평균과 시그마가 모두 있고 부분군 크기가 일정한 경우) 이 옵션은 평균, 부분군 크기 및 시그마를 기반으로 한계를 설정합니다.

이 예에서는 한계 데이터 테이블이 이미 생성되었습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/New Length Data.jmp를 엽니다. 이 테이블에는 새 데이터가 포함되어 있습니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. Length 를 **Y** 영역으로 드래그합니다.
4. Run 을 **부분군** 영역 (아래쪽) 으로 드래그합니다.
5. "관리도 빌더" 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 가져오기**를 선택합니다.
6. **기타**를 선택하고 **확인**을 클릭합니다.
7. 이 예에 사용할 한계 데이터 테이블 (Length Limits.jmp) 을 찾아서 엽니다. 기본적으로 이 파일은 다음 위치에 있습니다.
 - Windows: C:\Program Files\SAS\JMP\16\Samples\Data\Quality Control

– macOS: \Library\Application Support\JMP\16\Samples\Data\Quality Control

그림 3.11의 관리도와 동일한 관리도가 표시됩니다.

행 제외

관리 한계를 지정하는 또 다른 방법은 데이터 테이블에서 행을 제외하는 것입니다. 이 방법을 사용하면 동일한 그래프에서 과거 데이터와 새 데이터를 모두 볼 수 있다는 장점이 있습니다. 이렇게 하면 데이터 수집 기간 사이에 발생하는 차이를 시각화하고 조사할 수 있습니다.

이 방법을 사용하려면 다음 기준을 충족해야 합니다.

- 새 데이터와 이전 데이터가 동일한 데이터 테이블에 있어야 합니다.
- 과거 데이터와 새 데이터의 부분군 크기가 모두 같아야 합니다.
- 모든 새 데이터가 데이터 테이블에서 제외되어야 합니다 (행 > 제외 / 제외 해제 사용).

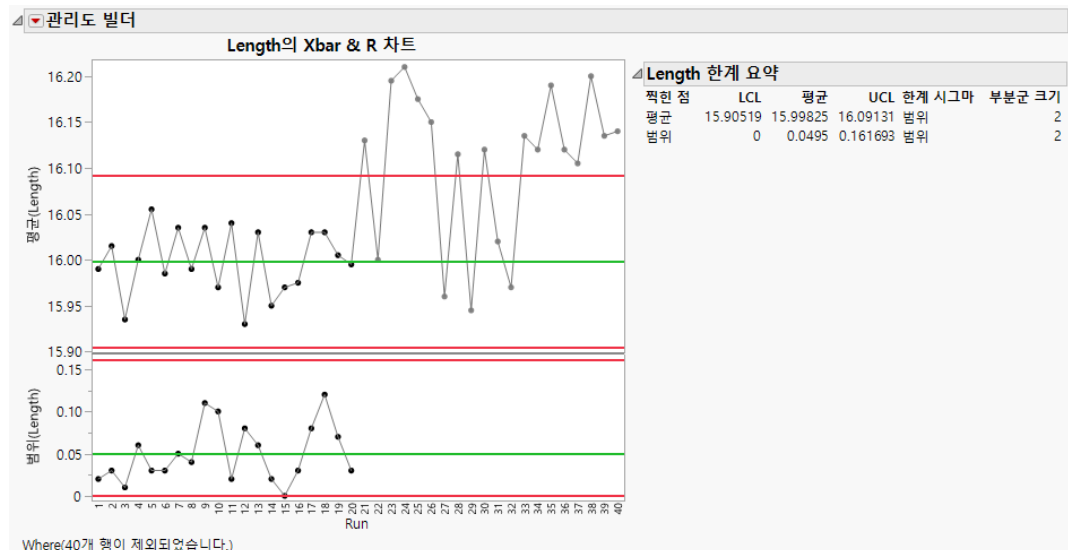
이 예에서는 새 데이터가 이미 제외되었습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Combined.jmp를 엽니다.

이 테이블에는 이전 데이터와 새 데이터가 포함되어 있고 새 데이터에 해당하는 행이 제외되었습니다.

2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. **Length**를 **Y** 영역으로 드래그합니다.
4. **Run**을 **부분군** 영역 (아래쪽)으로 드래그합니다.

그림 3.12 제외된 데이터가 있는 Length(선 길이)의 Xbar-R 차트



JMP는 제외되지 않은 행(과거 데이터)만 사용하여 관리 한계를 생성합니다. 새 데이터(제외된 데이터)는 그래프에 흐리게 표시되지만 이러한 데이터는 계산에 사용되지 않았습니다.

여러 관리 한계 집합 지정

이 예에서는 공정의 여러 단계에 대해 서로 다른 관리 한계를 설정하려고 합니다. 열 특성, 관리 한계 설정 및 제외된 행 상태 방법은 전체 차트에 대해 하나의 관리 한계 집합으로 제한되므로 이 경우에는 사용할 수 없습니다. 단계가 있는 관리도의 경우 한계 가져오기 방법을 사용해야 합니다.

인쇄 회사의 목표는 서로 다른 세 현장에서 종이와 책등 사이의 결합을 끊는 데 필요한 힘의 변동을 줄이는 것입니다. 각 현장마다 사용하는 기계 및 작업자가 다르며 국가도 다르므로 고유한 과거 한계 집합을 가지고 있습니다. 이 회사는 세 현장 모두에 대해 다음을 수행합니다.

1. 기존 공정 데이터를 기반으로 기존 관리도를 생성합니다.
2. 설계된 실험을 기반으로 공정을 변경합니다.
3. 새 공정에서 데이터를 수집합니다.
4. 새 공정 데이터를 기반으로 새 관리도를 생성합니다.

목표는 이전 공정의 과거 한계를 사용하여 관리도에 새 데이터를 표시하는 것입니다. 인쇄 회사는 이 방식으로 새 공정을 이전 공정 한계와 비교할 수 있습니다.

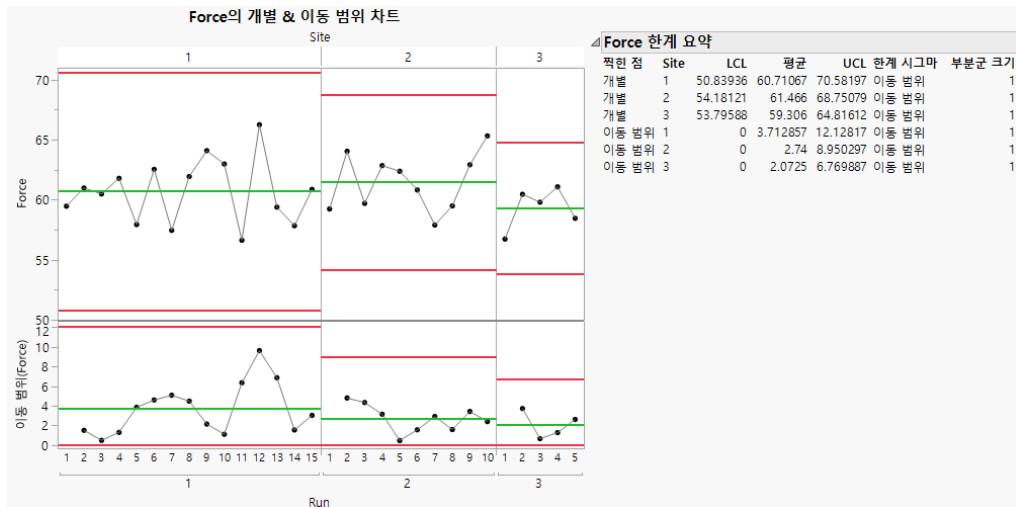
기존 공정을 기반으로 관리도 생성

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Phase Historical Data.jmp**를 엽니다.

이 테이블에는 세 현장 모두에 대한 기존 공정 데이터가 포함되어 있습니다.

2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. **Force**를 **Y** 영역으로 드래그합니다.
4. **Run**을 **부분군** 영역(아래쪽)으로 드래그합니다.
5. **Site**를 **단계** 영역으로 드래그합니다.

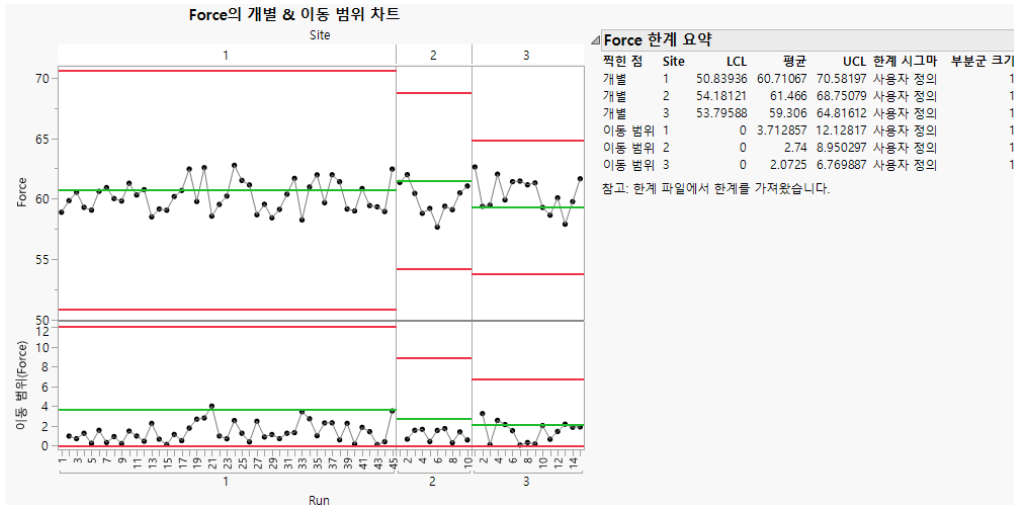
그림 3.13 기존 데이터의 기준 관리도



업데이트된 공정을 기반으로 관리도 생성

1. 그림 3.13의 보고서에서 "관리도 빌더"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 저장 > 새 테이블**에 선택합니다.
이렇게 하면 한계 테이블이 생성됩니다.
2. 나중에 액세스할 수 있도록 이 새 한계 테이블을 원하는 위치에 저장합니다.
3. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Phase New Data.jmp를 엽니다.
이 데이터는 공정 변경 후 세 현장 모두에서 수집되었습니다.
4. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
5. Force를 Y 영역으로 드래그합니다.
6. Run을 부분군 영역 (아래쪽)으로 드래그합니다.
7. Site를 단계 영역으로 드래그합니다.
8. "관리도 빌더"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 가져오기**를 선택합니다. 2 단계에서 저장한 한계 테이블을 엽니다.
이렇게 하면 관리도 빌더 보고서의 새 데이터에 과거 한계가 적용됩니다.

그림 3.14 과거 한계를 기반으로 한 새 데이터의 관리도



이제 새 데이터(공정 변경 후)가 과거 공정 한계(공정 변경 전)와 어떻게 비교되는지 확인할 수 있습니다. 위치 차트 또는 산포 차트에 대해 관리 한계를 벗어나는 점이 없습니다. 변동을 줄이는 것이 목표였습니다. 이동 범위 차트를 보면 대부분의 점이 평균 선 아래에 있음을 확인할 수 있습니다. Site(현장) 1과 2의 경우 페이지와 책등 사이의 결합을 끊는 데 필요한 힘의 변동이 감소했음이 분명합니다. Site 3의 감소는 Site 1과 2만큼 크지 않습니다. 인쇄 공정을 개선한 결과 변동을 줄이는 데 성공한 것으로 보입니다.

관리도 빌더에서 제외 및 숨겨진 표본

다음 글머리 기호에는 관리도 빌더에서 제외되거나 숨겨진 표본의 사용에 대한 정보가 요약되어 있습니다.

- 제외된 부분군은 관리 한계 계산에 사용되지 않으며 기본적으로 차트에 흐린 점으로 표시됩니다. "제외된 영역 표시" 옵션을 선택하지 않으면 제외된 부분군의 점이 차트에 표시되지 않고 특수 원인 검정에서 결측값으로 처리되며 특수 원인 검정을 위한 점 개수에 포함되지 않습니다.
- 숨겨진 관측값은 관리 한계 계산에 사용되지만 차트에 표시되지 않습니다.
- "제외된 부분군 검정" 옵션을 선택한 경우 숨겨진 행과 제외된 행은 특수 원인 검정을 위한 점 개수에 모두 포함됩니다. 제외된 행은 특수 원인 플래그로 라벨을 지정할 수 있습니다. 숨겨진 점에는 라벨을 지정할 수 없습니다. 숨겨진 점에 특수 원인 검정에 대한 플래그가 있는 경우 차트에 표시되지 않습니다.
- 일부가 제외된 부분군의 경우, 부분군 내에서 하나 이상의 관측값이 제외되고 하나 이상의 관측값이 포함되면 제외된 관측값은 점 통계량 또는 한계를 계산할 때 포함되지 않습니다.
- 음수 및 비정수 데이터에 대한 검사는 제외된 값을 포함한 전체 데이터를 대상으로 합니다.

- 검정은 " 제외된 부분군 검정 " 옵션이 선택된 경우에만 제외된 모든 부분군에 적용됩니다 .

관리도 빌더의 추가 예

참고 : 이 섹션에는 제어판을 표시하는 예와 표시하지 않는 예가 나옵니다. 제어판을 표시하거나 숨기려면 " 관리도 빌더 " 의 빨간색 삼각형 메뉴에서 " 제어판 표시 " 를 선택하십시오 .

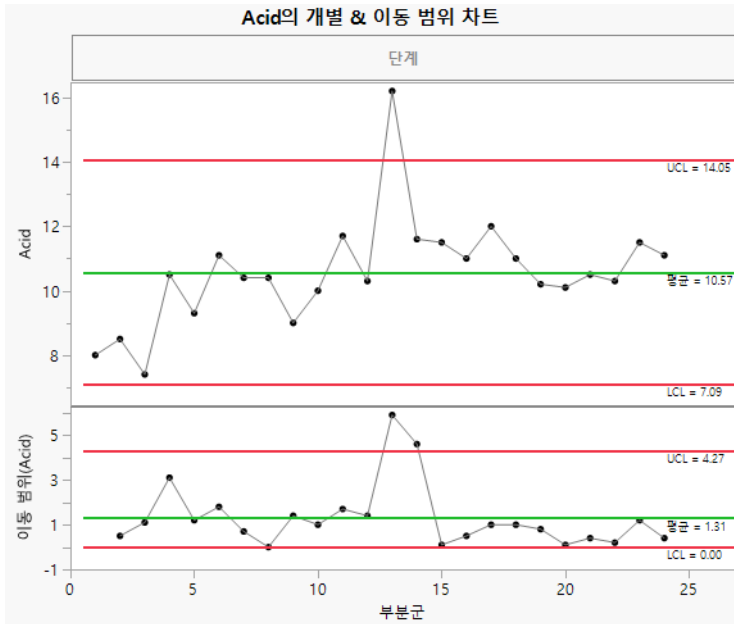
- " 개별 측정값 및 이동 범위 차트 예제 "
- "Xbar-R 차트 단계 예제 "
- " 부분군 크기가 다른 Xbar-S 차트 예제 "
- " 런 차트 예제 "
- "P 차트 예제 "
- "NP 차트 예제 "
- "C 차트 예제 "
- "U 차트 예제 "
- "G 차트 예제 "
- "T 차트 예제 "
- " 삼원 관리도 예제 "
- " 여러 관리도의 예 "

개별 측정값 및 이동 범위 차트 예제

Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Pickles.jmp 데이터에는 피클 통의 산 함량이 포함되어 있습니다. 피클은 산도에 민감하고 큰 통에서 생산되므로 산도가 높으면 피클 통 전체를 망치게 됩니다. 매일 오후 1 시, 2 시, 3 시에 네 통의 산도를 측정합니다. 날짜, 시간 및 산도 측정값이 데이터 테이블에 기록됩니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Pickles.jmp 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다 .
3. Acid 를 Y 역할로 드래그합니다 .
4. **관리도 빌더**의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 라벨 표시**를 선택합니다 .
이 옵션은 두 차트에서 모두 관리 한계와 평균에 라벨을 지정합니다 .

그림 3.15 Acid(산) 에 대한 개별 측정값 및 이동 범위 차트

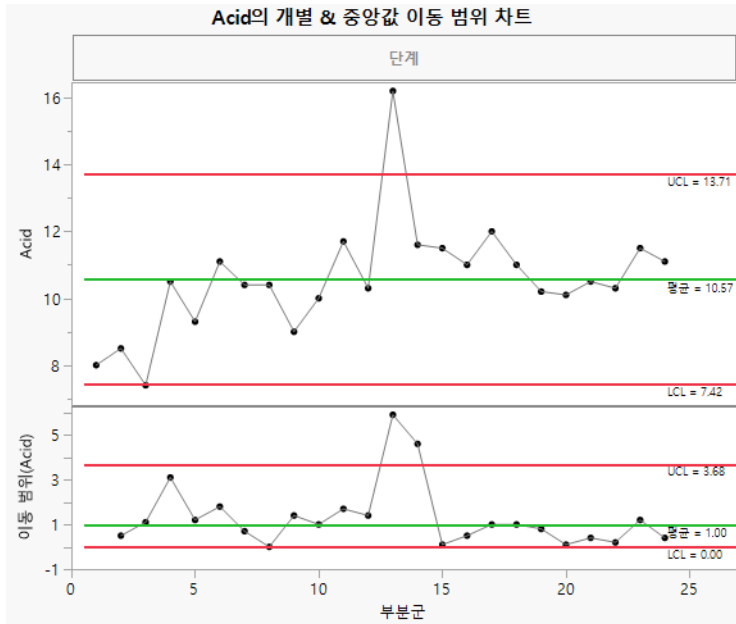


개별 측정값 및 이동 범위 차트는 생산된 각 통 (부분군 크기 1) 의 산도를 모니터링합니다. Vat 13의 산도는 관리 상한인 14.05를 초과합니다.

중양값 이동 범위 차트도 볼 수 있습니다. 중양값 이동 범위를 사용하도록 차트를 변경하려면 다음 단계를 계속하십시오.

5. "한계 [1]" 개요에서 **시그마** 설정을 **중양값 이동 범위**로 변경합니다.
6. "한계 [2]" 개요에서 **시그마** 설정을 **중양값 이동 범위**로 변경합니다.

그림 3.16 Acid(산)에 대한 개별 측정값 및 중앙값 이동 범위 차트



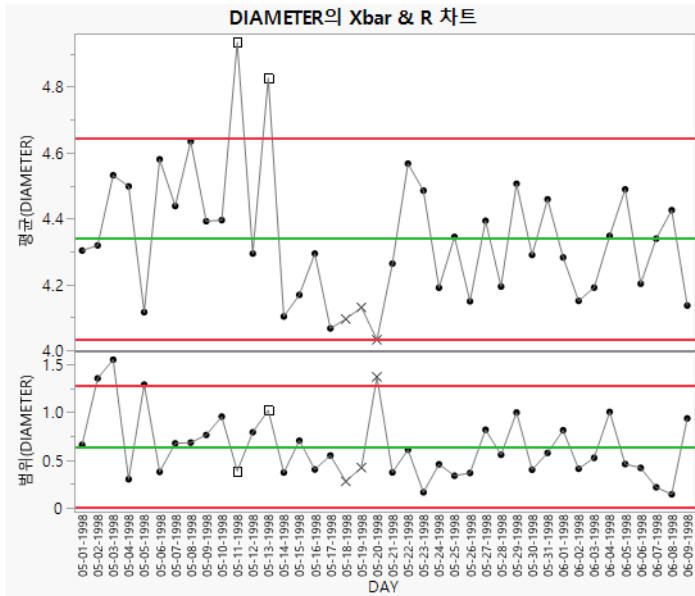
개별 측정값 및 중앙값 이동 범위 차트의 한계는 평균 이동 범위가 아니라 중앙값 이동 범위를 시그마로 사용합니다. 그러면 Acid에 대한 관리 한계가 약간 좁아집니다.

Xbar-R 차트 단계 예제

의료용 튜브 제조업체에서 새 프로토타입에 대한 튜브 지름 데이터를 수집했습니다. 지난 40 일간의 생산 공정에서 데이터가 수집되었습니다. 처음 20 일 (단계 1) 후 제조 장비가 일부 조정되었습니다. 데이터를 분석하여 최근 20 일 (단계 2) 간의 생산 공정이 관리 상태인지 여부를 판별합니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Diameter.jmp 를 엽니다.
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 선택합니다.
3. DIAMETER 를 Y 역할로 드래그합니다.
4. DAY 를 부분군 역할 (아래쪽) 로 드래그합니다.

그림 3.17 Diameter(지름) 에 대한 관리도

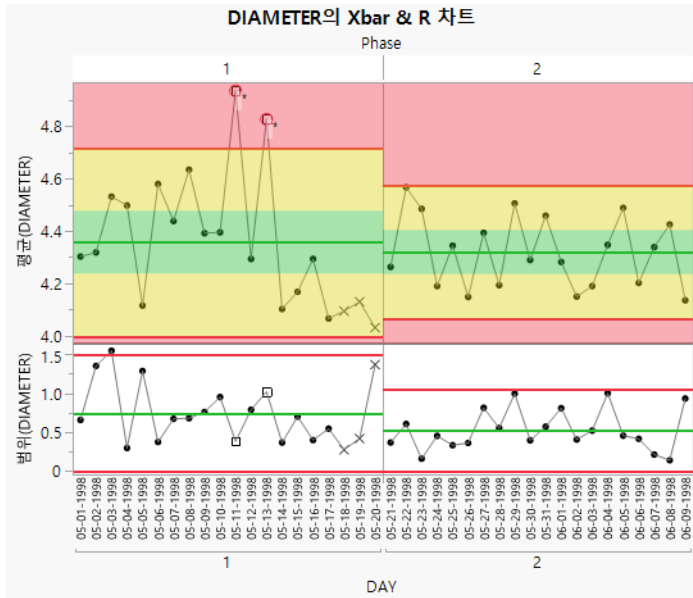


처음 20 일은 변동성이 큰 것으로 보이고 평균 차트에서 세 개의 관측값이 관리 한계를 벗어 납니다. 제조 장비가 조정되고 새 관리 한계가 통합되었습니다.

각 단계에 대해 별도의 관리 한계를 계산하려면 다음을 수행하십시오.

5. Phase 를 단계 역할로 드래그합니다.
6. 평균 차트에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 경고 > 한계를 벗어난 경우 검정을 선택합니다.
7. " 한계 [1]" 개요에서 영역에 음영 적용을 선택합니다.

그림 3.18 각 Phase(단계) 에 대한 관리도



단계 변수를 포함하면 단계 2의 관리 한계가 단계 2의 데이터만 기반으로 한다는 것을 의미합니다. 단계 2의 모든 관측값이 관리 한계를 벗어나지 않습니다. 이는 차트에 영역 음영을 포함하여 강조 표시됩니다. 따라서 조정 후 공정이 관리 상태에 있다는 결론을 내릴 수 있습니다.

다른 변수를 기준으로 관리도 필터링

이 데이터 테이블 Diameter.jmp에는 각 표본의 기계 작업자에 대한 열이 포함되어 있습니다. 관리도 빌더에서 로컬 데이터 필터를 사용하여 작업자 부분집합에 대한 데이터를 표시할 수 있습니다.

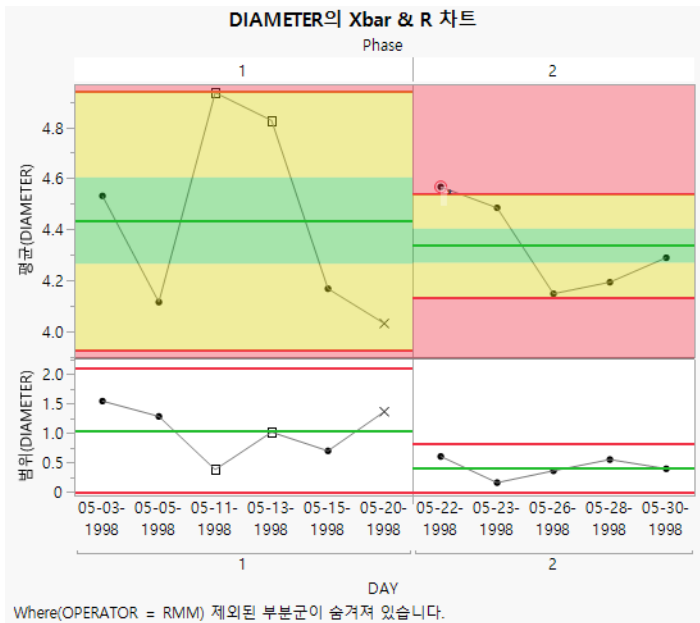
8. 관리도 빌더의 빨간색 삼각형을 클릭하고 제외된 영역 표시를 선택 취소합니다.

" 제외된 영역 표시 " 옵션을 해제하면 로컬 데이터 필터에서 선택할 때 로컬 데이터 필터의 설정에 의해 제외된 부분군이 관리도의 가로 축에 더 이상 나타나지 않습니다. 즉, 데이터에서 관심 있는 부분만 볼 수 있습니다.

9. 관리도 빌더의 빨간색 삼각형을 클릭하고 로컬 데이터 필터를 선택합니다.

10. " 로컬 데이터 필터 " 에서 OPERATOR 를 클릭한 후 + 버튼을 클릭합니다.

11. " 로컬 데이터 필터 " 에서 "RMM" 라벨이 표시된 막대를 선택합니다.

그림 3.19 Operator RMM(작업자 RMM) 에 대한 Diameter(지름) 의 Xbar-R 차트

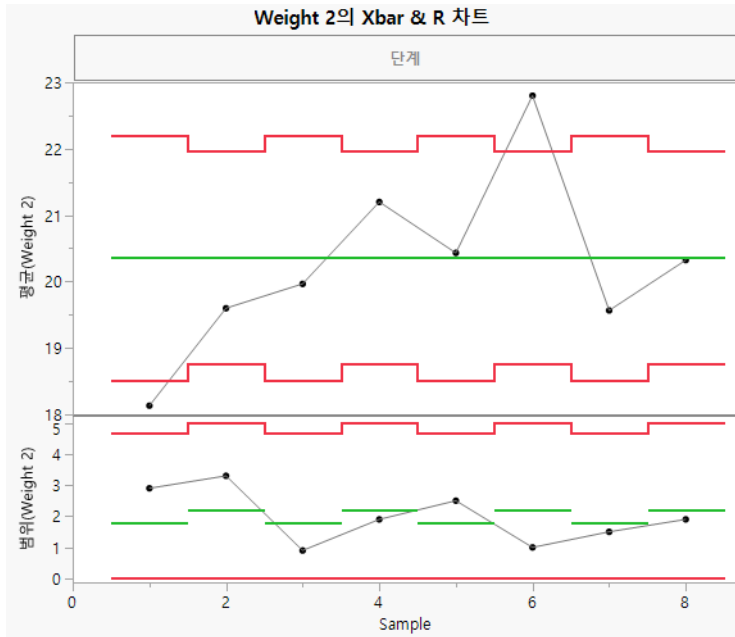
이제 차트 아래의 Where() 문에 표시된 RMM 작업자에 대한 점만 Xbar-R 차트에 표시됩니다. 두 단계에 대한 한계는 다른 세 작업자에 대한 관측값이 제외되었음을 반영하도록 조정되었습니다.

부분군 크기가 다른 Xbar-S 차트 예제

이 예에서는 Coating.jmp 데이터 테이블을 사용합니다. 관심 있는 품질 특성은 Weight 2 열입니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Coating.jmp** 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다 .
3. Weight 2 를 **Y** 역할로 드래그합니다 .
4. Sample 을 **부분군** 역할 (아래쪽) 로 드래그합니다 .

그림 3.20 변하는 부분군 크기에 대한 Xbar-S 차트

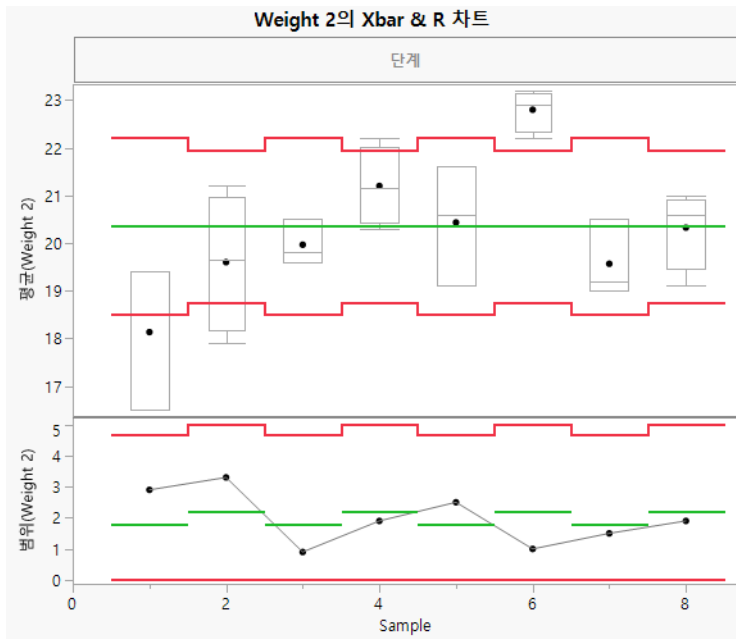


Weight 2 데이터에 결측값이 여러 개 있으므로 차트에 표시된 한계가 고르지 않습니다. 각 표본의 관측값 수는 동일하지만 표본 1, 3, 5, 7에는 각각 결측값이 있습니다.

각 표본의 평균을 연결하는 선을 표시하는 대신 각 표본의 상자 그림 보기로 전환할 수 있습니다.

5. **점 [1]** 개요에서 **연결선 표시** 옵션을 선택 취소합니다.
6. **점 [1]** 개요에서 **상자 그림** 옵션을 선택합니다.

그림 3.21 상자 그림이 표시된 Xbar-S 차트

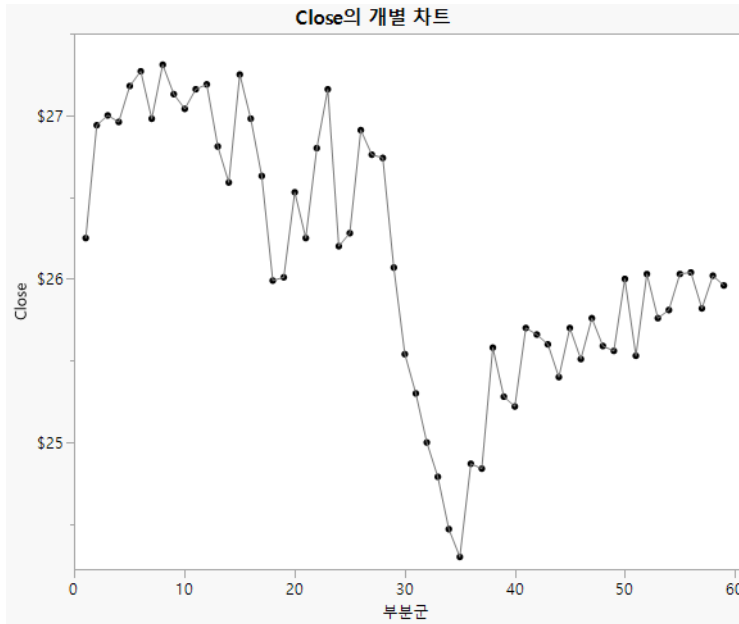


런 차트 예제

런 차트는 데이터 열을 연결된 일련의 점으로 표시합니다. 이 예는 Stock Averages.jmp의 Close 변수에 대한 런 차트입니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Stock Averages.jmp를 엽니다.
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 런 차트를 선택합니다.
3. Close를 선택하고 Y를 클릭합니다.
4. 확인을 클릭합니다.

그림 3.22 주식 평균 종가에 대한 런 차트



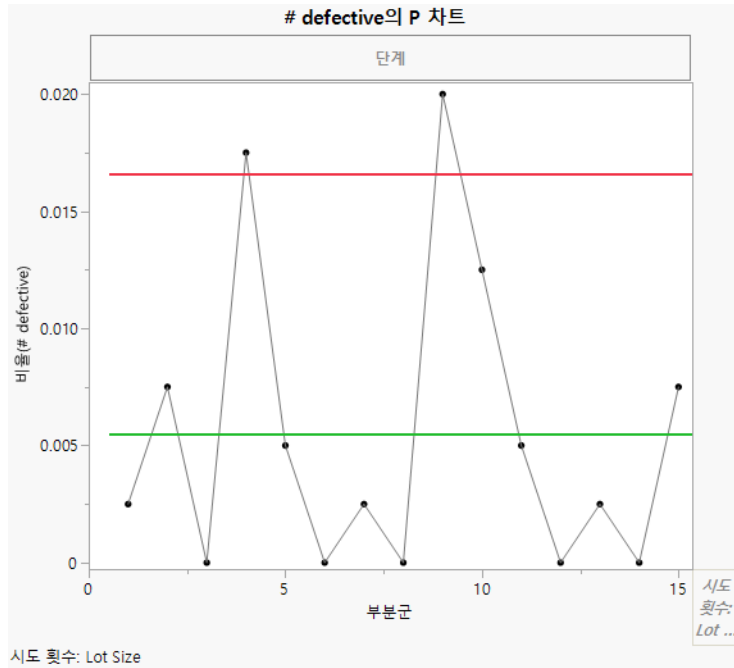
P 차트 예제

Washers jmp 샘플 데이터에는 American Society for Testing and Materials(미국 재료 시험 협회 1976)의 ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis와 다른 두 로트 크기에 대한 결함 데이터가 포함되어 있습니다. 상수 표본 크기와 가변 표본 크기의 차이를 보기 위해 Lot Size 및 Lot Size 2에 대한 차트를 비교할 수 있습니다.

Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Washers jmp 데이터에는 400 개의 아연 도금 와셔 중 15 개 로트의 결함 수가 포함되어 있습니다. 와셔에 매끈하지 않은 아연 도금 및 철 노출과 같은 마감 결함이 있는지 검사했습니다. 와셔에 마감 결함이 포함된 경우 부적합 또는 불량으로 간주되었습니다. 따라서 결함 수는 크기 400 의 각 로트에 대한 불량 와셔 수를 나타냅니다. Washers jmp 데이터 테이블을 사용하여 변하는 표본 크기를 허용하는 표본 크기 변수를 지정합니다. 이 데이터 테이블에는 모든 상수 표본 크기가 포함되어 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Washers jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > P 관리도**를 선택합니다.
3. **# defective** 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. **Lot Size** 를 선택하고 **시행 횟수**를 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. "한계" 개요에서 **하한 표시** 옵션을 선택 취소합니다.

이렇게 하면 현재 상황에서 관심 대상이 아닌 하한이 숨겨집니다.

그림 3.23 표본 크기를 사용한 # defective(결함 수) 의 P 차트

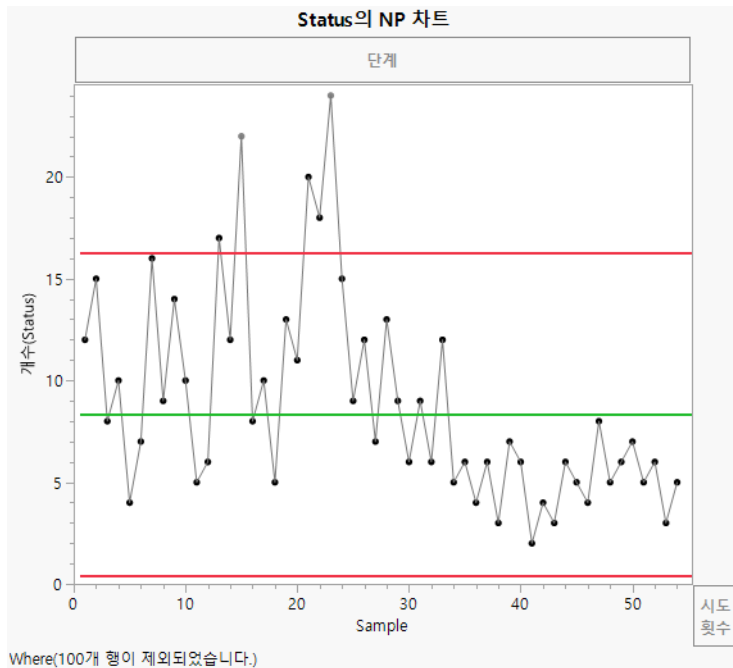
상수 표본 크기와 가변 표본 크기의 차이를 보려면 변수를 시행 횟수 영역으로 드래그하여 Lot Size 및 Lot Size 2에 대한 차트를 비교할 수 있습니다.

NP 차트 예제

Bottle Tops.jmp 샘플 데이터에는 병뚜껑 제조 공정에서 시뮬레이션된 데이터가 포함되어 있습니다. Sample 은 각 병의 표본 ID 번호입니다. Status 는 병뚜껑이 설계 기준을 준수하는지 여부를 나타냅니다. Phase 열에서 첫 번째 단계는 공정 조정 전의 시간을 나타냅니다. 두 번째 단계는 공정 조정 후의 시간을 나타냅니다. 공정 변경에 대한 참고 사항(Notes)도 포함됩니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Bottle Tops.jmp 를 엽니다.
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 선택합니다.
3. Sample 을 부분군 역할로 드래그합니다.
4. Status 를 Y 역할로 드래그합니다.

그림 3.24 Status(부적합 상태) 의 NP 차트

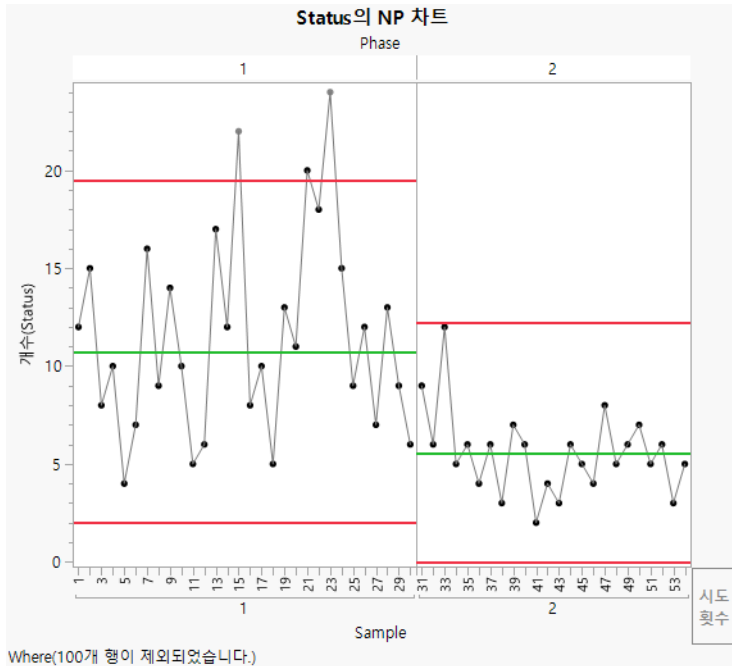


원래 관측값은 변동성이 큰 것으로 보이고 5 개의 관측값 (Sample 13, 15, 21, 22, 23) 이 관리 상한을 벗어납니다. Sample 15 와 23 은 각각 새 재료 및 작업자가 공정에 투입되었음을 나타냅니다. 단계가 끝날 때 제조 장비가 조정되었습니다. 따라서 전체 계열에 대한 관리 한계를 단계 2 에서 관리 수준을 평가하는 데 사용하면 안 됩니다.

각 단계에 대해 별도의 관리 한계를 계산하려면 다음을 수행하십시오.

5. Phase 를 단계 영역으로 드래그합니다.

그림 3.25 단계 (Phase) 별 NP 차트



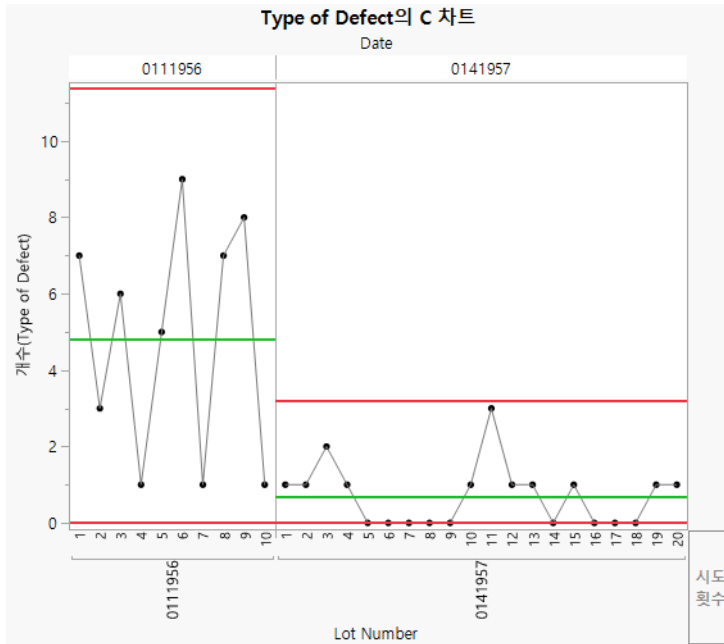
단계 변수를 포함하면 단계 2의 관리 한계가 단계 2의 데이터만 기반으로 한다는 것을 의미합니다. 단계 2의 모든 관측값이 관리 한계를 벗어나지 않습니다. 따라서 조정 후 공정이 관리 상태에 있다는 결론을 내릴 수 있습니다.

C 차트 예제

Cabinet Defects.jmp 샘플 데이터 테이블에는 두 기간 동안 캐비닛 제조 과정에서 발견된 다양한 결함 관련 데이터가 포함되어 있습니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Cabinet Defects.jmp 를 엽니다.
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > C 관리도를 선택합니다.
3. Type of Defect 를 선택하고 Y 를 클릭합니다.
4. Lot Number 를 선택하고 부분군을 클릭합니다.
5. Date 를 선택하고 단계를 클릭합니다.
6. 확인을 클릭합니다.

그림 3.26 단계가 있는 Type of Defect(결함 유형) 의 C 차트



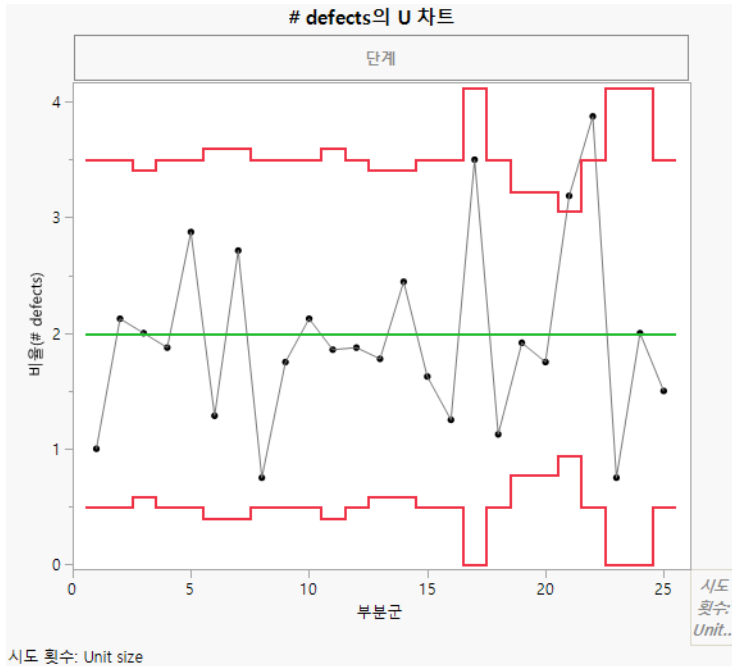
이제 서로 다른 두 날짜의 결과를 볼 수 있습니다. 둘 다 한계 내에 있는 것으로 보입니다. 다른 결함 유형 동작을 검토하려면 **사건 선택기 > Type of Defect**에서 다른 결함 유형을 선택한 후 한계가 업데이트되면 결과를 확인합니다.

U 차트 예제

Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Braces.jmp 는 자동차 지지 가새 상자의 결함 수를 기록한 데이터입니다. 가새 상자가 하나의 검사 단위입니다. 검사한 상자 수 (일별) 는 부분군 표본 크기이며 달라질 수 있습니다. [그림 3.27](#) 의 U 차트는 부분군 표본 크기당 가새 결함 수를 모니터링합니다. 상한 및 하한은 검사한 단위 수에 따라 달라집니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Braces.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > U 관리도**를 선택합니다.
3. **# defects** 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. **Unit size** 를 선택하고 **시행 횟수**를 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

그림 3.27 # defects(결함 수) 의 U 차트



부분군 전체에서 표본 크기가 같지 않으므로 한계가 고르지 않습니다. 마지막 5개 표본 중 2개가 관리 한계를 벗어납니다.

G 차트 예제

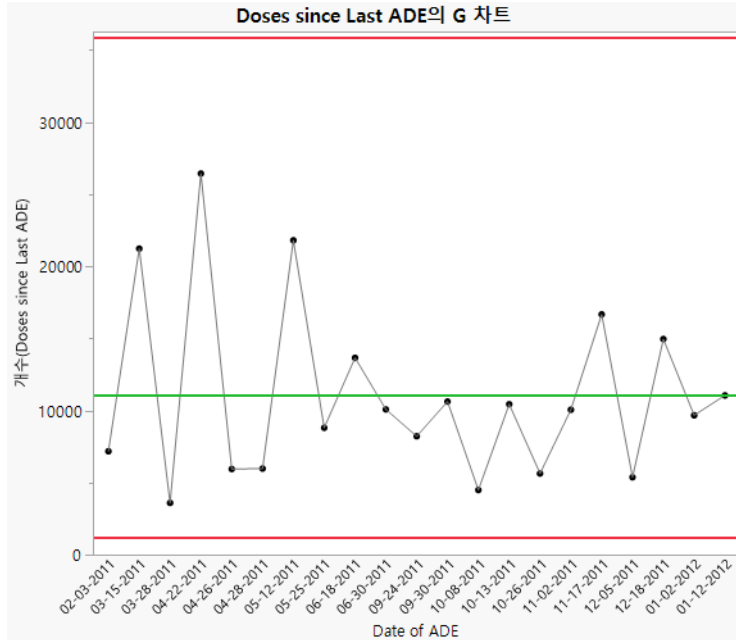
G 차트는 희귀 사건이 예상보다 더 자주 발생하고 개입이 필요한지 여부를 파악할 수 있는 효과적인 방법입니다. 자세한 내용은 "[희귀 사건 관리도](#)"에서 확인하십시오.

Adverse Reactions.jmp 샘플 데이터 테이블에는 병원 환자 그룹에 의해 보고된 ADE(약물 부작용 사례)에 대한 시뮬레이션 데이터가 포함되어 있습니다. ADE는 환자가 약물 복용 후 경험한 모든 유형의 부상 또는 반응입니다. 반응 날짜 및 마지막 반응 후 경과한 기간(일)이 기록되었습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Adverse Reactions.jmp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. Doses since Last ADE 를 **Y** 역할로 드래그합니다.
4. Date of ADE 를 **부분군** 역할로 드래그합니다.
"Doses since Last ADE 의 개별값 및 이동 범위 차트"가 나타납니다.
5. 드롭다운 목록에서 **Shewhart 계량형** 대신 **희귀 사건**을 선택합니다.

마지막 사건 이후 제공된 복용량을 보여 주는 "Doses since Last ADE 의 G 차트" 가 나타납니다.

그림 3.28 Doses since Last ADE(마지막 ADE 후 복용량) 의 G 차트

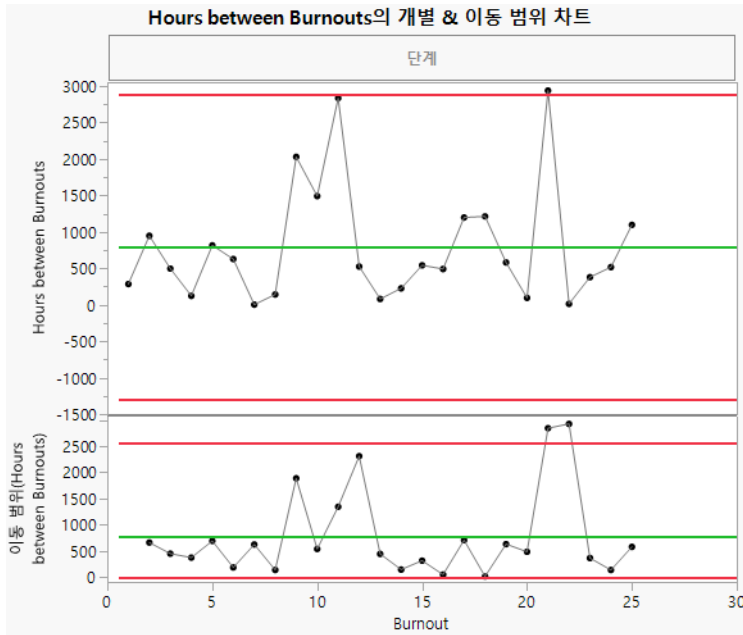


T 차트 예제

T 차트는 마지막 사건 이후 경과한 시간을 측정하는 데 사용됩니다. 자세한 내용은 "[회귀 사건 관리도](#)"에서 확인하십시오.

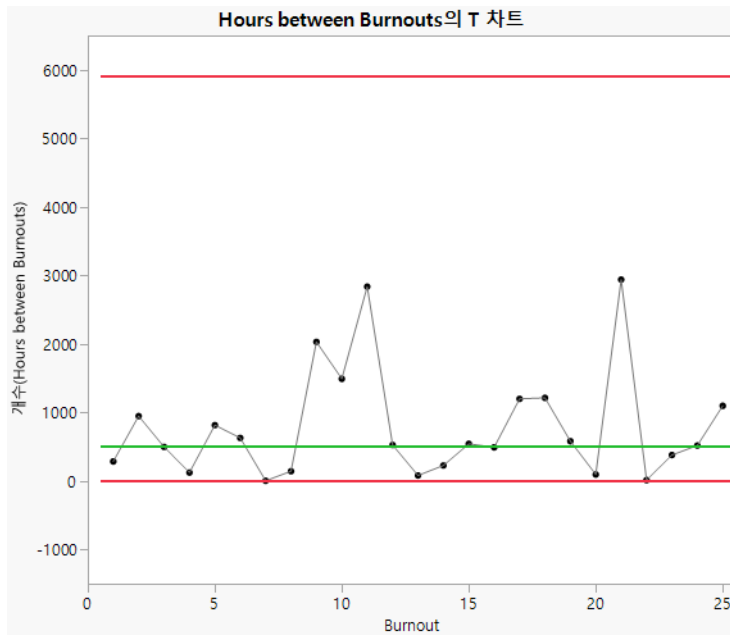
Fan Burnout.jmp 샘플 데이터 테이블에는 팬 제조 공정에 대한 시뮬레이션 데이터가 포함되어 있습니다. 첫 번째 열은 연소된 각 팬을 식별합니다. 두 번째 열은 각 연소 사이의 시간을 식별합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Fan Burnout.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더**를 선택합니다.
3. Hours between Burnouts 을 **Y** 역할로 드래그합니다.
4. Burnout 을 **부분군** 역할로 드래그합니다.

그림 3.29 Hours Between Burnouts(연소 사이 시간) 의 개별값 및 이동 범위 차트

5. 드롭다운 목록에서 **Shewhart 계량형** 대신 **희귀 사건**을 선택합니다.
6. "한계" 아래의 **시그마를 음이항**에서 **Weibull**로 변경합니다.

그림 3.30 Hours Between Burnouts(연소 사이 시간) 의 T 차트



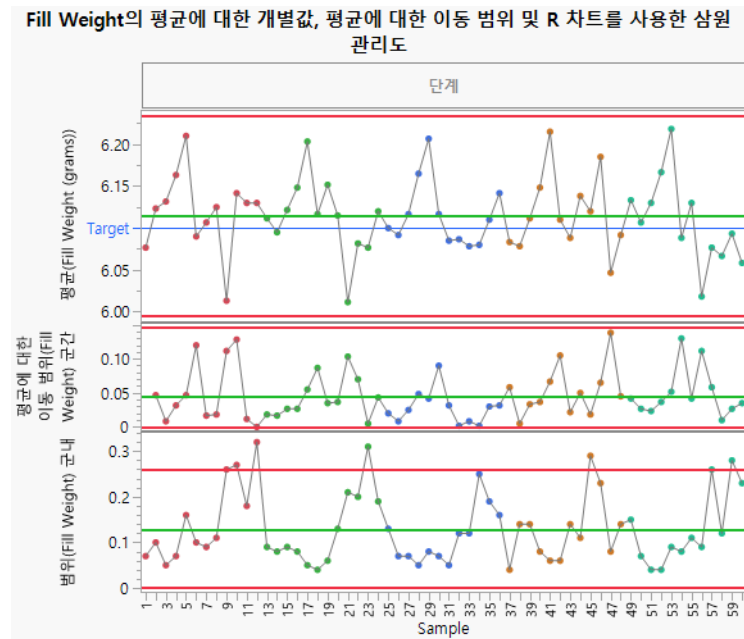
T 차트에서 모든 점이 관리 한계 내에 있는 것으로 나타납니다. 개별값 및 이동 범위 차트는 한계가 너무 좁아서 분석에 적합하지 않았습니다.

삼원 관리도 예제

삼원 관리도는 배치 간 변동과 배치 내 변동이 있을 때 유용합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Vial Fill Weights.jmp** 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 삼원 관리도**를 선택합니다.
3. **Fill Weight** 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. **Sample** 을 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

그림 3.31 Fill Weight(충전 양) 에 대한 삼원 관리도

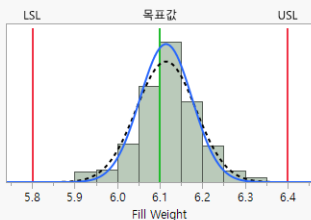


Fill Weight 한계 요약

특한 점	LCL	평균	UCL	한계 시그마	부분군 크기
평균	5.995722	6.114611	6.233501	이동 범위	6
평균에 대한 이동 범위	0	0.044718	0.146071	이동 범위	6
범위	0	0.129	0.258494	범위	6

공정 능력 분석

히스토그램



빈도
--- 전체
— 구간-군내

공정 요약

LSL	5.8
목표값	6.1
USL	6.4
N	360
부분군 수	60
표본 평균	6.114611
군간 표준편차	0.033745
군내 표준편차	0.050899
군간-군내 표준편차	0.061069
전체 표준편차	0.069929
안정성 지수	1.145077

범위 평균(σ)로 추정된 군내 표준편차
부분군의 평균 이동 범위 평균으로 추정된 군내 표준편차입니다.

군간-군내 표준편차 공정 능력

인덱스	추정값
Cpk	1.558
Cpl	1.717
Cpu	1.558
Cp	1.637
Cpm	1.593

전체 표준편차 공정 능력

인덱스	추정값	95% 하한	95% 상한
Ppk	1.360	1.255	1.466
Ppl	1.500	1.385	1.614
Ppu	1.360	1.255	1.465
Pp	1.430	1.325	1.535
Cpm	1.400	1.299	1.504

부적합

비율	관측 %	기대 군간-군내 %	기대 전체 %
LSL 아래	0.0000	0.0000	0.0003
USL 위	0.0000	0.0001	0.0022
규격 밖 전체	0.0000	0.0002	0.0026

범위 차트와 평균 차트 사이에 이동 범위 차트가 나타납니다. 이제 평균 (XBar) 차트의 한계는 각 표본 간의 이동 범위를 사용하여 계산됩니다.

여러 관리도의 예

대화식 작업 영역의 "새 Y 차트" 옵션을 사용하거나 특정 관리도 시작 창에서 여러 공정을 지정하여 동일한 창에 여러 관리도를 생성할 수 있습니다. 이 예에서는 I/MR 관리도 시작 창을 사용한 후 관리 한계를 새 데이터 테이블에 저장합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Semiconductor Capability.jmp 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > IMR 관리도**를 선택합니다 .
3. "Processes" 옆의 삼각형을 클릭하여 모든 공정을 표시합니다 .
4. 처음 5 개 공정을 선택하고 **Y** 를 클릭합니다 .
5. **확인**을 클릭합니다 .

보고서 창을 스크롤하면 선택한 5 개 공정 모두에 대한 개별값 및 이동 범위 관리도가 있습니다 . 공정에 "규격 한계" 열 특성이 있으므로 각 공정에 대한 "공정 능력 분석" 보고서도 있습니다 .

6. "관리도 빌더" 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 저장 > 새 세로형 테이블**을 선택합니다 .

그림 3.32 새 세로형 테이블

	공정	_Std Dev	_Sample Size	_Sigma	_Mean	_LCL	_UCL	_AvgR	_LCLR	_UCLR
1	NPN1	2.6350722541	1	2.6350722541	114.79276556	106.8875488	122.69798232	2.9733606353	0	9.7125774226
2	PNP1	59.430128559	1	59.430128559	313.06971647	134.77933079	491.36010214	67.059718964	0	219.05271249
3	PNP2	79.27035928	1	79.27035928	456.61569285	218.80461501	694.42677069	89.44702198	0	292.18155238
4	NPN2	2.1316521676	1	2.1316521676	115.74213802	109.34718152	122.13709452	2.4053118974	0	7.8570280886
5	PNP3	6.1609122855	1	6.1609122855	137.6145741	119.13183725	156.09731096	6.9518450733	0	22.708423829

각 Y 변수 행과 각 통계량 열이 포함된 새 데이터 테이블에 관리 한계가 저장됩니다 .

관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보

참고 :

- 관리 한계는 기본적으로 3 으로 설정된 시그마 승수 K 를 사용하여 계산됩니다 . K 의 기본값을 변경하려면 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더에서 "K 시그마" 환경 설정을 사용합니다 .
- 최대 $n = 50$ 의 표본 크기에 대해 JMP 는 Harter 연구 자료 (1960) 의 Table 2 에 정의된 관리도 상수 $d_2(n)$ 및 $d_3(n)$ 을 사용합니다 . 크기가 50 을 초과하는 표본의 경우 JMP 는 시그마 계산과 관리 한계 계산 둘 다에서 표본 크기 50 에 대한 관리도 상수 값을 사용합니다 .
- "Xbar-R 차트에 대한 관리 한계 "
- "Xbar-S 차트에 대한 관리 한계 "
- " 개별 측정값 및 이동 범위 차트에 대한 관리 한계 "
- "P 및 NP 차트에 대한 관리 한계 "
- "U 차트 및 C 차트에 대한 관리 한계 "

- "Levey-Jennings 차트 "
- "G 차트에 대한 관리 한계 "
- "T 차트에 대한 관리 한계 "
- " 삼원 관리도에 대한 시그마 계산 "

Xbar-R 차트에 대한 관리 한계

JMP에서는 다음 계산식을 사용하여 Xbar-R 차트에 대한 관리 한계를 생성합니다 .

$$\text{XBar 차트의 LCL} = \bar{X}_w - \frac{K\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\text{XBar 차트의 UCL} = \bar{X}_w + \frac{K\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\text{R 차트의 LCL} = \max(d_2(n_i)\hat{\sigma} - Kd_3(n_i)\hat{\sigma}, 0)$$

$$\text{R 차트의 UCL} = d_2(n_i)\hat{\sigma} + Kd_3(n_i)\hat{\sigma}$$

R 차트의 중심선 : 기본적으로 i 번째 부분군의 중심선은 R_i 의 기대 추정값을 나타냅니다 . 이 값은 $d_2(n_i)\hat{\sigma}$ 로 계산됩니다 . 여기서 $\hat{\sigma}$ 는 σ 의 추정값입니다 .

Xbar-R 차트의 표준편차는 다음 계산식을 사용하여 추정됩니다 .

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$\bar{X}_w$ = 부분군 평균의 가중 평균

K = 시그마 승수 (기본값 3)

σ = 공정 표준편차

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$d_2(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

$d_3(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 표준편차

R_i = i 번째 부분군의 범위

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

Xbar-S 차트에 대한 관리 한계

JMP에서는 다음 계산식을 사용하여 Xbar-S 차트에 대한 관리 한계를 생성합니다.

$$\text{XBar 차트의 LCL} = \bar{X}_w - \frac{K\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\text{XBar 차트의 UCL} = \bar{X}_w + \frac{K\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\text{S 차트의 LCL} = \max(c_4(n_i)\hat{\sigma} - Kc_5(n_i)\hat{\sigma}, 0)$$

$$\text{S 차트의 UCL} = c_4(n_i)\hat{\sigma} + Kc_5(n_i)\hat{\sigma}$$

S 차트의 중심선: 기본적으로 i 번째 부분군의 중심선은 s_i 의 기대 추정값을 나타냅니다. 이 값은 $c_4(n_i)\hat{\sigma}$ 로 계산됩니다. 여기서 $\hat{\sigma}$ 는 σ 의 추정값입니다.

Xbar-S 차트의 표준편차 추정값은 다음과 같습니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\bar{X}_w$ = 부분군 평균의 가중 평균

K = 시그마 승수 (기본값 3)

σ = 공정 표준편차

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$c_4(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차 기대값

$c_5(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차에 대한 표준 오차

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

s_i = i 번째 부분군의 표본 표준편차

개별 측정값 및 이동 범위 차트에 대한 관리 한계

개별 측정값 차트에 대한 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{개별 측정값 차트의 LCL} = \bar{X} - K\hat{\sigma}$$

$$\text{개별 측정값 차트의 UCL} = \bar{X} + K\hat{\sigma}$$

중앙값 이동 범위로 추정된 시그마를 갖는 개별 측정값 차트의 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{개별 측정값 차트의 LCL} = \bar{X} - K\hat{\sigma}_{MMR}$$

$$\text{개별 측정값 차트의 UCL} = \bar{X} + K\hat{\sigma}_{MMR}$$

이동 범위 차트에 대한 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{이동 범위 차트의 LCL} = \max\{d_2(n)\hat{\sigma} - Kd_3(n)\hat{\sigma}, 0\}$$

$$\text{이동 범위 차트의 UCL} = d_2(n)\hat{\sigma} + Kd_3(n)\hat{\sigma}$$

중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{LCL}_{MMR} = \max(0, MMR - Kd_3(n)\hat{\sigma}_{MMR})$$

$$\text{UCL}_{MMR} = MMR + Kd_3(n)\hat{\sigma}_{MMR}$$

개별 측정값 및 이동 범위 차트의 표준편차는 다음과 같이 추정됩니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2(n)}$$

중앙값을 사용하는 경우 개별 측정값 및 이동 범위 차트의 표준편차는 다음과 같이 추정됩니다.

$$\hat{\sigma}_{MMR} = MMR/0.954$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\bar{X}$ = 개별 측정값의 평균

K = 시그마 승수 (기본값 3)

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N)/(N-1)$ 로 계산된 비결측 이동 범위의 평균 ($MR_i = |x_i - x_{i-1}|$)

MMR = 비결측 이동 범위의 중앙값

σ = 공정 표준편차

$d_2(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

$d_3(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 표준편차

참고 : 관리도 빌더의 이동 범위 차트에는 $n=2$ 범위 길이가 사용됩니다.

P 및 NP 차트에 대한 관리 한계

다음 계산식을 사용하여 LCL(관리 하한) 및 UCL(관리 상한) 이 계산됩니다 .

$$P \text{ 차트 LCL} = \max(\bar{p} - K\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_i}, 0)$$

$$P \text{ 차트 UCL} = \min(\bar{p} + K\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_i}, 1)$$

$$NP \text{ 차트 LCL} = \max(n_i\bar{p} - K\sqrt{n_i\bar{p}(1-\bar{p})}, 0)$$

$$NP \text{ 차트 UCL} = \min(n_i\bar{p} + K\sqrt{n_i\bar{p}(1-\bar{p})}, n_i)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$\bar{p}$ = 전체 부분군에 대한 부적합품의 평균 비율

$$\bar{p} = \frac{n_1p_1 + \dots + n_Np_N}{n_1 + \dots + n_N} = \frac{X_1 + \dots + X_N}{n_1 + \dots + n_N}$$

n_i = i 번째 부분군의 항목 수

K = 시그마 승수 (기본값 3)

U 차트 및 C 차트에 대한 관리 한계

다음 계산식을 사용하여 LCL(관리 하한) 및 UCL(관리 상한) 이 계산됩니다 .

$$U \text{ 차트 LCL} = \max(\bar{u} - K\sqrt{\bar{u}/n_i}, 0)$$

$$U \text{ 차트 UCL} = \bar{u} + K\sqrt{\bar{u}/n_i}$$

$$C \text{ 차트 LCL} = \max(n_i\bar{u} - K\sqrt{n_i\bar{u}}, 0)$$

$$C \text{ 차트 UCL} = n_i\bar{u} + K\sqrt{n_i\bar{u}}$$

한계는 n_i 에 따라 달라집니다 .

u_i = i 번째 부분군의 단위별 결함 수 . 일반적으로 $u_i = c_i/n_i$ 입니다 .

K = 시그마 승수 (기본값 3)

c_i = i 번째 부분군의 총 결함 수

n_i = i 번째 부분군의 검사 단위 수

$\bar{u}$ = 전체 부분군에 대한 단위별 평균 결함 수 . $\bar{u}$ 양 (quantity) 은 가중 평균으로 계산됩니다 .

$$\bar{u} = \frac{n_1u_1 + \dots + n_Nu_N}{n_1 + \dots + n_N} = \frac{c_1 + \dots + c_N}{n_1 + \dots + n_N}$$

N = 부분군 수

Levey-Jennings 차트

Levey-Jennings 차트는 장기 시그마를 기반으로 한 관리 한계와 공정 평균을 보여 줍니다. 관리 한계는 중심선에서 $K\sigma$ 거리에 배치되며 기본적으로 $K=3$ 입니다.

Levey-Jennings 차트에 대한 표준편차 s 는 분포 플랫폼의 표준편차와 동일한 방식으로 계산됩니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \bar{y})^2}{N-1}}{N-1}}$$

자세한 내용은 Levey and Jennings(1950) 및 Westgard(2002) 연구 자료에서 확인하십시오.

G 차트에 대한 관리 한계

음이항 분포는 기하(Poisson) 분포의 확장이며 Poisson 과 관련하여 과대산포를 허용합니다. 음이항 분포를 사용하면 개수 데이터에 대해 정확 관리 한계와 근사 관리 한계를 모두 구성할 수 있습니다. 근사 관리 한계는 음이항에 대한 카이제곱 근사를 기반으로 구할 수 있습니다. 모든 데이터는 부분군 크기에 관계없이 개별 관측값으로 사용됩니다.

모수가 (μ, k) 인 음이항 분포의 X 를 가정해 보겠습니다. 그러면 다음과 같이 구성할 수 있습니다.

$$P(X \leq r) \sim P\left(\chi_v^2 \leq \frac{2r+1}{1+\mu k}\right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

χ_v^2 = 자유도가 $v = 2\mu/(1+\mu k)$ 인 카이제곱 변량

이 근사를 기반으로 관리 상한 및 관리 하한의 근사값을 산출할 수 있습니다. 한 방향의 명목형 수준 α 제 1 종 오류 확률의 경우 근사 관리 상한은 다음 방정식이 참이 되는 한계 (UCL) 입니다.

$$P(X > UCL) = 1 - P\left(\chi_v^2 \leq \frac{2UCL+1}{1+\mu k}\right) = \alpha$$

마찬가지로 근사 LCL(관리 하한) 은 다음 방정식이 참이 되는 한계입니다.

$$P(X < LCL) = 1 - P\left(\chi_v^2 \geq \frac{2LCL+1}{1+\mu k}\right) = \alpha$$

따라서 다음 계산식을 사용하여 근사 수준의 LCL(관리 하한) 및 UCL(관리 상한)이 계산됩니다.

$$UCL = \frac{\chi_{v, 1-\alpha}^2(1+\mu k) - 1}{2}$$

$$LCL = \max\left\{0, \frac{\chi^2_{v, \alpha}(1 + \mu k) - 1}{2}\right\}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$\chi^2_{v, 1-\alpha}(\chi^2_{v, \alpha})$ = 자유도가 $v = 2\mu/(1+\mu k)$ 인 카이제곱 분포의 상위 (하위) 백분위수 . 음수
관리 하한은 0 으로 설정할 수 있습니다 .

음이항 관리 한계에 대한 자세한 내용은 Hoffman 연구 자료(2003)에서 확인하십시오.

T 차트에 대한 관리 한계

형상 모수 및 척도 모수의 추정값은 데이터에서 계산되며 Weibull 분포의 백분위수를 구하는 데 사용됩니다.

참고 : Weibull 분포 모수를 추정할 때 반응 값이 0 인 부분군에는 가중치가 0 으로 지정됩니다 .

다음 통계량을 정의합니다.

p1 = Normal (0,1) 에 대한 normalDist(-K)

p2 = Normal (0,1) 에 대한 normalDist(0)

p3 = Normal (0,1) 에 대한 normalDist(K)

이제 다음 계산식을 사용하여 한계가 계산됩니다.

LCL = Weibull Quantile (p1, β , α)

CL = Weibull Quantile (p2, β , α)

UCL = Weibull Quantile (p3, β , α)

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

β = Weibull Quantile 함수의 형상 모수 , α = Weibull Quantile 함수의 척도 모수

K = 시그마 승수 (기본값 3)

Weibull Quantile 함수에 대한 자세한 내용은 **도움말 > 스크립트 인덱스**에서 확인하십시오.

삼원 관리도에 대한 시그마 계산

범위 평균에 기반한 군내 표준편차

범위 평균을 사용하여 추정되는 삼원 관리도의 군내 표준편차 추정값은 평균에 대한 개별값, 평균에 대한 이동 범위 및 R 차트에 사용할 수 있습니다.

$$\hat{\sigma}_{\text{within}} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

R_i = i 번째 부분군의 범위

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$d_2(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

비편향 표준편차의 평균에 기반한 군내 표준편차

비편향 표준편차의 평균을 사용하여 추정되는 삼원 관리도의 군내 표준편차 추정값은 평균에 대한 개별값, 평균에 대한 이동 범위 및 S 차트에 사용할 수 있습니다.

$$\hat{\sigma}_{\text{within}} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

s_i = i 번째 부분군의 표본 표준편차

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$c_4(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

군간 표준편차

삼원 관리도의 군간 표준편차 추정값은 부분군 평균의 이동 범위를 사용하여 추정됩니다.

$$\hat{\sigma}_{\text{between}} = \sqrt{\left(\frac{\overline{MR}}{d_2(2)}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2}{H}}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N - 1)$ 로 계산된 비결측 이동 범위의 평균 ($MR_i = |y_i - y_{i-1}|$)

$d_2(2)$ = 단위 표준편차를 갖는 두 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

$$H = \frac{N}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_N}}, \text{부분군 표본 크기의 조화 평균}$$

참고 : 음수 값으로 추정된 군간 표준편차는 0 으로 설정됩니다.

군간 - 군내 표준편차

삼원 관리도의 군간 - 군내 표준편차 추정값은 군내 표준편차 및 군간 표준편차 추정값의 조합을 사용하여 추정됩니다.

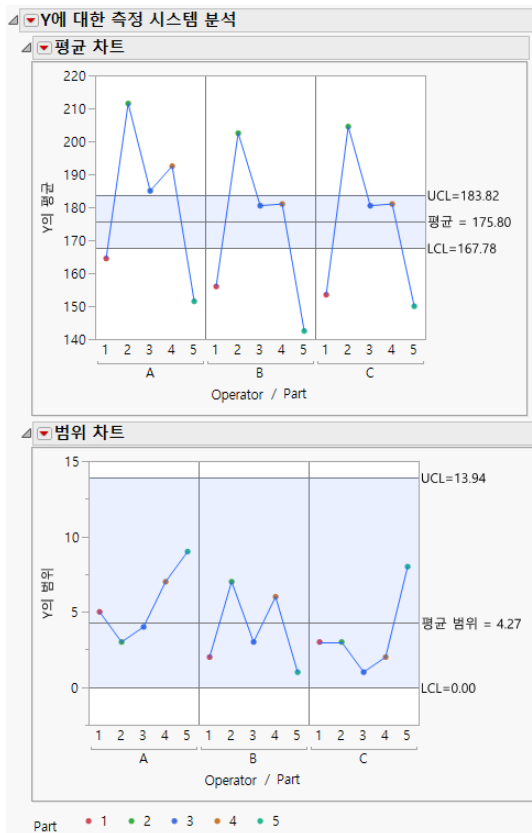
$$\hat{\sigma}_{\text{between-and-within}} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{between}}^2}$$

측정 시스템 분석 EMP 방법을 사용하여 연속형 측정 공정 평가

MSA(측정 시스템 분석) 플랫폼은 측정 시스템의 정밀도, 일관성 및 편향을 평가합니다. 공정 자체를 연구하려면 먼저 공정을 정확하고 정밀하게 측정할 수 있는지 확인해야 합니다. 만일 변동의 대부분이 측정 공정 자체에 기인하는 경우 공정에 대해 신뢰할 수 있는 정보를 얻지 못합니다. MSA를 사용하여 측정 시스템의 성능을 확인할 수 있습니다.

이 장에서는 EMP 방법에 대해 설명합니다. 게이지 R&R 방법은 "계량형 게이지 차트"에서 설명됩니다.

그림 4.1 측정 시스템 분석의 예



목차

측정 시스템 분석 개요.....	97
측정 시스템 분석의 예.....	97
측정 시스템 분석 플랫폼 시작.....	100
데이터 형식.....	101
측정 시스템 분석 플랫폼 옵션.....	102
평균 차트.....	103
범위 차트 또는 S 관리도.....	104
EMP 결과.....	104
유효 해상도.....	106
변화 감지 프로파일러.....	106
편향 비교.....	111
검사-재검사 오차 비교.....	111
측정 시스템 분석의 추가 예.....	112
측정 시스템 분석에 대한 통계 상세 정보.....	118
급내 상관 및 확률 오차 계산.....	118

측정 시스템 분석 개요

측정 시스템 분석 플랫폼의 EMP(Evaluating the Measurement Process) 방법은 주로 Donald J. Wheeler의 저서 EMP III Using Imperfect Data(2006)에 제시된 방법을 기반으로 합니다. EMP 방법은 해석하기 쉬운 시각적 정보와 결과를 제공하며, 측정 시스템의 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 개선하는 데 도움이 됩니다.

게이지 R&R 방법은 작업자 변동(재현성) 및 측정 변동(반복성)으로 인한 변동이 어느 정도인지 분석합니다. 게이지 R&R은 모형의 균형 여부에 관계없이 교차 모형과 내포 모형의 여러 조합에 사용할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[계량형 게이지 차트](#)"에서 확인하십시오.

Six Sigma DMAIC 방법론에서 MSA(측정 시스템 분석)는 측정 단계를 다루고 공정 동작 차트(관리도)는 관리 단계를 다룹니다. MSA는 미래 결과를 예측하고 특성화하는 데 도움이 됩니다. MSA에서 수집한 정보를 사용하여 공정 동작 차트를 해석하고 구성할 수 있습니다.

관리도에 대한 자세한 내용은 "[관리도 빌더](#)"에서 확인하십시오.

측정 시스템 분석의 예

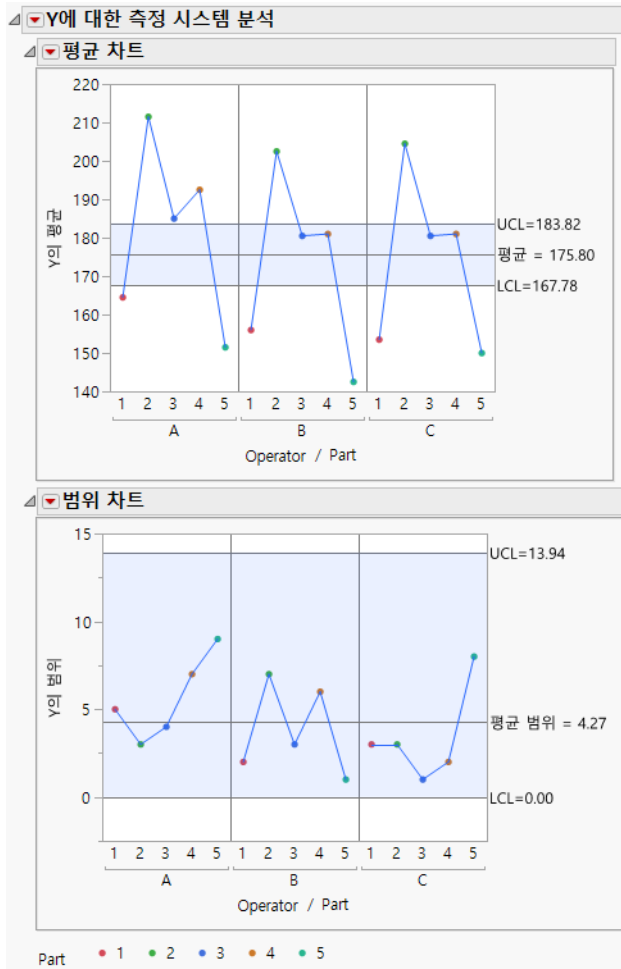
이 예에서는 세 명의 작업자가 동일 부품 5 개를 측정했습니다. 측정값에서 발견된 변동량을 기반으로 측정 시스템의 성능을 확인합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Variability Data/Gasket.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 측정 시스템 분석**을 선택합니다.
3. Y 를 **Y, 반응** 역할에 할당합니다.
4. Part 를 **부품**, **표본 ID** 역할에 할당합니다.
5. Operator 를 **X, 그룹화** 역할에 할당합니다.

MSA 방법은 EMP, 산포 차트 유형은 범위, 모형 유형은 교차로 각각 설정되어 있습니다.

6. **확인**을 클릭합니다.

그림 4.2 MSA 초기 보고서



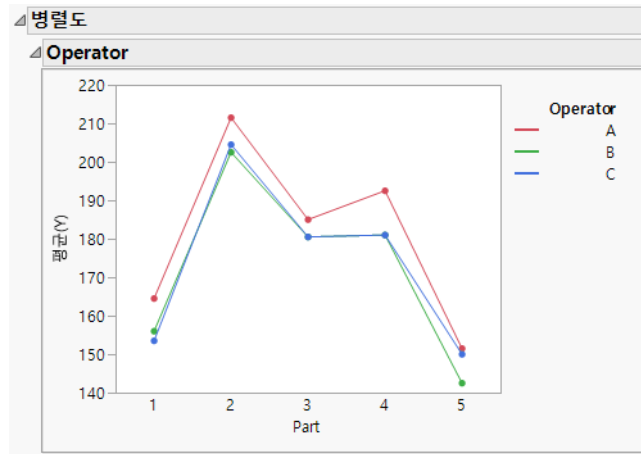
"평균 차트"에는 각 작업자와 부품 조합에 대한 평균 측정값이 표시됩니다. 이 예에서는 부품 측정값 평균이 대부분 관리 한계를 벗어납니다. 이 결과는 부품 간 변동을 감지할 수 있음을 나타내므로 바람직합니다.

"범위 차트"에는 각 작업자와 부품 조합에 대한 변동성이 표시됩니다. 이 예에서는 범위가 관리 한계 내에 있습니다. 이 결과는 작업자가 동일한 방식 및 비슷한 변동으로 부품을 측정하고 있음을 나타내므로 바람직합니다.

차트 아래 범례에 각 부품의 색상 코딩이 표시됩니다.

7. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **병렬도**를 선택합니다.

그림 4.3 Operator(작업자) 와 Part(부품) 에 대한 병렬도



" 병렬도 " 차트에는 작업자별로 각 부품의 평균 측정값이 표시됩니다. 전체적으로 선이 평행하고 큰 교차가 없으므로 작업자와 부품 간에 교호작용이 없다는 결론을 내릴 수 있습니다.

팁 : 교호작용은 추가 조사가 필요한 심각한 문제를 나타냅니다.

8. "Y 에 대한 측정 시스템 분석 " 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **EMP 결과**를 선택합니다 .

그림 4.4 EMP 결과 보고서

EMP 결과

EMP 검정	결과 설명
검사-재검사 오차	3.7812 오차 이내
자유도	13.376 오차 범위 이내를 추정하는 데 사용되는 정보의 양
확률 오차	2.5504 단일 측정값 오차의 중앙값
클래스 간 상관(편향 없음)	0.9745 부품 변동에 기인한 변동의 비율(편향 요인 포함 안 함)
클래스 간 상관(편향 포함)	0.9437 부품 변동에 기인한 변동의 비율(편향 요인 포함)
편향 영향	0.0308 편향 요인에 의해 클래스 간 상관이 감소하는 양

시스템	분류
현재(편향 포함)	첫 번째 클래스
잠재(편향 없음)	첫 번째 클래스

분류 모니터링 범례

분류	클래스 간 상관	프로세스 신호 감식	경고의 확률, 검정 1만*	경고의 확률, 검정 1 ~ 4*
첫 번째 클래스	0.80 - 1.00	11%보다 작음	0.99 - 1.00	1.00
두 번째 클래스	0.50 - 0.80	11% - 29%	0.88 - 0.99	1.00
세 번째 클래스	0.20 - 0.50	29% - 55%	0.40 - 0.88	0.92 - 1.00
네 번째 클래스	0.00 - 0.20	55% 초과	0.03 - 0.40	0.08 - 0.92

* Wheeler 검정에 의한 10개 부분군 내 3* 표준 오차 밖으로 이동에 대한 경고 확률(Nelson 검정 1, 2, 5, 6에 해당)

"EMP 결과" 보고서는 측정 시스템을 평가하고 분류하는 데 도움이 되는 여러 통계량을 계산합니다. "급내 상관"은 총 변동에서 부품이 기여하는 비율을 나타냅니다.

"EMP 결과" 보고서를 통해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있습니다.

- "급내 상관" 값이 1에 가까우며 이는 대부분의 변동이 측정 시스템이 아니라 부품에서 발생한다는 것을 나타냅니다.
- 분류가 "첫 번째 클래스"이며 이는 공정 신호 강도가 11% 미만으로 약화됨을 의미합니다.
- 검정 1만 사용하여 경고를 감지할 확률은 99% 이상입니다.
- 검정 1~4를 사용하여 경고를 감지할 확률은 100%입니다.

참고: 검정 및 공정 변화 감지에 대한 자세한 내용은 "[변화 감지 프로파일러](#)"에서 확인하십시오.

작업자와 부품 간에 교호작용이 없고 측정값 변동도 거의 없습니다(분류 = 첫 번째 클래스). 따라서 측정 시스템이 매우 잘 수행되고 있다는 결론을 내릴 수 있습니다.

측정 시스템 분석 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 측정 시스템 분석을 선택하여 측정 시스템 분석 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 4.5 측정 시스템 분석 창

The screenshot shows the 'Measurement System Analysis' window with the following sections:

- 열 선택 (Column Selection):** A dropdown menu showing '3개 열' (3 columns) with icons for Operator, Part, and Y.
- MSA 방법 (MSA Method):** A dropdown menu set to 'EMP'.
- 하위 산포 유형 (Sub-Dispersion Type):** Radio buttons for '범위' (Range) and '표준편차' (Standard Deviation).
- 모형 유형 (Model Type):** Radio buttons for '주' (Main), '교차' (Cross), '두 개의 요인 교호작용과 교차' (Two factors interaction and cross), '내포' (Nested), '교차 후 내포(3개 요인만)' (Cross after nested (3 factors only)), and '내포 후 교차(3개 요인만)' (Nested after cross (3 factors only)).
- 옵션 (Options):** Buttons for '분석 설정' (Analysis Settings) and '알파 지정' (Alpha Specification).
- 선택한 열 역할 지정 (Selected Column Role Assignment):** A table with columns for role and factor.

선택한 열 (Selected Column)	역할 지정 (Role Assignment)
Y, 반응 (Y, Response)	필수 숫자 (필수적 숫자) (Required Number (Required Number))
부품, 표본 ID (Part, Sample ID)	필수 (Required)
X, 그룹화 (X, Grouping)	선택적 (Optional)
기준 (Reference)	선택적 (Optional)
- 작업 (Action):** Buttons for '확인' (Confirm), '취소' (Cancel), '제거' (Remove), '재호출' (Recall), and '도움말' (Help).

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

측정 시스템 분석 창에는 다음 기능이 포함되어 있습니다.

열 선택 현재 데이터 테이블의 모든 변수를 나열합니다. 선택한 열을 역할로 이동합니다.

MSA 방법 EMP(Evaluating the Measurement Process) 또는 **게이지 R&R** 중 사용할 방법을 선택합니다. 이 장에서는 **EMP** 방법에 대해 설명합니다. **게이지 R&R** 방법에 대한 자세한 내용은 "계량형 게이지 차트"에서 확인하십시오.

산포 차트 유형 변동을 표시할 차트 유형을 지정합니다. **범위** 또는 **표준편차** 옵션을 선택합니다.

참고 : **EMP** 방법의 경우 산포 차트 유형에 따라 **EMP** 결과 보고서의 통계량을 계산하는 방법이 결정됩니다. **범위** 옵션을 선택하고 1 요인 또는 2 요인의 균형 잡힌 교차 모형을 사용하는 경우 이 보고서의 통계량은 범위를 기반으로 합니다. 그렇지 않은 경우 이 보고서의 통계량은 표준편차를 기반으로 합니다.

모형 유형 다음과 같은 모형 유형을 지정합니다.

주 명목형 또는 순서형 모델링 유형의 변수를 주효과로 처리합니다.

교차 모든 요인의 모든 수준이 다른 모든 요인의 모든 수준과 함께 발생하면 모형이 교차됩니다.

두 개의 요인 교호작용과 교차 두 요인의 각 수준이 다른 요인의 모든 수준과 함께 발생하면 모형이 교차됩니다.

내포 한 요인의 모든 수준이 다른 요인의 단일 수준 내에만 나타나면 모형이 내포됩니다.

교차 후 내포 (3 개 요인만) 3 개 요인에 대해 요인이 교차된 후 내포됩니다.

내포 후 교차 (3 개 요인만) 3 개 요인에 대해 요인이 내포된 후 교차됩니다.

옵션 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

분석 설정 REML 최대 반복 수와 수렴을 설정합니다.

알파 지정 $1-\alpha$ 신뢰 수준을 지정합니다.

Y, 반응 측정값 열입니다.

부품, 표본 ID 부품 또는 단위를 지정하는 열입니다.

X, 그룹화 그룹화 변수를 나타내는 열입니다.

기준 변수의 각 수준에 대한 개별 분석으로 구성된 보고서를 생성하는 열을 식별합니다.

데이터 형식

측정 시스템 분석 플랫폼을 사용하려면 모든 반응 측정값이 단일 반응 열에 있어야 합니다. 반응이 여러 열에 기록되는 경우도 있습니다. 이때 각 행은 한 설계 요인의 수준이고 각 열은 다른 설계 요인의 수준입니다. 측정 시스템 분석 플랫폼을 실행하기 전에 이 형식의 데이터를 쌓아야 합니다. 자세한 내용은 **JMP 사용의** 에서 확인하십시오.

측정 시스템 분석 플랫폼 옵션

플랫폼 옵션은 " 측정 시스템 분석 " 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에 나타납니다 . 옵션을 선택하면 MSA 보고서 창에 해당 그래프 또는 보고서가 생성됩니다 . 옵션을 선택 취소하면 그래프 또는 보고서가 제거됩니다 . 다음 옵션 중에서 선택합니다 .

평균 차트 부품과 X 변수의 각 조합에 대한 평균 측정값을 보여 주는 그림입니다 . 평균 차트는 측정 변동이 있더라도 제품 변동을 감지하는 데 도움이 됩니다 . 평균 차트에서는 부품 간 변동을 감지하는 관리이탈 데이터가 바람직합니다 . 자세한 내용은 "[평균 차트](#)" 에서 확인하십시오 .

범위 차트 부품과 X 변수의 각 조합에 대한 변동 통계량을 보여 주는 그림입니다 . 시작 창에서 " 산포 차트 유형 " 을 **범위** 로 선택한 경우에만 나타납니다 . 범위 차트는 부분군 내의 일관성을 확인하는 데 도움이 됩니다 . 범위 차트에서는 오차의 동질성을 나타내는 한계 내의 데이터가 바람직합니다 . 자세한 내용은 "[범위 차트 또는 S 관리도](#)" 에서 확인하십시오 .

S 관리도 부품과 X 변수의 각 조합에 대한 표준편차 통계량을 보여 주는 그림입니다 . 시작 창에서 " 산포 차트 유형 " 을 **표준편차** 로 선택한 경우에만 나타납니다 . S 관리도는 부분군 내의 일관성을 확인하는 데 도움이 됩니다 . S 관리도에서는 오차의 동질성을 나타내는 한계 내의 데이터가 바람직합니다 . 자세한 내용은 "[범위 차트 또는 S 관리도](#)" 에서 확인하십시오 .

병렬도 각 부품에 대한 측정값 평균을 반영하는 중첩 그림입니다 . 선이 비교적 평행하지 않거나 교차하면 부품과 X 변수 간에 교호작용이 있을 수 있습니다 .

팁 : 교호작용은 추가 조사가 필요한 심각한 문제를 나타냅니다 . 예를 들어 부품과 작업자 간의 교호작용은 작업자가 대체로 각 부품마다 다르게 측정한다는 것을 의미합니다 . 따라서 측정 변동을 예측할 수 없습니다 . 이 문제는 작업자가 부품에 대해 동일한 패턴이나 프로파일을 갖지 않는 이유를 찾기 위해 추가 조사가 필요합니다 .

EMP 결과 측정 시스템을 평가하고 분류하는 데 도움이 되는 여러 통계량을 계산하는 보고서입니다 . 자세한 내용은 "[EMP 결과](#)" 에서 확인하십시오 .

유효 해상도 측정 시스템의 해상도 결과를 포함하는 보고서입니다 . 자세한 내용은 "[유효 해상도](#)" 에서 확인하십시오 .

편향 비교 X 변수의 평균이 서로 다른지 여부를 검정하기 위한 평균 분석 차트입니다 . 자세한 내용은 "[편향 비교](#)" 에서 확인하십시오 .

검사 - 재검사 오차 비교 그룹의 검사 - 재검사 오차 수준이 서로 다른지 여부를 검정하기 위한 " 분산에 대한 평균 분석 " 또는 " 평균 범위 분석 " 차트입니다 . 자세한 내용은 "[검사 - 재검사 오차 비교](#)" 에서 확인하십시오 .

변화 감지 프로파일러 공정 동작 차트에서 경고를 받을 확률을 확인하기 위해 조정할 수 있는 대화식 차트 집합입니다 . 자세한 내용은 "[변화 감지 프로파일러](#)" 에서 확인하십시오 .

분산 성분 주어진 모형에 대한 분산 성분 추정값을 포함하는 보고서입니다 . 이 보고서의 계산은 범위가 아니라 분산을 기반으로 합니다 . 균형 데이터는 EMS 방법을 사용합니다 . 불균형 데이터는 REML 방법을 사용합니다 .

참고: 이 보고서는 Bayes 분산 성분 추정값을 계산하지 않는다는 점을 제외하고 계량형 차트 플랫폼의 분산 성분 보고서와 비슷합니다. 자세한 내용은 "[분산 성분](#)"에서 확인하십시오.

EMP 게이지 R&R 결과 측정 변동성을 부품 변동과 측정 시스템 변동으로 분할하는 보고서입니다. 이 보고서의 계산은 범위가 아니라 분산을 기반으로 합니다. 음의 분산 성분이 0 으로 설정되므로 0 값은 결과의 이상치를 나타낼 수 있습니다.

참고: 이 보고서는 계량형 차트 플랫폼의 게이지 R&R 보고서와 비슷합니다. 그러나 기본적으로는 재현성 계산에 교호작용이 포함되지 않습니다. 재현성 계산에 교호작용을 포함하도록 지정하려면 "재현성에 교호작용 포함" 플랫폼 환경 설정을 선택합니다. 이 환경 설정은 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > EMP 측정 시스템 분석에 있습니다. 게이지 R&R 연구에 대한 자세한 내용은 "[게이지 R&R 방법 정보](#)"에서 확인하십시오.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용**의 에서 확인하십시오.

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

평균 차트

"평균 차트" 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

총 평균 표시 차트에 Y 변수의 전체 평균을 그립니다.

연결된 평균 표시 모든 평균 측정값을 연결하는 선을 그립니다.

관리 한계 표시 UCL(관리 상한) 및 LCL(관리 하한)을 나타내는 선을 그리고 해당 값에 라벨을 지정합니다. 평균 차트의 관리 한계에는 XBar 관리도와 동일한 계산이 사용됩니다. 자세한 내용은 "[Xbar-R 차트에 대한 관리 한계](#)"에서 확인하십시오.

관리 한계 음영 표시 UCL 과 LCL 사이에 음영을 추가합니다.

구분 기호 표시 X 변수 사이를 구분하는 세로선을 그립니다.

데이터 표시 차트에 데이터 점을 추가합니다.

참고 : 두 가지 방법 중 하나로 평균 차트의 변수를 바꿀 수 있습니다 . 한 가지 방법은 한 축의 변수를 다른 축으로 드래그한 후 놓아 기존 변수를 바꾸는 것이고 , 다른 방법은 연결된 데이터 테이블의 " 열 " 패널에서 변수를 클릭한 후 축으로 드래그하는 것입니다 .

범위 차트 또는 S 관리도

" 범위 차트 " 또는 " S 관리도 " 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다 .

평균 산포 표시 차트에 평균 범위 또는 표준편차를 그립니다 .

연결된 점 표시 모든 범위 또는 표준편차를 연결하는 선을 그립니다 .

관리 한계 표시 UCL(관리 상한) 및 LCL(관리 하한) 을 나타내는 선을 그리고 해당 값에 라벨을 지정합니다 . 범위 차트에 사용되는 한계 계산에 대한 자세한 내용은 "[Xbar-R 차트에 대한 관리 한계](#) " 에서 확인하십시오 . S 관리도에 사용되는 한계 계산에 대한 자세한 내용은 "[Xbar-S 차트에 대한 관리 한계](#) " 에서 확인하십시오 .

관리 한계 음영 표시 UCL 과 LCL 사이에 음영을 추가합니다 .

구분 기호 표시 X 변수 사이를 구분하는 세로선을 그립니다 .

참고 : 두 가지 방법 중 하나로 범위 차트 또는 S 관리도의 변수를 바꿀 수 있습니다 . 한 가지 방법은 한 축의 변수를 다른 축으로 드래그한 후 놓아 기존 변수를 바꾸는 것이고 , 다른 방법은 연결된 데이터 테이블의 " 열 " 패널에서 변수를 클릭한 후 축으로 드래그하는 것입니다 .

EMP 결과

참고 : MSA 방법 및 산포 차트 유형을 각각 EMP 와 범위 로 선택하고 , 1 요인 또는 2 요인의 균형 잡힌 교차 모형을 사용하는 경우 이 보고서의 통계량은 범위를 기반으로 합니다 . 그렇지 않은 경우 이 보고서의 통계량은 분산을 기반으로 합니다 .

"EMP 결과 " 보고서는 측정 시스템을 평가하고 분류하는 데 도움이 되는 여러 통계량을 계산합니다 . 이 보고서를 사용하여 다음을 확인할 수 있습니다 .

- 공정 차트에 미치는 영향
- 설정할 검정
- 공정 신호의 감쇄 비율
- 편향 요인에 의해 시스템에 미치는 영향 및 잠재적 급내 상관관계수의 감소 정도

"EMP 결과 " 보고서에는 다음 계산이 포함됩니다 .

검사 - 재검사 오차 측정 변동 또는 반복성을 나타냅니다 (군내 오차 또는 순수 오차라고도 함) .

자유도 군내 오차를 추정하는 데 사용되는 정보의 양을 나타냅니다 .

확률 오차 단일 측정값 오차의 중앙값입니다. 측정 해상도 품질을 나타내며 측정값을 기록할 때 사용할 자릿수를 결정하는 데 도움이 됩니다. 자세한 내용은 "[유효 해상도](#)"에서 확인하십시오.

급내 상관 총 변동에서 부품이 기여하는 비율을 나타냅니다. 측정 변동이 거의 없는 경우 이 값은 1에 더 가깝습니다.

급내 상관 (편향 없음) 결과를 계산할 때 편향 또는 교호작용 요인을 고려하지 않습니다.

급내 상관 (편향 포함) 결과를 계산할 때 편향 요인 (예: 작업자, 기기 등)을 고려합니다.

급내 상관 (편향 및 교호작용 포함) 결과를 계산할 때 편향 및 교호작용 요인을 고려합니다. 이 계산은 모형이 교차 모형이고 범위 대신 표준편차를 사용하는 경우에만 나타납니다.

편향 영향 편향 요인에 의해 급내 상관이 감소하는 양입니다.

편향 및 교호작용 영향 편향 및 교호작용 요인에 의해 급내 상관이 감소하는 양입니다. 이 계산은 모형이 교차 모형이고 범위 대신 표준편차를 사용하는 경우에만 나타납니다.

공정 클래스 모니터

시스템 및 분류 파라미터를 이해하려면 먼저 모니터링 분류 범례를 이해해야 합니다.

그림 4.6 모니터링 분류 범례

분류 모니터링 범례					
분류	클래스 간 상관	프로세스 신호 감쇠	경고의 확률, 검정 1만*	경고의 확률, 검정 1 ~ 4*	
첫 번째 클래스	0.80 - 1.00	11%보다 작음	0.99 - 1.00	1.00	
두 번째 클래스	0.50 - 0.80	11% - 29%	0.88 - 0.99	1.00	
세 번째 클래스	0.20 - 0.50	29% - 55%	0.40 - 0.88	0.92 - 1.00	
네 번째 클래스	0.00 - 0.20	55% 초과	0.03 - 0.40	0.08 - 0.92	

* Wheeler 검정에 의한 10개 부분군 내 3* 표준 오차 밖으로 이동에 대한 경고 확률(Nelson 검정 1, 2, 5, 6에 해당)

이 범례는 첫 번째, 두 번째, 세 번째 및 네 번째 클래스 분류를 설명합니다. 각 분류는 다음을 나타냅니다.

- 해당하는 급내 상관 값
- 공정 신호 감쇄 (감소) 양
- Wheeler 검정 1 개 또는 4 개를 모두 사용하여 10 개 부분군 내에서 3* 표준 오차 변화를 감지할 확률

Wheeler(2006)는 Western Electric Zone Test라고 하는 네 가지 감지 검정을 식별합니다. "변화 감지 프로파일러"에는 선택할 수 있는 8개의 검정이 있습니다. Wheeler 검정에 해당하는 검정은 첫 번째, 두 번째, 다섯 번째 및 여섯 번째 검정입니다.

팁: 범례가 나타나지 않게 하려면 "EMP 측정 시스템 분석" 플랫폼 환경 설정에서 **모니터링 분류 범례 표시**를 선택 취소하십시오.

유효 해상도

유효 해상도 보고서는 측정 증분이 제대로 작동하는지 확인하는 데 도움이 됩니다. 측정값을 기록할 때 자릿수를 추가하거나 삭제해야 할 수도 있고 현재 증분이 그대로 적용될 수도 있습니다. 다음 사항에 유의하십시오.

- "확률 오차"는 측정값 오차의 중앙값을 계산합니다.
- "현재 측정 증분"은 현재 반올림하는 자릿수를 반영하며 데이터에서 최근접 10의 거듭제곱으로 가져옵니다. 이 값을 "가장 작은 유효 증분", "하한 증분" 및 "가장 큰 유효 증분"과 비교합니다. 이 비교 결과를 바탕으로 작업이 추천됩니다.
- 측정 증분이 크면 마지막 자릿수에서 불확도는 적지만 중앙값 오차가 큼니다. 측정 증분이 작으면 중앙값 오차는 작지만 마지막 자릿수에서 불확도가 더 큼니다.

변화 감지 프로파일러

변화 감지 프로파일러를 사용하면 공정 모니터링에 사용하는 관리도의 민감도를 평가할 수 있습니다. 변화 감지 프로파일러는 제품 평균 또는 제품 표준편차의 변화를 감지할 확률을 추정합니다. 관리도 한계에는 측정 오차 변동의 원인이 포함됩니다. 변화 감지 프로파일러는 이러한 한계를 기반으로 경고 확률을 추정합니다. 이것은 공정 평균을 모니터링하는 관리도에서 다음 k 개 부분군에 대해 경고 신호를 보낼 확률입니다.

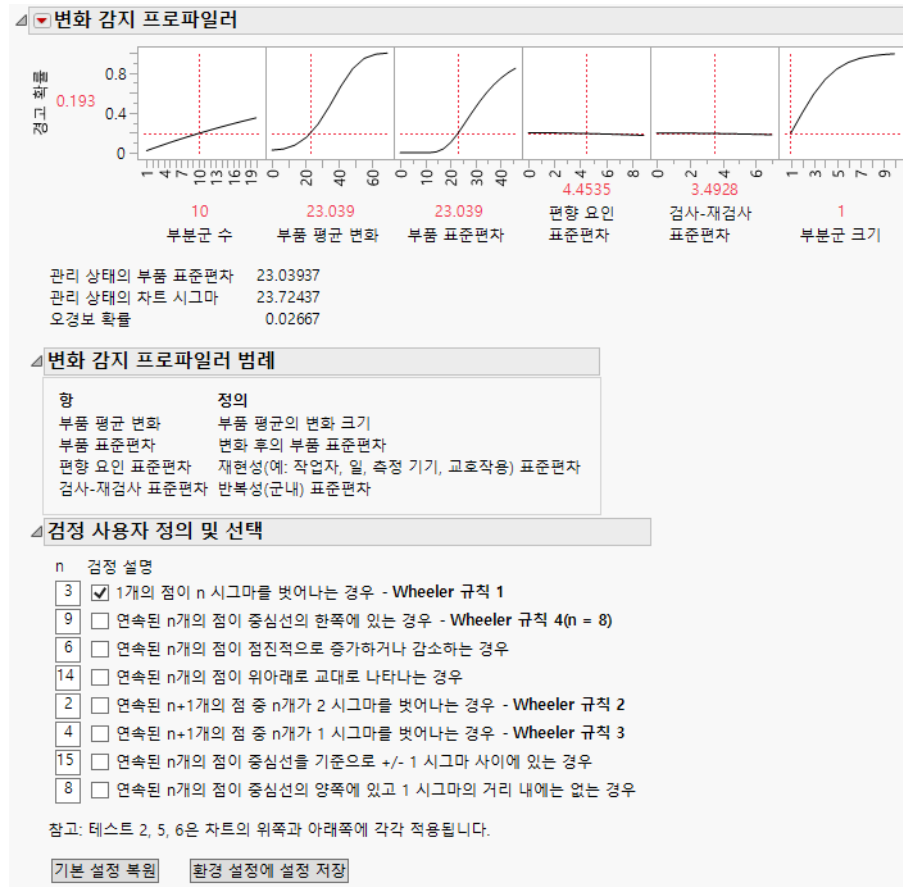
관리도에 사용할 부분군 크기를 설정할 수 있습니다. 다음 사항에 유의하십시오.

- 부분군 크기가 1인 경우 관리도는 개별 측정값 차트입니다.
- 부분군 크기가 1을 초과할 경우 관리도는 $\bar{X}$ 차트입니다.

부분군 크기가 관리도의 민감도에 미치는 영향을 탐색할 수 있습니다. 또한 편향 및 검사-재검사 오차를 줄여 얻을 수 있는 이점도 확인할 수 있습니다.

[그림 4.7](#)에서는 Variability Data 폴더에 있는 Gasket.jmp 샘플 데이터 테이블에 대한 "변화 감지 프로파일러" 보고서를 보여 줍니다.

그림 4.7 Gasket.jmp 에 대한 변화 감지 프로파일러



경고 확률

경고 확률은 공정의 변화를 감지할 확률입니다. "변화 감지 프로파일러"의 "부품 평균 변화" 및 "부품 표준편차" 설정에 의해 변화가 정의됩니다. 확률을 계산할 때는 "검정 사용자 정의 및 선택" 개요에서 선택한 검정이 프로파일러에 지정된 "부분군 수"에 적용된다고 가정합니다.

개별 측정값 차트(부분군 크기 = 1) 및 XBar 차트(부분군 크기 > 1)의 관리 한계는 관리 상태의 차트 시그마를 기반으로 합니다. 관리 상태의 시그마는 편향 요인(재현성) 변동과 검사-재검사(반복성) 변동을 고려합니다. 처음에는 MSA 연구에서 얻은 값으로 설정됩니다. 관리 상태의 차트 시그마는 관리 상태의 부품 표준편차도 통합합니다. 이 두 값은 관리 상태의 차트 시그마를 기반으로 한 오경보 확률과 함께 프로파일러 아래에 나타납니다.

관리 상태의 부품 표준편차 측정 오차를 제외한 안정적인 공정에 대한 실제 부품 값의 표준편차입니다. 관리 상태의 부품 표준편차 기본값은 부품 성분의 표준편차입니다. 부품 성분의 표준편차는 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보고서에 있습니다.

MSA 연구의 부품은 특정한 특성을 갖도록 선택되며 생산 시 볼 수 있는 부품 간 변동을 반영하지 못하는 경우가 많습니다. 이 때문에 "변화 감지 프로파일러"의 빨간색 삼각형 메뉴에서 **관리 상태의 부품 표준편차 변경**을 선택하여 관리 상태의 부품 표준편차를 지정할 수 있습니다.

관리 상태의 차트 시그마 관리 한계를 계산하는 데 사용되는 시그마 값입니다. 이 값은 변화 감지 프로파일러에 지정된 관리 상태의 부품 표준편차, 편향 요인 표준편차 및 검사 - 재검사 표준편차와 부분군 크기를 사용하여 계산됩니다. 이때 재현성 요인은 부분군 내에서 일정하다고 가정합니다.

부분군 크기가 n 인 경우 관리 한계는 다음 값으로 설정됩니다.

$$\pm 3(\text{관리 상태의 차트 시그마})/(\sqrt{n})$$

관리 상태의 차트 시그마는 다음 항의 제곱합 제곱근입니다.

- 관리 상태의 부품 표준편차
- 변화 감지 프로파일러에 지정된 편향 요인 표준편차에 $\sqrt{n}$ 을 곱한 값
- 변화 감지 프로파일러에 지정된 검사 - 재검사 표준편차

재현성 요인이 부분군 내에서 일정하다는 가정을 설명하기 위해 편향 요인 표준편차에 $\sqrt{n}$ 을 곱합니다.

관리 상태의 부품 표준편차, 편향 요인 표준편차, 검사 - 재검사 표준편차 또는 부분군 크기를 변경하면 관리 상태의 차트 시그마가 업데이트됩니다.

오경보 확률 부품 평균 또는 표준편차가 변경되지 않았는데 관리도 검정에서 경고 신호가 발생할 확률입니다."검정 사용자 정의 및 선택"에서 부분군 수 또는 검정을 변경하면 오경보 확률이 업데이트됩니다.

분산 성분 보고서에 대한 자세한 내용은 "**분산 성분**"에서 확인하십시오.

변화 감지 프로파일러 설정

부분군 수 경고 확률이 계산되는 부분군의 수입니다. 부분군 수가 k 로 설정되면 프로파일러는 이 k 개 부분군을 기반으로 관리도에서 하나 이상의 경고 신호를 보낼 확률을 제공합니다. 부분군 수는 기본적으로 10 으로 설정됩니다. 부분군 수를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그합니다.

부품 평균 변화 부품 평균의 변화 크기입니다. 기본적으로 프로파일러는 1 시그마 변화를 감지하도록 설정됩니다. 초기값은 부품 성분의 표준편차입니다. 부품 성분의 표준편차는 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보고서에 있습니다. 부품 평균 변화를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그하거나 그림 아래의 값을 클릭합니다.

부품 표준편차 측정 오차를 제외한 실제 부품 값의 표준편차입니다. 부품 표준편차 초기값은 부품 성분의 표준편차입니다. 부품 성분의 표준편차는 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보

고서에 있습니다. 부품 표준편차를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그하거나 그림 아래의 값을 클릭합니다.

편향 요인 표준편차 재현성과 관련된 요인의 표준편차입니다. 편향 요인에는 작업자와 기기가 포함됩니다. 편향 요인 변동에는 부품 및 반복성 (군내) 변동이 포함되지 않습니다. 초기값은 재현성 및 교호작용 분산 성분을 사용하여 파생됩니다. 이 분산 성분은 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보고서에 있습니다. 편향 요인 표준편차를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그하거나 그림 아래의 값을 클릭합니다.

검사 - 재검사 표준편차 모형의 검사 - 재검사 (반복성) 변동의 표준편차입니다. 초기값은 군내 성분의 표준편차입니다. 군내 성분의 표준편차는 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보고서에 있습니다. 검사 - 재검사 표준편차를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그하거나 그림 아래의 값을 클릭합니다.

부분군 크기 각 부분군에 사용되는 표본 크기입니다. 이 값은 기본적으로 1로 설정됩니다. 표본 크기를 늘려 관리도 성능 개선을 조사할 수 있습니다. 표본 크기를 1에서 늘리면 개별 측정값 차트에서 XBar 차트로 이동할 때 어떻게 되는지 결과를 보여 줍니다. 부분군 크기를 변경하려면 그림에서 세로선을 드래그합니다.

변화 감지 프로파일러 옵션

"변화 감지 프로파일러"의 빨간색 삼각형 메뉴는 몇 가지 옵션을 제공합니다. 여기에서는 하나의 옵션만 설명합니다.

관리 상태의 부품 표준편차 변경 안정적 공정에 대한 부품 표준편차 값을 지정합니다. 관리 상태의 부품 표준편차는 측정 오차를 제외한 실제 부품 값의 변동을 반영해야 합니다. 새 값을 입력하고 "확인"을 클릭합니다.

관리 상태의 부품 표준편차는 처음에 부품 성분의 표준편차로 설정됩니다. 부품 성분의 표준편차는 MSA 분석으로 추정되고 분산 성분 보고서에 있습니다.

이 옵션은 EMP 연구를 위해 선택한 부품이 공정에서 추출한 랜덤 표본이 아닌 경우에 유용합니다.

요인 격자 재설정 요인의 현재 설정에 대한 특정 값을 입력하고, 해당 설정을 잠그거나, 격자의 여러 요소를 제어할 수 있도록 각 요인에 대한 창을 표시합니다. 자세한 내용은 **Profilers**의에서 확인하십시오.

요인 설정 다음 옵션으로 구성된 하위 메뉴입니다.

설정 기억 "설정 기억" 명령이 호출될 때마다 현재 설정 값을 누적하는 개요 노트를 보고서에 추가합니다. 기억된 각 설정 앞에는 해당 설정으로 재설정하는 데 사용되는 라디오 버튼이 있습니다. "기억된 설정"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 선택한 설정 또는 모든 설정을 제거하는 옵션이 있습니다.

설정 스크립트 복사 현재 프로파일러의 설정을 클립보드에 복사합니다.

설정 스크립트 붙여넣기 클립보드의 프로파일러 설정을 다른 보고서의 프로파일러에 붙여 넣습니다.

스크립트 설정 요인이 변경될 때마다 호출되는 스크립트를 설정합니다. 설정된 스크립트는 다음 형식의 인수 목록을 받습니다.

```
{factor1 = n1, factor2 = n2, ...}
```

예를 들어 이 목록을 로그에 기록하려면 먼저 다음 함수를 정의합니다.

```
ProfileCallbackLog = Function({arg},show(arg));
```

그런 다음 스크립트 설정 대화상자에 ProfileCallbackLog 를 입력합니다.

이와 비슷한 다음 함수는 요인 값을 전역 값으로 변환합니다.

```
ProfileCallbackAssign = Function({arg},evalList(arg));
```

또는 다음과 같이 한 번에 하나씩 값에 액세스합니다.

```
ProfileCallbackAccess =  
Function({arg},f1=arg["factor1"];f2=arg["factor2"]);
```

변화 감지 프로파일러 범례

이 패널에서는 변화 감지 프로파일러의 네 가지 설정에 대해 간략하게 설명합니다. 자세한 내용은 "[변화 감지 프로파일러 설정](#)"에서 확인하십시오.

팁 : 범례가 나타나지 않게 하려면 "EMP 측정 시스템 분석" 플랫폼 환경 설정에서 **변화 감지 프로파일러 범례 표시**를 선택 취소하십시오.

검정 사용자 정의 및 선택

"검정 사용자 정의 및 선택" 패널에서는 관리도의 k 개 부분군에 적용할 검정을 선택하고 사용자 정의합니다. 여기에 나오는 8개 검정은 Nelson 연구 자료(1984)를 기반으로 합니다. 검정에 대한 자세한 내용은 "[검정](#)"에서 확인하십시오.

변화 감지 프로파일러 계산을 수행할 때 이러한 검정이 고려됩니다. 검정을 더 추가하면 경고 확률 및 오경보 확률 값이 증가합니다. 준난수 시뮬레이션을 기반으로 계산되므로 프로파일러를 업데이트할 때 약간 지연될 수 있습니다.

"검정 사용자 정의 및 선택" 패널에는 다음 옵션이 있습니다.

기본 설정 복원 설정이 환경 설정에 저장되지 않은 경우 이 옵션은 선택한 검정을 첫 번째 검정으로만 재설정합니다. n 값도 "[검정](#)"에 설명된 값으로 재설정됩니다. 설정이 환경 설정에 저장된 경우 이 옵션은 선택한 검정 및 n 값을 환경 설정에 지정된 값으로 재설정합니다.

참고 : 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 관리도 빌더를 선택하여 관리도 검정의 환경 설정에 액세스할 수 있습니다. 사용자 검정 1~8은 "검정 사용자 정의 및 선택"에 표시된 8개 검정에 해당합니다.

환경 설정에 설정 저장 선택한 검정 및 n 값을 향후 분석에 사용할 수 있도록 저장합니다. 이러한 환경 설정은 "관리도 빌드" 플랫폼 환경 설정에 추가됩니다.

편향 비교

편향 비교 옵션은 평균 분석 차트를 생성합니다. 이 차트에서는 그룹화 변수의 각 수준에 대한 평균 값을 보여 주고 전체 평균과 비교합니다. 이 차트를 사용하면 작업자가 대체로 부품을 너무 높게 측정하는지 아니면 너무 낮게 측정하는지 확인할 수 있습니다.

"평균 분석" 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

유의 수준 설정 가장 일반적인 유의 수준 옵션 중에서 하나를 선택하거나, **기타**를 선택하고 원하는 수준을 직접 지정합니다. 유의 수준을 변경하면 결정 상한 및 결정 하한이 수정됩니다.

요약 보고서 표시 그룹 평균과 결정 한계가 포함된 보고서를 표시하고, 그룹 평균이 결정 상한을 초과하거나 결정 하한 미만인 경우 보고합니다.

표시 옵션 다음 옵션을 포함합니다.

결정 한계 표시 UDL(결정 상한) 및 LDL(결정 하한)을 나타내는 선을 그리고 해당 값을 정의합니다.

결정 한계 음영 표시 UDL과 LDL 사이에 음영을 추가합니다.

중심선 표시 평균을 나타내는 중심선 통계량을 그립니다.

점 옵션 차트 표시를 바늘, 연결된 점 또는 점으로 변경합니다.

검사 - 재검사 오차 비교

검사 - 재검사 오차 비교 옵션은 "분산에 대한 평균 분석" 또는 "평균 범위 분석" 차트 유형을 생성합니다. 이 차트에는 작업자 간에 검사 - 재검사 오차의 차이가 있는지 여부가 표시됩니다. 예를 들어 이 차트를 사용하면 각 작업자의 측정 방식에 불일치가 있는지 확인할 수 있습니다. 분산 성분에 범위가 사용되는 경우 평균 범위 분석 차트가 표시됩니다.

- "Operator 분산 검정" 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 "[편향 비교](#)"에서 확인하십시오.
- "분산에 대한 평균 분석" 차트에 대한 자세한 내용은 "[분산 성분](#)"에서 확인하십시오.

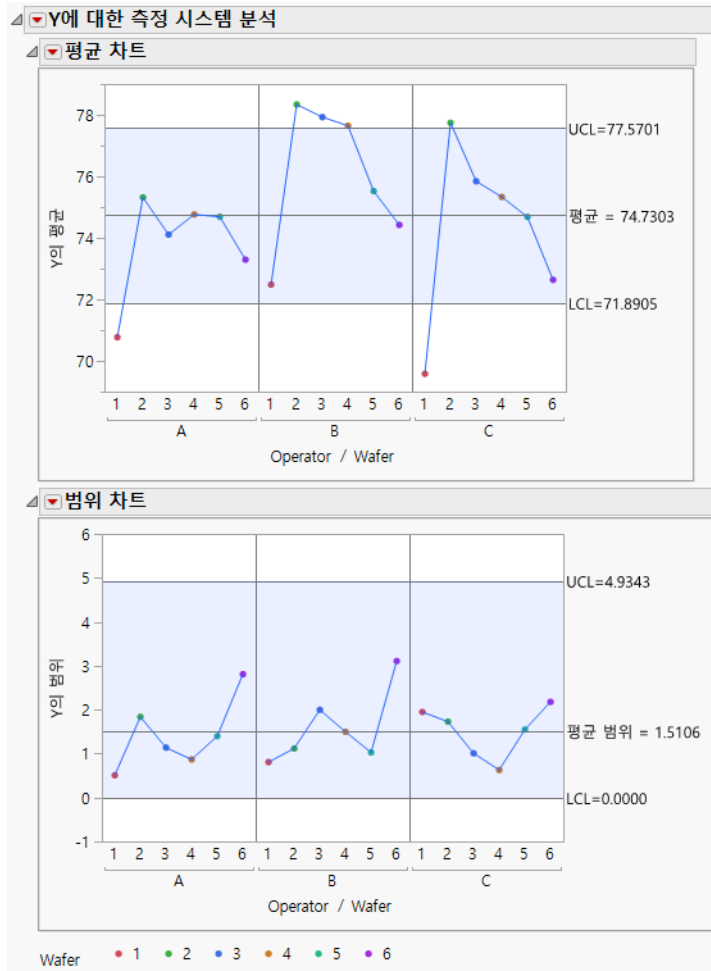
측정 시스템 분석의 추가 예

이 예에서는 세 명의 작업자가 6 개의 웨이퍼에 대해 각각 두 번씩 단일 특성을 측정했습니다. 측정 시스템 성능을 확인하기 위해 상세한 분석을 수행합니다.

초기 분석 수행

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Variability Data/Wafer.jmp** 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 측정 시스템 분석**을 선택합니다.
3. **Y** 를 **Y, 반응** 역할에 할당합니다.
4. **Wafer** 를 **부품, 표본 ID** 역할에 할당합니다.
5. **Operator** 를 **X, 그룹화** 역할에 할당합니다.
MSA 방법은 **EMP**, **산포 차트 유형**은 **범위**, **모형 유형**은 **교차**로 각각 설정되어 있습니다.
6. **확인**을 클릭합니다.

그림 4.8 평균 차트와 범위 차트



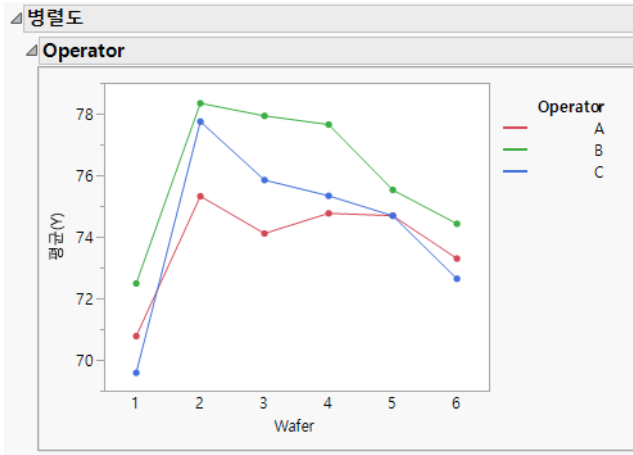
"평균 차트"에서는 평균 부품 측정값 중 일부가 관리 한계를 벗어난다는 것을 보여 줍니다. 이 결과는 측정 가능한 부품 간 변동을 나타내므로 바람직합니다.

"범위 차트"에서는 관리 한계를 벗어나는 점이 없습니다. 이 결과는 작업자 측정값이 부품 내에서 일관성이 있음을 나타내므로 바람직합니다.

교호작용 검토

작업자와 부품 간의 교호작용을 자세히 살펴봅니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **병렬도**를 선택합니다.

그림 4.9 병렬도

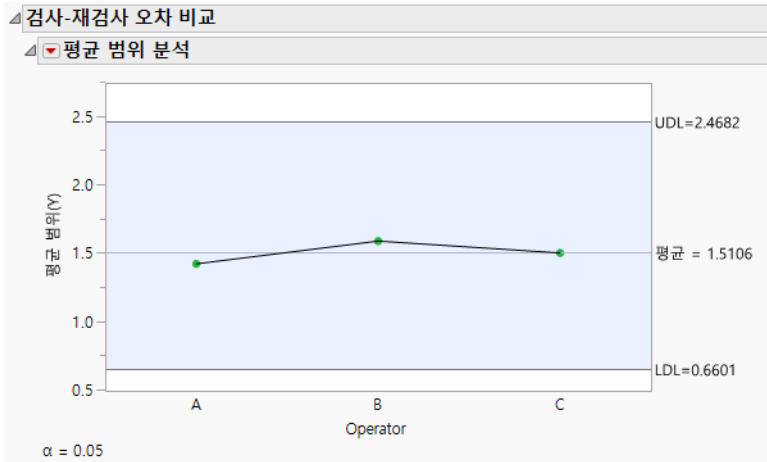


작업자별 병렬도를 살펴보면 선이 비교적 평행하고 약간의 교차만 있음을 확인할 수 있습니다.

작업자 일관성 검토

작업자 간의 분산을 자세히 살펴봅니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **검사-재검사 오차 비교**를 선택합니다.

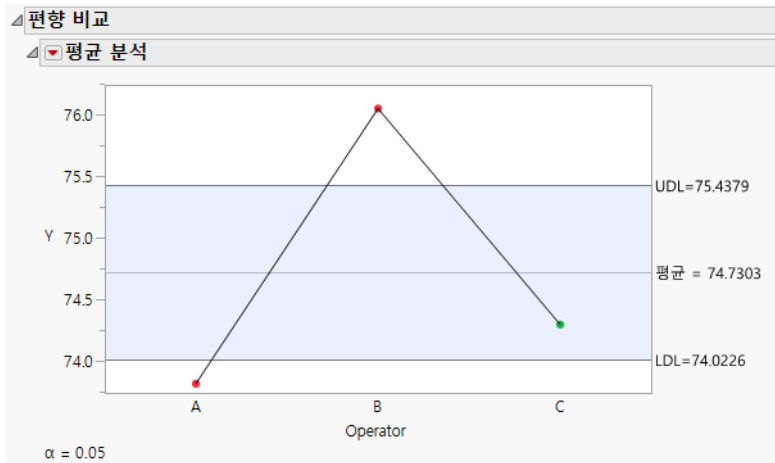
그림 4.10 검사 - 재검사 오차 비교



검사-재검사 오차 비교를 살펴보면 검사-재검사 오차가 전체 검사-재검사 오차와 유의하게 다른 작업자가 없음을 확인할 수 있습니다. 작업자가 일관되게 측정하는 것으로 보입니다.

확실히 하기 위해 작업자가 부품을 너무 높거나 낮게 측정하는지를 나타내는 편향 비교 차트를 살펴보기로 했습니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **편향 비교**를 선택합니다.

그림 4.11 편향 비교



편향 비교 차트를 살펴보면 다음과 같은 내용을 관찰할 수 있습니다.

- Operator A 와 Operator B 의 측정값은 전체 평균과 유의한 차이가 있으므로 측정 편향을 감지할 수 있습니다.
- Operator A 는 유의하게 낮게 편향되어 있습니다.
- Operator B 는 유의하게 높게 편향되어 있습니다.
- Operator C 는 전체 평균과 유의한 차이를 보이지 않습니다.

측정 시스템 분류

EMP 결과 보고서를 검토하여 측정 시스템을 분류하고 개선 가능성이 있는지 살펴봅니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **EMP 결과**를 선택합니다.

그림 4.12 EMP 결과

EMP 결과

EMP 검정

결과 설명

검사-재검사 오차

1.3387 오차 이내

자유도

16.006 오차 범위 이내를 추정하는 데 사용되는 정보의 양

확률 오차

0.9029 단일 측정값 오차의 중앙값

클래스 간 상관(편향 없음)

0.7385 부품 변동에 기인한 변동의 비율(편향 요인 포함 안 함)

클래스 간 상관(편향 포함)

0.6272 부품 변동에 기인한 변동의 비율(편향 요인 포함)

편향 영향

0.1113 편향 요인에 의해 클래스 간 상관이 감소하는 양

시스템

분류

현재(편향 포함)

두 번째 클래스

잠재(편향 없음)

두 번째 클래스

분류 모니터링 범위

분류

클래스 간 상관

프로세스 신호 감쇠

경고의 확률, 검정 1만*

경고의 확률, 검정 1 ~ 4*

첫 번째 클래스

0.80 - 1.00

11%보다 작음

0.99 - 1.00

1.00

두 번째 클래스

0.50 - 0.80

11% - 29%

0.88 - 0.99

1.00

세 번째 클래스

0.20 - 0.50

29% - 55%

0.40 - 0.88

0.92 - 1.00

네 번째 클래스

0.00 - 0.20

55% 초과

0.03 - 0.40

0.08 - 0.92

* Wheeler 검정에 의한 10개 부분군 내 3* 표준 오차 밖으로 이동에 대한 경고 확률(Nelson 검정 1, 2, 5, 6에 해당)

"분류"가 "두 번째 클래스"이며, 이는 검정 1만 사용하여 10개의 부분군 내에서 3* 표준 오차 변화를 감지할 가능성이 88%보다 높음을 의미합니다. 편향 요인이 급내 상관에 미치는 영향은 11%입니다. 즉, 편향 요인을 제거하면 급내 상관계수가 11% 향상됩니다.

공정 변경을 감지하는 관리도 기능 살펴보기

변화 감지 프로파일러를 사용하면 관리도에서 공정 변경을 감지할 수 있는 확률을 탐색할 수 있습니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **변화 감지 프로파일러**를 선택합니다.

그림 4.13 변화 감지 프로파일러



기본적으로 3 시그마 한계를 초과하는 점에 대한 검정만 선택됩니다. 또한 기본 부분군 크기가 1이며, 이는 개별 측정값 차트를 사용 중임을 나타냅니다.

변화 후 10개 부분군에서 2 * 부품 표준편차 평균의 변화를 감지할 수 있는지 살펴봅니다. **부품 평균 변화** 값 2.1701을 클릭하고 4.34(2.17 * 2)로 변경합니다. 부품 표준편차의 2배 변화를 감지할 확률은 56.9%입니다.

이제 편향을 제거할 경우 2 * 부품 표준편차의 변화를 감지할 확률에 어떤 영향을 미치는지 확인합니다. **편향 요인 표준편차** 값을 1.1256에서 0으로 변경합니다. 변화를 감지할 확률이 67.8%로 증가합니다.

마지막으로, 검정을 더 추가할 경우 2 * 부품 표준편차 변화를 감지할 확률이 어떻게 달라지는지 확인합니다. 첫 번째 검정 외에 두 번째, 다섯 번째 및 여섯 번째 검정(Wheeler 규칙 4, 2, 3)을 선택합니다. 이 네 가지 검정(편향 변동 없음)을 사용할 경우 변화를 감지할 확률은 99.9%입니다.

더 큰 부분군 크기를 기반으로 하는 관리도를 사용할 경우의 결과도 확인할 수 있습니다. 부분군 크기가 2 이상인 경우 관리도는 XBar 차트입니다. **편향 요인 표준편차** 값을 다시 1.1256으로 변경하고 첫 번째 검정을 제외한 모든 검정을 선택 취소합니다. 프로파일러에서 **부분군 크기**를 4로 설정합니다. 2 * 부품 표준편차 변화를 감지할 확률은 98.5%입니다.

측정 증분 검토

마지막으로, 측정 증분이 제대로 작동하는지 확인합니다. "Y에 대한 측정 시스템 분석" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **유효 해상도**를 선택합니다.

그림 4.14 유효 해상도

유효 해상도			
소스		값	설명
확률 오차	(PE)	0.9029	단일 측정값 오차의 중앙값
현재 측정 증분	(MI)	0.01	측정 증분이 데이터에서 추정됩니다(10분의 1씩).
하한 증분	(0.1*PE)	0.0903	측정 증분이 이 값 아래에 있으면 안 됩니다.
가장 작은 유효 증분	(0.22*PE)	0.1986	측정 증분이 이 값 위에서 더 유효합니다.
가장 큰 유효 증분	(2.2*PE)	1.9865	측정 증분이 이 값 아래에서 더 유효합니다.
작업: 숫자 삭제			
이유: 0.01의 측정 증분이 가장 낮은 측정 증분 경계보다 아래에 있으며 더 적은 자릿수를 기록하기 위해 조정되어야 합니다.			

현재 측정 증분(0.01)이 하한 증분(0.09) 미만이며, 이는 하나 더 적은 자릿수를 기록하기 위해 이후 측정을 조정해야 함을 나타냅니다.

측정 시스템 분석에 대한 통계 상세 정보

범위 차트에 사용되는 한계 계산에 대한 자세한 내용은 "[Xbar-R 차트에 대한 관리 한계](#)"에서 확인하십시오. S 관리도에 사용되는 한계 계산에 대한 자세한 내용은 "[Xbar-S 차트에 대한 관리 한계](#)"에서 확인하십시오.

급내 상관 및 확률 오차 계산

급내 상관 (편향 없음) 은 다음과 같이 계산됩니다.

$$r_{pe} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

급내 상관 (편향 포함) 은 다음과 같이 계산됩니다.

$$r_b = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

급내 상관 (편향 및 교호작용 요인 포함) 은 다음과 같이 계산됩니다.

$$r_{int} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_{int}^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

확률 오차는 다음과 같이 계산됩니다 .

$$Z_{0.75} \times \hat{\sigma}_{pe}$$

다음 사항에 유의하십시오 .

$\hat{\sigma}_{pe}^2$ = 순수 오차에 대한 분산 추정값

$\hat{\sigma}_p^2$ = 제품에 대한 분산 추정값

$\hat{\sigma}_b^2$ = 편향 요인에 대한 분산 추정값

$\hat{\sigma}_{int}^2$ = 교호작용 요인에 대한 분산 추정값

$Z_{0.75}$ = 표준 정규 분포의 75% 분위수

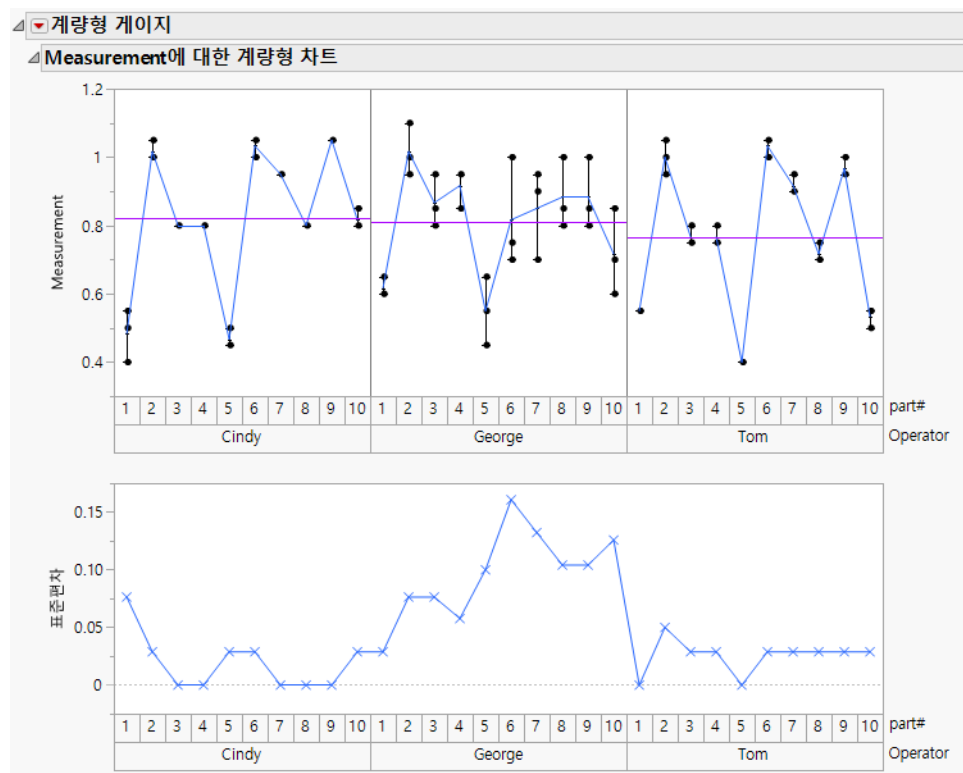
계량형 게이지 차트

게이지 R&R 을 사용하여 연속형 측정 공정 평가

계량형 게이지 차트는 연속형 측정값을 분석하고 측정 시스템의 성능을 나타낼 수 있습니다. 게이지 연구를 수행하여 데이터의 변동 측도를 확인할 수도 있습니다.

팁 : 이 장에서는 계량형 차트만 설명합니다. 계수형 차트에 대한 자세한 내용은 "계수형 게이지 차트"에서 확인하십시오.

그림 5.1 계량형 차트의 예



목차

계량형 차트 개요	123
계량형 차트의 예	124
계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작	125
데이터 형식	126
계량형 게이지 차트	126
계량형 게이지 플랫폼 옵션	128
이분산성 검정	130
분산 성분	130
게이지 R&R 방법 정보	132
게이지 R&R 옵션	133
판별비	135
오분류 확률	135
편향 보고서	136
선형성 연구	136
계량형 차트의 추가 예	137
이분산성 검정의 예	137
편향 보고서 옵션의 예	139
계량형 차트에 대한 통계 상세 정보	142
분산 성분에 대한 통계 상세 정보	142
판별비에 대한 통계 상세 정보	143
오분류 확률에 대한 통계 상세 정보	144

계량형 차트 개요

팁: 계량형 차트의 기존 이름은 다변수 차트이지만 이 이름이 잘 알려져 있지 않기 때문에 좀 더 일반적인 계량형 차트라는 용어가 대신 사용됩니다.

시간에 따른 공정의 변동을 표시하는 관리도처럼 계량형 차트에는 부품, 작업자, 반복, 측정기 등의 범주에 대한 동일한 유형의 변동이 표시됩니다. 계량형 차트에는 그룹화 요인의 각 수준에 대한 데이터와 평균이 표시되며 모든 그림은 나란히 배치됩니다. 데이터와 함께 각 범주에 대한 데이터의 평균, 범위 및 표준편차를 보고 범주 간에 이 값이 어떻게 달라지는지 확인할 수 있습니다. 보고서 옵션은 범주 간에 평균 및 분산이 어떻게 달라지는지에 가장 관심이 있다는 가정을 기반으로 합니다.

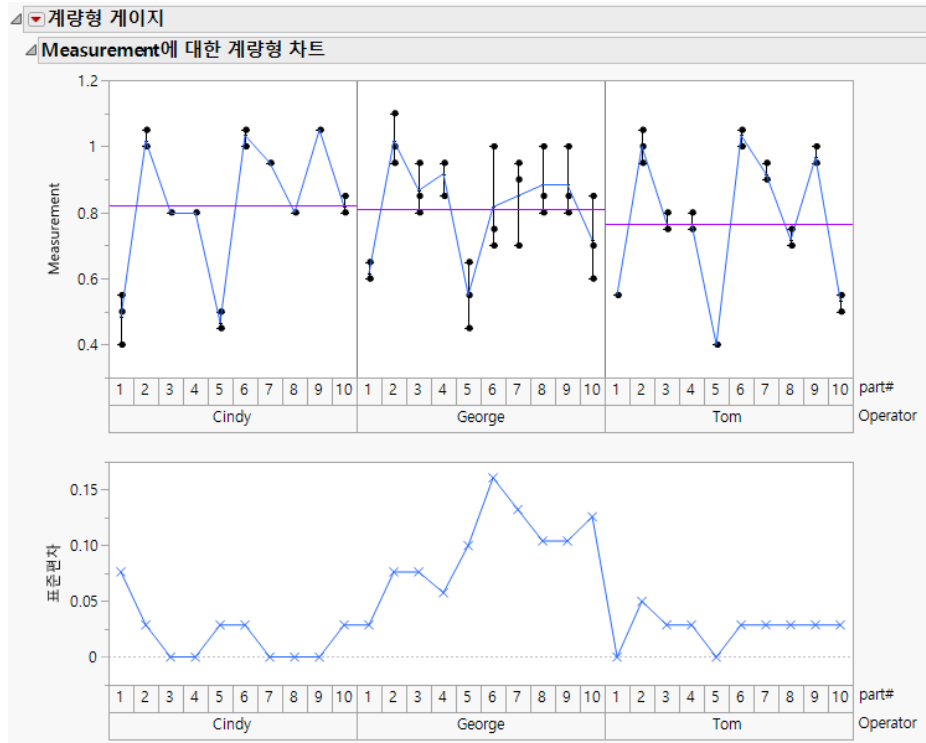
계량형 차트는 게이지 R&R 같은 측정 시스템 분석에 주로 사용됩니다. 이 분석은 작업자 변동(재현성) 및 측정 변동(반복성)으로 인한 변동이 어느 정도인지 검토합니다. 게이지 R&R은 모형의 균형 여부에 관계없이 교차 모형과 내포 모형의 여러 조합에 사용할 수 있습니다.

계량형 차트의 예

부품 측정값이 포함된 데이터가 있다고 가정해 보겠습니다. Cindy, George, Tom 이라는 세 명의 작업자가 각각 10 개의 부품을 측정했습니다. 각 부품을 세 번씩 측정하여 총 90 개의 관측값이 수집되었습니다. 작업자 간의 변동을 식별하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Variability Data/2 Factors Crossed.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트**를 선택합니다.
3. **차트 유형**에서 **계량형**을 선택합니다.
4. **Measurement** 를 선택하고 **Y, 반응**을 클릭합니다.
5. **Operator** 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
6. **part#** 을 선택하고 **부품, 표본 ID**를 클릭합니다.
7. **확인**을 클릭합니다.
8. "계량형 게이지"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **그룹 평균 표시 및 셀 평균 연결**을 선택합니다.

그림 5.2 계량형 차트의 예



표준편차 차트를 살펴보면 부품을 가장 일관되게 측정하는 것으로 보이는 Tom 보다 Cindy와 George의 측정값에 변동이 더 많은 것을 확인할 수 있습니다. George의 측정값 변동이 가장 크기 때문에 부품을 가장 일관되지 않게 측정한다고 볼 수 있습니다.

계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트를 선택하여 계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼을 시작할 수 있습니다. **차트 유형**을 **계량형**으로 설정합니다.

그림 5.3 계량형 / 계수형 게이지 차트 시작 창

분산 성분 분석을 비롯한 측정 시스템 분석을 수행합니다.

열 선택

4개 열

- Measurement
- Operator
- part#
- Standard

차트 유형

계량형

모형 유형

나중에 결정

옵션

분석 설정

알파 지정

선택한 열 역할 지정

Y, 반응	필수 선택적
표준	선택적 숫자
X, 그룹화	필수 선택적
빈도	선택적 숫자
부분,표본 ID	선택적
기준	선택적

연산자, 기기는 가능한 그룹화 열의 예입니다.

작업

확인

취소

제거

재호출

도움말

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

차트 유형 계량형 게이지 분석 (연속형 반응의 경우) 또는 계수형 게이지 분석 (대개 "통과" 또는 "실패"로 구분되는 범주형 반응의 경우) 중에서 선택합니다.

참고 : 이 장에서는 **계량형** 차트 유형에 대한 내용만 다룹니다. **계수형** 차트 유형에 대한 자세한 내용은 "**계수형 게이지 차트**"에서 확인하십시오.

모형 유형 모형 유형 (주 효과, 교차, 내포 등)을 선택합니다. 자세한 내용은 "**분산 성분에 대한 통계 상세 정보**"에서 확인하십시오.

분석 설정 분산 성분을 계산하기 위한 방법을 지정합니다. 자세한 내용은 "**분석 설정**"에서 확인하십시오.

알파 지정 플랫폼에서 사용되는 유의 수준을 지정합니다.

Y, 반응 측정값 열을 지정합니다. Y열을 두 개 이상 지정하면 각 반응에 대해 별도의 계량형 차트가 생성됩니다.

표준 측정된 부품에 대해 "실제" 또는 알려진 값을 포함하는 표준 또는 참조 열을 지정합니다. 이 열을 포함하면 **편향** 및 **선형성 연구** 옵션이 활성화됩니다. 이러한 옵션은 관측된 측정값과 참조 또는 표준 값 간의 차이를 분석합니다. 자세한 내용은 "**편향 보고서**" 및 "**선형성 연구**"에서 확인하십시오.

X, 그룹화 측정값을 그룹화하는 분류 열을 지정합니다. 요인이 내포된 계층 구조를 형성하는 경우 고차 항을 먼저 지정합니다. 게이지 연구를 수행하는 경우에는 작업자를 먼저 지정한 후 부품을 지정합니다.

빈도 각 행에 빈도를 할당하는 데 사용할 값이 있는 데이터 테이블 열을 식별합니다. 요약 데이터가 있는 경우 유용하게 사용됩니다.

부품, 표본 ID 측정되는 부품 또는 표본을 식별합니다.

기준 변수의 각 수준에 대한 개별 분석으로 구성된 보고서를 생성하는 열을 식별합니다.

데이터 형식

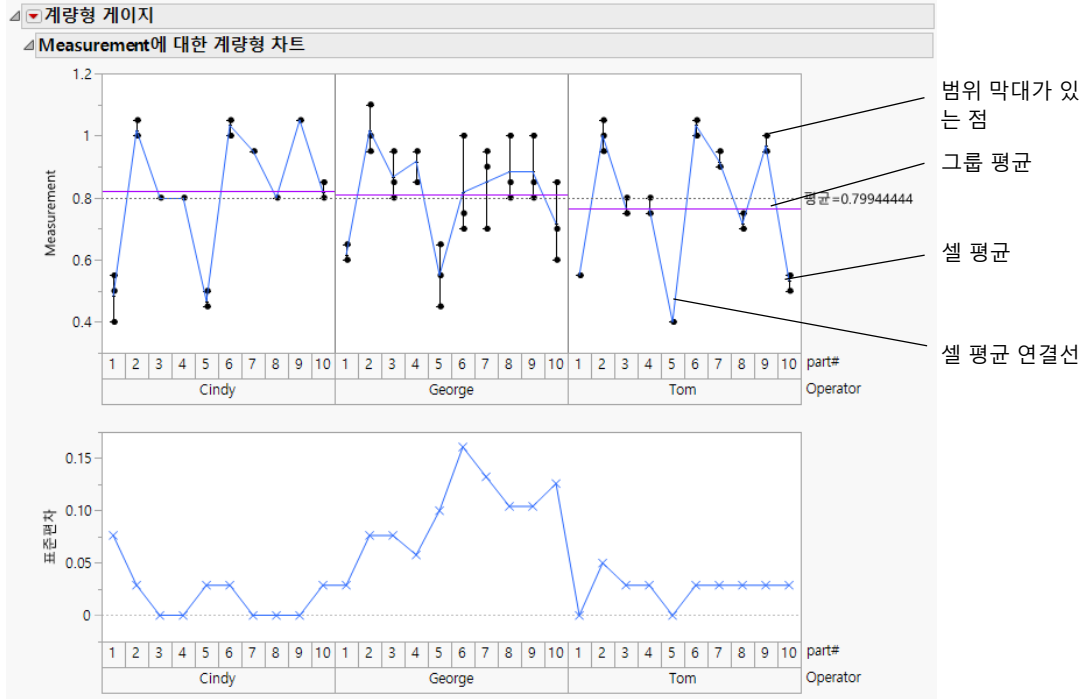
계량형 차트 플랫폼을 사용하려면 모든 반응 측정값이 단일 반응 열에 있어야 합니다. 반응이 여러 열에 기록되는 경우도 있습니다. 이때 각 행은 한 설계 요인의 수준이고 각 열은 다른 설계 요인의 수준입니다. 계량형 차트 플랫폼을 실행하기 전에 이 형식의 데이터를 쌓아야 합니다. 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

계량형 게이지 차트

계량형 차트와 S 관리도에는 변동 패턴이 표시됩니다. 이 관리도를 사용하여 가능한 변동 그룹을 식별할 수 있습니다(부분군 내, 부분군 간, 시간 경과에 따름). 이러한 변동 원인이 크다고 판단되면 해당 원인에 대한 변동을 줄이는 작업을 수행할 수 있습니다.

그림 5.4에 표시된 것과 같은 결과를 생성하려면 "**계량형 차트의 예**"에 설명된 방법을 따르십시오.

그림 5.4 계량형 게이지 차트



이 차트에는 y 축의 반응 및 분류된 다수준 x 축이 표시됩니다.

그림 5.4의 Measurement 차트에는 각 작업자의 부품별 측정값 범위가 표시됩니다. 각 측정값이 차트에 나타납니다. 최대값 및 최소값 막대는 각 셀의 값 범위를 나타내고 셀 평균 막대는 각 값 조합의 중앙값을 나타냅니다. 표준편차 차트에는 작업자가 각 부품에 대해 측정한 값의 표준편차가 표시됩니다.

그림 5.4에 나타난 대로 차트에 기능을 추가할 수 있습니다. 자세한 내용은 "계량형 게이지 플랫폼 옵션"에서 확인하십시오.

차트에서 변수를 바꾸려면 다음 중 하나를 수행하십시오.

- 한 축 라벨에서 다른 축 라벨로 변수를 드래그하여 기존 변수를 바꿉니다. 변수를 차트로 드래그하거나 축 라벨을 클릭하면 축 라벨이 강조 표시됩니다. 이 위치에 변수를 놓을 수 있습니다.
- 연결된 데이터 테이블의 "열" 패널에서 변수를 클릭한 후 축 라벨로 드래그합니다.

다른 플랫폼에서는 연결된 데이터 테이블에서 제외된 행도 차트 또는 그림에 나타납니다. 그러나 계량형 차트에서는 제외된 행이 차트에 나타나지 않습니다.

계량형 게이지 플랫폼 옵션

빨간색 삼각형 옵션을 사용하여 차트 모양을 수정하고 게이지 R&R 분석을 수행하거나 분산 성분을 계산할 수 있습니다.

참고 : [그림 5.4](#)에서는 이러한 옵션 중 일부를 보여 줍니다.

팁 : 이러한 옵션의 기본 동작을 설정하려면 **파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 계량형 차트**를 선택하십시오.

수직 차트 레이아웃을 가로 또는 세로로 변경합니다.

계량형 차트 계량형 차트를 표시하거나 숨깁니다.

점 표시 개별 행에 대한 점을 표시하거나 숨깁니다.

범위 막대 표시 각 셀의 최대값과 최소값을 나타내는 막대를 표시하거나 숨깁니다.

셀 평균 표시 각 셀의 평균 표식을 표시하거나 숨깁니다.

셀 평균 연결 셀 그룹 내에서 셀 평균을 연결하거나 연결을 끊습니다.

구분 기호 표시 **X, 그룹화** 변수의 각 수준 사이에 구분선을 표시하거나 숨깁니다.

그룹 평균 표시 (X, 그룹화 변수가 두 개 이상인 경우 또는 X, 그룹화 변수와 부품, 표본 ID 변수가 각각 한 개인 경우에만 사용 가능) 가로 실선으로 나타나는 셀 그룹 평균을 표시하거나 숨깁니다. 그룹화 변수 중 하나를 선택하라는 창이 나타납니다.

총 평균 표시 전체 그래프에서 가로 방향의 회색 점선으로 나타나는 전체 평균을 표시하거나 숨깁니다.

총 중앙값 표시 전체 그래프에서 가로 방향의 파란색 점선으로 나타나는 전체 중앙값을 표시하거나 숨깁니다.

상자 그림 표시 상자 그림을 표시하거나 숨깁니다.

평균 다이아몬드 평균 다이아몬드를 표시하거나 숨깁니다. 각 셀의 그룹 내 표준편차가 신뢰 구간에 사용됩니다.

Xbar 관리 한계 계량형 차트의 UCL 및 LCL 에서 선을 표시하거나 숨깁니다. 이러한 한계를 계산하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보](#)"에서 확인하십시오.

지터링된 점 일치하는 점이 서로 포개지지 않도록 그림에 표시된 점에 랜덤 잡음을 추가합니다.

표준 평균 표시 (표준 변수를 지정한 경우에만 사용 가능) 표준 열의 평균을 표시하거나 숨깁니다.

변동 요약 보고서 평균, 표준편차, CV(변동 계수), 평균의 표준 오차, 신뢰 하한/상한, 최소값, 최대값 및 관측값 수를 제공하는 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

S 관리도 전체 범주 셀의 셀 표준편차를 표시하는 별도의 그래프를 표시하거나 숨깁니다.

표준편차의 평균 S 관리도에서 평균 표준편차에 선을 표시하거나 숨깁니다.

S 관리 한계 S 관리도에서 LCL 및 UCL 을 보여 주는 선을 표시하거나 숨깁니다 . 이러한 한계를 계산하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보](#)"에서 확인하십시오.

표준편차의 그룹 평균 S 관리도에서 평균 선을 표시하거나 숨깁니다 .

이분산성 검정 그룹 간 분산을 비교하기 위한 검정을 수행합니다 . 자세한 내용은 "[이분산성 검정](#)"에서 확인하십시오 .

분산 성분 특정 모형에 대한 분산 성분을 추정합니다 . 분산 성분은 주효과 , 교차 , 내포 , 교차 후 내포 (3 개 요인만) 및 내포 후 교차 (3 개 요인만) 모형에 대해 계산됩니다 . 자세한 내용은 "[분산 성분](#)"에서 확인하십시오 .

게이지 연구 다음 옵션이 포함되어 있습니다 .

게이지 R&R 첫 번째 요인과 마지막 요인을 각각 그룹화 열 및 부품으로 해석하고 , 추정된 분산 성분을 사용하여 게이지 R&R 보고서를 생성합니다 . 부품 필드도 시작 창에 있습니다 . 자세한 내용은 "[게이지 R&R 옵션](#)"에서 확인하십시오 .

판별비 특정 제품에 대해 주어진 측정의 상대적 유용성을 나타냅니다 . 측정의 총 분산을 측정 오차의 분산과 비교합니다 . 자세한 내용은 "[판별비](#)"에서 확인하십시오 .

오분류 확률 적합한 부품을 기각하고 잘못된 부품을 채택할 확률을 표시합니다 . 자세한 내용은 "[오분류 확률](#)"에서 확인하십시오 .

편향 보고서 관측된 값과 표준 값 사이의 평균 차이를 표시합니다 . 편향 평균 그래프 및 요약 테이블이 나타냅니다 . 이 옵션은 시작 창에서 표준 변수를 지정하는 경우에만 사용할 수 있습니다 . 자세한 내용은 "[편향 보고서](#)"에서 확인하십시오 .

선형성 연구 표준 값을 X 변수로 사용하고 편향을 Y 변수로 사용하여 회귀 분석을 수행합니다 . 이 분석은 편향과 부품 크기 간의 관계를 검토합니다 . 기울기가 0 이면 가장 이상적입니다 . 기울기가 0 이 아니면 크기가 다른 부품에서 게이지가 다르게 작동한다는 의미입니다 . 이 옵션은 시작 창에서 표준 변수를 지정하는 경우에만 사용할 수 있습니다 . 자세한 내용은 "[선형성 연구](#)"에서 확인하십시오 .

게이지 R&R 그림 평균 그림 (모형의 각 주효과에 의한 평균 반응) 및 표준편차 그림을 표시하거나 숨깁니다 . 순수 내포 모형의 경우 내포 구조의 그래프가 나타납니다 . 순수 교차 모형의 경우 교호작용 그래프가 나타납니다 . 그 외의 경우에는 그래프가 각 효과에서 독립적으로 표시됩니다 . 표준편차 그림의 빨간색 선은 각 효과에 대한 $\sqrt{\text{평균 가중 분산}}$ 값을 연결합니다 .

AIAG 라벨 자동차 분석에 광범위하게 사용되는 AIAG 표준에 따라 품질 통계량에 라벨을 설정해야 함을 지정할 수 있습니다 .

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용**의 에서 확인하십시오 .

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다 .

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 . 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 " 자동 재계산 " 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다 .

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

이분산성 검정

참고 : 자세한 내용은 "[이분산성 검정의 예](#)"에서 확인하십시오 .

이분산성 검정 옵션은 그룹 간 분산을 비교하기 위한 검정을 수행합니다. 이 검정은 ANOMV(분산에 대한 평균 분석)에 기반한 방법입니다. 이 방법은 그룹 표준편차가 평균 그룹 분산의 제곱근과 다른지 여부를 나타냅니다.

이 방법은 비정규 데이터에 대한 로버스트를 위해 순열 시뮬레이션을 사용하여 결정 한계를 계산합니다. 이 방법에 대한 자세한 내용은 Wludyka and Sa 연구 자료(2004)에서 확인하십시오. 시뮬레이션을 사용하는 방법이므로 결정 한계가 매번 약간 다를 수 있습니다. 항상 동일한 결과를 얻으려면 Ctrl+Shift를 누르고 옵션을 선택한 후 동일한 난수 시드값을 지정합니다.

검정 보고서의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

유의 수준 설정 검정에 사용할 유의 수준을 설정합니다.

요약 보고서 표시 검정에 대한 요약 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 보고서의 값은 그림에 표시된 값과 동일합니다.

표시 옵션 결정 한계, 음영, 중심선 및 바늘을 표시하거나 숨깁니다.

분산 성분

분산 성분 옵션은 측정값 사이의 변동을 모델링합니다. 반응은 다양한 분류 수준과 연결된 임의 효과에 상수 평균을 더한 것으로 가정됩니다.

참고 : 시작 창에서 **모형 유형**을 선택하지 않은 경우 (**나중에 결정**을 선택한 경우) **분산 성분** 옵션을 선택하면 모형 유형을 선택하는 대화상자가 나타납니다. 모형 유형에 대한 자세한 내용은 "[계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작](#)"에서 확인하십시오 .

- 균형 데이터를 사용하는 경우 음의 분산 성분이 없으면 EMS(기대 평균 제공) 방법을 사용하여 분산 성분을 추정합니다.
- 불균형 데이터를 사용하는 경우 분산 성분이 음수로 추정되지 않으면 REML(제한 최대가능도) 방법이 사용되고 음수로 추정되면 Bayes 방법이 사용됩니다.
- EMS 방법을 사용하여 분산 성분이 음수로 추정되면 Bayes 방법이 사용됩니다.
- 분산 성분에 교락이 있으면 유계 REML 방법이 사용되며 음의 분산 성분 추정값이 0 으로 설정됩니다.

최선의 분석 (EMS 또는 REML) 선택 **최선의 분석 (EMS, REML 또는 Bayes) 선택** 옵션과 동일한 논리를 사용하여 EMS 또는 REML 중 최선의 분석을 선택합니다. 그러나 이 옵션은 분산 성분이 음수인 경우에도 Bayes 방법을 사용하지 않습니다. 유계 REML 방법이 사용되며 음의 분산 성분은 0 으로 강제 설정됩니다.

REML 분석 사용 균형 데이터인 경우에도 유계 REML 방법을 사용합니다. 유계 REML 방법은 불균형 데이터를 처리할 수 있으며 음의 분산 성분을 0 으로 강제 설정합니다.

Bayes 분석 사용 Bayes 방법을 사용합니다. Bayes 방법은 불균형 데이터를 처리할 수 있으며 모든 분산 성분을 양수의 0 이 아닌 값으로 강제 설정합니다. 분산 성분에 교락이 있으면 유계 REML 방법이 사용되며 음의 분산 성분 추정값이 0 으로 설정됩니다. JMP 에서 구현되는 이 방법은 수정된 버전의 Jeffreys 사전 확률을 사용하여 사후 평균을 계산합니다. 자세한 내용은 Portnoy(1971) 및 Sahai(1974) 연구 자료에서 확인하십시오.

최대 반복 수 (REML 방법에만 적용 가능) 어려운 문제의 경우 반복 횟수를 늘릴 수 있습니다. 이 값을 늘리면 JMP 가 최적화 단계에서 해를 찾기 위해 더 많이 시행합니다.

수렴 한계 (REML 방법에만 적용 가능) 더 높은 정밀도가 필요한 문제의 경우 수렴 한계를 더 작게 변경할 수 있습니다. 이 값을 줄이면 JMP 가 최적화 단계에서 더 높은 수준의 정확도로 해를 찾습니다. 그러나 이렇게 하면 해를 찾는 데 걸리는 시간이 길어질 수 있습니다. 수렴 값이 클수록 결과가 빨리 반환되지만 정밀도는 더 낮습니다.

통합 가로 좌표 수 (Bayes 방법에만 적용 가능) 정확도를 높이기 위해 통합 가로 좌표 수를 늘릴 수 있습니다. 그러나 이렇게 하면 해를 찾는 데 걸리는 시간이 길어질 수 있습니다. 이 값이 작을수록 결과가 빨리 반환되지만 정밀도는 더 낮습니다.

함수 실행 최대 횟수 (Bayes 방법에만 적용 가능) 정확도를 높이기 위해 함수 실행 최대 횟수를 늘릴 수 있습니다. 그러나 이렇게 하면 해를 찾는 데 걸리는 시간이 길어질 수 있습니다. 이 값이 작을수록 결과가 빨리 반환되지만 정밀도는 더 낮습니다.

게이지 R&R 방법 정보

게이지 R&R 방법은 작업자 변동(재현성) 및 측정 변동(반복성)으로 인한 측정 시스템의 변동이 어느 정도인지 분석합니다. 게이지 R&R 연구는 모형의 균형 여부에 관계없이 교차 모형과 내포 모형의 여러 조합에 사용할 수 있습니다.

팁 : EMP 방법을 사용하여 측정 시스템을 평가할 수도 있습니다. 자세한 내용은 "[측정 시스템 분석](#)"에서 확인하십시오.

게이지 R&R 연구를 수행하기 전에 공정에서 전체 부품 크기 범위에 대해 부품의 랜덤 표본을 수집합니다. 여러 작업자를 무작위로 선택하여 각 부품을 여러 번 측정합니다. 그러면 변동은 다음과 같은 원인에 기인합니다.

- 부품 간 공정 변동. 이 변동은 측정을 신뢰할 수 있는 경우 연구해야 할 최종 목표입니다.
- 여러 측정, 즉 반복성에 내재된 변동. [표 5.1](#)에서는 이를 범위 내 변동이라고 합니다.
- 여러 작업자가 부품을 측정하기 때문에 발생하는 변동, 즉 재현성

게이지 R&R 분석을 수행하면 반복성 및 재현성을 기반으로 변동이 보고됩니다.

표 5.1 게이지 R&R 분석의 용어 및 합계 정의

분산 합	용어 및 약어	대체 용어
V(군내)	반복성 (EV)	장비 변동
V(작업자)+V(작업자*부품)	재현성 (AV)	평가자 변동
V(작업자*부품)	교호작용 (IV)	교호작용 변동
V(군내)+V(작업자)+V(작업자*부품)	게이지 RR(RR)	측정 변동
V(부품)	부품 변동 (PV)	부품 변동
V(군내)+V(작업자)+ V(작업자*부품)+V(부품)	총 변동 (TV)	총 변동

Shewhart 관리도는 시간이 경과하면서 관리이탈 상태가 되는 공정을 식별할 수 있습니다. 또한 계량형 차트는 평균 또는 분산이 체계적으로 다른 작업자, 측정기 또는 부품 원인을 식별하는 데 도움이 됩니다.

게이지 R&R 옵션

게이지 R&R 옵션은 작업자 및 부품의 게이지 연구를 위해 해석되는 변동 측도를 보여 줍니다.

모형 유형을 아직 선택하지 않은 경우 **게이지 R&R** 옵션을 선택하면 모형 유형을 선택하는 대화상자가 나타납니다. 그런 다음 게이지 R&R 규격을 수정합니다.

참고 : 계량형 차트에 대한 플랫폼 환경 설정에는 게이지 R&R 규격 대화상자 옵션이 포함됩니다. 이 환경 설정은 기본적으로 선택되어 있습니다. 데이터 테이블에 정의된 규격 한계를 사용하려면 이 환경 설정을 선택 취소합니다.

게이지 R&R 규격 입력 / 확인

" 게이지 R&R 규격 입력 / 확인 " 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

공차 입력 방법 선택 다음 중 공차 입력 방법을 선택합니다.

공차 (USL – LSL) 를 직접 입력하려면 **공차 구간**을 선택합니다.

규격 한계를 입력한 후 공차를 자동으로 계산하려면 **LSL 및 / 또는 USL** 을 입력합니다.

K, 시그마 승수 **K** 는 시그마와 곱하기 위해 선택하는 상수 값입니다. 예를 들어 6 을 입력하면 6* 시그마 또는 6 시그마 공정을 표시할 수 있습니다.

팁 : 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 계량형 차트를 선택하여 **K** 기본값을 수정할 수 있습니다.

다음 사항에 유의하십시오 .

- " 게이지 R&R 규격 입력 / 확인 " 창에서 **공차 구간**을 입력한 경우 " 게이지 R&R" 보고서에 % 공차 열이 나타납니다 . 이 열은 $100 * (\text{변동} / \text{공차})$ 로 계산됩니다 . 또한 보고서 아래쪽에 정밀도 / 공차 비율이 표시됩니다 . 이 비율은 게이지 변동으로 인해 손실된 공차 또는 공정 능력 구간의 비율을 나타냅니다 .
- " 게이지 R&R 규격 입력 / 확인 " 창에서 **과거 시그마**를 입력한 경우 " 게이지 R&R" 보고서에 % 공정 열이 나타납니다 . 이 열은 $100 * (\text{변동} / (K * \text{과거 시그마}))$ 로 정의됩니다 .
- NDC(개별 범주 수) 는 가장 가까운 정수로 내림된 $(1.41 * (PV/RR))$ 값으로 정의됩니다 .

판별비

판별비는 특정 제품에 대해 주어진 측정의 상대적 유용성을 나타냅니다 . 일반적으로 판별비가 2 보다 작으면 측정에서 제품 변동을 감지할 수 없으므로 측정 공정을 개선해야 합니다 . 판별비가 4 보다 크면 허용할 수 없는 제품 변동을 적절하게 감지하므로 생산 공정을 개선해야 합니다 .

자세한 내용은 "판별비에 대한 통계 상세 정보"에서 확인하십시오 .

오분류 확률

측정 변동으로 인해 적합한 부품이 기각되고 잘못된 부품이 채택될 수 있습니다 . 이것을 오분류 라고 합니다 . 측정 변동이 감소하면 오분류 비율도 줄어듭니다 . 모형 유형 선택 및 규격 한계 입력을 아직 수행하지 않은 경우 **오분류 확률** 옵션을 선택하면 이 작업을 위한 대화상자가 나타납니다 .

그림 5.8 오분류 확률 보고서의 예

오분류 확률	
설명	확률
P(적합한 부품이 잘못 기각됨)	0.0802
P(잘못된 부품이 잘못 채택됨)	0.2787
P(부품이 적합하며 기각됨)	0.0735
P(부품이 잘못되었으며 채택됨)	0.0235
P(부품이 적합함)	0.9157

오분류 확률은 Y (측정된 부품 값) 와 X (실제 부품 값) 의 결합 확률 함수를 기반으로 합니다 . 사용된 결합 확률 밀도 함수는 이변량 정규 분포입니다 . 설명을 이해하기 위해 다음 확률을 정의합니다 .

$$\delta = P[(LSL \leq X \leq USL) \text{ 및 } (Y < LSL \text{ 또는 } Y > USL)]$$

$$\beta = P[(X < LSL \text{ 또는 } X > USL) \text{ 및 } (LSL \leq Y \leq USL)]$$

$$\pi = P(LSL \leq X \leq USL)$$

설명

P(적합한 부품이 잘못 기각됨) 부품이 적합한 경우 기각될 조건부 확률 , 즉 δ/π 입니다 .

P(잘못된 부품이 잘못 채택됨) 부품이 잘못된 경우 채택될 조건부 확률, 즉 $\beta/(1-\pi)$ 입니다.

P(부품이 적합하며 기각됨) 부품이 적합하며 기각될 결함 확률, 즉 δ 입니다.

P(부품이 잘못되었으며 채택됨) 부품이 잘못되었으며 채택될 결함 확률, 즉 β 입니다.

P(부품이 적합함) 부품이 적합할 확률, 즉 π 입니다.

자세한 내용은 "[오분류 확률에 대한 통계 상세 정보](#)" 및 Burdick et al. 연구 자료(2005)에서 확인하십시오.

편향 보고서

편향 보고서에는 전체 측정 편향 그래프와 표준별 측정 편향 그래프가 각각 요약 테이블과 함께 표시됩니다. X 변수의 각 수준에 대해 관측된 값과 표준 값 사이의 차이 또는 편향 평균이 나타납니다. 편향에 대한 t 검정도 제공됩니다.

편향 보고서 옵션은 시작 창에서 표준 변수를 제공한 경우에만 사용할 수 있습니다.

"측정 편향 보고서"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

신뢰 구간 각 부품의 편향 평균에 대한 신뢰 구간을 계산하고 "표준별 측정 편향 보고서" 그림에 표식을 추가합니다.

측정 오차 그래프 측정 오차 대 모든 그룹화 열의 그래프를 함께 생성합니다. 각 그룹화 열별 측정 오차 그래프도 별도로 표시됩니다.

선형성 연구

선형성 연구는 표준 변수를 X 변수로 사용하고 편향을 Y 변수로 사용하여 회귀 분석을 수행합니다. 이 분석은 편향과 부품 크기 간의 관계를 검토합니다. 기울기가 0이면 가장 이상적입니다. 기울기가 0과 유의한 차이가 있으면 표준으로 측정된 변수 또는 부품 크기와 측정 능력 사이의 관계에 유의성이 있다는 결론을 내릴 수 있습니다.

선형성 연구 옵션은 시작 창에서 표준 변수를 제공한 경우에만 사용할 수 있습니다.

이 보고서에는 다음과 같은 정보가 표시됩니다.

- 각 표준에 대한 편향 요약 통계량
- 선의 기울기가 0 인지 여부를 검정하는 분산분석표
- 기울기 (선형성) 및 절편 (편향)에 대한 검정을 포함하는 선 모수. 절편 검정은 기울기에 대한 검정이 기울기 = 0의 가설을 기각하지 못하는 경우에만 유용합니다.
- 그래프 바로 아래에 나타나는 선 방정식

"선형성 연구"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

유의 수준 설정 편향 신뢰 구간에 사용되는 유의 수준을 변경합니다.

그룹별 선형성 시작 창에서 지정한 X, 그룹화 변수의 각 수준에 대한 개별 선형성 그림을 생성합니다.

계량형 차트의 추가 예

- "이분산성 검정의 예"
- "편향 보고서 옵션의 예"

이분산성 검정의 예

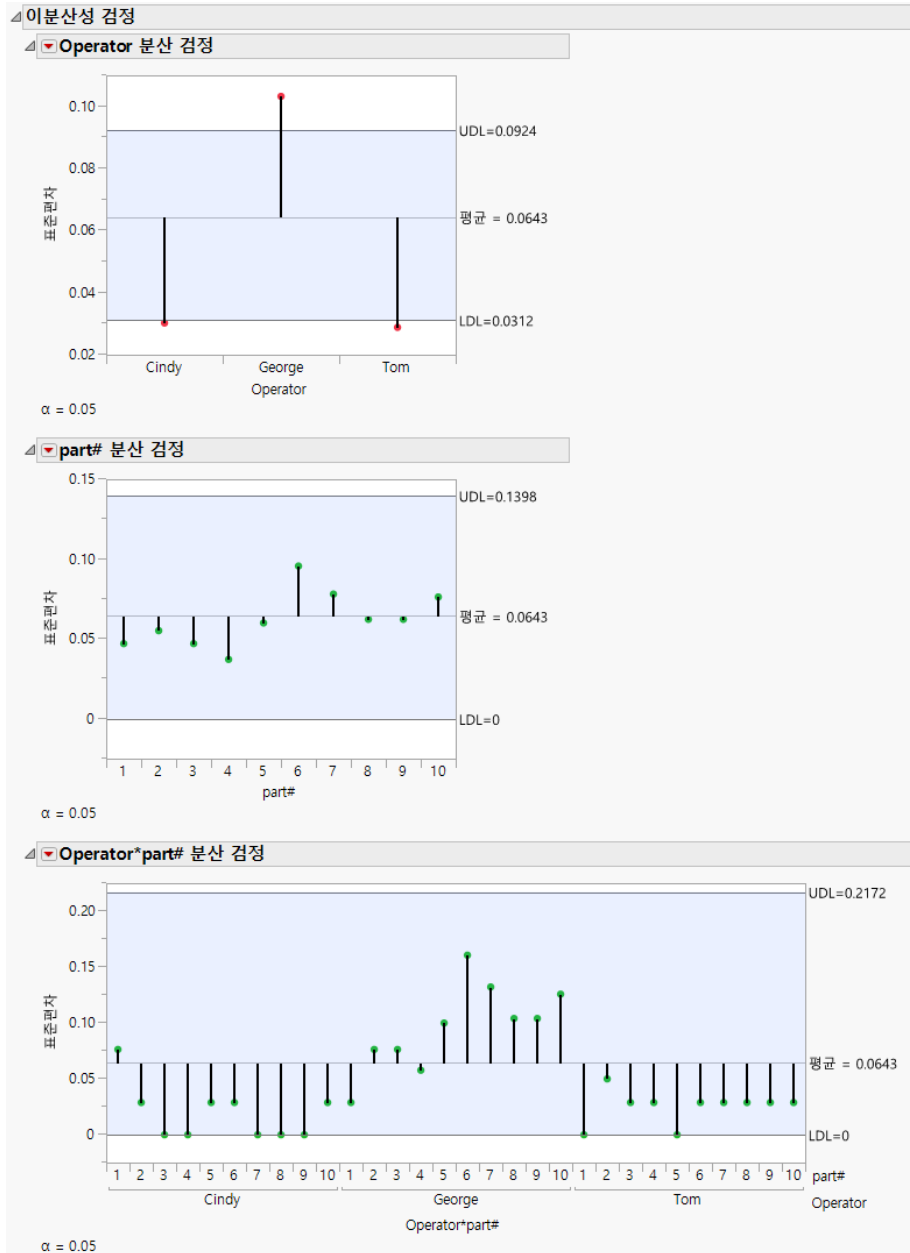
부품 측정값이 포함된 데이터가 있다고 가정해 보겠습니다. Cindy, George, Tom 이라는 세 명의 작업자가 각각 10 개의 부품을 측정했습니다. 각 부품을 세 번씩 측정하여 총 90 개의 관측값이 수집되었습니다. 다음 내용을 검토하려고 합니다.

- 각 작업자에 대한 측정값의 분산이 동일한지 여부
- 각 부품에 대한 분산이 동일한지 여부
- 각 작업자 * 부품 조합에 대한 분산이 동일한지 여부

각 그룹에 대한 모든 분산이 통계적으로 동일한 것으로 간주되면 가장 이상적입니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Variability Data/2 Factors Crossed.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트**를 선택합니다.
3. **Measurement** 를 선택하고 **Y, 반응**을 클릭합니다.
4. **Operator** 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
5. **part#** 을 선택하고 **부품, 표본 ID** 를 클릭합니다.
6. **확인**을 클릭합니다.
7. "계량형 게이지"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **이분산성 검정**을 선택합니다.
8. **교차**를 선택합니다.
9. **확인**을 클릭합니다.

그림 5.9 이분산성 검정 보고서



참고 : 시물레이션을 사용하는 방법이므로 결정 한계가 매번 약간 다를 수 있습니다.

"Operator 분산 검정"에서 세 수준이 모두 결정 상한 및 하한을 초과합니다. 이를 통해 각 작업자의 변동성이 평균 그룹 분산의 제공근과 다르다는 결론을 내립니다. 각 작업자 간의 변동이 다른 이유를 검토할 수도 있습니다.

"part# 분산 검정" 및 "Operator*part# 분산 검정"(교호작용)의 경우 결정 한계를 초과하는 수준이 없습니다. 이를 통해 분산이 평균 그룹 분산의 제공근과 통계적으로 다르지 않다는 결론을 내립니다. 즉, 각 부품(part)은 다른 부품과 비슷한 분산을 가지며 각 작업자*부품#(Operator*part#) 조합도 다른 조합과 비슷한 분산을 가집니다.

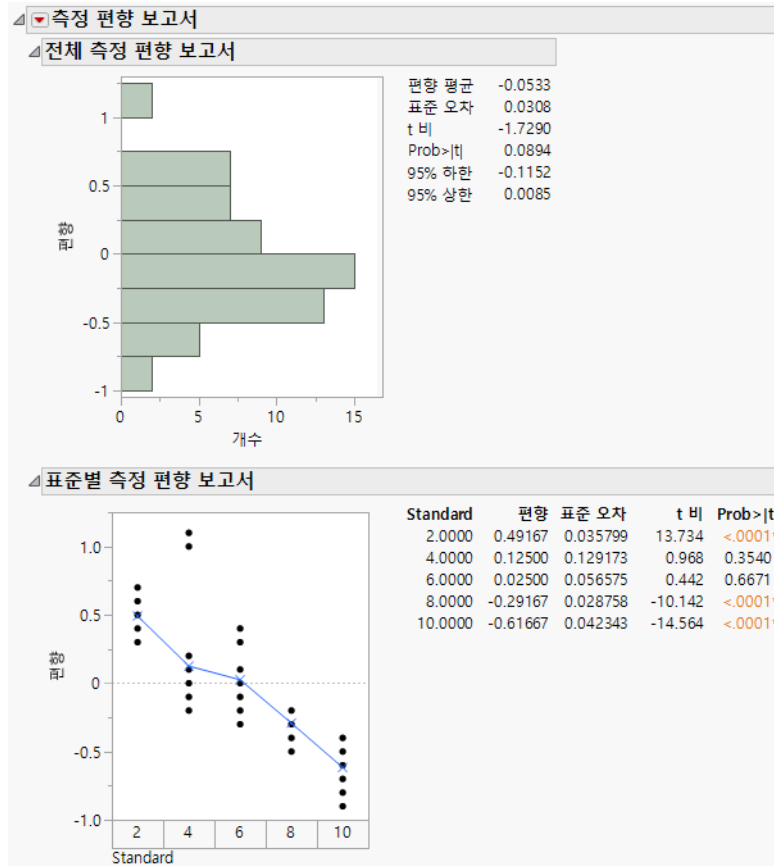
편향 보고서 옵션의 예

참고 : 이 데이터는 Automotive Industry Action Group(2002) 에서 가져왔습니다 .

공장 감독자가 공정에 새 측정 시스템을 도입하는 경우를 가정합니다 . PPAP(Production Part Approval Process) 의 일부로 측정 시스템의 편향 및 선형성을 평가해야 합니다 . 문서화된 공정 변동을 기반으로 측정 시스템의 전체 작동 범위에서 5개의 부품이 선택되었습니다. 레이아웃 검사로 각 부품을 측정하여 참조 값을 결정했습니다 . 그런 다음 책임 작업자가 각 부품을 12 번 측정했습니다 . 부품은 하루 중 무작위로 선택되었습니다 . 이 예에서는 전체 편향 및 개별 측정값 편향 (표준별) 을 검토하려고 합니다 .

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Variability Data/MSALinearity.jmp 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트**를 선택합니다 .
3. Response 를 선택하고 **Y, 반응**을 클릭합니다 .
4. Standard 를 선택하고 **표준**을 클릭합니다 .
5. Part 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다 .
6. **확인**을 클릭합니다 .
7. " 계량형 게이지 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **게이지 연구 > 편향 보고서**를 선택합니다 .

그림 5.10 측정 편향 보고서



모든 측정에 대한 편향(반응 - 표준)이 계산됩니다. "전체 측정 편향 보고서"에는 편향 히스토그램과 편향 평균이 0인지 확인하기 위한 t 검정이 표시됩니다. 편향 평균이 0이 아니라 -0.0533임을 알 수 있습니다. 그러나 신뢰 구간(-0.1152, 0.0085) 내에 0이 포함되어 있어 편향 평균이 0과 유의하게 다르지 않습니다. 유의 수준 0.05를 사용하면 p 값이 0.05보다 크다는 것을 알 수 있으며, 이는 편향 평균이 0과 유의하게 다르지 않음을 나타냅니다.

"표준별 측정 편향 보고서"에는 각 부품에 대한 편향 평균 값이 표시됩니다. 편향 평균이 모든 부품에 대한 실제 편향 값과 함께 그래프에 표시되므로 산포를 볼 수 있습니다. 이 예에서는 부품 번호 1(표준 값 2)이 높게 편향되어 있고 부품 4와 5(표준 값 8과 10)가 낮게 편향되어 있습니다.

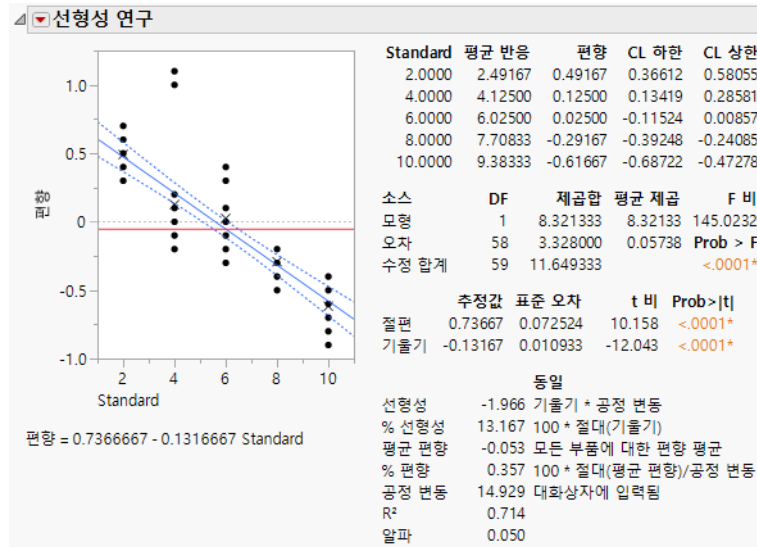
팁 : 편향에 대한 신뢰 구간을 보려면 테이블에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **열 > 95% 하한 및 95% 상한**을 선택합니다.

선형성 연구의 예

이제 **편향 보고서** 옵션과 동일한 데이터 및 시나리오를 사용하여 선형성을 검토할 수 있습니다. 이를 통해 부품 크기와 작업자의 측정 기량 사이에 유의한 관계가 있는지 여부를 판별합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Variability Data/MSALinearity.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트**를 선택합니다.
3. **Response**를 선택하고 **Y, 반응**을 클릭합니다.
4. **Standard**를 선택하고 **표준**을 클릭합니다.
5. **Part**를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
6. **확인**을 클릭합니다.
7. "계량형 게이지"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **게이지 연구 > 선형성 연구**를 선택합니다.
8. 공정 변동을 지정하라는 창이 나타나면 14.9286을 입력합니다.
14.9286은 반응의 표준편차인 2.488105의 6 배입니다.

그림 5.11 선형성 연구



다음 사항에 유의하십시오.

- 기울기는 -0.131667입니다. 이 값은 그래프 아래의 방정식에 포함되며 세 번째 테이블에도 표시됩니다.
- 기울기 검정과 관련된 p 값 (<.0001)은 매우 작습니다. 기울기에 대한 t 검정은 편향이 표준 값에 따라 변하는지 여부를 검정합니다.

p 값이 작으므로 부품 크기와 작업자의 측정 기량 사이에 유의한 선형 관계가 있다는 결론을 내릴 수 있습니다. 그래프에서도 이를 확인할 수 있습니다. 부품 또는 표준 값이 작으면 편향이 높고 값이 크면 편향이 낮습니다.

계량형 차트에 대한 통계 상세 정보

- " 분산 성분에 대한 통계 상세 정보 "
- " 판별비에 대한 통계 상세 정보 "
- " 오분류 확률에 대한 통계 상세 정보 "

분산 성분에 대한 통계 상세 정보

데이터 수집 방법에 따라 선택하는 정확 모형 유형이 달라집니다 . 예를 들어 작업자가 동일한 부품을 측정 (교차 설계 사용) 할 수도 있고 다른 부품을 측정 (지분 설계 사용) 할 수도 있습니다 . B 가 A 에 내포되고, 여러 측정값이 B 와 A 둘 다에 내포되며, $na \bullet nb \bullet nw$ 측정값이 있는 모형을 가정하면 다음과 같은 명령문이 가능합니다 .

- na 임의 효과는 A 에 기인합니다 .
- $na \bullet nb$ 임의 효과는 A 내의 각 nb B 수준에 기인합니다 .
- $na \bullet nb \bullet nw$ 임의 효과는 A 에 내포된 B 내의 각 nw 수준에 기인합니다 .

$$y_{ijk} = u + Za_i + Zb_{ij} + Zw_{ijk} .$$

Z 는 각 분류 수준에 대한 임의 효과입니다 . Z 는 각각 평균이 0 이고 다른 모든 랜덤 항과 독립적이라고 가정합니다 . 반응 y 의 분산은 각 z 성분으로 인한 분산의 합입니다 .

$$\text{Var}(y_{ijk}) = \text{Var}(Za_i) + \text{Var}(Zb_{ij}) + \text{Var}(Zw_{ijk}) .$$

표 5.3에서는 지원되는 모형 및 모형에 포함되는 효과를 보여 줍니다.

표 5.3 계량형 차트 플랫폼에서 지원되는 모형

모형	요인	모형의 효과
주효과	1	A
	2	A, B
	무제한	추가 요인에 대한 기타 효과

표 5.3 계량형 차트 플랫폼에서 지원되는 모형 (계속)

모형	요인	모형의 효과
교차	1	A
	2	A, B, A*B
	3	A, B, A*B, C, A*C, B*C, A*B*C
	4	A, B, A*B, C, A*C, B*C, A*B*C, D, A*D, B*D, A*B*D, C*D, A*C*D, B*C*D, A*B*C*D,
	무제한	추가 요인에 대한 기타 효과
내포	1	A
	2	A, B(A)
	3	A, B(A), C(A,B)
	4	A, B(A), C(A,B), D(A,B,C)
	무제한	추가 요인에 대한 기타 효과
교차 후 내포	3	A, B, A*B, C(A,B)
내포 후 교차	3	A, B(A), C, A*C, C*B(A)

판별비에 대한 통계 상세 정보

판별비는 측정값 M 의 총 분산을 측정 오차 E 의 분산과 비교합니다. 내포 주효과를 포함하여 모든 주효과에 대해 판별비가 계산됩니다. 판별비 D 는 다음과 같이 계산됩니다.

$$D = \sqrt{2 \left(\frac{P}{T-P} \right) + 1}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

P = 요인에 대한 추정 분산

T = 추정된 총 분산

오분류 확률에 대한 통계 상세 정보

이 섹션에서는 오분류 확률 보고서의 확률 계산에 대해 설명합니다. 오분류 확률은 Y (측정된 부품 값)와 X (실제 부품 값)의 결합 확률 함수를 기반으로 합니다. 결합 확률 분포 함수 $F_{YX}(y, x)$ 는 평균 벡터 $[\mu, \mu]$ 과 다음 공분산 행렬이 있는 이변량 정규 분포를 사용합니다.

$$\begin{bmatrix} \gamma_P + \gamma_M & \gamma_P \\ \gamma_P & \gamma_P \end{bmatrix}$$

여기서 γ_P 는 부품 간 변동, γ_M 은 측정 변동, μ 는 총 평균을 나타냅니다. 이러한 통계량은 보고서 창의 통계량에서 찾거나 파생될 수 있습니다. 구체적으로 $\gamma_P + \gamma_M$ 은 TV(총 변동)를 6으로 나눈 값의 제곱, 즉 $(TV/6)^2$ 과 같고, γ_P 는 PV(부품 변동)를 6으로 나눈 값의 제곱, 즉 $(PV/6)^2$ 과 같습니다. Y 와 X 간의 상관 ρ_{YX} 는 $\gamma_P/(\gamma_P + \gamma_M)$ 의 제곱근으로 정의됩니다.

이제 다음 확률을 정의합니다.

$$\delta = P[(LSL \leq X \leq USL) \text{ 및 } (Y < LSL \text{ 또는 } Y > USL)]$$

$$\beta = P[(X < LSL \text{ 또는 } X > USL) \text{ 및 } (LSL \leq Y \leq USL)]$$

$$\pi = P(LSL \leq X \leq USL)$$

이러한 확률은 결합 확률 분포 함수인 $F_{YX}(y, x)$ 와 Y 및 X 에 대한 주변 확률 분포 함수인 $F_Y(y)$ 및 $F_X(x)$ 로 표현할 수 있습니다.

$$\delta = F_{YX}(LSL, USL) - F_{YX}(LSL, LSL) - F_{YX}(USL, USL) + F_{YX}(USL, LSL) + F_X(USL) - F_X(LSL)$$

$$\beta = F_{YX}(USL, LSL) - F_{YX}(LSL, LSL) - F_{YX}(USL, USL) + F_{YX}(LSL, USL) + F_Y(USL) - F_Y(LSL)$$

$$\pi = F_X(USL) - F_X(LSL)$$

$$P(\text{적합한 부품이 잘못 기각됨}) = \delta/\pi$$

$$P(\text{잘못된 부품이 잘못 채택됨}) = \beta/(1-\pi)$$

$$P(\text{부품이 적합하며 기각됨}) = \delta$$

$$P(\text{부품이 잘못 되었으며 채택됨}) = \beta$$

$$P(\text{부품이 적합함}) = \pi$$

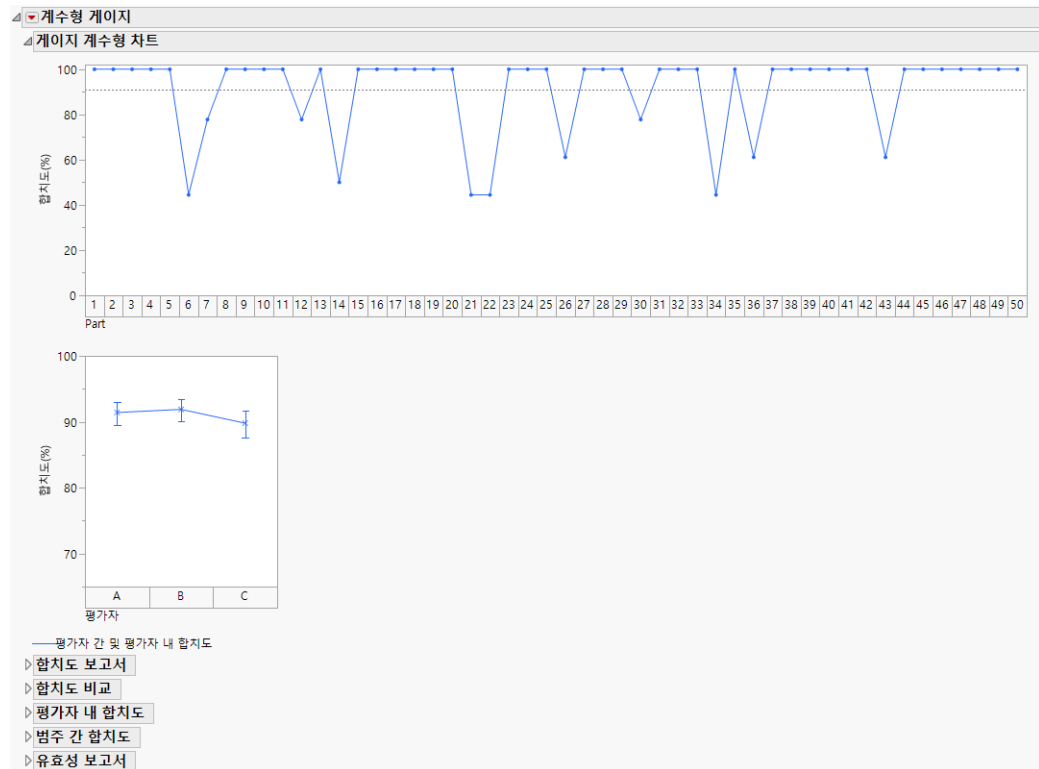
계수형 게이지 차트

합치도 측도를 사용하여 범주형 측정 공정 평가

계수형 차트는 범주형 측정값을 분석하여 반응(예: 평가자) 간의 합치 측도를 나타내는 데 도움이 될 수 있습니다. 계수형 데이터에서 관심 변수는 한정된 수의 범주를 가집니다. 일반적으로 데이터에는 통과/실패와 같은 두 가지 결과만 가능합니다. 평가자가 얼마나 효과적으로 부품을 분류했는지, 평가자 간의 합치 정도 및 여러 평가 과정에서 각 평가자 자체의 합치 정도 등을 검토할 수 있습니다.

팁: 이 장에서는 계수형 차트만 설명합니다. 계량형 차트에 대한 자세한 내용은 "[계량형 게이지 차트](#)"에서 확인하십시오.

그림 6.1 계수형 차트의 예



목차

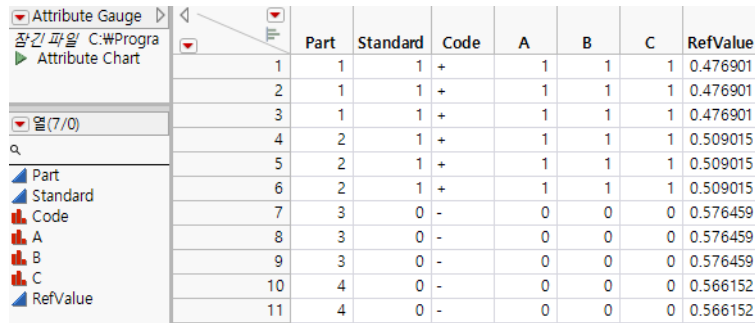
계수형 게이지 차트 개요.....	147
계수형 게이지 차트의 예.....	147
계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작	149
계수형 게이지 차트 및 보고서	150
합치도 보고서.....	151
유효성 보고서.....	152
계수형 게이지 플랫폼 옵션.....	153
계수형 게이지 차트에 대한 통계 상세 정보.....	154
합치도 보고서에 대한 통계 상세 정보.....	155

계수형 게이지 차트 개요

계수형 게이지 차트를 생성하기 전에 다음 지침을 사용하여 데이터 형식을 지정해야 합니다.

- 평가자 간의 합치도를 비교하려면 데이터 테이블의 각 평가자가 개별 열에 있어야 합니다. 이러한 열은 시작 창에서 **Y, 반응** 역할에 할당됩니다. [그림 6.2](#)에서 각 평가자 (A, B, C) 는 개별 열에 있습니다.
- 다른 열의 반응은 문자 (통과 또는 실패) 또는 숫자 (0 또는 1) 일 수 있습니다. [그림 6.2](#)에서 평가자 반응은 숫자입니다(0 - 통과, 1 - 실패). 모든 반응 열의 데이터 유형이 동일해야 합니다.
- **X, 그룹화** 변수로 사용할 다른 모든 관심 변수는 각각 하나의 열에 쌓인 형식이어야 합니다 ([그림 6.2](#) 의 Part 열 참조). 표준 열도 정의할 수 있습니다. 이 열은 평가자를 표준과 비교하는 보고서를 생성합니다. 표준 열과 반응 열의 데이터 유형이 동일해야 합니다.

그림 6.2 계수형 게이지 데이터



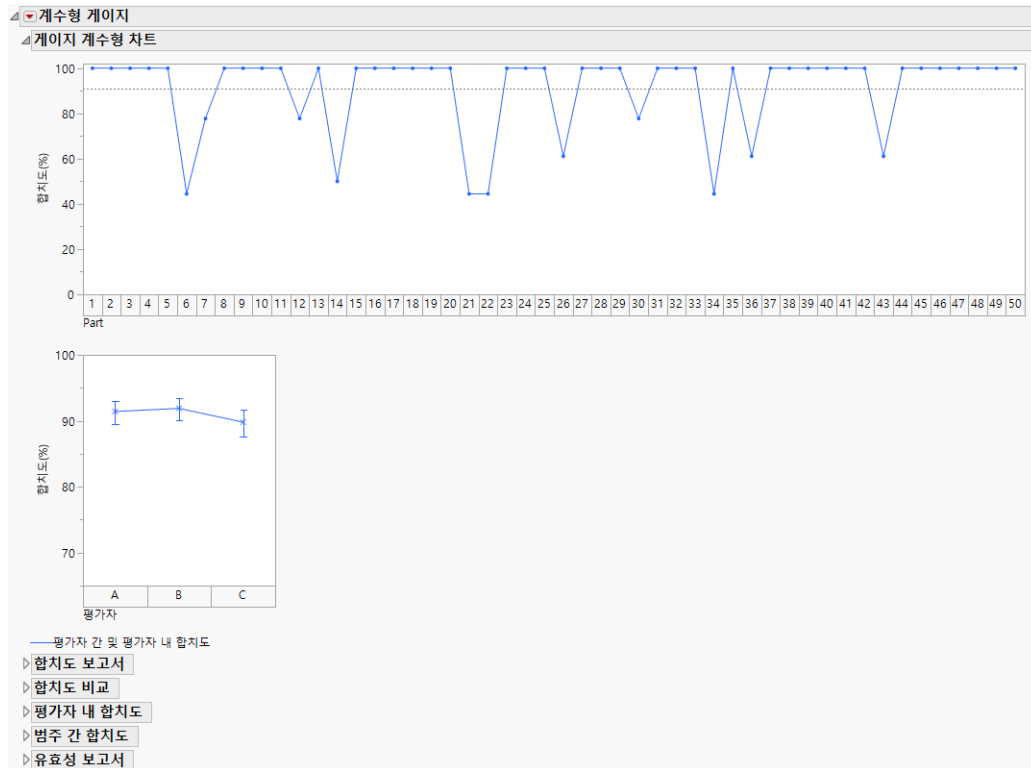
	Part	Standard	Code	A	B	C	RefValue
1	1	1	+	1	1	1	0.476901
2	1	1	+	1	1	1	0.476901
3	1	1	+	1	1	1	0.476901
4	2	1	+	1	1	1	0.509015
5	2	1	+	1	1	1	0.509015
6	2	1	+	1	1	1	0.509015
7	3	0	-	0	0	0	0.576459
8	3	0	-	0	0	0	0.576459
9	3	0	-	0	0	0	0.576459
10	4	0	-	0	0	0	0.566152
11	4	0	-	0	0	0	0.566152

계수형 게이지 차트의 예

부품 평가 (통과 또는 실패) 가 포함된 데이터가 있다고 가정해 보겠습니다. A, B, C 로 식별되는 세 명의 평가자가 각각 50 개 부품에 대해 세 번씩 0(통과) 또는 1(실패) 을 기록했습니다. 평가자가 부품을 올바르게 분류하는 데 얼마나 효과적이었는지, 평가자 간의 합치 정도 및 평가 과정에서 평가자 자체의 합치 정도를 검토하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Attribute Gauge.jmp** 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트**를 선택합니다.
3. **차트 유형**에서 **계수형**을 선택합니다.
4. A, B, C 를 선택하고 **Y, 반응**을 클릭합니다.
5. **Standard** 를 선택하고 **표준**을 클릭합니다.
6. **Part** 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
7. **확인**을 클릭합니다.

그림 6.3 계수형 차트의 예



첫 번째 차트(Part)에서는 각 부품에 대해 평가자 간의 합치도를 보여 줍니다. 예를 들어 6, 12, 14, 21, 22 등의 부품에 대해 합치도(%)가 떨어진 것을 확인할 수 있습니다. 해당 부품은 분류하기가 더 어려웠을 수 있습니다.

두 번째 차트(평가자)에서는 특정 부품에 대한 각 평가자의 자체 합치도 및 다른 평가자와의 합치도를 모든 부품에 대해 요약하여 보여 줍니다. 이 예에서는 평가자의 성과가 비교적 유사한 것으로 보입니다. 평가자 C의 합치도가 가장 낮지만 차이가 크지는 않습니다(91% 대신 약 89%).

8. "유효성 보고서"를 열고 "적합 보고서"가 나올 때까지 아래로 스크롤합니다.

0 = 부적합 (실패) 및 1 = 적합 (통과) 을 확인할 수 있습니다. 그러나 이 데이터에서는 정반대로 0 이 통과이고 1 이 실패입니다. 이 설정을 거꾸로 바꿔야 합니다.

9. "적합 보고서"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **적합 범주 변경**을 선택합니다.

계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 계량형 / 계수형 게이지 차트를 선택하여 계량형 / 계수형 게이지 차트 플랫폼을 시작할 수 있습니다. **차트 유형**을 **계수형**으로 설정합니다.

그림 6.4 계량형 / 계수형 게이지 차트 시작 창

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

차트 유형 계량형 게이지 분석 (연속형 반응의 경우) 또는 계수형 게이지 분석 (대개 "통과" 또는 "실패"로 구분되는 범주형 반응의 경우) 중에서 선택합니다.

참고 : 이 장에서는 **계수형** 차트 유형에 대한 내용만 다룹니다. **계량형** 차트 유형에 대한 자세한 내용은 "[계량형 게이지 차트](#)"에서 확인하십시오.

알파 지정 플랫폼에서 사용되는 유의 수준을 지정합니다.

Y, 반응 각 평가자가 제공한 평가 열을 지정합니다. 둘 이상의 평가 열을 지정해야 합니다.

표준 부품에 대해 "실제" 또는 알려진 값을 포함하는 표준 또는 참조 열을 지정합니다. 평가자를 표준과 비교하는 "유효성 보고서" 및 "합치도 비교" 보고서의 기타 섹션이 보고서 창에 나타납니다.

X, 그룹화 측정값을 그룹화하는 분류 열을 지정합니다. 요인이 내포된 계층 구조를 형성하는 경우 고차 항을 먼저 지정합니다.

빈도 각 행에 빈도를 할당하는 데 사용할 값이 있는 데이터 테이블 열을 식별합니다. 요약 데이터가 있는 경우 유용하게 사용됩니다.

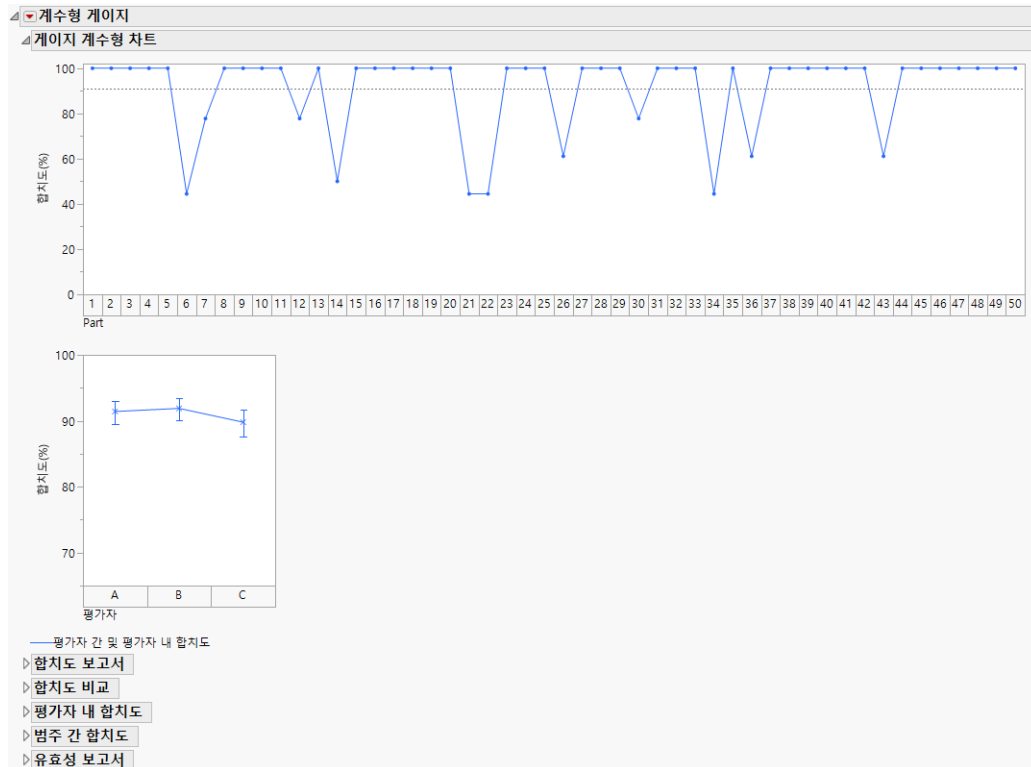
기준 변수의 각 수준에 대한 개별 분석으로 구성된 보고서를 생성하는 열을 식별합니다.

계수형 게이지 차트 및 보고서

계수형 게이지 차트에는 연구의 모든 부품에 대한 평가자 합치 측정값인 합치도(%)가 표시됩니다. 각 부품에 대한 합치도는 해당 부품의 모든 평가에 대해 모든 평가자 쌍의 평가를 비교하여 계산됩니다. 자세한 내용은 "[계수형 게이지 차트에 대한 통계 상세 정보](#)"에서 확인하십시오.

[그림 6.5](#)에 표시된 것과 같은 결과를 생성하려면 "[계수형 게이지 차트의 예](#)"에 설명된 방법을 따르십시오.

그림 6.5 계수형 게이지 차트



[그림 6.5](#)의 첫 번째 차트에는 모든 X 그룹화 변수 (이 경우 'Part')가 x 축에 사용됩니다. 두 번째 차트에는 일반적으로 모든 Y 변수가 x 축에 사용됩니다 (이 경우 '평가자').

- 첫 번째 그래프에서는 합치도 (%) 값이 낮은 부품을 찾고 해당 부품의 측정값에 대해 평가자의견이 일치하지 않는 이유를 조사할 수 있습니다.
- 두 번째 그래프에서는 합치도 (%) 값이 낮은 평가자를 찾고 해당 평가자가 자체적으로 또는 다른 평가자와 의견이 일치하지 않는 이유를 조사할 수 있습니다.

기타 옵션에 대한 자세한 내용은 "[계수형 게이지 플랫폼 옵션](#)"에서 확인하십시오.

합치도 보고서

참고 : 카과 값은 합치도를 나타내는 통계량입니다. 카과 값이 1 에 가까울수록 합치도가 높습니다. 카과 값이 0 에 가까울수록 합치도가 낮습니다.

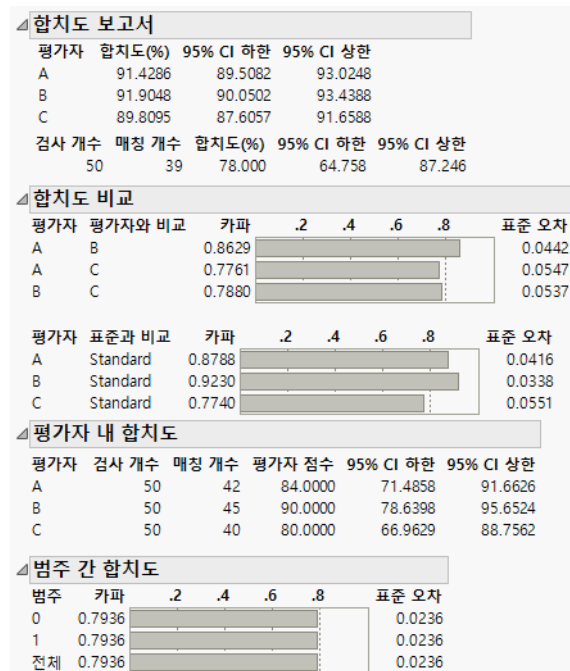
"합치도 보고서"에는 각 평가자에 대해 요약된 합치도와 전체 합치도가 표시됩니다. 이 보고서는 "계수형 게이지 차트" 보고서(그림 6.5)의 두 번째 차트에 표시된 데이터를 숫자 형식으로 나타낸 것입니다.

"합치도 비교" 보고서에서는 카과 통계량을 사용하여 각 평가자를 다른 모든 평가자와 비교하여 보여 줍니다. 평가자와 표준의 비교는 시작 창에서 표준 변수를 지정한 경우에만 수행됩니다.

"평가자 내 합치도" 보고서에는 검사한 항목 수가 표시됩니다. 신뢰 구간은 Agresti and Coull 연구 자료(1998)에서 제안된 스코어 신뢰 구간입니다. "매칭 개수"는 평가자가 개별 항목의 각 검사에 대해 동의한 검사 항목 수의 합입니다. "평가자 스코어"는 매칭 개수를 검사 개수로 나눈 값입니다.

"범주 간 합치도" 보고서에는 분류에서 우연에 의해 기대할 수 있는 합치도가 표시됩니다. 항목을 분류할 때 고정된 수의 평가자 간 합치도를 평가합니다.

그림 6.6 합치도 보고서



유효성 보고서

"유효성 보고서"는 시작 창에서 표준 변수를 지정한 경우에만 나타납니다. 표준 변수에 대한 설명은 "계량형/계수형 게이지 차트 플랫폼 시작"에서 확인하십시오. 이 보고서에서는 모든 평가자를 표준과 비교합니다.

그림 6.7 유효성 보고서

유효성 보고서

합치 개수

평가자	올바름(0)	올바름(1)	총 수정	Incorrect(0)	Incorrect(1)	총 합계
A	45	97	142	3	5	150
B	45	100	145	3	2	150
C	42	93	135	6	9	150

유효성

평가자	유효성	95% CI 하한	95% CI 상한	오차율
A	94.6667	89.8296	97.2730	0.0533
B	96.6667	92.4348	98.5680	0.0333
C	90.0000	84.1565	93.8459	0.1000
전체	93.7778	91.1542	95.6603	0.0622

오분류

표준 수준	0	1
0	.	16
1	12	.
기타	0	0

☒ 적합 보고서

평가자	P(오경보)	P(무효)	가정
A	0.0490	0.0625	부적합 = 0
B	0.0196	0.0625	적합 = 1
C	0.0882	0.1250	

"합치 개수" 테이블에는 표준의 모든 수준에 대해 일치 값과 불일치 값의 셀 개수가 표시됩니다. 그림 6.7에서 표준 변수는 두 개의 수준(0, 1)을 가집니다. 평가자 A는 수준 0에 대해 45개의 일치 반응과 3개의 불일치 반응을 기록하고 수준 1에 대해 97개의 일치 반응과 5개의 불일치 반응을 기록했습니다.

유효성은 일치 판단 수를 총 기회 수로 나눈 값으로 정의됩니다. 예를 들어 평가자 A가 모든 부품을 세 번 표집했다고 가정해 보겠습니다. 6번째 부품에 대한 판단 중 하나가 일치하지 않았습니까(예: 통과, 통과, 실패). 이때 나머지 두 판단은 일치 판단으로 간주됩니다. 이 유효성 정의는 MSA 3rd Edition과 다릅니다. MSA에 따르면 부품 6에 대한 평가자 A의 세 번의 기회가 모두 불일치 값으로 계산됩니다. 모든 검사를 개별적으로 포함하면 전체 검사 공정에 대해 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

"유효성" 테이블에는 유효성에 대한 95% 신뢰 구간이 제공됩니다. 이 구간은 스코어 신뢰 구간입니다. 스코어 신뢰 구간은 특히 관측값이 경계에 가까이 있을 때 포함 확률을 증가시키는 것으로 입증되었습니다. 자세한 내용은 Agresti and Coull 연구 자료(1998)에서 확인하십시오.

"오분류" 테이블에서는 잘못된 라벨 지정을 보여 줍니다. 행은 표준의 수준 또는 허용되는 참조 값을 나타냅니다. 열은 평가자가 제공한 수준을 포함합니다.

적합 보고서

"적합 보고서"에는 오경보 확률과 무효 확률이 표시됩니다. "적합 보고서"는 평가 수준이 두 개 (예: 통과/실패 또는 0/1)인 경우에만 나타납니다.

다음 설명이 적용됩니다.

오경보 부품이 실제로 적합한데 부적합한 것으로 결정됩니다.

무효 부품이 실제로 부적합한데 적합한 것으로 결정됩니다.

P(오경보) 부적합으로 잘못 판정된 부품의 수를 적합 판정된 총 부품 수로 나눈 값입니다.

P(무효) 적합으로 잘못 판정된 부품의 수를 실제로 부적합한 총 부품 수로 나눈 값입니다.

"적합 보고서"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

적합 범주 변경 적합한 것으로 간주되는 반응 범주를 반대로 바꿉니다.

탈출 속도 계산 부적합품이 생산되었지만 감지되지 않을 확률을 나타내는 탈출 속도를 계산합니다. 탈출 속도는 공정에서 부적합품이 생산될 확률에 무효 확률을 곱한 값으로 계산됩니다. 공정에서 부적합품을 생산할 확률, 즉 부적합 확률을 지정해야 합니다.

참고 : 이 플랫폼에서는 결측값이 별도의 범주로 간주됩니다. 이와 같은 별도의 범주를 만들지 않으려면 데이터 테이블에서 결측값 행을 제외하십시오.

계수형 게이지 플랫폼 옵션

"계수형 게이지"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

계수형 게이지 차트 게이지 계수형 차트 및 효율성 차트를 표시하거나 숨깁니다.

합치 점 표시 차트에 합치 점을 표시하거나 숨깁니다.

합치 점 연결 차트의 합치 점을 연결합니다.

평가자별 합치도 신뢰 구간 효율성 차트에 평가자별 합치도 신뢰 구간을 표시하거나 숨깁니다.

합치 그룹 평균 표시 게이지 계수형 차트에 합치 그룹 평균을 표시하거나 숨깁니다. 이 옵션은 X, 그룹화 변수를 두 개 이상 지정하는 경우에 사용할 수 있습니다.

합치 총 평균 표시 게이지 계수형 차트에 전체 합치 평균을 표시하거나 숨깁니다.

유효성 점 표시 차트에 유효성 점을 표시하거나 숨깁니다.

유효성 점 연결 차트의 유효성 점 사이에 선을 그립니다.

평가자별 유효성 신뢰 구간 계수형 게이지 차트 보고서의 두 번째 차트에 신뢰 구간을 표시하거나 숨깁니다 (그림 6.5).

유효성 보고서 유효성 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 이 보고서에서는 카과 통계량을 사용하여 모든 평가자를 표준과 비교합니다.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

계수형 게이지 차트에 대한 통계 상세 정보

그림 6.5에서 모든 **X**, **그룹화** 변수가 x 축에 표시된 첫 번째 차트의 경우 합치도 (%) 는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{부품의 합치도}(\%) i = \frac{\sum_{l=1}^k \left(\frac{\text{number of responses for level } l}{2} \right)}{\binom{N_i}{2}}$$

그림 6.5에서 모든 **Y**, **반응** 변수가 x 축에 표시된 두 번째 차트의 경우 합치도 (%) 는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{평가자의 합치도}(\%) k = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{r_i} \frac{\text{number of uncounted matching levels}}{\text{반복 수가 } j \text{ 일 때 부품 } i \text{ 내에서 이 평가자 } k \text{에 대한}} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{r_i} N_i - j \right)}$$

다음 사항에 유의하십시오.

- n = 부품 수 (그룹화 변수)
- r_i = 부품 $i(i=1,...,n)$ 의 반복 수
- m = 평가자 수
- k = 수준 수
- $N_i = m \times r_i$. 부품 $i(i=1,...,n)$ 에 대한 평가 수. 여기에는 모든 평가자의 반응 및 부품에 대한 반복 평가가 포함됩니다. 예를 들어 3 명의 평가자가 부품 i 를 각각 3 번씩 측정하는 경우 N_i 는 $3 \times 3 = 9$ 입니다.

한 부품을 각각 세 번씩 반복 실험하는 세 명의 평가자에 대한 데이터 테이블을 예로 들어보겠습니다.

표 6.1 평가자 A, B, C 에 대한 세 번의 반복 실험

	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	0
3	0	0	0

이 테이블을 사용하여 다음과 같은 계산을 수행할 수 있습니다.

$$\text{합치도 (\%)} = \frac{\binom{4}{2} + \binom{5}{2}}{\binom{9}{2}} = \frac{16}{36} = 0.444$$

$$\text{합치도 (\%)} [\text{평가자 A}] = \text{합치도 (\%)} [\text{평가자 B}] = \frac{4+3+3}{8+7+6} = \frac{10}{21} = 0.476,$$

$$\text{합치도 (\%)} [\text{평가자 C}] = \frac{4+3+2}{8+7+6} = \frac{9}{21} = 0.4286$$

합치도 보고서에 대한 통계 상세 정보

단순 카파 계수는 평가자 간 합치도의 측도입니다.

$$\kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$P_0 = \sum_i p_{ii}$$

및

$$P_e = \sum_i p_{i.} p_{.i}$$

두 개의 반응 변수를 n 개 부품에 대한 두 개의 독립된 평가로 볼 경우 평가자의 의견이 완전히 합치되면 카파 계수가 +1 이 됩니다. 관측된 합치도가 우연에 의한 합치 확률을 초과하면 카파 계수가 양수가 되며 그 크기는 합치 강도를 반영합니다. 실제로는 혼치 않지만 관측된 합치도가 우연에 의한 합치 확률보다 작으면 카파가 음수가 됩니다. 카파의 최소값은 주변 비율에 따라 -1에서 0 사이입니다.

다음 방정식을 사용하여 단순 카과 계수의 점근적 분산을 추정합니다.

$$\text{var} = \frac{A+B-C}{(1-P_e)^2 n}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$A = \sum_i p_{ii} [1 - (p_{i.} + p_{.i})(1 - \kappa)]$$

$$B = (1 - \kappa)^2 \sum_{i \neq j} \sum p_{ij} (p_{.i} + p_{j.})^2$$

및

$$C = [\kappa - P_e(1 - \kappa)]^2$$

카과가 그림에 표시되고 표준 오차도 제공됩니다.

참고 : 계수형 차트 플랫폼의 카과 통계량은 변수 수준이 불균형한 경우에도 표시됩니다.

범주형 카과 통계량 (Fleiss 1981) 은 " 범주 간 합치도 " 보고서에 있습니다.

다음과 같이 가정해 보겠습니다.

- n = 부품 수 (그룹화 변수)
- m = 평가자 수
- k = 수준 수
- r_i = 부품 $i(i = 1, \dots, n)$ 의 반복 수
- $N_i = m \times r_i$. 부품 $i(i = 1, 2, \dots, n)$ 에 대한 평가 수 . 여기에는 모든 평가자의 반응 및 부품에 대한 반복 평가가 포함됩니다 . 예를 들어 2 명의 평가자가 부품 i 를 각각 3 번씩 측정하는 경우 N_i 는 $3 \times 2 = 6$ 입니다 .
- x_{ij} = 수준 $j(j = 1, 2, \dots, k)$ 에 대한 부품 $i(i = 1, 2, \dots, n)$ 의 평가 수

개별 범주 카과는 다음과 같이 정의됩니다.

$$\hat{\kappa}_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}(N_i - x_{ij})}{(\bar{p}_j, \bar{q}_j) \sum_{i=1}^n N_i(N_i - 1)} \quad \text{여기서,} \quad \bar{p}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad \bar{q}_j = 1 - \bar{p}_j$$

전체 카파는 다음과 같이 정의됩니다.

$$\hat{\kappa} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{q}_j \bar{p}_j \hat{\kappa}_j}{\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j}$$

$\hat{\kappa}_j$ 및 $\hat{\kappa}$ 의 분산은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{var}(\hat{\kappa}_j) = \frac{2}{nN(N-1)}$$

$$\text{var}(\hat{\kappa}) = \frac{2}{\left(\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j \right)^2} \times \left[\left(\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j \right)^2 - \sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j (\bar{q}_j - \bar{p}_j) \right]$$

$\hat{\kappa}_j$ 및 $\hat{\kappa}$ 의 표준 오차는 부품당 평가 수가 같을 때만 표시됩니다(예: 모든 $i=1, \dots, n$ 에 대해 $N_i=N$).

7 장

공정 능력

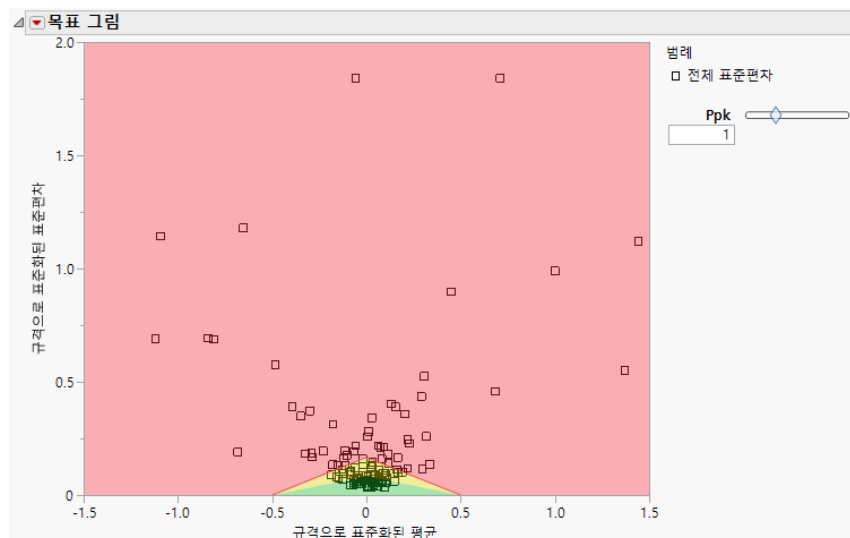
시간 경과에 따른 공정의 변동성 측정

공정 관리에 사용되는 공정 능력 분석은 지정된 규격 한계와 비교하여 공정이 얼마나 잘 수행되고 있는지를 측정합니다. 양호한 공정은 안정적이고 규격 한계 이내인 제품을 일관되게 생산하는 공정입니다. 공정 능력 지수는 공정 중심 및 변동성별로 요약된 공정 성능을 규격 한계와 관련 짓는 측정값입니다.

목표 그림과 상자 그림 같은 그래픽 도구를 사용하면 규격 내에 있는 공정 또는 제품 특성을 시각적으로 빠르게 식별할 수 있습니다. 개별 상세 정보 보고서에는 분석의 각 변수에 대한 공정 능력 보고서가 표시됩니다. 분석을 수행하여 규격 또는 요구 사항을 기준으로 변동을 식별할 수 있으며, 이로 인해 점점 더 높은 적합 값을 얻을 수 있습니다.

부분군을 지정하여 공정의 전체 변동을 부분군 내 변동과 비교할 수 있습니다. 다양한 분포를 따르는 측정값을 생성하는 공정에 대한 공정 능력 지수를 계산할 수 있습니다. 지정된 분포를 따르지 않는 데이터의 경우 비모수 공정 능력 지수를 계산할 수 있습니다.

그림 7.1 공정 능력 플랫폼의 예



목차

공정 능력 플랫폼 개요.....	161
정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예.....	163
비정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예.....	165
공정 능력 플랫폼 시작.....	171
공정 선택.....	172
공정 부분군 지정.....	172
이동 범위 옵션.....	173
과거 정보.....	173
분포 옵션.....	174
기타 규격.....	175
규격 한계 입력.....	175
규격 한계 창.....	175
한계 데이터 테이블.....	176
규격 한계 열 특성.....	177
공정 능력 보고서.....	178
목표 그림.....	179
공정 능력 상자 그림.....	181
공정 능력 지수 그림.....	183
공정 능력 플랫폼 옵션.....	185
개별 상세 정보 보고서.....	188
정규화된 상자 그림.....	194
공정 성능 그림.....	195
요약 보고서.....	196
목표 그림 요약 테이블 생성.....	198
공정 능력 플랫폼의 추가 예.....	199
안정적인 공정에 대한 공정 능력.....	199
불안정한 공정에 대한 공정 능력.....	202
비정규 공정 Ppk 에 대한 신뢰 한계 시뮬레이션.....	206
공정 능력 플랫폼에 대한 통계 상세 정보.....	213
변동 통계량.....	213
목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기.....	216
목표 그림.....	217
목표값이 결측인 공정에 대한 공정 능력 상자 그림.....	218
정규 분포에 대한 공정 능력 지수.....	219
비정규 분포에 대한 공정 능력 지수: 백분위수 및 Z 스코어 방법.....	224
분포의 파라미터화.....	225

공정 능력 플랫폼 개요

공정 능력 플랫폼은 주어진 규격을 공정이 어느 정도 준수하는지를 측정하는 데 필요한 도구를 제공합니다. 기본적으로 정규 분포를 사용하여 적합시키는 변수에 대한 목표 그림, 공정 능력 상자 그림 및 공정 능력 지수 그림이 표시됩니다. 비정규 변수에 대한 공정 능력 지수는 공정 능력 지수 그림에 표시됩니다. 분석의 변수에 대해 정규화된 상자 그림, 요약 보고서 및 개별 상세 정보 보고서를 추가할 수 있습니다.

다음과 같은 여러 가지 방법으로 규격 한계를 제공할 수 있습니다.

- 데이터 테이블에서 열 특성 사용
- 시작 창에서 규격 한계 대화상자 요청
- 규격 한계 데이터 테이블에서 한계 로드
- 규격 한계 관리 유틸리티 사용 (분석 > 품질 및 공정 > 규격 한계 관리)

양측, 단측 또는 비대칭 규격 한계를 지정할 수 있습니다.

참고: 공정 능력 플랫폼은 분석 > 분포 및 분석 > 품질 및 공정 > 관리도를 통해 사용할 수 있는 공정 능력 분석의 확장입니다.

공정 능력 지수

공정 능력 지수는 규격 한계를 충족하는 제품을 생산하기 위한 공정의 능력을 나타내는 비율입니다. 이 지수는 품질 특성의 평균 및 표준편차 추정값을 규격 한계와 관련시킵니다. 군내 공정 능력 추정값은 부분군 내 변동에서 생성된 표준편차의 추정값을 기반으로 합니다. 전체 공정 능력 추정값은 모든 공정 데이터에서 생성된 표준편차의 추정값을 사용합니다. 자세한 내용은 "[정규 분포에 대한 공정 능력 지수](#)" 및 "[변동 통계량](#)"에서 확인하십시오.

평균 또는 표준편차의 추정값은 중심 또는 산포와 관련된 공정이 안정적인 경우에만 잘 정의됩니다. 따라서 군내 공정 능력 지수를 해석하려면 공정 산포가 안정적이어야 합니다. 전체 공정 능력 지수를 해석하려면 공정 중심과 산포가 모두 안정적이어야 합니다.

작은 표본에서 생성된 공정 능력 지수는 변동성이 클 수 있습니다. 공정 능력 플랫폼은 대부분의 공정 능력 지수에 대한 신뢰 구간을 제공합니다. 이를 사용하여 품질 특성의 실제 공정 능력에 대해 가능한 값 범위를 결정할 수 있습니다.

참고: JMP PRO 신뢰 구간이 제공되지 않는 경우 (예: 비정규 분포의 경우) 시뮬레이션 기능을 사용하여 신뢰 구간을 생성할 수 있습니다. 예는 "[비정규 공정 Ppk에 대한 신뢰 한계 시뮬레이션](#)"에서 확인하십시오.

공정 능력 지수 값에 대한 지침은 Montgomery(2013)에서 확인할 수 있습니다. 최소 권장 값은 1.33입니다. Six Sigma 이니셔티브는 DPPM(Defective Parts Per Million) 비율이 매우 낮은, 훨씬 높은 수준의 공정 능력 수준을 목표로 합니다.

비정규 공정에 대한 공정 능력 지수

공정 능력 플랫폼은 정규, 베타, 지수, 감마, Johnson, 로그 정규, 2 정규 혼합, 3 정규 혼합, SHASH 및 Weibull 분포를 사용하여 공정 측정에 대한 공정 능력 지수를 생성합니다. "최량 적합" 옵션은 이러한 분포 중에서 가장 적합한 분포를 결정하고 이 적합에 대한 공정 능력 지수를 제공합니다. 또한 이 플랫폼에는 공정 능력의 비모수 추정값을 제공하는 비모수 적합 옵션도 있습니다.

비정규 방법의 경우 ISO/분위수 방법(백분위수)과 Bothe/Z 스코어 방법(Z 스코어)이라는 두 가지 방식으로 추정값을 생성합니다. 이 방법에 대한 자세한 내용은 "[비정규 분포에 대한 공정 능력 지수: 백분위수 및 Z 스코어 방법](#)"에서 확인하십시오.

참고: 개별 반응에 대한 공정 능력 분석은 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 통해 액세스할 수 있습니다. 그러나 비정규 분포는 공정 능력 플랫폼에서만 사용할 수 있습니다.

전체 및 군내 표준편차 추정값

공정 능력 플랫폼에서 대부분의 공정 능력 지수는 전체(장기) 변동 및 부분군 내(단기) 변동의 추정값을 기반으로 계산할 수 있습니다. 공정이 안정적이면 전체 변동과 부분군 내 변동이 비슷하므로 이러한 두 변동 측도에서 산출되는 결과도 비슷합니다. 정규화된 상자 그림과 요약 테이블은 전체 변동 또는 부분군 내 변동을 사용하여 계산할 수 있습니다. 안정적인 공정 및 불안정한 공정에 대한 공정 능력 지수를 계산하는 예는 "[공정 능력 플랫폼의 추가 예](#)"에서 확인하십시오.

시작 창에서 부분군 내 변동을 추정하기 위한 부분군을 지정할 수 있습니다. 부분군을 정의하는 열을 지정하거나 일정한 부분군 크기를 선택할 수 있습니다. 이러한 각 방법에 대해 비편향 표준편차의 평균을 사용하거나 범위 평균을 사용하여 공정 변동을 추정하도록 선택할 수 있습니다. 공정 능력 플랫폼에서 부분군을 지정하지 않으면 크기가 2인 부분군의 이동 범위를 사용하여 공정 변동의 부분군 내 추정값을 생성합니다. 마지막으로, 공정 표준편차의 추정값으로 사용할 과거 시그마를 지정할 수 있습니다.

공정 능력 지수 표기

공정 능력 플랫폼은 두 가지 공정 능력 지수 집합을 제공합니다. 공정 능력 지수 계산에 대한 자세한 내용은 "[정규 분포에 대한 공정 능력 지수](#)"에서 확인하십시오.

- Cpk, Cpl, Cpu, Cp 및 Cpm. 이 지수는 공정 표준편차의 부분군 내 (단기) 추정값을 기반으로 합니다.
- Ppk, Ppl, Ppu, Pp 및 Cpm. 이 지수는 공정 표준편차의 전체 (장기) 추정값을 기반으로 합니다. 공정이 안정적이지 않으면 공정 표준편차가 존재하지 않습니다. 자세한 내용은 Montgomery 연구 자료 (2013)에서 확인하십시오.

공정 능력 플랫폼은 공정 능력 지수에 적절한 AIAG 표기를 사용합니다. Ppk 라벨은 전체 변동 추정값에서 생성된 지수를 나타내고 Cpk는 부분군 내 변동 추정값에서 생성된 지수를 나타냅니다.

참고 : 기본적으로 "AIAG(Ppk) 라벨 " 플랫폼 환경 설정이 선택되어 있습니다. " 공정 능력 " 에서 이 환경 설정을 선택 취소하면 Cp 표기만 사용하도록 보고를 변경할 수 있습니다.

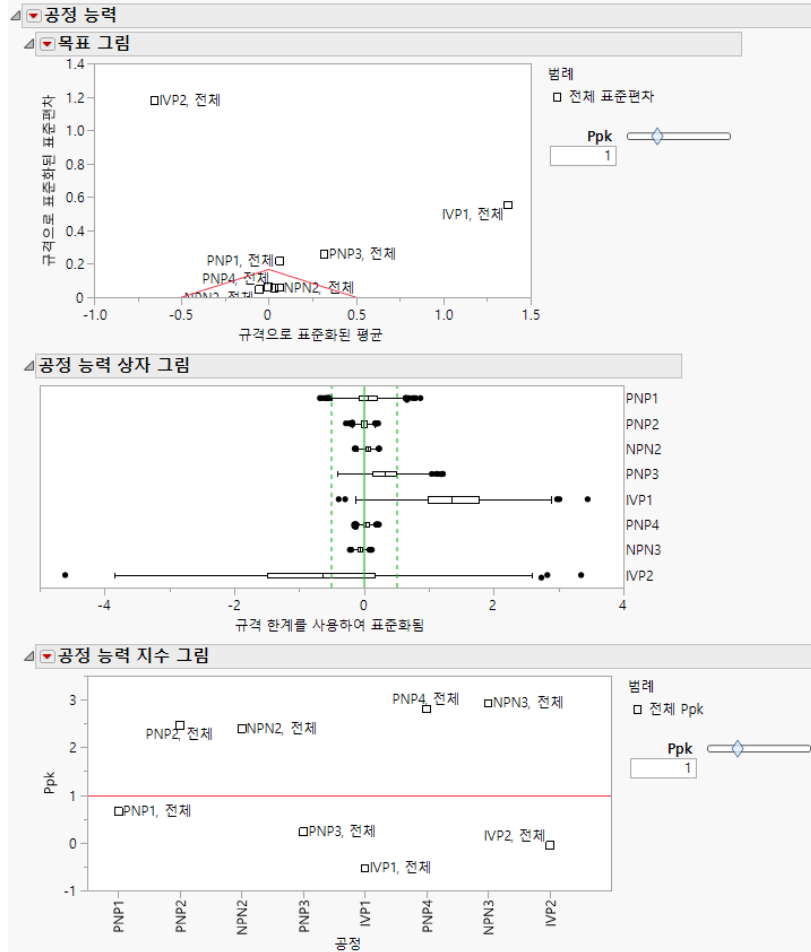
공정 능력 분석에 대한 자세한 내용은 Montgomery(2013) 및 Wheeler(2004) 연구 자료에서 확인할 수 있습니다.

정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예

이 예에서는 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 변수는 반도체 제조업체에서 가공 중인 웨이퍼에 대해 수행할 수 있는 표준 측정을 나타냅니다. 열 특성 > 규격 한계 특성을 통해 변수의 규격 한계가 데이터 테이블에 입력되었습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Semiconductor Capability.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력**을 선택합니다.
3. Processes 옆의 흰색 삼각형을 클릭하여 모든 연속형 변수를 표시합니다.
4. PNP1, PNP2, NPN2, PNP3, IVP1, PNP4, NPN3 및 IVP2 를 선택하고 **Y, 공정**을 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. " 목표 그림 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **전체 표준편차 점에 라벨 지정**을 선택합니다.
7. " 공정 능력 지수 그림 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **전체 표준편차 점에 라벨 지정**을 선택합니다.

그림 7.2 Semiconductor Capability.jmp 예의 결과



"목표 그림"에서는 각 변수에 대해 규격으로 정규화된 평균 변화를 x 축에 표시하고 규격으로 정규화된 표준편차를 y 축에 표시합니다. 그림의 아래쪽 가운데에 있는 빨간색 선으로 정의된 삼각형 영역이 목표 삼각형입니다. 이 삼각형은 공정 능력 지수 값 영역을 정의합니다. 그림 오른쪽의 Ppk 슬라이더를 사용하여 목표 삼각형을 조정할 수 있습니다. 슬라이더가 1로 설정된 경우 PNP1, PNP3, IVP1 및 IVP2가 목표 삼각형 외부에 있으므로 규격을 벗어난 것 같습니다.

"공정 능력 상자 그림" 보고서에는 분석의 각 변수에 대한 상자 그림이 표시됩니다. 각 열의 값은 목표값으로 중심화되고 규격 범위로 척도화됩니다. 이 예에서는 모든 공정 변수에 규격 상한과 규격 하한이 둘 다 있으며 이 한계는 목표값을 기준으로 대칭입니다. 따라서 녹색 실선은 목표값 위치를 나타내고 파선은 규격 한계를 나타냅니다.

IVP1의 경우 대부분의 점이 USL(규격 상한)을 초과하고 IVP2의 경우 대부분의 점이 목표값 미만인 것으로 나타납니다. PNP2는 모든 데이터 값이 규격 한계 내의 목표값에 있는 것 같습니다.

"공정 능력 지수 그림"에는 각 변수에 대한 Ppk 값이 표시됩니다. Ppk 값이 2 이상인 네 개 변수는 공정 능력이 충분한 공정의 변수입니다. 다른 네 개 변수의 Ppk 값은 1 미만입니다.

비정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예

Process Measurements.jmp 데이터 테이블에는 제품을 생산하는 데 사용되는 7가지 공정에 대한 측정값이 포함되어 있습니다. 각 공정의 규격 한계는 열 특성으로 저장됩니다. 먼저 공정 데이터의 분포를 검토합니다. 데이터가 정규 분포가 아님을 알 수 있습니다. 그러면 공정 능력 플랫폼의 비정규 공정 능력 기능을 사용하여 공정 능력 지수를 계산합니다.

분포 보기

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Process Measurements.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 분포**를 선택합니다.
3. **열 선택** 목록에서 7 개 열을 모두 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
4. **히스토그램만** 옆의 상자를 선택합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

대부분의 공정에서 히스토그램은 측정값의 이론적 분포가 편중되어 정규 분포를 따르지 않는다는 증거를 보여 줍니다. 따라서 각 공정에 대해 가능한 모든 모수 분포 중에서 가장 적합한 분포를 찾습니다.

공정 능력 분석 수행

1. **분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력**을 선택합니다.
2. **열** 목록에서 7 개 열을 모두 선택하고 **Y, 공정**을 클릭합니다.
3. **Y, 공정** 목록에서 7 개 열을 모두 선택합니다.
4. **분포 옵션** 패널을 열고 **분포** 목록에서 **최량 적합**을 선택합니다.
5. **공정 분포 설정**을 클릭합니다.
"Y, 공정" 목록의 각 변수 이름에 **& 분포 (최량 적합)** 접미사가 추가됩니다. "최량 적합" 옵션은 가장 적합한 모수 분포를 각 변수에 적합시키도록 지정합니다. 사용 가능한 모수 분포는 정규, 베타, 지수, 감마, Johnson, 로그 정규, 2 정규 혼합, 3 정규 혼합, SHASH 및 Weibull 입니다 ([그림 7.3](#)).
6. **비정규 분포 옵션** 개요를 엽니다. "비정규 공정 능력 지수 산출 방법"은 **백분위수**, "Johnson 분포 적합 방법"은 **분위수 매칭**, "분포 비교 기준"은 **AICc** 로 각각 설정되어 있습니다.

그림 7.3 완료된 시작 창

규격 한계 관점에서 공정 능력을 분석합니다.

열 선택

▼ 7개 열

- Process 1
- Process 2
- Process 3
- Process 4
- Process 5
- Process 6
- Process 7

유의 수준 지정

규격 한계 대화상자 표시

☒ 필요한 경우(열에 규격 한계가 없는 경우)
☐ 예
☐ 아니요(규격 한계가 없는 열 건너뛰)

선택한 열 역할 지정

Y, 공정

공정 부분군 지정

이동 범위 옵션

과거 정보

분포 옵션

공정 분포 설정

분포

비정규 분포 옵션

비정규 공정 능력 지수 산출 방법

☒ 백분위수
☐ Z 점수

Johnson 분포 적합 방법

☒ 분위수 매칭
☐ 최대 가능성도

분포 비교 기준

☒ AICc
☐ BIC
☐ -2*로그 가능성도

Process 1&분포(최량 적합)
 Process 2&분포(최량 적합)
 Process 3&분포(최량 적합)
 Process 4&분포(최량 적합)
 Process 5&분포(최량 적합)
 Process 6&분포(최량 적합)
 Process 7&분포(최량 적합)
 선택적

작업

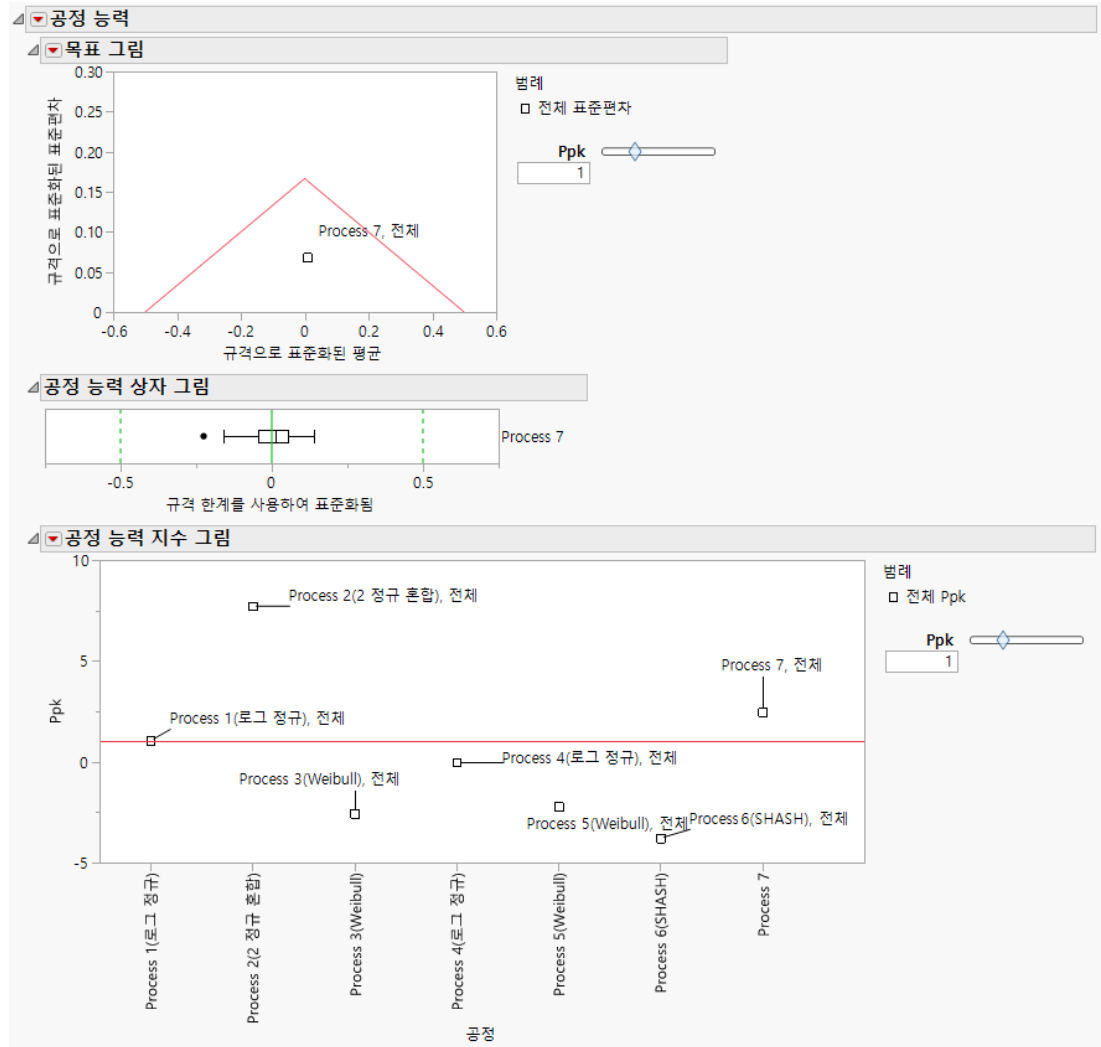
확인
 취소
 제거
 재호출
 도움말

기준

분위수 매칭 방법은 최대 가능성도에 비해 안정성과 속도 때문에 Johnson 분포를 적합시킬 때 기본으로 사용됩니다. 최대 가능성도는 분포 플랫폼에서 사용됩니다.

7. **확인**을 클릭합니다.
8. " 목표 그림 "의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **전체 표준편차 점에 라벨 지정**을 선택합니다.
9. " 공정 능력 지수 그림 "의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **전체 표준편차 점에 라벨 지정**을 선택합니다.

그림 7.4 변수에 라벨이 지정된 초기 보고서



참고 : 라벨을 클릭하여 드래그하면 그림을 더 의미 있게 해석할 수 있습니다. " 공정 능력 지수 그림 " 의 오른쪽 프레임을 클릭하여 오른쪽으로 드래그하면 라벨을 더 쉽게 구분할 수 있습니다.

" 목표 그림 "에는 Process 7에 해당하는 하나의 점만 표시됩니다. " 공정 능력 상자 그림 " 보고서에는 Process 7에 대한 단일 상자 그림이 표시됩니다. 이는 Process 7에 가장 적합한 분포가 정규 분포이기 때문입니다.

10. " 공정 능력 지수 그림 " 의 오른쪽에서 Ppk 값을 2로 설정합니다.

" 공정 능력 지수 그림 "에는 7개 공정 모두에 대한 Ppk 값이 표시됩니다. 두 공정 (Process 2, Process 7)만 공정 능력 값이 2를 초과합니다. " 공정 능력 지수 그림 "에서 변수 이름 오

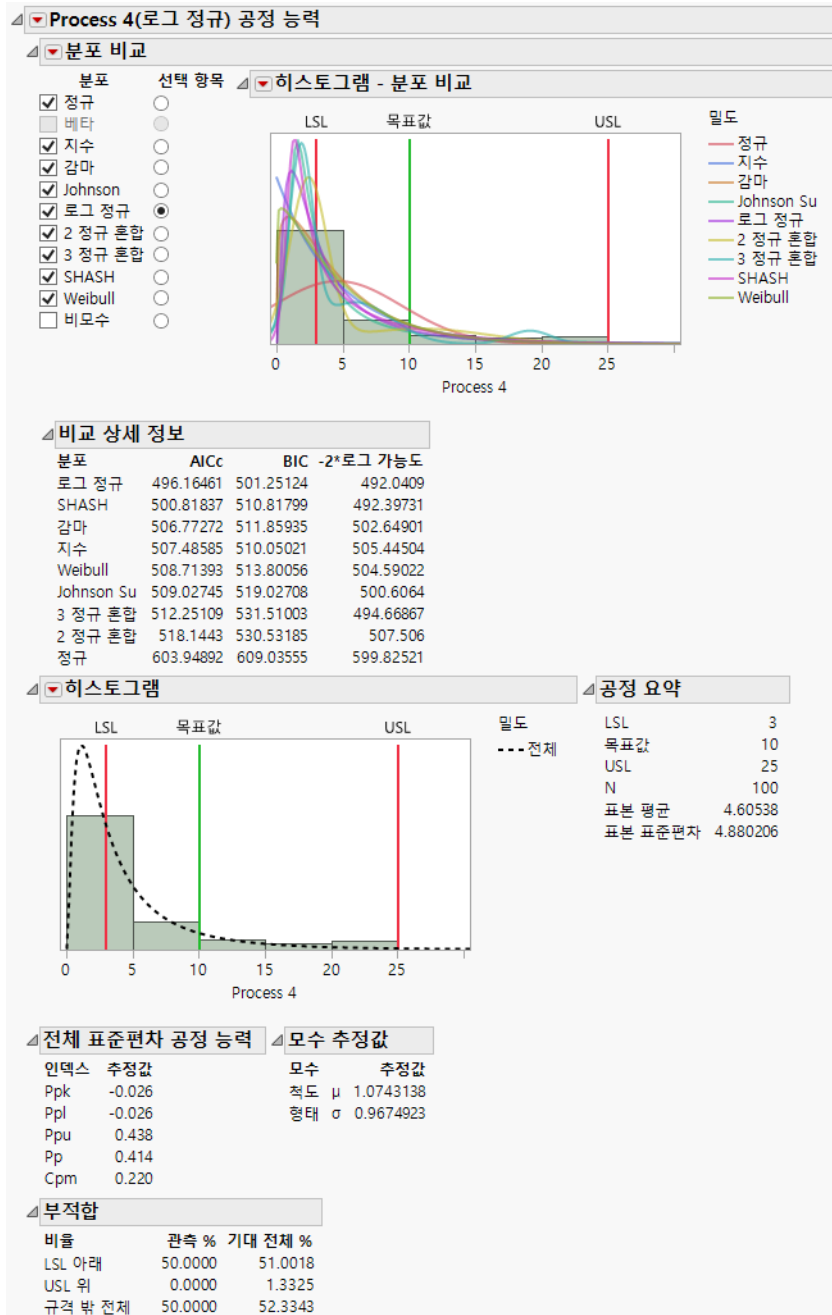
른쪽의 괄호 안에 가장 적합한 비정규 분포가 표시됩니다 . **Process 7** 의 가장 적합한 분포는 정규 분포이므로 표시되지 않습니다 .

11. " 공정 능력 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **개별 상세 정보 보고서**를 선택합니다 .

시작 창에서 최량 적합을 요청했으므로 각 분포의 빨간색 삼각형 메뉴에서 " 분포 비교 " 옵션이 선택되었습니다 .

12. **Process 4(로그 정규) 공정 능력** 보고서가 나올 때까지 스크롤합니다 .

그림 7.5 Process 4의 개별 상세 정보 보고서



Process 4 보고서의 제목은 로그 정규 적합을 기반으로 공정 능력이 계산된다는 것을 나타냅니다. "분포 비교" 보고서에서 "비모수"와 "베타"를 제외한 모든 체크박스가 선택되어 있

으므로 이 9 개 분포가 적합하다는 것을 나타냅니다. 이 결과는 시작 창에서 최량 적합을 요청했기 때문입니다. " 선택 항목 " 열에서 선택된 버튼은 공정 능력 및 부적합 추정을 위해 "Process 4(로그 정규) 공정 능력 " 보고서의 나머지 부분에 사용된 분포가 로그 정규 분포임을 나타냅니다.

" 분포 비교 " 보고서를 사용하면 9 개의 분포 적합을 비교할 수 있습니다. " 히스토그램 - 분포 비교 " 보고서에서는 적합을 시각적으로 평가할 수 있으며 " 비교 상세 정보 " 보고서에서는 선택한 분포의 적합 통계량을 보여 줍니다. 그림과 적합 통계량 모두 로그 정규 분포가 선택한 분포 중에서 가장 적합하다는 것을 나타냅니다.

" 개별 상세 정보 보고서 " 에 기본으로 표시되는 정보에는 추정된 최량 적합 분포를 보여 주는 히스토그램, 공정 정보 요약, 전체 표준편차 추정값에 기반한 공정 능력 지수, 적합된 로그 정규 분포의 모수 추정값, 관측 및 기대 부적합 수준이 포함됩니다.

공정 능력 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력을 선택하여 공정 능력 플랫폼을 시작할 수 있습니다 .
Semiconductor Capability.jmp 데이터 테이블을 사용하는 [그림 7.6](#)에는 모든 개요와 패널이 열려 있습니다.

그림 7.6 공정 능력 시작 창

규격 한계 관점에서 공정 능력을 분석합니다.

열 선택

132개 열

열 이름 입력

- lot_id
- wafer
- Wafer ID in lot ID
- SITE
- NPN1
- PNP1
- PNP2
- NPN2
- PNP3
- IVP1
- PNP4
- NPN3
- IVP2
- NPN4
- SIT1
- INM1
- INM2
- VPM1
- VPM2
- VPM3
- PMS1
- SNM1
- SPM1
- NPN5
- EP2
- ZD6
- PBA
- PLG
- CAP
- PBA3

유의 수준 지정 0.05

규격 한계 대화상자 표시

☒ 필요한 경우(열에 규격 한계가 없는 경우)

☐ 예

☐ 아니요(규격 한계가 없는 열 건너뛰)

선택한 열 역할 지정

Y, 공정

공정 부분군 지정

부분군 ID 열 내포

다음으로 부분군 지정

☒ 부분군 ID 열

☐ 일정한 부분군 크기

부분군 내 산포 통계량

☒ 비편향 표준편차의 평균

☐ 범위 평균

☐ 비편향 합동 표준편차

부분군 옵션

균간-균내 공정 능력 계산

이동 범위 옵션

이동 범위 통계량

☒ 이동 범위의 평균

☐ 이동 범위의 중앙값

과거 정보

과거 시그마 사용

과거 시그마 설정

분포 옵션

공정 분포 설정

분포 2 정규 혼합

비정규 분포 옵션

비정규 공정 능력 지수 산출 방법

☒ 백분위수

☐ Z 점수

Johnson 분포 적합 방법

☒ 분위수 매칭

☐ 최대 가능성

기준 선택적

작업

확인

취소

제거

재조출

도움말

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

공정 능력 시작 창에는 다음 개요 및 옵션이 포함되어 있습니다.

- "공정 선택"
- "공정 부분군 지정"

- " 이동 범위 옵션 "
- " 과거 정보 "
- " 분포 옵션 "
- " 기타 규격 "

다음 중 하나에 해당하는 경우를 제외하고 시작 창에서 " 확인 " 을 클릭하면 " 규격 한계 " 창이 나타납니다 .

- 모든 열에 규격 한계가 포함된 경우
- 시작 창에서 **아니요 (규격 한계가 없는 열 건너뛰)** 를 선택한 경우

시작 창에서 " 예 " 를 선택하는 경우에도 " 규격 한계 " 창이 나타납니다. 그렇지 않으면 " 공정 능력 " 보고서 창이 나타납니다.

공정 선택

공정 능력 분석에 포함할 공정 변수를 선택합니다 .

Y, 공정 분석하려는 변수를 할당합니다 .

참고 :

- 공정 능력 시작 창의 " 열 선택 " 목록에는 " 변환 " 메뉴를 사용할 수 없습니다. 공정 능력에서 사용할 변환 열을 생성하려면 데이터 테이블에서 열 머리글을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 **새 계산식 열**을 선택합니다. 새 계산식 열 생성에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오 .
- 가상으로 결합된 테이블의 참조 열은 공정 능력 플랫폼에서 사용할 수 없습니다 .

공정 부분군 지정

이 옵션 그룹을 사용하면 "Y, 공정" 목록의 각 변수에 부분군 ID 열 또는 일정한 부분군 크기를 할당할 수 있습니다.

ID 열을 사용하여 부분군 생성

1. "Y, 공정 " 목록에서 하나 이상의 변수를 선택합니다 .
2. **다음으로 부분군 지정** 옵션에서 **부분군 ID 열**을 선택합니다 .
3. " 열 선택 " 목록에서 부분군 ID 열을 선택합니다 .
4. **부분군 ID 열 내포**를 클릭합니다 .

"Y, 공정" 목록에서 변수 이름 오른쪽의 대괄호 안에 부분군 ID 열이 나타납니다.

일정한 부분군 크기를 사용하여 부분군 생성

1. "Y, 공정 " 목록에서 하나 이상의 변수를 선택합니다 .

2. 다음으로 부분군 지정 옵션에서 **일정한 부분군 크기**를 선택합니다.
3. **일정한 부분군 크기 설정** 옆에 부분군 크기를 입력합니다.
4. **크기별 부분군 지정**을 클릭합니다.

"Y, 공정" 목록에서 변수 이름 오른쪽의 대괄호 안에 부분군 크기가 나타납니다.

부분군 ID 열 내포 ("부분군 ID 열"을 선택한 경우 사용 가능) "열 선택" 목록에서 선택한 열을 할당하여 선택한 "Y, 공정" 열의 부분군을 정의합니다.

크기별 부분군 지정 ("일정한 부분군 크기"를 선택한 경우 사용 가능) "일정한 부분군 크기 설정" 상자에 지정한 부분군 크기를 할당하여 선택한 "Y, 공정" 열의 부분군을 정의합니다.

일정한 부분군 크기 설정 ("일정한 부분군 크기"를 선택한 경우 사용 가능) 선택한 "Y, 공정" 열에 사용할 일정한 부분군 크기를 지정합니다. "크기별 부분군 지정"을 사용하여 이 값을 할당해야 합니다.

부분군 내 변동 통계량 ("공정 부분군 지정"을 사용하는 경우 사용 가능) 부분군 내 표준편차 추정값을 계산할 때 표준편차를 사용할지 아니면 범위를 사용할지 지정합니다.

군간 - 군내 공정 능력 계산 ("공정 부분군 지정"을 사용하는 경우 사용 가능) 부분군의 군간 - 군내 표준편차 추정값을 공정 능력 분석에 사용하도록 지정합니다.

이동 범위 옵션

이 개요를 사용하면 부분군 지정이 사용되지 않을 때 군내 표준편차 추정값에 사용할 이동 범위 통계량을 지정할 수 있습니다.

참고: 부분군을 지정하고 **군간 - 군내 공정 능력 계산**을 클릭하는 경우 "이동 범위 옵션" 개요를 사용하여 군간 표준편차 추정값에 사용할 이동 범위 통계량을 지정할 수 있습니다.

이동 범위 평균 이동 범위의 평균을 사용하여 표준편차를 추정합니다. 이동 범위는 연속된 두 점 사이의 차이입니다.

이동 범위 중앙값 이동 범위의 중앙값을 사용하여 표준편차를 추정합니다.

과거 정보

이 개요를 사용하면 과거에 승인된 표준편차 값을 "Y, 공정" 목록의 변수에 할당할 수 있습니다.

1. "Y, 공정" 목록에서 하나 이상의 변수를 선택합니다.
2. "과거 시그마 설정" 옆에 값을 입력합니다.
3. "과거 시그마 사용"을 선택하여 해당 값을 선택한 변수에 할당합니다.

지정한 값이 "Y, 공정" 목록에서 변수 이름 오른쪽의 "&시그마()" 표현식 괄호 안에 나타납니다.

참고 : 과거 시그마를 설정하면 선택한 공정 변수에 대한 부분군 할당이 더 이상 관련이 없으며 제거됩니다.

분포 옵션

별도로 지정한 경우를 제외하고 모든 "Y, 공정 " 변수는 정규 분포를 따른다는 가정을 사용하여 분석됩니다. " 분포 옵션 " 개요를 사용하면 "Y, 공정 " 목록의 변수에 다른 분포 또는 계산 방법을 할당하고 비정규 계산과 관련된 옵션을 지정할 수 있습니다.

- 사용 가능한 분포는 정규, 베타, 지수, 감마, Johnson, 로그 정규, 2 정규 혼합, 3 정규 혼합, SHASH 및 Weibull 분포입니다. Johnson 분포 외에는 최대 가능도 추정을 사용하여 분포를 적합시킵니다. 자세한 내용은 "[Johnson 분포 적합 방법](#)" 에서 확인하십시오.
- "최량 적합" 옵션은 사용 가능한 분포 중에서 가장 적합한 분포를 결정하고 이 적합을 적용합니다.
- "비모수" 옵션은 커널 밀도 추정을 사용하여 분포를 적합시킵니다.

비정규 적합과 관련된 추가 옵션은 "[비정규 분포 옵션](#)"에서 확인하십시오.

분포 지정

1. "Y, 공정 " 목록에서 하나 이상의 변수를 선택합니다.
2. "분포 " 목록에서 분포를 선택합니다.
3. "공정 분포 설정 " 을 선택하여 해당 분포를 선택한 변수에 할당합니다.

지정한 분포가 "Y, 공정" 목록에서 변수 이름 오른쪽의 "&분포()" 표현식 괄호 안에 나타납니다.

참고 : "정규" 를 제외한 다른 분포를 선택하면 부분군 ID 열 또는 과거 시그마를 할당할 수 없습니다. 이러한 선택은 비정규 공정 능력 지수를 계산하는 데 사용되는 방법에서 지원되지 않습니다. 자세한 내용은 "[비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법](#)" 에서 확인하십시오.

비정규 분포 옵션

비정규 공정 능력 지수 산출 방법 비정규 분포에 대한 공정 능력 지수를 계산하는 데 사용되는 방법을 지정합니다. 자세한 내용은 "[비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법](#)" 에서 확인하십시오.

Johnson 분포 적합 방법 가장 적합한 Johnson 분포를 찾는 데 사용되는 방법을 지정합니다. 모수를 추정하기 전에 Johnson Su, Sb 및 Sl 계열 중에서 가장 적합한 분포 계열이 결정됩니다. Slifker and Shapiro(1980) 에 설명된 절차를 사용하여 가장 적합한 계열을 찾습니다.

분위수 매칭 기본 방법입니다. 이 방법은 최대 가능도보다 더 안정적이고 빠릅니다. 분위수 매칭 모수 추정값은 가장 적합한 계열이라는 가정하에 분위수 매칭 방식을 사용하여 산출됩니다. 자세한 내용은 Slifker and Shapiro 연구 자료 (1980) 에서 확인하십시오.

최대 가능도 최대 가능도를 사용하여 가장 적합한 계열의 모수가 결정됩니다.

분포 비교 기준 ("최량 적합" 분포를 선택한 경우 사용 가능) 최량 적합 분포를 결정하는 데 사용할 기준을 지정합니다. 이 기준은 "비교 상세 정보" 보고서에 나오는 분포 순서에도 영향을 줍니다. 자세한 내용은 "[비교 기준별 정렬](#)"에서 확인하십시오.

기타 규격

기준 기준 변수의 각 수준에 대해 개별 보고서를 생성합니다. 기준 변수가 둘 이상 할당되면 기준 변수의 가능한 각 수준 조합에 대해 개별 보고서가 생성됩니다.

유의 수준 지정 신뢰 한계의 유의 수준을 지정합니다.

규격 한계 대화상자 표시 규격 한계가 없는 열을 처리하는 방법을 지정합니다.

참고: 모든 공정 변수의 규격 한계를 "규격 한계" 열 특성으로 지정하거나 한계 데이터 테이블에서 규격 한계를 로드하는 것이 좋습니다 ("[한계 데이터 테이블](#)" 참조). 그렇지 않으면 시작 창에서 "확인"을 클릭한 후 나타나는 "규격 한계" 창에서 대화식으로 한계를 지정할 수 있습니다 (시작 창에서 **아니요 (규격 한계가 없는 열 건너뛰기)**를 선택하지 않은 경우).

규격 한계 입력

LSL(규격 하한), USL(규격 상한) 및 목표값은 품질 공정에 대한 하한, 상한 및 목표값을 정의합니다.

다음과 같은 몇 가지 방법으로 규격 한계를 입력할 수 있습니다.

- 시작 창에서 열을 선택한 후 "규격 한계" 창에 한계를 입력합니다. 자세한 내용은 "[규격 한계 창](#)"에서 확인하십시오.
- 한계 테이블이라고 하는 JMP 데이터 테이블에서 한계를 가져옵니다. 자세한 내용은 "[한계 데이터 테이블](#)"에서 확인하십시오.
- 데이터 테이블에서 한계를 "규격 한계" 열 특성으로 입력합니다. 자세한 내용은 "[규격 한계 열 특성](#)"에서 확인하십시오.
- JSL 스크립트를 실행하여 공정 능력 보고서를 생성하는 경우 스크립트에 한계를 입력합니다. 자세한 내용은 "[공정 능력 보고서](#)"에서 확인하십시오.

선택한 열에 대해 하나의 규격 한계만 필요합니다. USL만 지정하면 상자 그림 및 목표 그림 점이 파란색으로 표시됩니다. LSL만 지정하면 상자 그림 및 목표 그림 점이 빨간색으로 표시됩니다.

규격 한계 창

한계가 포함된 열이 없고, 시작 창에서 **아니요(규격 한계가 없는 열 건너뛰기)**를 선택하지 않은 경우 "확인"을 클릭하면 "규격 한계" 창이 나타납니다. 시작 창에서 "예"를 선택하는 경우에도 "규격 한계" 창이 나타납니다. [그림 7.7](#)에서는 `Cities.jmp` 샘플 데이터 테이블에 대한 시작 창에서

OZONE, CO, SO₂ 및 NO를 공정 변수로 선택한 후의 "규격 한계" 창을 보여 줍니다. 알려진 규격 한계를 입력하고 "확인"을 클릭하면 공정 능력 보고서가 표시됩니다.

각 열에 대해 공정 중요도 값을 지정할 수 있습니다. 공정 중요도 값은 원하는 순서대로 공정을 정렬하는 메커니즘을 제공합니다. 공정 능력 보고서의 여러 그래프에서 공정 중요도 값을 사용하여 표식 크기를 지정할 수 있습니다.

공정에 대한 "한계 표시" 옵션을 선택한 후 규격 한계를 열 특성에 저장하면 저장된 "규격 한계" 열 특성에서 "그래프 참조선으로 표시" 옵션이 선택됩니다. 공정에 대한 "한계 표시" 옵션을 선택한 후 규격 한계를 새 테이블에 저장하면 새 테이블의 "한계 표시" 열에 해당 공정에 대한 1이 포함됩니다. **한계 표시 모두 선택** 버튼을 클릭하면 모든 공정에 대해 "한계 표시" 옵션이 선택됩니다.

그림 7.7 Cities.jmp의 규격 한계 창

공정	LSL	목표값	USL	공정 중요도	한계 표시
OZONE	-	-	-	-	☐
CO	-	-	-	-	☐
SO ₂	-	-	-	-	☐
NO	-	-	-	-	☐

한계 데이터 테이블

"규격 한계" 창에서 **데이터 테이블에서 규격 한계 적재** 옵션을 사용하여 한계 데이터 테이블을 지정할 수도 있습니다. **데이터 테이블 선택** 버튼을 클릭한 후 분석에 대한 규격 한계가 포함된 데이터 테이블을 선택합니다. 적절한 한계 테이블을 선택하면 창에 값이 채워집니다. **확인**을 클릭하면 공정 능력 보고서가 표시됩니다.

한계 데이터 테이블은 세로형 또는 가로형이라는 두 가지 형식을 사용할 수 있습니다. 세로형 한계 데이터 테이블에는 반응 열 하나가 있고 한계 키워드는 다른 열입니다. 가로형 한계 데이터 테이블에는 한계 키 라벨을 지정하는 하나의 열과 각 반응에 대한 열이 있습니다. **데이터 테이블에서 규격 한계 적재** 옵션을 사용하여 이러한 형식 중 하나를 읽을 수 있습니다.

- 세로형 테이블에는 네 개 또는 다섯 개의 열이 포함되며 각 공정에 대한 행이 하나씩 있습니다. 첫 번째 열은 문자 데이터 유형을 사용하며 공정 능력 플랫폼에서 분석된 열의 이름을 포함합니다. 다음 세 열은 LSL, 목표값 및 USL로 이름을 지정해야 합니다. 이러한 열 이름 앞에 밑줄 문자를 사용할 수도 있습니다. 마지막 한계 표시 열 (선택적)은 선택한 분석 그림에 규격 한계를 참조선으로 표시할지 여부를 지정합니다.

그림 7.8 세로형 규격 한계 테이블의 예

	Process	_LSL	_Target	_USL
1	OZONE	0.075	0.15	0.25
2	CO	5	7	12
3	SO2	0.01	0.04	0.09
4	NO	0.01	0.025	0.04

- 가로형 테이블에는 공정 능력 플랫폼에서 분석된 각 열에 대한 하나의 열과 세 개의 행 및 **_LimitsKey** 열이 포함됩니다. **_LimitsKey** 열의 세 개 행은 각각 **_LSL**, **_목표값** 및 **_USL** 식별자를 포함해야 합니다.

그림 7.9 가로형 규격 한계 테이블의 예

	_LimitsKey	OZONE	CO	SO2	NO
1	_LSL	0	5	0	0
2	_Target	0.05	10	0.03	0.025
3	_USL	0.1	20	0.08	0.6

한계 데이터 테이블을 생성하는 가장 쉬운 방법은 공정 능력 플랫폼에서 계산된 결과를 저장하는 것입니다. "공정 능력"의 빨간색 삼각형 메뉴에 있는 "저장" 옵션을 사용하면 표본 값에서 한계를 저장할 수 있습니다. 규격 한계를 입력하거나 로드한 후 다음을 수행할 수 있습니다.

- **저장 > 규격 한계를 열 특성으로 저장**을 선택하여 한계를 데이터 테이블의 열에 "규격 한계" 열 특성으로 저장합니다.
- **저장 > 분포를 열 특성으로 저장**을 선택하여 공정 능력 계산에 사용된 분포를 데이터 테이블의 열에 "공정 능력 분포" 열 특성으로 저장합니다.
- **저장 > 새 테이블에 규격 한계 저장**을 선택하여 한계를 세로형의 새 규격 한계 데이터 테이블에 저장합니다. 비정규 분포를 하나 이상 선택한 경우에는 지정된 분포를 포함하는 분포 열도 한계 데이터 테이블에 추가됩니다.

자세한 내용은 "[공정 능력 플랫폼 옵션](#)"에서 확인하십시오.

규격 한계 열 특성

공정 능력 분석을 수행하는 경우 열 특성 > 규격 한계를 사용하여 규격 한계를 열 특성으로 저장할 수 있습니다. "규격 한계" 특성은 숫자 열에만 적용됩니다.

일부 공정에는 단측 규격이 설정됩니다. 목표값이 없는 공정도 있습니다. 규격 하한, 규격 상한, 목표값 또는 공정 중요도 값 중 적용되는 항목을 입력할 수 있습니다.

[그림 7.10](#)에서는 **Cities.jmp** 샘플 데이터 테이블에 있는 **OZONE** 열에 대한 "열 특성" 창의 "규격 한계" 섹션을 표시합니다.

그림 7.10 열 특성 창의 규격 한계 섹션

'Cities' 테이블의 'OZONE'

열 이름: OZONE

☐ 잠금

데이터 유형: 숫자

모델링 유형: 연속형

형식: 최적 너비: 5

☐ 전 단위 구분 기호(,) 사용

열 특성: 규격 한계

규격 한계

규격 하한: .

목표값: .

규격 상한: .

☐ 그래프 참조선으로 표시

공정 중요도: .

확인, 취소, 적용, 도움말

팁: 규격 한계를 열 특성으로 저장하면 분석을 반복할 때 일관성이 보장됩니다.

공정 능력 보고서

기본적으로 공정 능력 플랫폼은 다음 보고서를 제공합니다.

- "목표 그림"(하나 이상의 변수가 정규 분포로 적합된 경우에만 제공되며 정규 분포로 적합된 변수에 대한 점만 표시)
- "공정 능력 상자 그림"(하나 이상의 변수가 정규 분포로 적합된 경우에만 제공되며 정규 분포로 적합된 변수에 대한 상자 그림만 표시)
- "공정 능력 지수 그림"

그림 7.2에서는 기본 공정 능력 보고서의 예를 보여 줍니다.

"공정 능력"의 빨간색 삼각형 메뉴를 사용하여 개별 상세 정보 보고서, 정규화된 상자 그림 및 요약 보고서를 추가할 수 있습니다. 빨간색 삼각형 메뉴에는 데이터 테이블에서 규격 이탈 값 식별, 요약 데이터 테이블 생성, 분석된 열의 표시 순서 변경 및 규격 한계 저장을 수행할 수 있는 옵션도 있습니다. 이러한 옵션에 대한 자세한 내용은 "공정 능력 플랫폼 옵션"에서 확인하십시오.

파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 기본 보고서를 변경할 수 있습니다. 파일 > 환경 설정 > 플랫폼에서 관련 공정 능력 항목을 선택하여 해당 옵션으로 생성된 보고서의 모양을 변경할 수도 있습니다.

목표 그림

"목표 그림"에서는 각 변수에 대해 규격으로 정규화된 평균 변화를 x 축에 표시하고 규격으로 정규화된 표준편차를 y 축에 표시합니다. 이 그림을 사용하면 변수가 규격 한계에 적합한 정도를 빠르게 요약하여 볼 수 있습니다. 기본적으로 "목표 그림"에는 각 열에 대해 전체 표준편차를 사용하여 계산된 점만 표시됩니다. 각 점을 커서로 가리키면 해당 점을 계산하는 데 사용된 표준편차 방법 및 변수 이름을 볼 수 있습니다. 목표 그림의 좌표 계산에 대한 자세한 내용은 "목표 그림"에서 확인하십시오.

참고: 정규 분포를 제외한 다른 분포를 사용하는 공정 변수는 목표 그림에 표시되지 않습니다.

목표 그림 점

목표 그림의 점은 행이 아니라 열에 해당합니다. 목표 그림에서 점을 선택하면 데이터 테이블에서 해당 열이 선택됩니다. 공정 중요도 값을 지정하면 중요도에 따라 목표 그림의 점 크기가 조정됩니다.

목표 그림의 점을 커서로 가리키면 해당 공정에 대한 관리도를 볼 수 있습니다. 관리도를 클릭하면 해당 관리도와 공정 능력 보고서가 포함된 관리도 빌더가 시작됩니다.

참고: 비편향 합동 표준편차를 공정의 그룹 내 변동 통계량으로 선택한 경우에는 해당 공정에 대한 관리도를 사용할 수 없습니다.

목표 그림의 점은 목표 그림 요약 테이블의 행에도 연결되며, 이 테이블의 각 행은 열에 해당합니다. 목표 그림에서 점을 선택하고 마우스 오른쪽 버튼을 클릭한 후 행 상태를 적용할 수 있습니다. 이러한 행 상태는 목표 그림 요약 테이블의 행에 적용됩니다. 목표 그림 요약 테이블에서 적용하는 행 상태는 목표 그림에 반영됩니다. 이 테이블을 표시하려면 "공정 능력"의 빨간색 삼각형 메뉴에서 "목표 그림 요약 테이블 생성"을 선택합니다. 자세한 내용은 "목표 그림 요약 테이블 생성"에서 확인하십시오.

팁: 목표 그림에서 점을 숨길 경우 목표 그림 요약 테이블에서 해당 행 상태를 변경하여 점을 다시 표시할 수 있습니다.

목표 그림 삼각형

목표 그림의 아래쪽 가운데에 목표 그림 삼각형이 나타납니다. 그림 오른쪽의 슬라이더를 사용하여 그림에서 목표 삼각형 크기를 조정할 수 있습니다.

기본적으로 Ppk 슬라이더와 그 아래의 값은 $Ppk = 1$ 로 설정됩니다. 정규 분포를 사용하는 경우 이 값은 부적합 비율(0.0027)에 가깝습니다. 목표 삼각형은 상자에 표시된 Ppk를 나타냅니다. Ppk 값을 변경하려면 슬라이더를 움직이거나 상자에 숫자를 입력합니다.

JMP에서는 기본적으로 Ppk 값을 기반으로 목표 그림을 제공합니다. 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 이 환경 설정을 변경할 수 있습니다. "AIAG(Ppk) 라벨" 환경 설정을 선택하지 않으면 목표 그림 오른쪽의 슬라이더 라벨을 포함하여 모든 Ppk 라벨이 Cpk 라벨로 변경됩니다.

목표 그림 옵션

"목표 그림"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

군내 표준편차 점 표시 군내 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

군내 또는 군간 - 군내 표준편차 점 표시 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군내 표준편차 추정값 또는 군간 - 군내 표준편차 추정값 (지정된 경우)을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 점 표시 전체 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

음영 수준 Ppk 수준 음영을 표시하거나 숨깁니다 (그림 7.11). "음영 수준"을 선택하면 음영 영역이 그림에 나타납니다. 음영 영역은 p 와 Ppk 사이의 관계에 따라 달라지며, 이때 p 는 Ppk 아래의 상자에 표시된 값을 나타냅니다.

- 빨간색 영역의 점은 $Ppk < p$ 입니다.
- 노란색 영역의 점은 $p < Ppk < 2p$ 입니다.
- 녹색 영역의 점은 $2p < Ppk$ 입니다.

군내 표준편차 점에 라벨 지정 군내 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

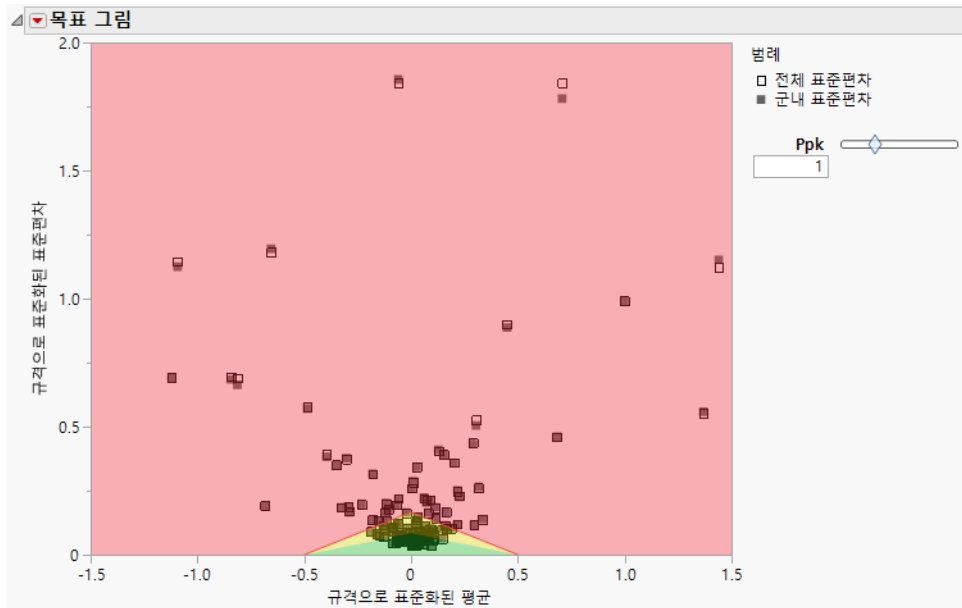
군내 또는 군간 - 군내 표준편차 점에 라벨 지정 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군내 표준편차 추정값 또는 군간 - 군내 표준편차 추정값 (지정된 경우)을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 점에 라벨 지정 전체 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

결합 비율 등고선 지정된 결합 비율을 나타내는 등고선을 표시하거나 숨깁니다.

그림 7.11에서는 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블의 전체 데이터 집합에 대해 "목표 그림"의 빨간색 삼각형 메뉴에서 "음영 수준" 및 "군내 표준편차 점 표시"를 선택한 후 표시되는 목표 그림을 보여 줍니다.

그림 7.11 목표 그림



단측 또는 결측 규격 한계

열의 규격 한계가 하나뿐인 경우 표식과 색상은 다음과 같은 방식으로 사용됩니다.

- USL(규격 상한) 만 지정된 경우 목표 그림의 점은 오른쪽을 가리키는 삼각형으로 나타나고 파란색으로 표시됩니다.
- LSL(규격 하한) 만 지정된 경우 목표 그림의 점은 왼쪽을 가리키는 삼각형으로 나타나고 빨간색으로 표시됩니다.
- 하나 이상의 공정에 규격 상한만 있는 경우 목표 삼각형의 오른쪽 절반이 파란색입니다.
- 하나 이상의 공정에 규격 하한만 있는 경우 목표 삼각형의 왼쪽 절반이 빨간색입니다.

규격 상한만 있는 공정은 파란색으로 나타나며 목표 삼각형의 파란색(오른쪽)과 비교해야 합니다. 규격 하한만 있는 공정은 빨간색으로 나타나며 목표 삼각형의 빨간색(왼쪽)과 비교해야 합니다. 점 좌표를 계산하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[목표 그림](#)"에서 확인하십시오.

공정 능력 상자 그림

"공정 능력 상자 그림"에는 분석의 각 변수에 대한 상자 그림이 표시됩니다. 각 열의 값은 목표 값으로 중심화되고 규격 한계 간의 차이로 척도화됩니다. 목표값이 규격 한계 사이에서 중심화

되지 않으면 목표값과 규격 한계 간 최소 차이의 2 배로 척도화됩니다. 각 공정 열 Y_j 의 경우 다음과 같습니다(표기에 대한 설명은 "목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기"에서 확인).

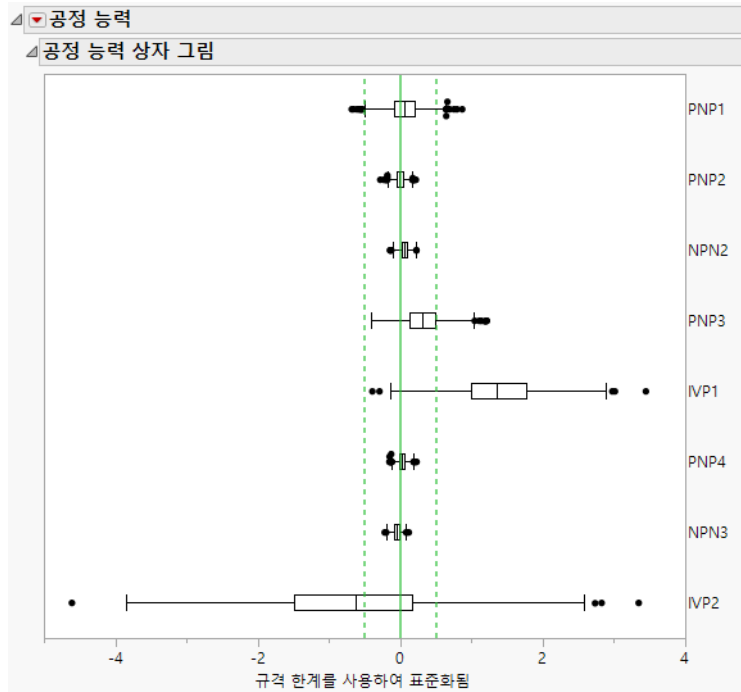
$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

단측 규격이 지정된 공정에 대한 내용은 "단측 또는 결측 규격 한계"에서 확인하십시오. 목표값이 지정되지 않은 경우에 대한 내용은 "목표값이 결측인 공정에 대한 공정 능력 상자 그림"에서 확인하십시오.

참고 : 정규 분포를 제외한 다른 분포를 사용하는 공정 변수는 공정 능력 상자 그림에 표시되지 않습니다.

그림 7.11에서는 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블의 8개 변수에 대한 "공정 능력 상자 그림" 보고서를 보여 줍니다.

그림 7.12 공정 능력 상자 그림



이 그림에는 ± 0.5 위치에 녹색 점선이 그려져 있습니다.

- 목표값이 규격 한계 사이에서 중심화된 공정의 경우 녹색 점선은 표준화된 규격 한계를 나타냅니다.

- 목표값이 규격 한계 사이에서 중심화되지 않은 공정의 경우 녹색 점선 중 하나는 목표값에 더 가까운 한계에 대한 표준화된 규격 한계를 나타냅니다. 다른 녹색 점선은 반대 방향의 동일한 거리를 나타냅니다.

이 그림은 규격 한계와 관련하여 변수를 비교하는 데 유용합니다. 예를 들어 [그림 7.12](#)에서 IVP1의 점 대부분은 USL을 초과하고 IVP2의 점 대부분은 목표값 미만입니다. PNP2는 모든 데이터 점이 규격 한계 내의 목표값에 있는 것 같습니다.

단측 또는 결측 규격 한계

열의 규격 한계가 하나뿐인 경우 색상은 다음과 같은 방식으로 사용됩니다.

- USL(규격 상한) 만 지정된 경우 상자 그림은 파란색으로 표시됩니다.
- LSL(규격 하한) 만 지정된 경우 상자 그림은 빨간색으로 표시됩니다.
- 하나 이상의 공정에 규격 상한만 있는 경우 0.5 위치에 파란색 점선이 표시됩니다.
- 하나 이상의 공정에 규격 하한만 있는 경우 -0.5 위치에 빨간색 점선이 표시됩니다.

규격 하한만 지정되고 공정 목표값이 지정된 경우를 가정해 보겠습니다. 공정 능력 상자 그림은 변환된 관측값에 대한 다음 값을 기반으로 합니다. 표기에 대한 설명은 "[목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기](#)"에서 확인하십시오.

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2(T_j - LSL_j)}$$

규격 상한만 지정되고 공정 목표값이 지정된 경우를 가정해 보겠습니다. 공정 능력 상자 그림은 변환된 관측값에 대한 다음 값을 기반으로 합니다.

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2(USL_j - T_j)}$$

단측 규격 한계가 있는 경우 결측 목표값을 처리하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[단일 규격 한계가 지정되고 목표값 없음](#)"에서 확인하십시오.

공정 능력 지수 그림

"공정 능력 지수 그림"에는 "Y, 공정"으로 입력한 모든 변수에 대한 Ppk 값이 표시됩니다. 각 변수 이름이 가로 축에 나타나고 Ppk 값이 세로 축에 나타납니다. 비정규 분포를 적합시키면 적합 분포 이름이 변수 이름의 괄호 안 접미사로 그림에 표시됩니다. 공정 중요도 값을 지정하면 중요도에 따라 공정 능력 지수 그림의 점 크기가 조정됩니다. 그림 오른쪽의 슬라이더로 지정된 Ppk 값에 가로선이 추가됩니다.

공정 능력 지수 그림의 점을 커서로 가리키면 해당 공정에 대한 관리도를 볼 수 있습니다. 관리도를 클릭하면 해당 관리도와 공정 능력 보고서가 포함된 관리도 빌더가 시작됩니다.

참고: 비편향 합동 표준편차를 공정의 그룹 내 변동 통계량으로 선택한 경우에는 해당 공정에 대한 관리도를 사용할 수 없습니다.

그림 7.13에서는 Process Measurements.jmp 샘플 데이터 테이블에 대한 "공정 능력 지수 그림" 보고서를 보여 줍니다. 변수 중 6개는 비정규 분포로 적합되었습니다. Process 7은 정규 분포로 적합되었습니다. "공정 능력 지수 그림"의 빨간색 삼각형 메뉴에 있는 "전체 표준편차 점에 라벨 지정" 옵션을 사용하여 점에 라벨이 지정되었습니다.

그림 7.13 비정규 분포가 포함된 공정 능력 지수 그림



공정 능력 지수 그림 옵션

"공정 능력 지수 그림"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

군내 표준편차 점 표시 군내 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

군내 또는 군간 - 군내 표준편차 점 표시 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군내 표준편차 추정값 또는 군간 - 군내 표준편차 추정값 (지정된 경우)을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 점 표시 전체 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점을 표시하거나 숨깁니다.

음영 수준 Ppk 수준 음영을 표시하거나 숨깁니다. "음영 수준"을 선택하면 음영 영역이 그림에 나타납니다. 음영 영역은 p 와 Ppk 사이의 관계에 따라 달라지며, 이때 p 는 Ppk 아래의 상자에 표시된 값을 나타냅니다.

- 빨간색 영역의 점은 $Ppk < p$ 입니다.
- 노란색 영역의 점은 $p < Ppk < 2p$ 입니다.
- 녹색 영역의 점은 $2p < Ppk$ 입니다.

군내 표준편차 점에 라벨 지정 군내 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

군내 또는 군간 - 군내 표준편차 점에 라벨 지정 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군내 표준편차 추정값 또는 군간 - 군내 표준편차 추정값 (지정된 경우)을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 점에 라벨 지정 전체 표준편차 추정값을 사용하여 계산된 점의 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

공정 능력 플랫폼 옵션

"공정 능력"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

개별 상세 정보 보고서 분석의 각 변수에 대한 개별 상세 정보 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 자세한 내용은 "**개별 상세 정보 보고서**"에서 확인하십시오.

목표 그림 데이터에 대한 목표 그림을 표시하거나 숨깁니다. "목표 그림"에서는 각 변수에 대해 규격으로 정규화된 평균 변화를 x 축에 표시하고 규격으로 정규화된 표준편차를 y 축에 표시합니다. 자세한 내용은 "**목표 그림**"에서 확인하십시오. 정규 분포를 지정하는 변수만 그림에 표시됩니다.

공정 능력 상자 그림 분석의 각 변수에 대한 공정 능력 상자 그림을 표시하거나 숨깁니다. 각 열의 값은 목표값으로 중심화되고, 목표값과 규격 한계 간 최소 차이의 2 배로 척도화됩니다. 자세한 내용은 "**공정 능력 상자 그림**"에서 확인하십시오. 상자 그림은 정규 분포를 지정하는 변수에 대해서만 표시됩니다.

정규화된 상자 그림 각 공정 변수의 정규화된 상자 그림을 표시하는 그림에 대한 두 가지 옵션을 제공합니다. 각 열은 평균을 빼고 열의 표준편차 추정값으로 나누어 표준화됩니다. 이 상자 그림은 표준화된 값의 분위수를 사용하여 생성됩니다. 자세한 내용은 "**정규화된 상자 그림**"에서 확인하십시오. 정규화된 상자 그림은 정규 분포를 지정하는 변수에 대해서만 표시됩니다.

군내 표준편차 정규화된 상자 그림 "군내 표준편차 정규화된 상자 그림"을 표시하거나 숨깁니다. 이 상자 그림은 표준편차의 부분군 내 추정값을 사용하여 생성됩니다.

군내 또는 군간 - 군내 표준편차 정규화된 상자 그림 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) "군내 또는 군간 - 군내 표준편차 정규화된 상자 그림"을 표시하거나 숨깁니다. 이 상자 그림은 표준편차의 그룹 내 추정값 또는 군간 - 군내 추정값 (지정된 경우)을 사용하여 생성됩니다.

전체 표준편차 정규화된 상자 그림 "전체 표준편차 정규화된 상자 그림"을 표시하거나 숨깁니다. 이 상자 그림은 표준편차의 전체 추정값을 사용하여 생성됩니다.

공정 능력 지수 그림 "Y, 공정" 으로 입력한 모든 변수에 대한 전체 Ppk 값을 표시합니다. 자세한 내용은 "**공정 능력 지수 그림**" 에서 확인하십시오.

공정 성능 그림 공정 능력과 안정성을 비교하는 4 개의 사분면 그림을 표시하거나 숨깁니다. 규격 한계가 하나 이상 있는 각 공정이 점으로 표시됩니다. 자세한 내용은 "**공정 성능 그림**" 에서 확인하십시오.

요약 보고서 공정 능력 지수 요약 보고서에 대한 두 가지 옵션을 제공합니다. 자세한 내용은 "**요약 보고서**" 에서 확인하십시오.

군내 표준편차 요약 보고서 표준편차의 부분군 내 추정값을 사용하여 계산된 공정 능력 지수의 요약 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 정규 분포가 지정된 변수에 대한 결과만 사용할 수 있습니다.

군내 또는 군간 - 군내 표준편차 요약 보고서 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산" 을 선택한 경우에만 사용 가능) 표준편차의 그룹 내 추정값 또는 그룹 간 - 그룹 내 추정값 (지정된 경우) 을 사용하여 계산된 공정 능력 지수의 요약 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 요약 보고서 표준편차의 전체 추정값을 사용하여 계산된 공정 능력 지수의 요약 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

작업 옵션

다음과 같은 빨간색 삼각형 메뉴 옵션은 작업을 수행합니다.

규격 이탈 값 데이터 테이블에서 규격 이탈 값을 포함하는 셀에 대한 옵션을 제공합니다.

규격 이탈 값 선택 데이터 테이블에서 규격 한계를 벗어나는 값이 하나 이상 포함된 모든 행과 열을 선택합니다.

규격 이탈 값에 색상 적용 데이터 테이블에서 규격 이탈 값에 해당하는 셀에 색상을 적용합니다. 값이 USL 을 초과하는 셀은 파란색으로 표시되고 값이 LSL 미만인 셀은 빨간색으로 표시됩니다.

팁 : 특정 셀의 색상을 제거하려면 관심 있는 모든 셀을 선택합니다. 셀 중 하나를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 "색상 지우기" 를 선택합니다. 모든 셀의 색상을 제거하려면 "규격 이탈 값에 색상 적용" 을 선택 취소합니다.

목표 그림 요약 테이블 생성 목표 그림에 표시된 점에 대한 요약 테이블을 생성합니다. 이 테이블에는 변수 이름, 규격으로 표준화된 평균 변화 및 규격으로 표준화된 표준편차가 포함됩니다. 이 테이블에서 모든 변수는 각각 표준편차 유형 (군내, 전체) 을 나타내는 두 개의 행을 가집니다. 자세한 내용은 "**목표 그림 요약 테이블 생성**" 에서 확인하십시오.

정렬 기준 상자 그림, 요약 보고서 및 개별 상세 정보 보고서를 재정렬합니다. 초기 순서, 초기 순서 역순, 군내 표준편차 Cpk 오름차순, 군내 또는 군간 - 군내 표준편차 Cpk 오름차순, 군내 표준편차 Cpk 내림차순, 군내 또는 군간 - 군내 표준편차 Cpk 내림차순, 전체 표준편차 Ppk 오름차순 또는 전체 표준편차 Ppk 내림차순을 기준으로 재정렬할 수 있습니다. 군내 표

준편차를 기준으로 정렬하는 옵션은 정규 분포가 지정된 변수에 대해서만 그림 요소를 재정렬합니다.

참고 : 군내 또는 군간 - 군내 표준편차를 기준으로 정렬하는 옵션은 시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 " 군간 - 군내 공정 능력 계산 " 을 선택한 경우에만 사용할 수 있습니다.

저장 규격 한계 및 분포를 저장하기 위한 옵션을 제공합니다.

규격 한계를 열 특성으로 저장 규격 한계를 분석의 각 변수에 대한 열 특성에 저장합니다. " 규격 한계 " 열 특성이 없으면 열 특성이 새로 생성됩니다. " 규격 한계 " 열 특성이 있으면 열 특성의 값을 덮어씁니다. 자세한 내용은 " [규격 한계 열 특성](#) " 에서 확인하십시오.

분포를 열 특성으로 저장 공정 능력 계산에 사용된 분포를 " 공정 능력 분포 " 열 특성으로 저장합니다. 자세한 내용은 [JMP 사용의](#) 에서 확인하십시오.

열에 비정규 분포를 지정하는 " 분포 " 특성이 포함되어 있고 " 공정 능력 분포 " 특성이 없으면 공정 능력 플랫폼에서 비정규 적합을 적용합니다. 공정 능력 플랫폼은 " 분포 " 열 특성에 지정된 분포를 사용하거나, 해당 분포가 공정 능력에서 지원되지 않는 경우 Johnson 적합을 사용합니다. 열에 " 공정 능력 분포 " 특성이 포함된 경우 공정 능력 플랫폼은 " 공정 능력 분포 " 열 특성에 지정된 분포를 사용합니다.

참고 : 공정 능력 플랫폼에서 특정 분포를 사용하려면 해당 분포를 " 공정 능력 분포 " 열 특성으로 저장하십시오.

새 테이블에 규격 한계 저장 각 공정에 대한 규격 한계 및 한계 표시 설정을 세로형 한계 데이터 테이블에 저장합니다. 자세한 내용은 " [한계 데이터 테이블](#) " 에서 확인하십시오.

대화상자 다시 시작 플랫폼 시작 창을 열고 보고서를 생성하는 데 사용되었던 설정을 재호출합니다.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 [JMP 사용의](#) 에서 확인하십시오.

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 " 자동 재계산 " 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

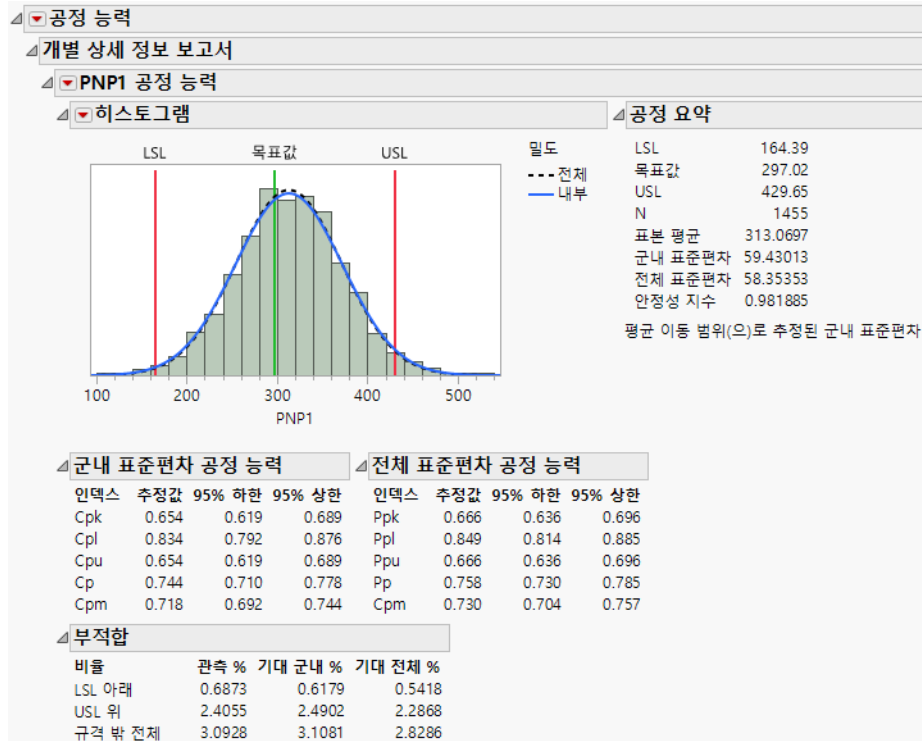
개별 상세 정보 보고서

"개별 상세 정보 보고서" 옵션은 분석의 각 변수에 대한 공정 능력 보고서를 표시합니다.

정규 분포

그림 7.14에서는 "정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예"에 설명된 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블의 PNP1에 대한 개별 상세 정보 보고서를 보여 줍니다.

그림 7.14 개별 상세 정보 보고서



정규 분포를 사용하는 변수의 개별 상세 정보 보고서에는 히스토그램, 공정 요약 상세 정보, 공정 능력 통계량 및 부적합 통계량이 표시됩니다. 히스토그램에서는 값 분포, 규격 하한, 규격 상한, 공정 목표값(지정된 경우) 및 가정된 분포를 표시하는 하나 또는 두 개의 곡선을 보여 줍니다. 그림 7.14의 히스토그램에는 두 개의 정규 곡선이 표시됩니다. 하나는 표준편차의 전체 추정값을 기반으로 하고 다른 하나는 부분군 내 추정값을 기반으로 합니다.

정규 분포를 사용하여 공정을 적합시키는 경우 공정의 안정성 측도인 안정성 지수가 공정 요약에 포함됩니다. 안정성 지수는 다음과 같이 정의됩니다.

$$(\text{전체 표준편차} / \text{군내 표준편차})$$

시작 창에서 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산" 을 지정한 경우 해당 공정의 안정성 지수는 다음과 같이 계산됩니다.

(전체 표준편차 / 군간 - 군내 표준편차)

안정적인 공정의 안정성 지수는 1에 가깝습니다. 값이 클수록 안정성이 낮음을 나타냅니다.

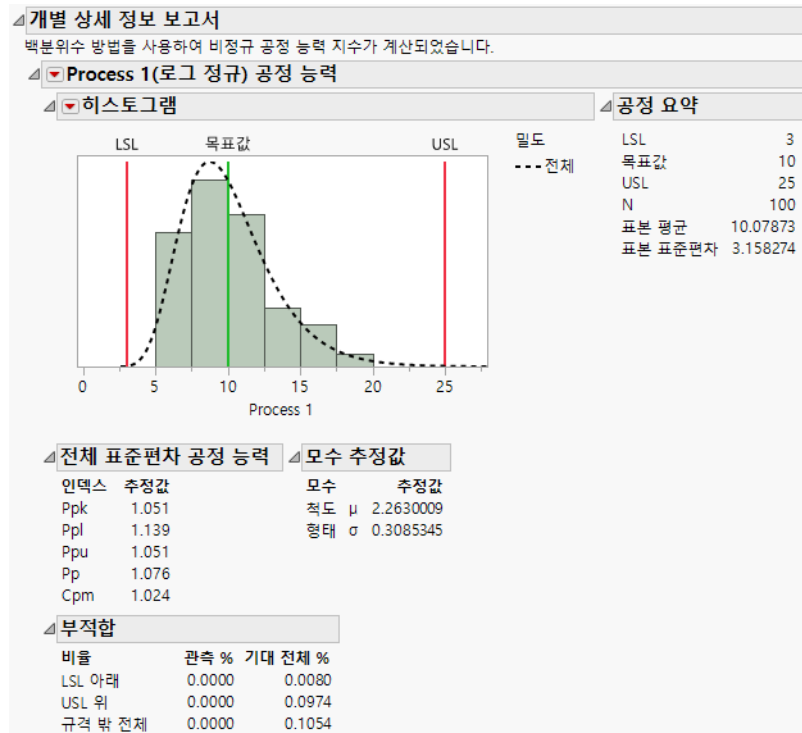
참고 : 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 안정성 평가 유형 환경 설정을 변경할 수 있습니다. 이렇게 하면 공정 능력 플랫폼을 통해 사용되는 안정성 평가 유형이 변경됩니다.

비정규 분포

참고 : 비정규 분포를 지정한 공정에는 부분군 내 변동 및 안정성 지수를 기반으로 하는 공정 능력 지수를 사용할 수 없습니다.

그림 7.15에서는 "비정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예"에 설명된 Process Measurements.jsp 샘플 데이터 테이블의 Process 1에 대한 개별 상세 정보 보고서를 보여 줍니다.

그림 7.15 Process 1의 개별 상세 정보 보고서



시작 창에서 선택한 비정규 분포 옵션을 요약하는 노트가 포함된 보고서가 열립니다.

비정규 분포를 사용하는 변수의 개별 상세 정보 보고서에는 히스토그램, 공정 요약 상세 정보, 공정 능력 통계량 및 부적합 통계량이 표시됩니다. 히스토그램에서는 값 분포, 규격 하한, 규격 상한 및 공정 목표값(지정된 경우)을 보여 줍니다. 적합 분포를 나타내는 곡선이 히스토그램 위에 겹쳐집니다. 비모수 분포를 선택한 경우에는 비모수 밀도 곡선이 히스토그램에 표시됩니다.

이 보고서에는 "모수 추정값" 보고서(비정규 모수 분포를 선택한 경우) 또는 "비모수 밀도" 보고서(비모수 적합을 선택한 경우)도 표시됩니다. 자세한 내용은 "[모수 추정값](#)" 및 "[비모수 밀도](#)"에서 확인하십시오.

개별 상세 정보 보고서 옵션

"개별 상세 정보 보고서" 섹션에서 각 변수에 대한 개요 제목은 "<변수 이름> 공정 능력" 형식입니다. 그러나 비정규 공정 능력을 요청할 경우에는 관련 분포 이름이 개요 제목의 괄호 안에 표시됩니다.

각 공정 능력 보고서에는 다음 옵션이 포함된 빨간색 삼각형 메뉴가 있습니다.

분포 비교 공정의 분포를 비교하는 제어판을 표시하거나 숨깁니다. 자세한 내용은 "[분포 비교](#)"에서 확인하십시오.

공정 요약 전체 표준편차 추정값을 포함하여 해당 변수에 대한 요약 통계량을 표시하거나 숨깁니다. 정규 분포를 지정한 경우에는 군내 표준편차 추정값과 안정성 지수도 추가됩니다. 시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 지정한 경우 군간 표준편차 및 군간 - 군내 표준편차에 대한 추정값도 포함됩니다.

히스토그램 변수 값의 히스토그램을 표시하거나 숨깁니다. 히스토그램 보고서에는 다음과 같은 히스토그램 기능을 제어하는 빨간색 삼각형 메뉴가 포함되어 있습니다.

규격 한계 표시 히스토그램에서 공정의 규격 한계 위치에 빨간색 세로선을 표시하거나 숨깁니다.

목표값 표시 히스토그램에서 공정 목표값 위치에 녹색 세로선을 표시하거나 숨깁니다.

군내 표준편차 정규곡선 표시 표본 평균으로 지정된 평균과 군내 표준편차 추정값으로 지정된 표준편차를 사용하여 히스토그램에서 군사 정규 밀도 함수를 표시하거나 숨깁니다.

군간 - 군내 표준편차 정규곡선 표시 (시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 표본 평균으로 지정된 평균과 군간 - 군내 표준편차 추정값으로 지정된 표준편차를 사용하여 히스토그램에서 군사 정규 밀도 함수를 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 정규곡선 표시 표본 평균으로 지정된 평균과 전체 표준편차 추정값으로 지정된 표준편차를 사용하여 히스토그램에서 군사 정규 밀도 함수를 표시하거나 숨깁니다.

개수 축 표시 히스토그램 그림의 오른쪽에 관측값 수를 보여 주는 추가 축을 표시하거나 숨깁니다.

밀도 축 표시 히스토그램 그림의 오른쪽에 밀도를 보여 주는 추가 축을 표시하거나 숨깁니다.

공정 능력 지수 다음과 같은 공정 능력 지수 보고서의 표시를 제어합니다.

군내 표준편차 공정 능력 (정규 분포인 경우 사용 가능) 군내 (단기) 표준편차를 기반으로 공정 능력 지수 및 신뢰 구간을 표시하거나 숨깁니다.

군간 - 군내 표준편차 공정 능력 (정규 분포를 사용하고 시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군간 - 군내 표준편차를 기반으로 공정 능력 지수를 표시하거나 숨깁니다.

군내 표준편차 벤치마크 Z (정규 분포인 경우 사용 가능) 군내 (단기) 표준편차를 기반으로 벤치마크 Z 지수를 표시하거나 숨깁니다.

군간 - 군내 표준편차 Z 벤치마크 (정규 분포를 사용하고 시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군간 - 군내 표준편차를 기반으로 벤치마크 Z 지수를 표시하거나 숨깁니다.

군내 표준편차 목표 지수 (정규 분포인 경우 사용 가능) 군내 (단기) 표준편차를 기반으로 하는 목표 지수 추정값을 표시하거나 숨깁니다.

군간 - 군내 표준편차 목표 지수 (정규 분포를 사용하고 시작 창에서 하나 이상의 공정에 대해 "군간 - 군내 공정 능력 계산"을 선택한 경우에만 사용 가능) 군간 - 군내 표준편차를 기반으로 하는 목표 지수 추정값을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 공정 능력 전체 (장기) 표준편차를 기반으로 공정 능력 지수 및 신뢰 구간을 표시하거나 숨깁니다.

전체 표준편차 벤치마크 Z (정규 분포인 경우 사용 가능) 전체 (장기) 표준편차를 기반으로 벤치마크 Z 지수를 표시하거나 숨깁니다.

참고 : 기본적으로 공정 능력 지수의 신뢰 구간은 $\alpha = 0.05$ 를 기반으로 구성됩니다. 기본 신뢰 수준을 변경하려면 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력을 선택합니다.

부적합 LSL 미만, USL 초과 및 규격 한계를 벗어난 관측값의 관측 백분율과 기대 백분율을 표시하거나 숨깁니다. "부적합" 테이블에는 관측 PPM, 기대 PPM 및 개수에 대한 숨겨진 열이 포함되어 있습니다.

대화식 공정 능력 그림 대화식 공정 능력 그림을 표시하거나 숨깁니다. 대화식 공정 능력 그림을 사용하면 하나 이상의 요약 통계량 값을 변경하고 이 변경으로 인해 공정 능력 분석에 어떤 영향을 미치는지 확인할 수 있습니다. 요약 통계량의 원래 값과 새 값, 공정 능력 지수 및 기대 PPM 을 표시하는 "원래 값" 보고서와 "새 값" 보고서가 있습니다. 슬라이더 컨트롤 또는 텍스트 상자를 사용하여 규격 한계, 평균 및 전체 표준편차를 원래 값에서 변경할 수 있습니다. "평균 변화" 상자를 사용하여 원래 표준편차의 계수만큼 평균을 바꿀 수 있습니다. "대화식 공정 능력 그림" 보고서에는 다음과 같은 빨간색 삼각형 메뉴 옵션이 있습니다.

공정 능력 "원래 값" 보고서와 "새 값" 보고서에 공정 능력 지수를 표시하거나 숨깁니다.

기대 PPM "원래 값" 보고서와 "새 값" 보고서에 기대 PPM 값을 표시하거나 숨깁니다.

원래 값으로 되돌리기 대화식 공정 능력 그림 및 "새 값" 보고서의 요약 값을 원래 값으로 되돌립니다.

새 규격 한계를 열 특성으로 저장 새 규격 한계를 원래 데이터 테이블의 열에 " 규격 한계 " 열 특성으로 저장합니다.

참고 : " 자동 재계산 " 옵션을 설정하지 않으면 분석이 새 규격 한계로 다시 실행되지 않습니다.

모수 추정값 (" 정규 " 또는 " 비모수 " 를 제외한 다른 분포를 선택한 경우 사용 가능) 선택한 분포의 모수에 대한 추정값을 제공하는 " 모수 추정값 " 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

Johnson 계열 분포를 제외한 모든 분포의 추정값은 최대 가능도를 사용하여 계산됩니다 . Johnson 계열 적합에 대한 자세한 내용은 "[Johnson 분포 적합 방법](#) " 에서 확인하십시오 .

정규 , 베타 , 지수 , 감마 , Johnson , 로그 정규 및 Weibull 분포의 모수와 확률 밀도 함수에 대한 자세한 내용은 "[비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법](#) " 에서 확인하십시오 . 이러한 파라미터화는 공정 능력에서 임계 모수를 지원하지 않는다는 점을 제외하고 분포 플랫폼에 사용되는 것과 동일합니다 . 자세한 내용은 [기본 분석의](#) 에서 확인하십시오 .

모수 고정 (" 정규 " 또는 " 비모수 " 를 제외한 다른 분포를 선택한 경우 사용 가능) 비정규 분포에서 하나 이상의 모수 값을 고정할 수 있는 창을 표시합니다 . 고정할 모수의 " 사용자 정의 값 " 열에 값을 입력합니다 . 고정 모수 값이 지정된 경우 " 확인 " 을 클릭하면 생략된 모수 값이 다시 추정됩니다 . 다시 추정된 모수 값은 고정된 모수를 나타내는 열과 함께 " 모수 추정값 " 보고서에 나타납니다 .

비모수 밀도 (" 비모수 " 분포를 선택한 경우 사용 가능) 비모수 분포를 적합시키는 데 사용된 커널 대역폭을 제공하는 " 비모수 밀도 " 보고서를 표시하거나 숨깁니다 . 커널 대역폭은 다음 식을 사용하여 계산됩니다 . 여기서 n 은 관측값 수이고 S 는 비수정 표본 표준편차입니다 .

$$\text{대역폭} = \frac{0.9S}{n^{1/5}}$$

분포 비교

" 분포 비교 " 보고서를 사용하면 다양한 분포 적합을 비교하고 적용할 수 있습니다 . 다음 사항에 유의하십시오 .

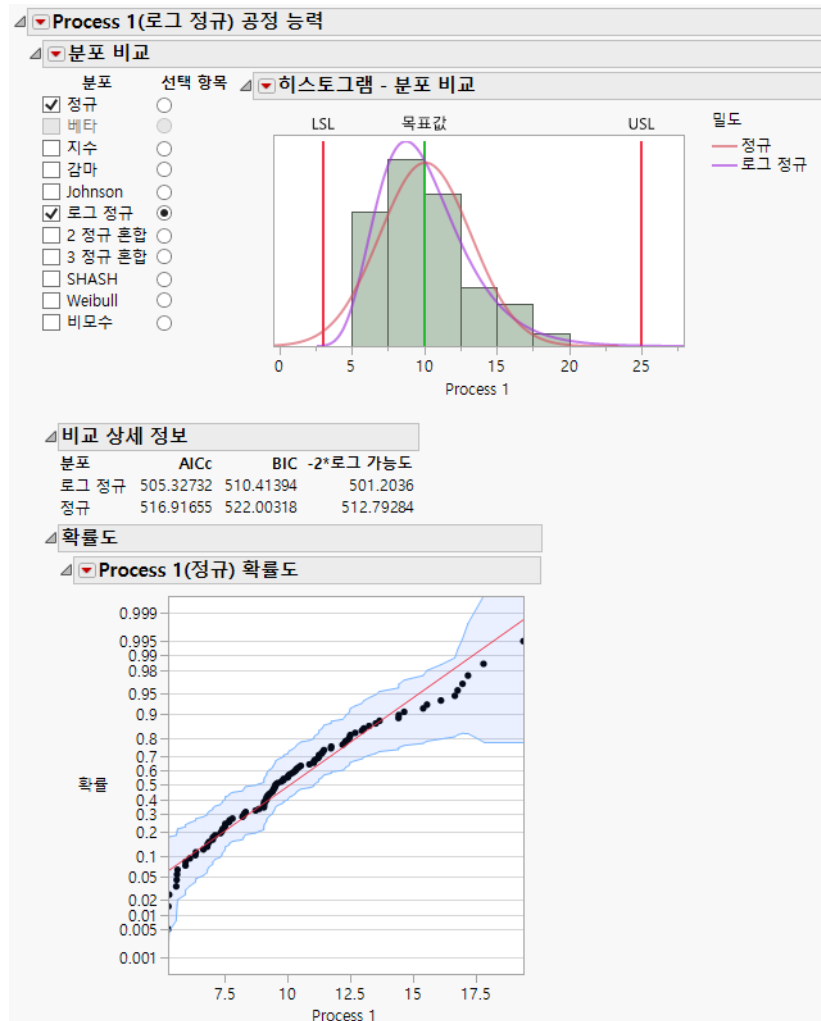
- 선택한 분포가 " 선택 항목 " 열에 표시되어 있습니다 .
- 처음에는 이 보고서의 " 비교 상세 정보 " 보고서에 선택한 분포의 적합 통계량 및 기타 적합 분포가 표시됩니다 . " 최량 적합 " 을 선택한 경우에는 " 비교 상세 정보 " 보고서에 모든 모수 적합에 대한 통계량이 처음에 표시됩니다 .
- " 분포 " 목록에서 비교할 분포를 선택합니다 .
 - 선택한 각 계열의 가장 적합한 분포에 대한 확률 밀도 함수가 " 히스토그램 - 분포 비교 " 보고서의 히스토그램 위에 겹쳐집니다 .
 - 모수 분포의 경우 해당 계열에 대한 적합 결과를 포함하는 행이 " 비교 상세 정보 " 보고서에 추가됩니다 .

- "분포" 목록에서 "비모수"를 선택한 경우 자동 선택된 커널 대역폭을 보여 주는 비모수 밀도 보고서가 "분포 비교" 보고서에 추가됩니다. 자세한 내용은 "비모수 밀도"에서 확인하십시오.
- "선택 항목" 아래의 라디오 버튼을 선택하여 선택 분포를 변경할 수 있습니다. 그러면 공정 능력 보고서가 업데이트되어 선택한 분포에 대한 결과가 표시됩니다.

그림 7.16에서는 Process Measurements.jmp 샘플 데이터 테이블의 Process 1에 대한 분포 비교 보고서를 보여 줍니다. 선택한 로그 정규 분포를 정규 분포와 비교합니다. "비교 상세 정보" 보고서에서는 두 분포에 대한 적합 통계량을 보여 줍니다.

확률도를 생성하려면 "분포 비교"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 "확률도"를 선택합니다. 그림 7.16에서 정규 분포 확률도의 점은 선형을 따르지 않습니다. 이는 불량 적합을 나타냅니다.

그림 7.16 정규 분포의 확률도를 사용한 분포 비교



분포 비교 옵션

"분포 비교"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

비교 상세 정보 각 분포의 AICc, BIC 및 -2*로그 가능도 값을 제공합니다. 자세한 내용은 선형 모형 적합의 에서 확인하십시오. 비모수 적합에는 사용할 수 없습니다.

비교 히스토그램 히스토그램 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

확률도 적합시키는 각 모수 분포의 확률도를 나타내는 보고서를 표시하거나 숨깁니다 ([그림 7.16](#)). 관측값의 가로 좌표는 관측된 데이터 값입니다. 관측값의 세로 좌표는 관측값 순위에 대한 적합 분포의 분위수 값입니다. 정규 분포의 경우 전체 표준편차 추정값을 사용하여 적합 분포를 결정합니다.

각 확률도의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

동시 경험적 신뢰 한계 선택한 모수 계열의 데이터를 사용한다는 가정하에 실제 확률 함수를 포함할 동시 신뢰 수준이 95% 인 신뢰 한계를 표시하거나 숨깁니다. 이러한 한계는 모든 점에서 추정 정밀도가 동일합니다. 선택한 모수 분포가 데이터를 잘 적합시키는 지 여부를 판별할 때 이 값을 사용합니다. 자세한 내용은 Nair(1984) 및 Meeker and Escobar(1998) 연구 자료에서 확인하십시오.

동시 경험적 신뢰 한계 음영 동시 경험적 신뢰 한계 사이의 영역에 음영을 표시하거나 숨깁니다.

모수 선형 적합 적합 분포를 기반으로 관측값에 대한 예측 확률을 나타내는 선을 표시하거나 숨깁니다.

모수 적합 신뢰 한계 음영 모수 적합 신뢰 구간 사이의 영역에 음영을 표시하거나 숨깁니다. 모수 적합 신뢰 한계의 신뢰 수준은 $(1-\alpha)$ 입니다. 여기서 α 는 시작 창에서 지정한 값입니다. 모수 적합 신뢰 한계가 의미가 있고 한계를 계산할 수 있는 경우에만 사용할 수 있습니다.

가능한 경우 모수 분포 F 를 위치-척도 계열로 표현하여 $F(y) = G(z)$ 가 되도록 구간을 계산합니다. 여기서 $z = (y - \mu)/\sigma$ 입니다. 한 점에서 적합 위치-척도 성분의 근사 표준 오차는 델타 방법을 사용하여 계산됩니다. 표준 오차 추정값을 사용하면 각 점에 대해 z 의 Wald 신뢰 구간이 계산됩니다. 누적 분포 함수 F 의 신뢰 구간은 G 를 사용한 Wald 구간 변환을 통해 산출됩니다. 경우에 따라 공정 측정 구간의 끝점 근처에 적절한 구간을 제공하기 위해 특별한 조정 작업이 필요할 수도 있습니다.

비교 기준별 정렬 선택한 기준에 따라 "비교 상세 정보" 보고서의 분포를 정렬합니다. 시작 창의 "분포 비교 기준" 패널에서 다른 기준을 선택한 경우 외에 기본 순서는 AICc를 기준으로 합니다.

정규화된 상자 그림

"정규화된 상자 그림" 옵션은 제목에 지정된 표준편차를 사용하여 정규화된 상자 그림을 표시하거나 숨깁니다. JMP에서는 정규화된 상자 그림을 그릴 때 평균을 빼고 표준편차로 나누어 각 열을 표준화합니다. 이러한 표준화된 값을 사용하여 각 열에 대한 상자 그림이 생성됩니다.

그림 7.17 군내 표준편차 정규화된 상자 그림

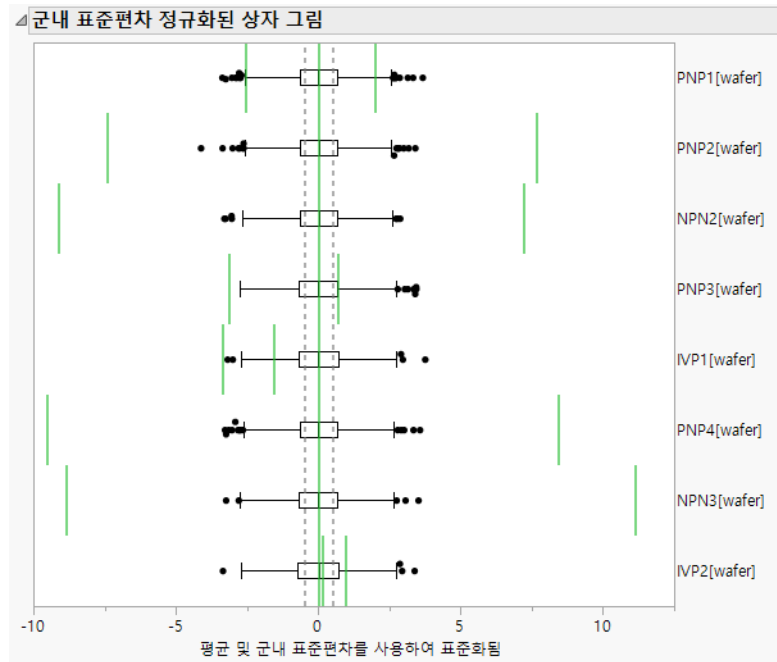


그림 7.17에서는 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블에서 wafer를 부분군 변수로 사용하는 공정 변수 선택에 대한 "군내 표준편차 정규화된 상자 그림"을 보여 줍니다.

녹색 세로선은 각 변수의 평균 및 표준편차로 정규화된 각 변수의 규격 한계를 나타냅니다. 데이터가 표준편차 1로 표준화되므로 ± 0.5 위치에 회색 세로 점선이 표시됩니다.

공정 성능 그림

"공정 성능 그림" 옵션은 공정 능력과 안정성을 비교하는 4 개의 사분면 그림을 표시하거나 숨깁니다. 규격 한계가 있는 각 공정이 점으로 표시됩니다. 공정 중요도 값을 지정하면 중요도에 따라 점 크기가 조정됩니다. 각 점의 가로 좌표는 공정의 안정성 지수이고 세로 좌표는 공정의 전체 Ppk 공정 능력입니다. 그림은 다음과 같은 기본 경계에 따라 음영 처리된 4 개의 사분면으로 구분됩니다.

- 1.25 를 초과하는 안정성 지수는 공정이 불안정하다는 것을 나타냅니다.
- 1.0 보다 작은 Ppk 는 공정 능력이 없음을 나타냅니다.

또한 그래프의 빨간색 선은 Cpk 값이 1 인 위치를 나타냅니다. 4 개의 사분면을 정의하는 경계는 그림 오른쪽에 있는 Ppk 및 안정성 지수 슬라이더 컨트롤을 사용하여 조정할 수 있습니다. 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 성능 그림에서 원하는 공정 능력 경계 및 안정성 경계 환경 설정을 지정하고 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 안정성 평가 유형을 지정할 수도 있습니다.

범례에는 음영 영역에 대한 설명이 포함되어 있습니다. 규격 하한 또는 규격 상한이 없는 공정이 있으면 해당 공정에 사용되는 표식도 범례에 표시됩니다. 그림의 모든 공정에 규격 하한 및 상한이 포함되어 있으면 범례에 표식이 나타나지 않습니다. 자세한 내용은 "[단측 또는 결측 규격 한계](#)"에서 확인하십시오.

공정 성능 그림의 점을 커서로 가리키면 해당 공정에 대한 관리도를 볼 수 있습니다. 관리도를 클릭하면 해당 관리도와 공정 능력 보고서가 포함된 관리도 빌더가 시작됩니다.

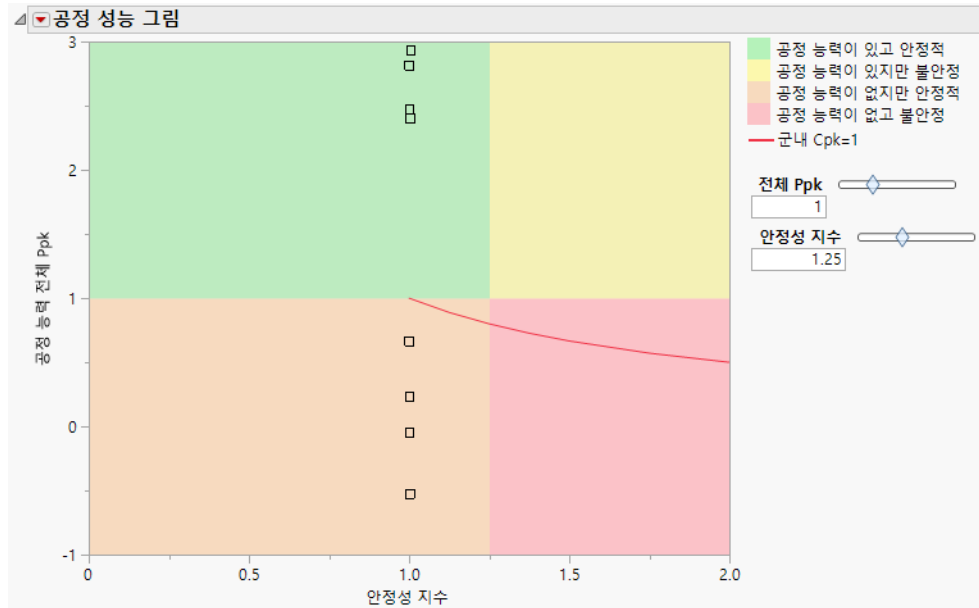
참고: 비편향 합동 표준편차를 공정의 그룹 내 변동 통계량으로 선택한 경우에는 해당 공정에 대한 관리도를 사용할 수 없습니다.

"공정 성능 그림"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

라벨 점 공정 성능 그림의 각 점에 대한 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

군내 Cpk 곡선 표시 공정 성능 그림에서 군내 Cpk 곡선을 표시하거나 숨깁니다.

그림 7.18 공정 성능 그림



[그림 7.18](#)에서는 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블에서 wafer를 부분군 변수로 사용하는 공정 변수 선택에 대한 "공정 성능 그림"을 보여 줍니다.

요약 보고서

"요약 보고서" 옵션은 각 변수에 대한 LSL, 목표값, USL, 표본 평균, 다양한 표준편차 추정값, 안정성 지수, Cpk, Cpl, Cpu, Cp, Cpm 및 부적합 통계량이 포함된 테이블을 표시하거나 숨깁니다. 비결측 공정 중요도 값이 하나 이상 있는 경우 "중요도" 열도 요약 보고서에 포함됩니다. 이러한

통계량은 보고서 제목에 지정된 표준편차 추정값을 사용하여 계산됩니다. 안정성 지수, Cpk, Cpl, Cpu 및 Cp 열은 녹색, 노란색, 빨간색으로 표시되어 안정성 또는 공정 능력이 각각 적합, 경계, 매우 나쁨 상태임을 나타냅니다. 이 색상 코딩 체계는 공정 성능 그래프에 표시되는 것과 일치합니다.

참고 : 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 안정성 평가 유형 환경 설정을 변경할 수 있습니다. 이렇게 하면 공정 능력 플랫폼을 통해 사용되는 안정성 평가 유형이 변경됩니다.

그림 7.19에서는 " 정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예 "에 설명된 두 요약 보고서의 열 중 일부를 보여 줍니다. 이 보고서에는 다음 열을 선택적으로 사용할 수 있습니다.

- Cpk, Cpl, Cpu, CP 및 Cpm 에 대한 신뢰 구간
- 기대 PPM 및 관측 PPM 통계량 (규격 밖 , LSL 아래 , USL 위)

참고 : 기대 PPM 통계량은 선택한 분포를 기반으로 예상되는 백분율입니다. 기본적으로 정규 분포가 선택됩니다. 관측 PPM 통계량은 실제 데이터에 기반한 백분율입니다.

- 표본 표준편차
- 표본 크기 (N), 최소값 , 최대값
- 목표 지수

참고 : 목표 지수는 군내 표준편차 공정 능력 요약 보고서에서만 사용할 수 있습니다.

이러한 선택적 열을 표시하려면 보고서를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 "열" 하위 메뉴에서 열 이름을 선택합니다.

전체 표준편차를 기반으로 하는 보고서에는 군내 공정 능력 지수 Cpk, Cpl, Cpu 및 Cp 대신 전체 공정 능력 지수 Ppk, Ppl, Ppu 및 Pp가 표시됩니다. 전체 공정 능력 지수의 라벨은 "AIAG(Ppk) 라벨" 환경 설정 값에 따라 달라집니다.

그림 7.19 군내 표준편차 / 전체 표준편차 공정 능력 요약 보고서

공정 능력											
군내 표준편차 공정 능력 요약 보고서											
공정	LSL	목표값	USL	표본 평균	군내 표준편차	안정성 지수	Cpk	Cpl	Cpu	Cp	Cpm
PNP1	164.39	297.02	429.65	313.0697	59.43013	0.981885	0.654	0.834	0.654	0.744	0.718
PNP2	-136.12	465.44	1067.01	456.6157	79.27036	1.007008	2.492	2.492	2.567	2.530	2.514
NPN2	96.59	113.75	130.9	115.7421	2.131652	0.98552	2.370	2.995	2.370	2.683	1.959
PNP3	118.68	130.29	141.9	137.6146	6.160912	0.983744	0.232	1.024	0.232	0.628	0.404
IVP1	59.62	63.41	67.2	73.78072	4.238298	0.990097	-0.518	1.114	-0.518	0.298	0.113
PNP4	-54.43	238.74	531.91	256.3756	33.22573	0.981389	2.764	3.118	2.764	2.941	2.598
NPN3	97.32	120.8	144.29	118.1352	2.362847	1.000809	2.936	2.936	3.690	3.313	2.198
IVP2	139.2	142.31	145.41	138.2432	7.406516	0.989286	-0.043	-0.043	0.323	0.140	0.122
전체 표준편차 공정 능력 요약 보고서											
공정	LSL	목표값	USL	표본 평균	전체 표준편차	안정성 지수	Ppk	Ppl	Ppu	Pp	Cpm
PNP1	164.39	297.02	429.65	313.0697	58.35353	0.981885	0.666	0.849	0.666	0.758	0.730
PNP2	-136.12	465.44	1067.01	456.6157	79.82589	1.007008	2.475	2.475	2.549	2.512	2.497
NPN2	96.59	113.75	130.9	115.7421	2.100786	0.98552	2.405	3.039	2.405	2.722	1.975
PNP3	118.68	130.29	141.9	137.6146	6.060762	0.983744	0.236	1.041	0.236	0.639	0.407
IVP1	59.62	63.41	67.2	73.78072	4.196326	0.990097	-0.523	1.125	-0.523	0.301	0.113
PNP4	-54.43	238.74	531.91	256.3756	32.60738	0.981389	2.817	3.177	2.817	2.997	2.636
NPN3	97.32	120.8	144.29	118.1352	2.364757	1.000809	2.934	2.934	3.687	3.310	2.197
IVP2	139.2	142.31	145.41	138.2432	7.327164	0.989286	-0.044	-0.044	0.326	0.141	0.123

목표 그림 요약 테이블 생성

"목표 그림 요약 테이블 생성" 옵션은 각 변수의 이름, 규격으로 정규화된 평균 변화(규격으로 표준화된 평균) 및 규격으로 표준화된 표준편차를 포함하는 요약 데이터 테이블을 생성합니다. 각 변수마다 표준편차 유형을 나타내는 행이 있습니다.

참고: 변수가 정규 분포를 제외한 다른 분포로 적합된 경우 적합 분포 이름이 변수 이름의 괄호 안에 추가됩니다. 비정규 변수에는 "규격으로 표준화된 평균" 및 "규격으로 표준화된 표준편차" 값이 제공되지 않습니다.

목표 그림의 점은 목표 그림 요약 테이블의 행에 연결됩니다. 목표 그림의 점에 행 상태를 적용하면 목표 그림 요약 테이블에서 해당 행 상태를 변경할 수 있습니다. 반대로 목표 그림 요약 테이블에서 행 상태를 적용하면 목표 그림에도 반영됩니다.

그림 7.20에서는 "정규 변수가 있는 공정 능력 플랫폼의 예"에 설명된 Semiconductor Capability.jmp 샘플 데이터 테이블에 대한 목표 그림 요약 테이블을 보여 줍니다.

그림 7.20 요약 테이블

	공정	표준편차 유형	규격으로 표준화된 평균	규격으로 표준화된 표준편차
1	PNP1	군내	0.0605056038	0.2240448185
2	PNP2	군내	-0.00733452	0.0658873257
3	NPN2	군내	0.0580798256	0.0621472935
4	PNP3	군내	0.3154424678	0.2653278331
5	IVP1	군내	1.3681693325	0.5591421926
6	PNP4	군내	0.0300774244	0.0566663241
7	NPN3	군내	-0.05674621	0.0503161575
8	IVP2	군내	-0.65593547	1.1945993146
9	PNP1	전체	0.0605056038	0.2199861461
10	PNP2	전체	-0.00733452	0.0663490674
11	NPN2	전체	0.0580798256	0.0612473972
12	PNP3	전체	0.3154424678	0.2610147096
13	IVP1	전체	1.3681693325	0.5536050447
14	PNP4	전체	0.0300774244	0.0556117297

공정 능력 플랫폼의 추가 예

- "안정적인 공정에 대한 공정 능력"
- "불안정한 공정에 대한 공정 능력"
- "비정규 공정 Ppk 에 대한 신뢰 한계 시뮬레이션"

안정적인 공정에 대한 공정 능력

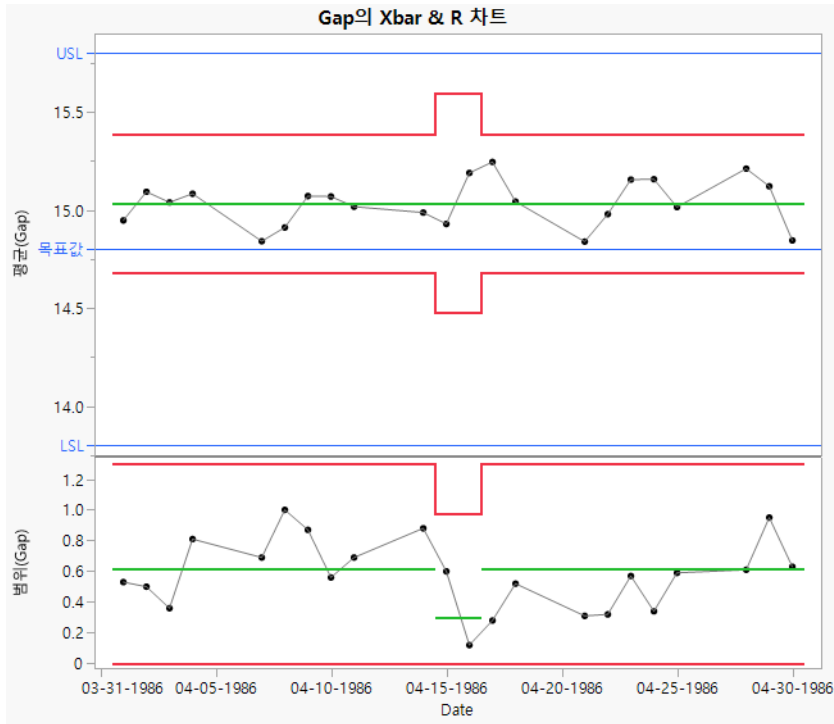
이 예에서는 공정 능력 분석을 기반으로 PPM 불량률을 추정할 수 있는 가정을 확인합니다. 관리도 빌더를 통해 공정 능력에 직접 액세스합니다. 데이터는 크기가 5인 22개의 부분군으로 구성되어 있습니다. 결측 측정값은 총 6개이며, 연속된 두 부분군에 각각 3개씩 있습니다.

관리도 빌더를 통한 공정 능력

관리도 빌더를 사용하여 공정 특성에 대한 정규성 가정 및 공정 안정성을 확인할 수 있습니다. 관리도 빌더 내에서 직접 공정 능력 정보를 얻을 수도 있습니다.

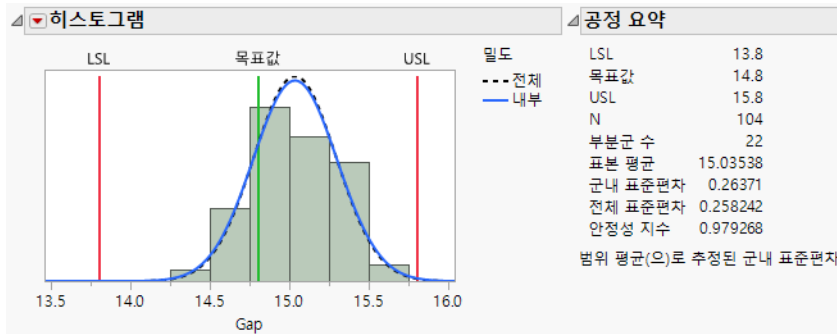
1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Clips2.jmp 를 엽니다 .
2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 빌더를 선택합니다 .
3. Date 를 부분군 영역으로 드래그합니다 .
4. Gap 을 Y 영역으로 드래그합니다 .

그림 7.21 Gap에 대한 Xbar-R 관리도



관리도를 보면 Gap 이 시간이 지남에 따라 안정적임을 알 수 있습니다. Gap 에 "규격 한계" 열 특성이 있으므로 관리도 오른쪽에 "공정 능력 분석" 보고서가 나타납니다.

그림 7.22 Gap에 대한 공정 능력 분석의 히스토그램



히스토그램과 파란색 적합 정규 곡선은 Gap 의 데이터가 정규 분포에 근사하다는 것을 나타냅니다. 공정이 안정적이지만 Gap 분포가 규격 범위의 오른쪽으로 이동되었습니다.

"공정 요약" 보고서에서는 "규격 한계" 열 특성에 저장된 규격 한계를 보여 줍니다. 또한 부분군 내 변동에서 계산된 표준편차 추정값(군내 표준편차)이 표본 표준편차로 지정된 전체

추정값 (전체 표준편차) 과 크게 다르지 않음을 보여 줍니다 . 결과적으로 안정적 지수는 1 에 가깝습니다 (0.979268). 이것은 공정이 안정적이므로 예상된 결과입니다 .

5. " 부적합 " 보고서의 본문을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 " 열 " 하위 메뉴에서 **기대 군내 PPM** 을 선택합니다 .

그림 7.23 공정 능력 지수 및 부적합 보고서

군내 표준편차 공정 능력					전체 표준편차 공정 능력				
인덱스	추정값	95% 하한	95% 상한		인덱스	추정값	95% 하한	95% 상한	
Cpk	0.966	0.805	1.128		Ppk	0.987	0.838	1.136	
Cpl	1.562	1.314	1.808		Ppl	1.595	1.367	1.821	
Cpu	0.966	0.805	1.127		Ppu	0.987	0.837	1.135	
Cp	1.264	1.071	1.457		Pp	1.291	1.115	1.467	
Cpm	0.943	0.828	1.058		Cpm	0.954	0.841	1.072	

부적합				
비율	관측 %	기대 군내 %	기대 전체 %	기대 군내 PPM
LSL 아래	0.0000	0.0001	0.0001	1.402263
USL 위	0.0000	0.1869	0.1534	1869.0329
규격 밖 전체	0.0000	0.1870	0.1535	1870.4352

부분군 변동을 사용하여 계산된 Cpk 값은 0.966 이며 , 이는 공정 능력이 좋지 않음을 나타냅니다 . Cpl 값은 양호한 성능을 나타내지만 이는 공정이 규격 하한에서 멀리 이동했기 때문입니다 . 일반적으로 불량품은 Gap 값이 클 때 발생합니다 .

Cpk 에 대한 신뢰 구간 범위는 0.805 ~ 1.128 입니다 . 104 개의 관측값이 있는데도 범위가 넓습니다 . 공정 능력 지수는 비율이기 때문에 변동성이 매우 큼니다 . 따라서 공정 능력 지수의 점 추정값을 기반으로 잘못된 결론을 내리기 쉽습니다 .

" 부적합 " 보고서에 제공된 규격 이탈 제품의 추정값은 공정 성능을 나타내는 직접적인 측도입니다 . " 부적합 " 보고서의 PPM 값은 Gap 이 규격 하한 미만인 경우가 거의 없음을 나타냅니다 (1.4PPM). 그러나 Gap 이 규격 상한을 초과하는 부품의 수는 1869.0PPM 입니다 .

비중심화 공정에 대한 Cp 값은 중심화되도록 공정을 조정할 경우의 잠재적 공정 능력을 나타냅니다 . 이 공정이 목표값 14.8로 중심화되도록 조정된 경우 공정 능력은 1.264이며 , 1.071 ~ 1.457 범위의 신뢰 구간을 갖습니다 .

공정 능력 플랫폼

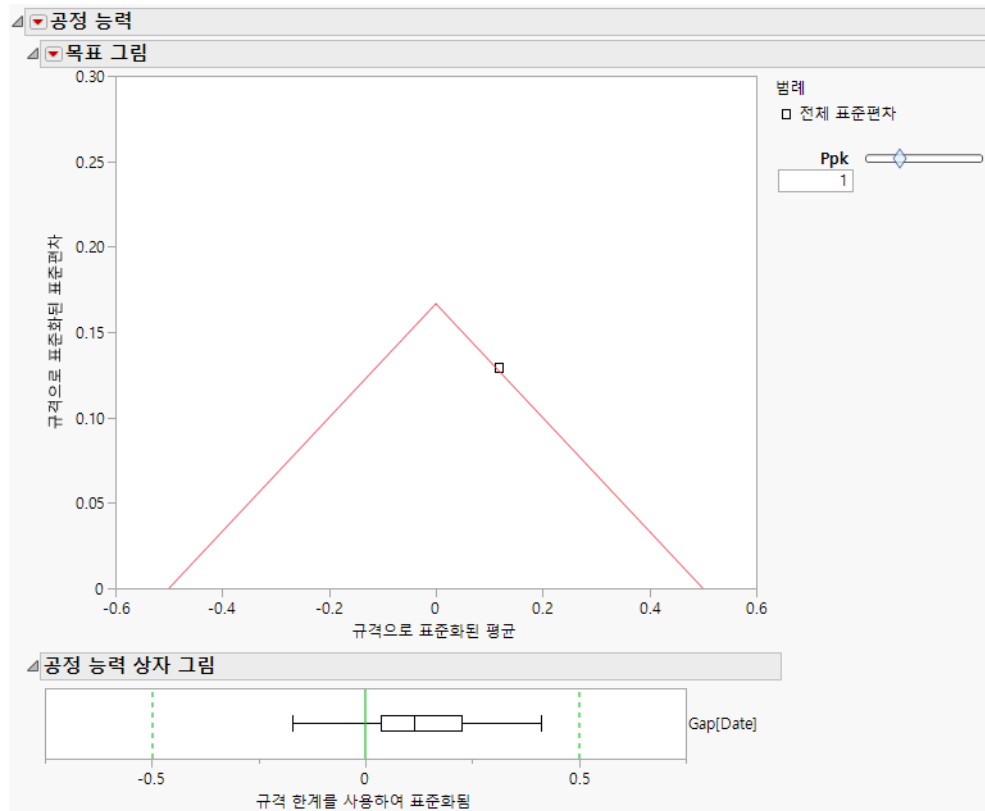
Gap 에 대한 안정성 및 정규성을 확인했으므로 공정 능력 플랫폼에서 추가 정보를 얻을 수 있습니다 .

1. 분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력을 선택합니다 .
2. Gap 을 선택하고 Y, 공정을 클릭합니다 .
3. 공정 부분군 지정 개요를 엽니다 .
4. " 열 선택 " 목록에서 Date 를 선택하고 역할 목록에서 Gap 을 선택합니다 .
5. 부분군 ID 열 내포를 클릭합니다 .

기본적으로 " 부분군 내 변동 통계량 " 은 " 비편향 표준편차의 평균 " 으로 선택되어 있습니다 . 관리도 빌더 예 (" 관리도 빌더를 통한 공정 능력 ") 에서는 부분군 범위가 사용되었습니다 .

6. 확인을 클릭합니다 .

그림 7.24 Gap 에 대한 목표 그림 및 상자 그림



목표 그림에서는 Gap의 Ppk 지수가 기본적으로 1임을 보여 줍니다. 상자 그림에서는 대부분의 값이 규격 내에 있지만 데이터 값의 우세가 규격 범위 내에서 오른쪽으로 이동되었음을 보여 줍니다.

7. "공정 능력"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 "개별 상세 정보 보고서"를 선택합니다.

이 보고서는 군내 표준편차가 평균 범위 대신 표준편차 평균에 기반한다는 점을 제외하고 관리도 빌더를 사용하여 생성됩니다. 자세한 내용은 "Gap에 대한 공정 능력 분석의 히스토그램" 및 "공정 능력 지수 및 부적합 보고서"에서 확인하십시오.

불안정한 공정에 대한 공정 능력

이 예에서는 공정이 불안정하여 전체 변동이 범위 내 변동과 다른 경우를 보여 줍니다. Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Coating.jmp 데이터 테이블이 사용됩니다(ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis에서 가져옴). 관심 공정 변수는 Sample 열에 의해 부분군으로 그룹화된 Weight 열입니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Coating.jmp를 엽니다.
2. 분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력을 선택합니다.

3. Weight 를 선택하고 **Y, 공정**을 클릭합니다 .
4. **공정 부분군 지정** 개요를 엽니다 .
5. 왼쪽의 **열 선택** 목록에서 Sample 을 선택합니다 .
6. 오른쪽의 **선택한 열 역할 지정** 목록에서 Weight 를 선택합니다 .
7. **부분군 ID 열 내포**를 클릭합니다 .
8. **확인**을 클릭합니다 .
9. **규격 한계** 창에서 **LSL** 에 16, **목표값**에 20, **USL** 에 24 를 각각 입력합니다 .
10. **확인**을 클릭합니다 .
11. " 목표 그림 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **군내 표준편차 점 표시**를 선택합니다 .
12. " 공정 능력 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **개별 상세 정보 보고서**를 선택합니다 .

그림 7.25 Coating.jmp 데이터에 대한 공정 능력 보고서

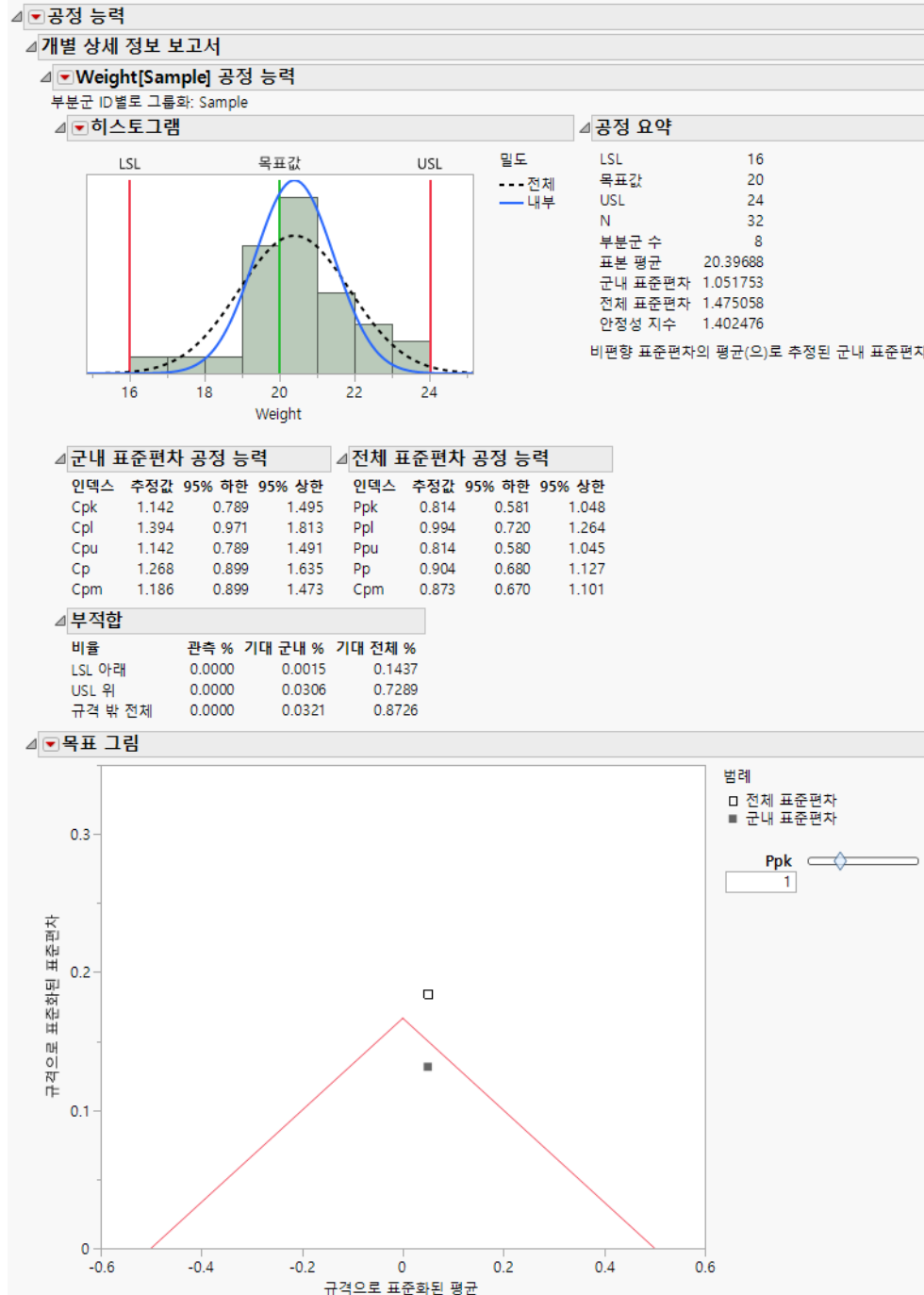


그림 7.25에서는 결과로 생성된 공정 능력 보고서를 보여 줍니다. 목표 그림에는 규격 한계로 표준화된 평균 변화 및 표준편차를 나타내는 두 개의 점이 표시됩니다. 목표 그림 옆에 이 두 점을 식별하는 범례가 있습니다. 전체 표준편차 점은 전체 표본 표준편차를 사용하여 계산됩니다. 군내 표준편차 점은 표준편차의 부분군 내 추정값을 사용하여 계산됩니다.

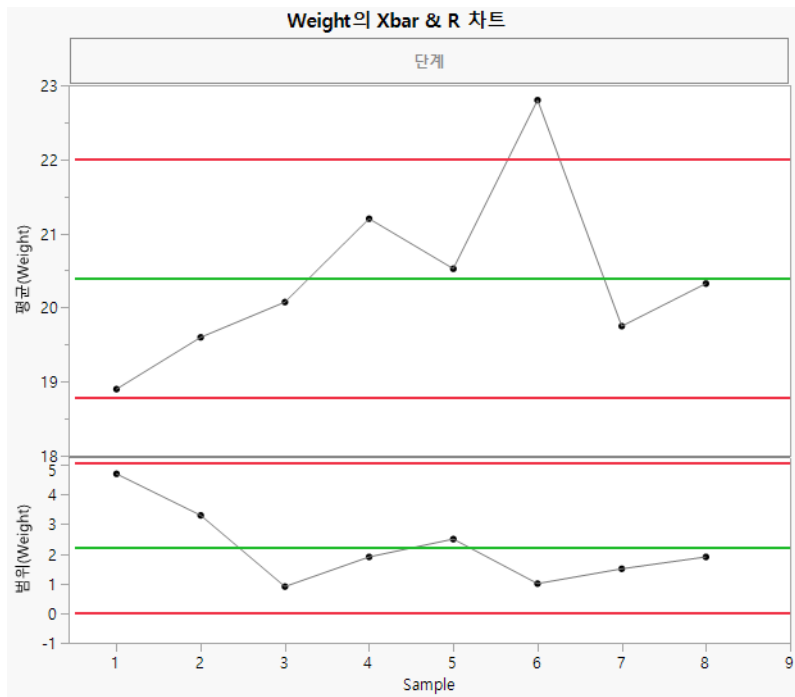
전체 표준편차를 사용하여 계산된 점은 $Ppk = 1$ 에 해당하는 목표 삼각형을 벗어납니다. 이는 **Weight** 변수로 인해 부적합 제품이 생산된다는 의미입니다.

그러나 군내 표준편차를 사용하여 계산된 점은 목표 삼각형 안에 있습니다. 이는 공정이 안정적이라면 **Weight** 값이 규격 한계 내에 포함될 확률이 높다는 의미입니다.

13. 목표 그림의 점 중 하나를 커서로 가리킵니다.

14. 관리도를 클릭합니다.

그림 7.26 Weight에 대한 Xbar-R 차트



관리도를 보면 **Weight** 측정값이 불안정하다는 것을 알 수 있습니다. 공정은 특수 원인의 영향을 받으며 예측할 수 없습니다. 따라서 공정 능력 지수 해석 및 부적합 추정값이 매우 불확실합니다. 공정을 예측할 수 없으므로 전체 표준편차를 기반으로 한 추정값도 불확실합니다.

그림 7.25의 히스토그램에는 두 표준편차 추정값을 사용하여 히스토그램 위에 겹쳐진 정규 밀도 곡선과 함께 **Weight** 값의 분포가 표시됩니다. 전체 표준편차 추정값을 사용하는 정규 곡선은 군내 표준편차 추정값을 사용하는 정규 곡선에 비해 더 평평하고 넓습니다. 공정을 불안정하게 만드는 특수 원인에 의해 전체 표준편차 추정값이 부풀려지므로 이 정규 곡선이 더 퍼집니다. 공정이 안정적이라면 더 좁은 정규 곡선에 공정 동작이 반영됩니다.

Cpk 추정값(1.142)을 Ppk 추정값(0.814)과 비교할 수도 있습니다. Ppk가 Cpk보다 훨씬 작으므로 역시 공정을 예측할 수 없다는 결론을 내릴 수 있습니다. Cpk 추정값은 공정을 안정적인 상태로 전환하여 얻을 수 있는 공정 능력에 대한 예측값입니다.

참고 : "개별 상세 정보 보고서 구분" 환경 설정은 개별 보고서가 기본적으로 표시되는지 여부를 결정합니다. 이 환경 설정이 활성화된 경우 공정 변수의 수가 환경 설정에 지정된 수보다 작거나 같으면 개별 보고서가 기본적으로 나타납니다. 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력에서 이 환경 설정을 변경할 수 있습니다.

비정규 공정 Ppk 에 대한 신뢰 한계 시뮬레이션

이 예에서는 먼저 Tablet Measurements.jmp에 있는 세 개의 비정규 변수에 대한 공정 능력 분석을 수행합니다. 그런 다음 시뮬레이션을 사용하여 Purity 변수의 부적합 비율에 대한 신뢰 한계를 찾습니다.

비정규 공정 능력 분석

아래 단계를 수행하지 않으려면 Tablet Measurements.jmp의 **Process Capability** 테이블 스크립트를 실행하여 이 섹션의 결과를 얻을 수 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Tablet Measurements.jmp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 공정 능력**을 선택합니다.
3. Weight, Thickness, Purity를 선택하고 **Y, 공정**을 클릭합니다.
4. 오른쪽의 **선택한 열 역할 지정** 목록에서 Weight, Thickness, Purity를 선택합니다.
5. **분포 옵션** 개요를 엽니다.
6. 분포 목록에서 **최량 적합**을 선택합니다.
7. **공정 분포 설정**을 클릭합니다.
오른쪽 목록의 각 열 이름에 **& 분포 (최량 적합)** 접미사가 추가됩니다.
8. **확인**을 클릭합니다.

Ppk 값을 보여 주는 공정 능력 지수 그림이 나타납니다. Thickness 변수만 Ppk = 1을 나타내는 선 위에 있습니다. Purity는 거의 선 위에 있습니다. 추정값 수 250이 많은 것 같지만 추정된 Ppk 값은 여전히 변동성이 큼니다. 이 때문에 실제 Purity Ppk 값에 대한 신뢰 구간을 생성합니다.

참고 : 목표 그림이 표시되지 않았으므로 정규 분포 적합이 세 변수에 대한 최량 적합이 아니라는 결론을 내릴 수 있습니다.

9. "공정 능력"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **개별 상세 정보 보고서**를 선택합니다.
각 공정마다 최량 적합이 다릅니다.
- Weight: 로그 정규

- Thickness: SHASH
- Purity: Weibull

시뮬레이션 열 생성

시뮬레이션 유틸리티를 사용하여 Ppk 신뢰 한계를 추정하려면 적합한 Weibull 분포를 반영하는 시뮬레이션 계산식을 생성해야 합니다. 아래 단계를 수행하지 않으려면 **Add Simulation Column** 테이블 스크립트를 실행하여 이 섹션의 결과를 얻을 수 있습니다.

1. "Purity(Weibull) 공정 능력" 보고서가 나올 때까지 스크롤하여 "모수 추정값" 보고서를 찾습니다.

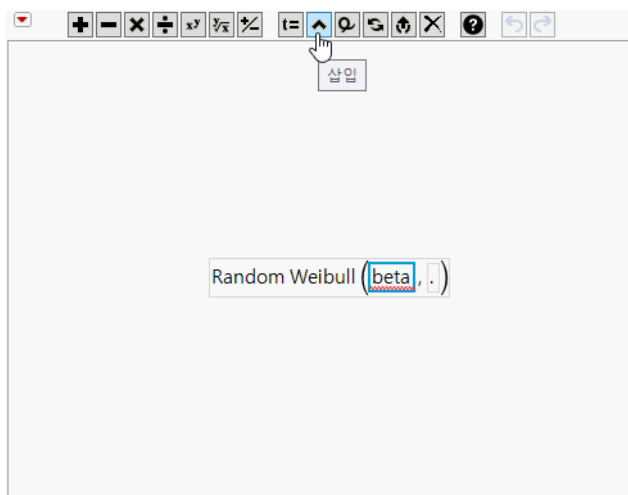
그림 7.27 Purity 에 대한 Weibull 모수 추정값

모수 추정값	
모수	추정값
척도 α	99.918709
형태 β	1589.7168

이 값은 최량 적합 분포인 Weibull 에 대한 모수 추정값입니다.

2. Tablet Measurements.jsp 샘플 데이터 테이블에서 **열 > 새 열**을 선택합니다.
3. **열 이름** 옆에 Simulated Purity 를 입력합니다.
4. **열 특성** 목록에서 **계산식**을 선택합니다.
5. 계산식 편집기에서 **난수 > Random Weibull** 을 선택합니다.
6. **beta** 자리 표시자가 선택되어 있습니다. 삽입 요소 (^) 를 클릭합니다.

그림 7.28 Simulated Purity 열에 대한 계산식 편집기



이렇게 하면 **alpha** 파라미터의 자리 표시자가 추가됩니다.

7. "공정 능력" 보고서의 "Purity(Weibull) 공정 능력"에서 "모수 추정값" 보고서 테이블을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 **데이터 테이블로 만들기**를 선택합니다.
8. 추정값 열의 2 행에 입력된 값 (1589.7167836) 을 복사합니다.
9. 계산식 편집기 창에서 **Random Weibull** 계산식의 **beta** 자리 표시자를 선택하고 **beta** 자리 표시자에 1589.7167836 을 붙여 넣습니다.
10. "모수 추정값" 보고서에서 생성한 데이터 테이블에서 추정값 열의 1 행에 입력된 값 (99.918708989) 을 복사합니다.
11. 계산식 편집기 창에서 **Random Weibull** 계산식의 **alpha** 자리 표시자를 선택하고 **alpha** 자리 표시자에 99.918708989 를 붙여 넣습니다.

그림 7.29 완료된 계산식 창



Random Weibull (1589.7167836, 99.918708989)

12. 계산식 편집기 창에서 **확인**을 클릭합니다.
13. Tablet Measurements.jmp 데이터 테이블에서 Simulated Purity 열을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 **열 특성 > 규격 한계**를 선택합니다.
14. **규격 하한** 옆에 99.5 를 입력합니다.
15. "새 열" 창에서 **확인**을 클릭합니다.

Simulated Purity 열에 최량 적합 분포의 값을 시뮬레이션하는 계산식이 포함됩니다.

Purity Ppk 및 기대 부적합 비율에 대한 신뢰 구간 시뮬레이션

시뮬레이션을 사용하면 지정한 횟수만큼 전체 분석이 실행됩니다. 필요한 분석만 실행하여 계산량을 최소화하면 계산 시간을 줄일 수 있습니다. 이 예에서는 적합된 Weibull 분포를 사용하는 Purity에만 관심이 있으므로 시뮬레이션을 실행하기 전에 이 분석만 수행합니다.

참고: 계산 시간을 무시하려면 이전 섹션에서 생성한 동일한 보고서를 사용하여 **7 단계**로 시작할 수 있습니다.

1. "공정 능력" 보고서에서 "공정 능력"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **대화상자 다시 시작**을 선택합니다.
2. (선택 사항) "공정 능력" 보고서를 닫습니다.
3. 시작 창의 **선택한 열 역할 지정** 목록에서 Weight&분포(로그 정규) 및 Thickness&분포(SHASH)를 선택합니다.
4. **제거**를 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. "공정 능력"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **개별 상세 정보 보고서**를 선택합니다.

Ppk 값과 Ppl 값이 모두 제공되지만 Purity에는 규격 하한만 있으므로 두 값이 동일합니다.

7. "전체 표준편차 공정 능력" 보고서에서 **추정값** 열을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 **시물레이션**을 선택합니다.

스위치 아웃할 열 목록에서 Purity가 선택되어 있는지 확인합니다. **스위치 인할 열** 목록에서 Simulated Purity가 선택되어 있는지 확인합니다.

8. **표본 수** 옆에 **500**을 입력합니다.

참고 : 다음 단계를 반드시 수행할 필요는 없습니다. 그러나 이 예에 표시된 시물레이션 값을 정확하게 얻을 수 있습니다.

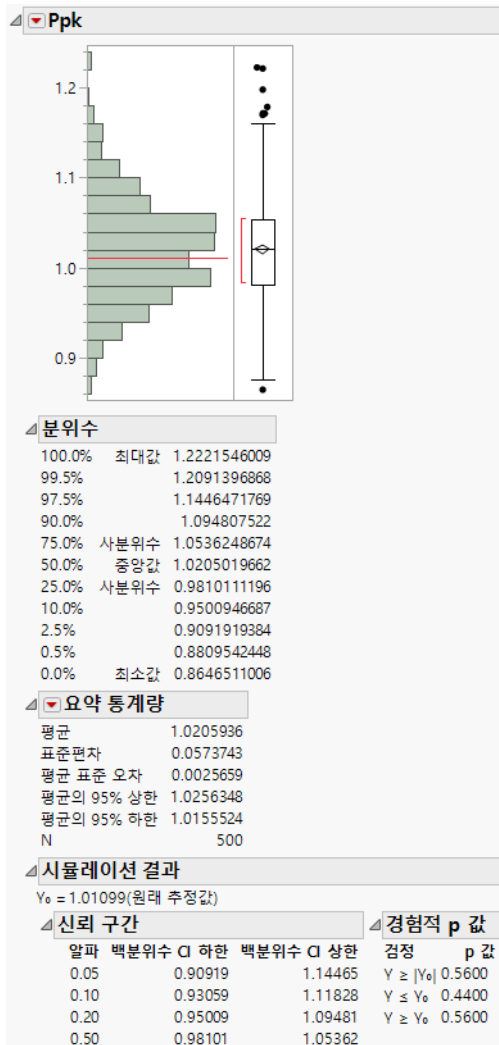
9. (선택 사항) **난수 시드값** 옆에 **12345**를 입력합니다.

10. **확인**을 클릭합니다.

계산하는 데 몇 초 정도 걸릴 수 있습니다. "공정 능력 시물레이션 결과 (추정값)" 데이터 테이블이 나타납니다. 이 테이블의 Ppk 및 Ppl 열은 각각 Simulated Purity 계산식을 기반으로 계산된 500개의 값을 포함합니다. 첫 번째 행 (제외됨)은 원래 분석에서 얻은 Purity 값을 포함합니다. Purity에는 규격 하한만 있으므로 Ppk 값이 Ppl 값과 동일합니다.

11. "공정 능력 시물레이션 결과 (추정값)" 데이터 테이블에서 **분포** 스크립트 옆의 녹색 삼각형을 클릭합니다.

그림 7.30 Purity 에 대해 시뮬레이션된 Ppk 값 분포



참고 : Simulated Purity 열 계산식에서 파라미터의 소수점 정밀도에 따라 표시되는 값이 약간 다를 수 있습니다.

Ppk 와 Ppl 에 대해 각각 하나씩 총 두 개의 " 분포 " 보고서가 표시됩니다 . 그러나 Purity 에는 규격 하한만 있으므로 Ppk 와 Ppl 의 값이 동일합니다 . 따라서 " 분포 " 보고서도 동일합니다 . " 시뮬레이션 결과 " 보고서에서는 Ppk 에 대한 95% 신뢰 구간이 0.909 ~ 1.145 임을 보여 줍니다 . 이는 실제 Ppk 값이 1.0 을 초과할 수 있음을 의미합니다 . 즉 , " 비정규 공정 능력 분석 " 에서 생성한 " 공정 능력 지수 그림 " 에서 $Ppk = 1$ 선 위에 Purity 가 있습니다 .

12. " 공정 능력 " 보고서에서 " 부적합 " 보고서의 기대 전체 % 열을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭 하고 시뮬레이션을 선택합니다 .

스위치 아웃할 열 목록에서 Purity 가 선택되어 있는지 확인합니다 . **스위치 인할 열** 목록에서 Simulated Purity 가 선택되어 있는지 확인합니다 .

13. **표본 수** 옆에 **500** 을 입력합니다 .

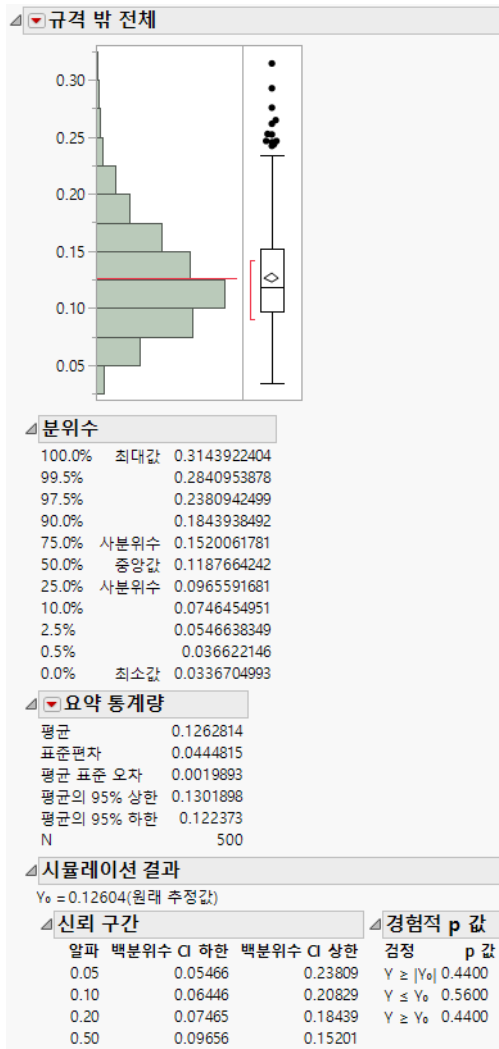
14. (선택 사항) **난수 시드값** 옆에 **12345** 를 입력합니다 .

15. **확인** 을 클릭합니다 .

계산하는 데 몇 초 정도 걸릴 수 있습니다 . " 공정 능력 시뮬레이션 결과 (기대 전체 %)" 데이터 테이블이 나타납니다 . Purity 에는 규격 하한만 있으므로 LSL 아래 값이 규격 밖 전체 값과 동일합니다 .

16. " 공정 능력 시뮬레이션 결과 (기대 전체 %)" 데이터 테이블에서 **분포** 스크립트 옆의 녹색 삼각형을 클릭합니다 .

그림 7.31 Purity에 대해 시뮬레이션된 규격 밖 전체 값 분포



참고 : Simulated Purity 열 계산식에서 파라미터의 소수점 정밀도에 따라 표시되는 값이 약간 다를 수 있습니다.

동일한 두 개의 "분포" 보고서가 나타납니다." 시뮬레이션 결과 " 보고서에서는 기대 전체 %(부적합)에 대한 95% 신뢰 구간이 0.055 ~ 0.238 임을 보여 줍니다.

공정 능력 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

- " 변동 통계량 "
- " 목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기 "
- " 목표 그림 "
- " 목표값이 결측인 공정에 대한 공정 능력 상자 그림 "
- " 정규 분포에 대한 공정 능력 지수 "
- " 비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법 "
- " 분포의 파라미터화 "

변동 통계량

공정 표준편차를 σ 로 나타냅니다. 공정 능력 플랫폼은 두 가지 유형의 공정 능력 지수를 제공합니다. Ppk 지수는 부분군에 의존하지 않는 방식으로 모든 데이터를 사용하는 σ 추정값을 기반으로 합니다. 이 전체 추정값은 우연 원인 변동뿐만 아니라 특수 원인 변동을 반영할 수 있습니다. Cpk 지수는 우연 원인 변동만 포착하는 추정값을 기반으로 합니다. Cpk 지수는 σ 에 대한 부분군의 군내 추정값 또는 군간-군내 추정값을 사용하여 생성됩니다. 이러한 방식으로 실제 공정 표준편차를 반영합니다. 공정이 안정적이지 않으면 σ 의 여러 추정값이 크게 다를 수 있습니다.

전체 표준편차

전체 표준편차는 부분군에 의존하지 않습니다. σ 의 전체 추정값은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

N = 전체 데이터 집합의 비결측값 수

y_i = i 번째 관측값

$\bar{y}$ = 전체 데이터 집합의 비결측값 평균

주의: 공정이 안정적인 경우 전체 표준편차는 공정 표준편차를 추정합니다. 공정이 불안정한 경우에는 공정 표준편차를 알 수 없으므로 σ 의 전체 추정값이 불확실합니다.

부분군 내 변동에 기반한 표준편차 추정값

부분군 내 변동을 기반으로 하는 σ 추정값은 다음 방법 중 하나로 생성할 수 있습니다.

- 범위 평균으로 추정된 군내 표준편차

- 비편향 표준편차의 평균으로 추정된 군내 표준편차
- 이동 범위로 추정된 군내 표준편차
- 비편향 합동 표준편차로 추정된 군내 표준편차

시작 창에서 부분군 ID 열 또는 일정한 부분군 크기를 지정하는 경우 원하는 부분군 내 변동 통계량을 지정할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[공정 능력 플랫폼 시작](#)"에서 확인하십시오. 부분군 ID 열, 일정한 부분군 크기 또는 과거 시그마를 지정하지 않으면 JMP에서 세 번째 방법(크기가 2인 부분군의 이동 범위)을 사용하여 군내 표준편차를 추정합니다.

범위 평균에 기반한 군내 표준편차

범위 평균으로 추정된 군내 표준편차는 XBar-R 차트의 표준편차 추정값과 동일합니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

R_i = i 번째 부분군의 범위

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$d_2(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

비편향 표준편차의 평균에 기반한 군내 표준편차

비편향 표준편차의 평균으로 추정된 군내 표준편차는 XBar-S 차트의 표준편차 추정값과 동일합니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$c_4(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

s_i = i 번째 부분군의 표본 표준편차

평균 이동 범위에 기반한 군내 표준편차

평균 이동 범위로 추정된 군내 표준편차는 개별 측정값 및 이동 범위 차트의 표준편차 추정값과 동일합니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2(2)}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N-1)$ 로 계산된 비결측 이동 범위의 평균 ($MR_i = |y_i - y_{i-1}|$)

$d_2(2)$ = 단위 표준편차를 갖는 두 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

중앙값 이동 범위에 기반한 군내 표준편차

중앙값 이동 범위로 추정된 군내 표준편차는 다음과 같습니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{MMR}{0.954}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

$MMR = \text{Median}(MR_2, MR_3, \dots, MR_N)$ 으로 계산된 비결측 이동 범위의 중앙값 ($MR_i = |y_i - y_{i-1}|$)

비편향 합동 표준편차에 기반한 군내 표준편차

비편향 합동 표준편차로 추정된 군내 표준편차는 다음과 같습니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + \dots + (n_N - 1)s_N^2}}{c_4(n) \sqrt{n_1 + \dots + n_N - N}}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

$n_i = i$ 번째 부분군의 표본 크기

$n = n_1 + \dots + n_N$, 총 표본 크기

$c_4(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

$s_i = i$ 번째 부분군의 표본 표준편차

그룹 간 변동에 기반한 표준편차 추정값

이동 범위에 기반한 군간 표준편차

부분군 간 변동을 기반으로 하는 σ 추정값은 부분군 평균의 이동 범위로 추정됩니다.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{\overline{MR}}{d_2(2)}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{\text{Within}}^2}{H}}$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N-1)$ 로 계산된 비결측 이동 범위의 평균 ($MR_i = |y_i - y_{i-1}|$)

$d_2(2)$ = 단위 표준편차를 갖는 두 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

σ_{within}^2 = 지정된 군내 표준편차 추정값

$H = \frac{N}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_N}}$, 부분군 표본 크기의 조화 평균

그룹의 군간 - 군내 변동에 기반한 표준편차 추정값

군간 - 군내 표준편차

그룹의 결합된 군간 - 군내 변동을 기반으로 하는 표준편차 추정값은 다음과 같이 정의됩니다.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{between}}^2}$$

목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기

다음은 목표 그림 및 공정 능력 상자 그림의 계산식에 사용되는 표기입니다.

Y_{ij} = 공정 j 의 i 번째 관측값

$\bar{Y}_j$ = 공정 j 에 대한 관측값의 평균

$SD(Y_j)$ = 공정 j 에 대한 관측값의 표준편차

T_j = 공정 j 의 목표값

LSL_j = 공정 j 의 규격 하한

USL_j = 공정 j 의 규격 상한

목표 그림

이 섹션에서는 목표 그림에 표시된 규격 값으로 표준화된 평균 변화 및 표준편차의 계산에 대해 자세히 설명합니다. 여기에서는 "목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기"에 정의된 표기를 사용합니다.

j 번째 열에 대해 규격 한계로 표준화된 평균 변화 및 표준편차는 다음과 같이 정의됩니다.

$$\text{규격으로 표준화된 평균} = \frac{\bar{Y}_j - T_j}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

$$\text{규격으로 표준화된 표준편차} = \frac{SD(Y_j)}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

참고 : LSL_j 또는 USL_j 중 하나가 결측이면 목표값과 비결측 규격 한계 사이 간격의 2 배가 목표 그림 좌표의 분모에 사용됩니다.

목표값이 결측인 공정에 대한 목표 그림 점

공정에 규격 하한과 상한이 모두 있지만 목표값이 없는 경우를 가정해 보겠습니다. 그러면 "목표 그림"에 제공된 계산식에서 T_j 를 두 규격 한계의 중간점으로 대체하여 사용됩니다.

공정에 규격 한계가 하나만 있고 목표값이 없는 경우를 가정해 보겠습니다. 목표 그림의 한 점에 대한 (x,y) 좌표를 구하려면 해당 공정의 공정 능력 지수가 사용됩니다. 이론적 평균 및 표준편차에 대한 정의는 "정규 분포에 대한 공정 능력 지수"에서 확인하십시오. 표본 관측값의 경우 다음 관계가 유지됩니다.

$$C_{pu} = \frac{USL_j - \bar{Y}_j}{3SD(Y_j)}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{Y}_j - LSL_j}{3SD(Y_j)}$$

공정에 두 개의 규격 한계가 있고 한계의 중간점이 목표값인 경우 목표 그림의 한 점에 대한 (x,y) 좌표는 다음 관계를 충족합니다.

$$C_{pu} = (0.5 - x)/3y$$

$$C_{pl} = (0.5 + x)/3y$$

규격 한계가 하나뿐이고 목표값이 없는 경우 좌표를 구하려면 이러한 관계가 사용됩니다. 고유 점을 식별하려면 원점에서 점이 속한 선의 기울기에 대한 가정이 필요합니다. 규격 상한과 하한의 경우 기울기는 각각 0.5와 -0.5로 가정됩니다. 공정 능력 값이 1 이고 목표 그림 삼각형의 Ppk 슬라이더가 1로 설정된 경우 이러한 기울기는 목표 그림 삼각형 선 위에 점을 배치합니다.

규격 상한만 있고 목표값이 없는 경우를 예로 들어보겠습니다. 원점에서 0.5 기울기의 선 위에 (x,y) 좌표가 배치된다는 가정을 사용하여 x 와 y 를 계산하면 다음 좌표가 제공됩니다.

$$x = 1/(3C_{pu} + 2)$$

$$y = 1/(6C_{pu} + 4)$$

규격 하한만 있고 목표값이 없는 경우를 예로 들어보겠습니다. 원점에서 -0.5 기울기의 선 위에 (x,y) 좌표가 배치된다는 가정을 사용하여 x 와 y 를 계산하면 다음 좌표가 제공됩니다.

$$x = -1/(3C_{pl} + 2)$$

$$y = 1/(6C_{pl} + 4)$$

참고: C_{pu} 또는 C_{pl} 이 -0.6 미만이면 위의 계산식에서 값이 -0.6 으로 설정됩니다. 값 -2/3 에서 x 의 분모는 값 0 을 가정합니다. 공정 능력 값을 -0.6 으로 제한하면 분모 값을 0 으로 가정하거나 부호가 바뀌는 것을 방지할 수 있습니다.

목표값이 결측인 공정에 대한 공정 능력 상자 그림

목표값이 없는 열에 규격 상한과 하한이 모두 있거나 규격 한계가 하나만 있을 수 있습니다. 이 섹션에서는 "목표 그림 및 공정 능력 상자 그림에 대한 표기"에 정의된 표기를 사용합니다.

두 개의 규격 한계가 지정되고 목표값 없음

j 번째 열에 목표값이 지정되지 않은 경우 공정 능력 상자 그림은 변환된 관측값에 대한 다음 값을 기반으로 합니다.

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - (LSL_j + USL_j)/2}{USL_j - LSL_j}$$

단일 규격 한계가 지정되고 목표값 없음

규격 하한만 지정된 경우를 가정해 보겠습니다. 비슷한 방식으로 규격 상한만 지정된 경우도 가능합니다.

j 번째 열에 목표값이 지정되지 않은 경우 공정 능력 상자 그림은 변환된 관측값에 대한 다음 값을 기반으로 합니다.

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - \bar{Y}_j}{2(\bar{Y}_j - LSL_j)}$$

참고: 열에 규격 한계가 하나뿐이고 목표값이 없는 경우 표본 평균이 규격 구간을 벗어나면 해당 열에 대한 공정 능력 상자 그림이 표시되지 않습니다.

정규 분포에 대한 공정 능력 지수

이 섹션에서는 정규 데이터에 대한 공정 능력 지수의 계산에 대해 자세히 설명합니다.

평균이 μ 이고 표준편차가 σ 인 공정 특성에 대한 모집단 기반 공정 능력 지수는 다음과 같이 정의됩니다. 표본 관측값의 경우 모수가 다음 추정값으로 대체됩니다.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

$$C_{pm} = \frac{\min(T - LSL, USL - T)}{3\sigma \sqrt{1 + \left(\frac{T - \mu}{\sigma}\right)^2}}$$

$$\text{목표 지수} = 3(C_p - C_{pk})$$

이 계산식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

LSL = 규격 하한

USL = 규격 상한

T = 목표값

군내 표준편차 공정 능력 추정값의 경우 사용자가 선택한 부분군 지정 방법을 사용하여 σ 를 추정합니다. 전체 표준편차 공정 능력 추정값의 경우 표본 표준편차를 사용하여 σ 를 추정합니다. 규격 한계가 하나뿐인 경우 결측 규격 한계를 포함하는 공정 능력 지수가 결측값으로 보고됩니다.

참고: 기본 AIAG(P_{pk}) 라벨을 사용하면 전체 표준편차를 기반으로 하는 지수가 P_p , P_{pl} , P_{pu} 및 P_{pk} 로 표시됩니다. 전체 표준편차를 사용할 때 C_{pm} 지수의 라벨은 변경되지 않습니다. 이 섹션의 계산식은 C_p 라벨을 사용하여 정의됩니다.

공정 능력 지수에 대한 신뢰 구간

공정 능력 지수에 대한 신뢰 구간은 정규 분포를 따르는 공정에만 사용할 수 있습니다. 신뢰 구간은 군내 표준편차 및 전체 표준편차 공정 능력에 대해 모두 계산되며 개별 상세 정보 보고서에 표시됩니다.

Cp

Cp 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\left(\hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2, df}}{df}}, \hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2, df}}{df}} \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\hat{C}_p = C_p$ 에 대한 추정값

$\chi^2_{\alpha/2, df}$ = 자유도가 df 인 카이제곱 분포의 $(\alpha/2)$ 번째 분위수

df = 자유도

N = 관측값 수

m = 부분군 수

전체 표준편차 공정 능력의 경우 자유도는 $N - 1$ 입니다.

군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도는 부분군 지정 및 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다.

- 불균형 부분군을 사용하는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 관계없이 동일합니다. 자유도는 $N - m$ 입니다.
- 균형 부분군 (크기 $n = N/m$) 을 사용하는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다.
 - 비편향 표준편차의 평균을 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $f^*(N - m)$ 입니다. 배율 f 는 0.875 와 1 사이에서 변하며 다음과 같이 정의됩니다.

$$f = \frac{1}{2(n-1) \left(\frac{(n-1)}{2} \left(\frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \right)^2 - 1 \right)}$$

여기서 $\Gamma(n)$ 는 n 에서 실행된 감마 함수입니다.

자세한 내용은 Bissell 연구 자료 (1990) 에서 확인하십시오.

- 범위 평균을 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $df = 1/A - (3/16) * A + (3/64) * A^2 + 0.25$ 로 계산됩니다. A 는 다음과 같이 정의됩니다.

$$A = \frac{2d_3(n)^2}{m \cdot d_2(n)^2}$$

$d_2(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

$d_3(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 표준편차

자세한 내용은 David 연구 자료 (1951) 에서 확인하십시오 .

- 비편향 합동 표준편차를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $N - m$ 입니다.
- 부분군이 없는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다 .
 - 평균 이동 범위를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $0.62 * (N - 1)$ 로 계산됩니다 .
 - 중앙값 이동 범위를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $0.32 * (N - 1)$ 로 계산됩니다 .

자세한 내용은 Wheeler 연구 자료 (2004, p. 82) 에서 확인하십시오 .

Cpk

Cpk 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다 .

$$\left(\hat{C}_{pk} \left[1 - \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9N\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2df}} \right], \hat{C}_{pk} \left[1 + \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9N\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2df}} \right] \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$\hat{C}_{pk}$ = Cpk 에 대한 추정값

$\Phi^{-1}_{1-\alpha/2}$ = 표준 정규 분포의 $(1 - \alpha/2)$ 번째 분위수

df = 자유도

N = 관측값 수

m = 부분군 수

전체 표준편차 공정 능력의 경우 자유도는 $N - 1$ 입니다.

군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도는 부분군 지정 및 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다 .

- 불균형 부분군을 사용하는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 관계없이 동일합니다 . 자유도는 $N - m$ 입니다 .
- 균형 부분군 (크기 $n = N/m$) 을 사용하는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다 .
 - 비편향 표준편차의 평균을 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $f^*(N - m)$ 입니다 . 배율 f 는 0.875 와 1 사이에서 변하며 다음과 같이 정의됩니다 .

$$f = \frac{1}{2(n-1) \left(\frac{(n-1)}{2} \left(\frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \right)^2 - 1 \right)}$$

여기서 $\Gamma(n)$ 는 n 에서 실행된 감마 함수입니다 .

자세한 내용은 Bissell 연구 자료 (1990) 에서 확인하십시오 .

- 범위 평균을 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $df = 1/A - (3/16) * A + (3/64) * A^2 + 0.25$ 로 계산됩니다 . A 는 다음과 같이 정의됩니다 .

$$A = \frac{2d_3(n)^2}{m \cdot d_2(n)^2}$$

$d_2(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

$d_3(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 표준편차

자세한 내용은 David 연구 자료 (1951) 에서 확인하십시오 .

- 비편향 합동 표준편차를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $N - m$ 입니다 .
- 부분군이 없는 군내 표준편차 공정 능력의 경우 자유도 계산은 군내 표준편차 추정 방법에 따라 달라집니다 .
 - 평균 이동 범위를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $0.62 * (N - 1)$ 로 계산됩니다 .
 - 중앙값 이동 범위를 사용하여 군내 표준편차를 추정하는 경우 자유도는 $0.32 * (N - 1)$ 로 계산됩니다 .

자세한 내용은 Wheeler 연구 자료 (2004, p. 82) 에서 확인하십시오 .

Cpm

참고 : Cpm 에 대한 신뢰 구간은 목표값이 규격 하한과 규격 상한 사이에서 중심화되는 경우에 만 계산됩니다 .

Cpm 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다 .

$$\left(\hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi_{\alpha/2, \gamma}^2}{\gamma}}, \hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha/2, \gamma}^2}{\gamma}} \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$\hat{C}_{pm}$ = Cpm 에 대한 추정값

$\chi^2_{\alpha/2, \gamma}$ = 자유도가 γ 인 카이제곱 분포의 $(\alpha/2)$ 번째 분위수

$$\gamma = \frac{N \left(1 + \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2 \right)^2}{1 + 2 \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2}$$

N = 관측값 수

$\bar{x}$ = 관측값의 평균

T = 목표값

s = 표준편차 추정값

전체 표준편차 공정 능력의 경우 s 는 전체 표준편차 추정값입니다. 군내 표준편차 공정 능력의 경우 s 는 군내 표준편차 추정값으로 대체됩니다.

팁 : Cp, Cpk 및 Cpm 의 신뢰 구간에 대한 자세한 내용은 Pearn and Kotz 연구 자료 (2006) 에서 확인하십시오 .

Cpl, Cpu

Cpl 과 Cpu 의 신뢰 하한 및 상한은 Chou et al. (1990) 의 방법을 사용하여 계산됩니다 .

Cpl 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 한계 (CPL_L , CPL_U 로 표시) 는 다음 방정식을 충족합니다 .

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_L = 3CPL_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_U = 3CPL_U\sqrt{n}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$t_{n-1}(\delta)$ 은 $n - 1$ 자유도와 비중심성 모수 δ 를 사용하는 비중심 t 분포를 따릅니다 .

$\hat{C}_{pl}$ = Cpl 에 대한 추정값

Cpu 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 한계 (CPU_L , CPU_U 로 표시) 는 다음 방정식을 충족합니다 .

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_L = 3CPU_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_U = 3CPU_U\sqrt{n}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$t_{n-1}(\delta)$ 은 $n - 1$ 자유도와 비중심성 모수 δ 를 사용하는 비중심 t 분포를 따릅니다 .

$\hat{C}_{pu}$ = Cpu 에 대한 추정값

비정규 분포에 대한 공정 능력 지수 : 백분위수 및 Z 스코어 방법

이 섹션에서는 비정규 분포에 대한 공정 능력 지수를 계산하는 방법을 설명합니다. 백분위수 (ISO/분위수라고도 함)와 Z 스코어 (Bothe/Z 스코어라고도 함)라는 두 가지 방법이 설명됩니다. 비정규 공정 변수에 대한 분포를 선택할 때 모수 분포 또는 비모수 분포를 적합시킬 수 있습니다. 백분위수 또는 Z 스코어 방법을 사용하여 관심 공정 변수에 대한 공정 능력 지수를 계산할 수 있습니다. 그러나 데이터 양이 매우 많은 경우가 아니면 비모수 적합은 분포의 꼬리 부분에서 동작을 정확히 반영하지 못할 수 있습니다.

참고 : 데이터가 정규 분포를 따르는 경우 백분위수 방법과 Z 스코어 방법 둘 다 공정 능력 계산식이 정규성 기반 공정 능력 지수의 계산식으로 축소됩니다.

두 방법을 설명할 때 다음 표기가 사용됩니다.

LSL = 규격 하한

USL = 규격 상한

T = 목표값

백분위수 (ISO/분위수) 방법

백분위수 방법은 표준 공정 능력 계산식의 평균을 적합 분포의 중앙값으로 대체하고 6σ 범위의 값을 해당 백분위수 범위로 대체합니다. 이 방법에 대한 설명은 AIAG 연구 자료(2005)에서 확인하십시오.

적합 분포의 $\alpha \cdot 100$ 번째 백분위수를 P_α 로 나타냅니다. 백분위수 방법 공정 능력 지수는 다음과 같이 정의됩니다.

$$P_{pk} = \min\left(\frac{P_{0.5} - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}, \frac{USL - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}\right)$$

$$P_{pl} = \frac{P_{0.5} - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}$$

$$P_{pu} = \frac{USL - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{P_{0.99865} - P_{0.00135}}$$

$$C_{pm} = \frac{\min\left(\frac{T - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}, \frac{USL - T}{P_{0.99865} - P_{0.5}}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}}$$

Z 스코어 (Bothe/Z 스코어) 방법

Z 스코어 방법은 규격 한계를 표준 정규 척도에서 동일한 확률을 갖는 값으로 변환합니다. 이 방법을 사용하면 적합한 비정규 분포와 위험 수준이 동일한 정규 분포에 해당하는 공정 능력 측도가 계산됩니다.

F 가 규격 하한 및 상한(LSL , USL)이 지정된 공정 변수의 적합 분포를 나타낸다고 하겠습니다. 동등한 표준 정규 규격 한계는 다음과 같이 정의됩니다.

$$\begin{cases} LSL_F = \Phi^{-1}(F(LSL)) \\ USL_F = \Phi^{-1}(F(USL)) \end{cases}$$

Z 스코어 방법 공정 능력 지수는 다음과 같이 정의됩니다.

$$P_{pk} = \min(-LSL_F/3, USL_F/3)$$

$$P_{pl} = -LSL_F/3$$

$$P_{pu} = USL_F/3$$

$$P_p = (USL_F - LSL_F)/6$$

참고 : Cpm 은 목표값 기반 측도이므로 Z 스코어 방법을 사용하여 계산할 수 없습니다.

참고 : 공정 능력이 충분한 데이터의 경우 $F(LSL)$ 과 $F(USL)$ 이 각각 0 과 1 에 너무 가까워서 LSL_F 또는 USL_F 를 계산할 수 없습니다. 이러한 경우 기본적으로 Z 스코어 방법이 백분위수 방법으로 자동 전환됩니다. 결과적으로 더 유의한 공정 능력 지수가 제공됩니다. 이 기본 설정을 해제하려면 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 공정 능력을 선택하십시오.

분포의 파라미터화

이 섹션에서는 공정 능력 플랫폼에 사용되는 분포에 대한 밀도 함수 f 를 제공합니다. Johnson 및 SHASH 분포를 제외한 모든 분포에 대한 기대값과 분산도 제공합니다.

정규

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right], -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$$

$$E(x) = \mu$$

$$\text{Var}(x) = \sigma^2$$

베타

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, 0 \leq x \leq 1, \alpha > 0, \beta > 0$$

$$E(x) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\text{Var}(x) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}$$

여기서 $B(\cdot)$ 는 베타 함수입니다.

지수

$$f(x|\sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp(-x/\sigma), x > 0, \sigma > 0$$

$$E(x) = \sigma$$

$$\text{Var}(x) = \sigma^2$$

감마

$$f(x|\alpha, \sigma) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\sigma^\alpha} x^{\alpha-1} \exp(-x/\sigma), x > 0, \alpha > 0, \sigma > 0$$

$$E(x) = \alpha\sigma$$

$$\text{Var}(x) = \alpha\sigma^2$$

여기서 $\Gamma(\cdot)$ 는 감마 함수입니다.

Johnson**Johnson Su**

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \frac{\delta}{\sigma} \left[1 + \left(\frac{x-\theta}{\sigma} \right)^2 \right]^{-1/2} \phi \left[\gamma + \delta \sinh^{-1} \left(\frac{x-\theta}{\sigma} \right) \right], -\infty < x, \theta, \gamma < \infty, \theta > 0, \delta > 0$$

Johnson Sb

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \phi \left[\gamma + \delta \ln \left(\frac{x-\theta}{\sigma - (x-\theta)} \right) \right] \left(\frac{\delta\sigma}{(x-\theta)(\sigma - (x-\theta))} \right), \theta < x < \theta + \sigma, \sigma > 0$$

Johnson SI

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \frac{\delta}{|x-\theta|} \phi \left[\gamma + \delta \ln \left(\frac{x-\theta}{\sigma} \right) \right], x > 0 \text{ 단, } \sigma = 1, x < 0 \text{ 단, } \sigma = -1$$

여기서 $\phi(\cdot)$ 는 표준 정규 확률 밀도 함수입니다.

로그 정규

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{\exp\left[-\frac{(\log(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]}{x}, x > 0, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$$

$$E(x) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$$

$$\text{Var}(x) = \exp(2(\mu + \sigma^2)) - \exp(2\mu + \sigma^2)$$

정규 혼합

2 정규 혼합 및 3 정규 혼합 분포 옵션은 다음 파라미터화를 공유합니다.

$$f(x|\mu_i, \sigma_i, \pi_i) = \sum_{i=1}^k \frac{\pi_i}{\sigma_i} \phi\left(\frac{x - \mu_i}{\sigma_i}\right)$$

$$E(x) = \sum_{i=1}^k \pi_i \mu_i$$

$$\text{Var}(x) = \sum_{i=1}^k \pi_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) - \left(\sum_{i=1}^k \pi_i \mu_i \right)^2$$

여기서 μ_i , σ_i 및 π_i 는 각각 i 번째 그룹의 평균, 표준편차 및 비율이며, $\phi(\cdot)$ 는 표준 정규 확률 밀도 함수입니다. 2 정규 혼합의 경우 k 는 2입니다. 3 정규 분포 혼합의 경우 k 는 3입니다. 혼합물 내 각 그룹에 대해 평균, 표준편차 및 전체 대비 비율이 개별적으로 추정됩니다.

SHASH

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \frac{\delta \cosh(w)}{\sqrt{\sigma^2 + (x - \theta)^2}} \phi[\sinh(w)], -\infty < \gamma, x, \theta < \infty, 0 < \delta, 0 < \sigma$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\phi(\cdot)$ = 표준 정규 pdf

$$w = \gamma + \delta \sinh^{-1}\left(\frac{x - \theta}{\sigma}\right)$$

참고: $\gamma = 0$ 이고 $\delta = 1$ 인 경우 SHASH 분포는 위치가 θ 이고 척도가 σ 인 정규 분포와 동등합니다.

Weibull

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{\beta}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta\right], \alpha > 0, \beta > 0$$

$$E(x) = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\text{Var}(x) = \alpha^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right\}$$

여기서 $\Gamma(\cdot)$ 는 감마 함수입니다.

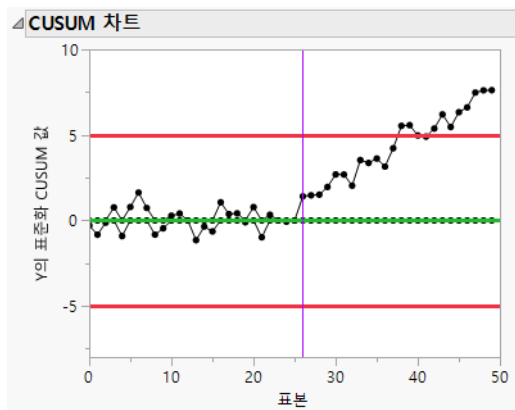
CUSUM 관리도

결정 한계가 포함된 테이블 형식 CUSUM 관리도 생성

CUSUM(누적합) 관리도를 사용하면 공정의 작은 변화를 감지할 수 있습니다. 점진적 흐름과 같이 시간이 지남에 따라 발생하고 반드시 갑작스러운 변동이 동반되지 않는 변화를 감지하는데 유용합니다. CUSUM 관리도는 결정 한계가 포함된 CUSUM 차트를 생성하며 Shewhart 차트와 유사합니다. 이 차트를 테이블 형식 CUSUM 차트라고도 합니다. V-마스크 누적합 관리도를 생성하려면 "[V-마스크 CUSUM 관리도](#)"의 내용을 참조하십시오.

CUSUM 관리도 플랫폼에서는 ARL(평균 런 길이)에 대한 정보도 제공합니다. 평균 런 길이는 관리이탈 신호가 발생하기 전에 이를 예상할 수 있는 평균 표본 또는 관측값 수입니다. 특정 모수가 제공되고 분산이 일정하다고 가정할 때 평균 런 길이를 사용하여 CUSUM 차트의 성능을 평가할 수 있습니다.

그림 8.1 CUSUM 관리도



목차

CUSUM 관리도 플랫폼 개요	231
CUSUM 관리도의 예	231
CUSUM 관리도 플랫폼 시작	233
CUSUM 관리도 플랫폼 보고서	234
CUSUM 관리도의 제어판	234
CUSUM 차트	235
CUSUM 관리도 플랫폼 옵션	236
평균 런 길이(ARL) 보고서	238
CUSUM 관리도의 추가 예	239
CUSUM 관리도의 데이터 단위 옵션 예	239
부분군이 있는 CUSUM 차트의 예	240
CUSUM 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	241
CUSUM 관리도 생성에 대한 통계 상세 정보	241
변화 감지에 대한 통계 상세 정보	242
평균 런 길이에 대한 통계 상세 정보	242

CUSUM 관리도 플랫폼 개요

테이블 형식 CUSUM 차트는 두 개의 단측 결정 한계 차트가 하나의 차트에 겹쳐져 있습니다. 이 차트는 공정이 관리이탈 상태일 때 신호를 보내는 결정 한계를 포함하고 차트에서 변화 발생 지점으로 의심되는 위치에 변화 선을 표시합니다. CUSUM 관리도 플랫폼을 사용하려면 중요한 것으로 간주되는 최소 평균 변화를 결정해야 합니다. 표준편차 단위 또는 데이터 단위로 CUSUM 관리도를 볼 수 있습니다. 테이블 형식 CUSUM 차트에 대한 자세한 내용은 Woodall and Adams(1998) 및 Montgomery(2013) 연구 자료에서 확인하십시오.

누적합 관리도의 또 다른 유형에는 V-마스크 차트가 있습니다. V-마스크 CUSUM 차트를 생성하려면 "**V-마스크 CUSUM 관리도**"의 내용을 참조하십시오.

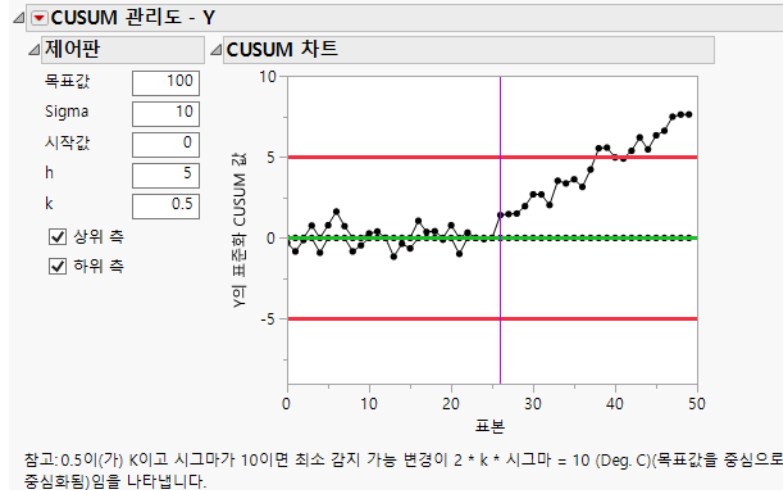
참고 : CUSUM 관리도 플랫폼의 요약 결과가 V-마스크 CUSUM 플랫폼의 요약 결과와 항상 일치하지는 않습니다. 특히 양측 V-마스크 CUSUM 차트의 요약 결과는 "상위 측" 옵션과 "하위 측" 옵션이 모두 선택된 CUSUM 관리도의 요약 결과와 일치하지 않습니다. 그러나 CUSUM 관리도 플랫폼과 V-마스크 CUSUM 플랫폼의 단측 요약 보고서는 일치합니다.

CUSUM 관리도의 예

엔진 온도의 작은 변화를 감지하려고 합니다. 데이터 테이블에는 엔진 온도 조절 장치에서 수집한 온도 측정값이 포함되어 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Engine Temperature Sensor.jmp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > CUSUM 관리도**를 선택합니다.
3. **Y**를 선택하고 **Y**를 클릭합니다.
4. **확인**을 클릭합니다.
5. "목표값" 상자에 100을 입력합니다.
6. "시그마" 상자에 10을 입력합니다.

그림 8.2 CUSUM 관리도 보고서



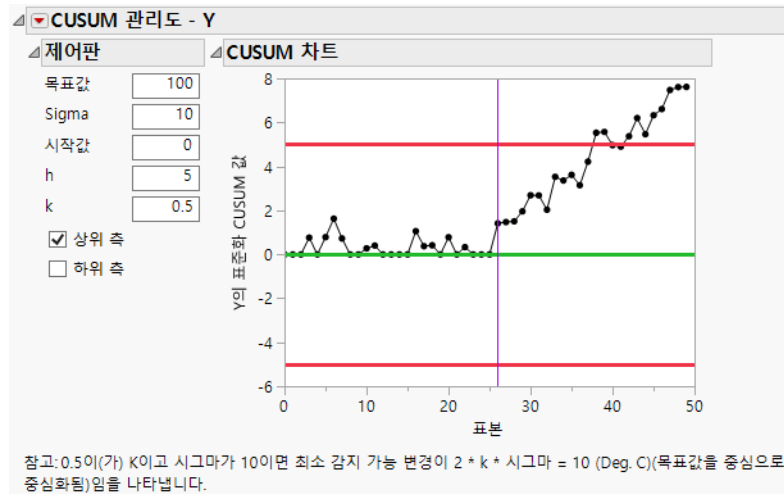
CUSUM 차트의 세로선은 온도 측정값 변화가 대략 표본 26에서 시작되었음을 나타냅니다.

참고 : Engine Temperature Sensor.jmp 의 "IMR Chart" 테이블 스크립트를 실행하여 이 결과를 개별값 및 이동 범위 관리도와 비교할 수 있습니다 . IMR 차트에서는 Nelson 검정에 걸리는 것이 없습니다 .

단측 CUSUM 관리도의 예

이전 예에서 온도 변화 증가에만 관심이 있다고 가정하여 계속합니다. 그림 8.2의 CUSUM 관리도를 단측 차트로 변경하려면 "하위 측" 체크박스의 선택을 취소합니다. 그러면 음수 누적합에 대한 점이 차트에서 제거됩니다. 즉, CUSUM 관리도에 양수 누적합 점만 포함되어 있습니다.

그림 8.3 단측 CUSUM 관리도 보고서



CUSUM 관리도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > CUSUM 관리도를 선택하여 CUSUM 관리도 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 8.4 CUSUM 관리도 시작 창

부분군 평균과 목표값 간 편차의 누적합을 차트로 나타냅니다.

열 선택

2개 열

hour

weight

☐ 제외된 영역 표시

☐ 데이터 단위

선택한 열 역할 지정

Y 필수 숫자

X 선택적 숫자

기준 선택적

작업

확인

취소

제거

재호출

도움말

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

CUSUM 관리도 플랫폼 시작 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

Y 차트를 생성할 변수를 식별합니다.

참고: 데이터 테이블의 행은 관측값을 수집한 순서대로 정렬되어야 합니다.

X 부분군 변수를 식별합니다. CUSUM 차트의 가로 축은 부분군 변수로 라벨이 지정됩니다. 이 열의 값이 두 번 이상 나오면 각 X 값의 평균 반응이 CUSUM 차트에 표시됩니다.

기준 기준 변수의 각 수준에 대해 개별 보고서를 생성합니다. 기준 변수가 둘 이상 할당되면 기준 변수의 가능한 각 수준 조합에 대해 개별 보고서가 생성됩니다.

제외된 영역 표시 (X 변수가 지정된 경우에만 적용 가능) 완전히 제외된 부분군이 CUSUM 관리도의 가로 축에 표시되도록 지정합니다.

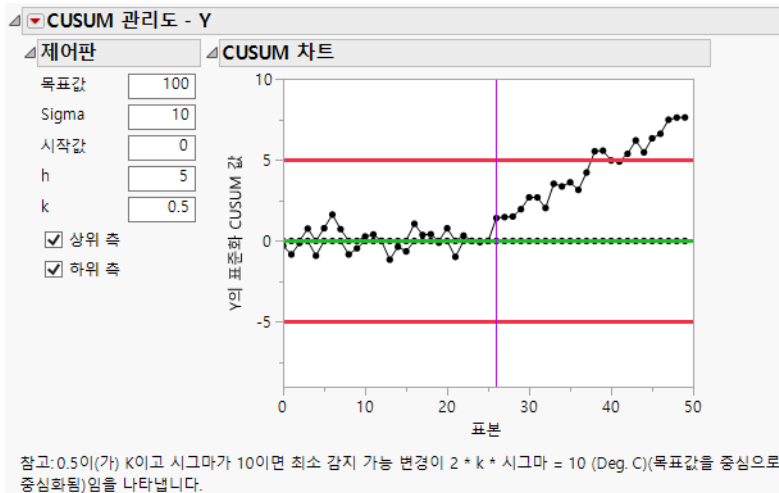
데이터 단위 표준편차 단위 대신 데이터 단위를 보고서에 사용하도록 지정합니다. 기본적으로 차트와 모수는 표준편차 단위로 표시됩니다. 그러나 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택하면 차트와 모수가 분석 대상 데이터 열의 단위로 표시됩니다.

표준편차 단위를 사용하면 h 및 k 모수의 값이 공정 표준편차에 따라 달라지지 않습니다. 이것은 장점이 될 수 있습니다.

CUSUM 관리도 플랫폼 보고서

기본적으로 CUSUM 관리도 플랫폼에서는 모수 제어판과 CUSUM 차트가 포함된 보고서를 생성합니다.

그림 8.5 CUSUM 관리도 보고서



CUSUM 관리도의 제어판

"제어판" 보고서에는 차트 모수의 현재 값이 포함됩니다. 현재 값은 모수 값을 업데이트할 수 있는 상자에 있습니다. "상위 측" 및 "하위 측" 상자도 있습니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 지정한 경우 "제어판"의 체크박스 아래에 이 설정이 표시됩니다.

제어판 보고서에는 다음 옵션이 표시됩니다.

목표값 알려진 평균 값입니다. 이 값은 차트의 중심선 값입니다. 기본적으로 이 모수는 Y 열의 "규격 한계" 열 특성에 지정된 "목표값"으로 설정됩니다. Y 열의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 지정되지 않은 경우 이 모수는 Y 열의 전체 평균으로 설정됩니다.

참고 : Y 열의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 지정된 경우에도 Y 열의 전체 평균을 중심선 값으로 사용하려면 "중심선에 공정 평균 사용" 플랫폼 환경 설정을 선택하십시오. 이 환경 설정은 파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > CUSUM 관리도에 있습니다.

시그마 알려진 표준편차 값입니다. 기본적으로 이 모수는 Y 열의 평균 이동 범위로 설정됩니다. X 변수가 있는 경우 시그마 모수는 요약 데이터의 평균 이동 범위로 설정됩니다.

시작값 첫 번째 표본 이전의 누적합 값입니다. 0 이 아닌 값에서 누적합을 시작하면 표본 시작 근처에서 CUSUM 차트의 민감도가 증가합니다. 이 모수는 FIR(Fast Initial Response) 값이라고도 합니다. 기본적으로 이 모수는 0 으로 설정됩니다.

h 또는 H 한계를 정의하는 모수의 값입니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택하지 않은 경우 h 모수입니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택한 경우에는 H 모수입니다. H 는 h에 시그마를 곱한 값입니다. 기본적으로 h는 5로 설정되고 H는 시그마 값의 5배입니다.

k 또는 K 감지할 최소 평균 변화를 정의하는 모수의 값입니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택하지 않은 경우 k 모수입니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택한 경우에는 K 모수입니다. K 는 k에 시그마를 곱한 값입니다. 기본적으로 k는 0.5로 설정되고 K는 시그마 값의 1/2 입니다.

상위 측 차트에 누적합에 대한 양수 값을 표시하거나 숨깁니다. 이러한 값은 C^+ 값입니다.

하위 측 차트에 누적합에 대한 음수 값을 표시하거나 숨깁니다. 이러한 값은 C^- 값입니다.

데이터 단위 사용 이 텍스트가 있으면 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션이 선택되었고 CUSUM 차트의 값이 중심화되지만 표준화되지 않았음을 나타냅니다.

CUSUM 차트

"CUSUM 차트" 보고서에는 차트 모수의 현재 값에 의해 지정된 결정 한계가 있는 누적합 관리도가 포함됩니다. 표본 또는 부분군(X 변수를 지정한 경우)이 가로 축에 표시됩니다. 세로 축에는 누적합에 대한 양수 값과 음수 값의 중심화된 값이 표시됩니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택하지 않은 경우 표준화된 반응 값의 누적합이 세로 축에 표시됩니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 선택한 경우에는 표준화되지 않은 반응 값의 누적합이 세로 축에 표시됩니다.

CUSUM 관리도 플랫폼 옵션

"CUSUM 관리도"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

한계 표시 CUSUM 차트에 결정 상한 및 하한을 표시하거나 숨깁니다.

중심선 표시 CUSUM 차트에 중심선을 표시하거나 숨깁니다.

변화 선 표시 (데이터에서 변화를 감지한 경우에만 사용 가능) CUSUM 차트에 변화를 지정하는 세로선을 표시하거나 숨깁니다. 변화 선은 변화가 시작되는 지점에 그림니다.

- 차트에서 C^+ 값이 상한선 위에 있으면 양의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 C^+ 에 대한 가장 최근 0 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.
- 차트에서 C^- 값이 하한선 아래에 있으면 음의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 C^- 에 대한 가장 최근 0 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.

ARL 표시 평균 런 길이 (ARL) 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 자세한 내용은 "[평균 런 길이 \(ARL\) 보고서](#)"에서 확인하십시오.

ARL 프로파일러 평균 런 길이 대 h 및 k 모수의 프로파일러를 표시하거나 숨깁니다. 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 지정한 경우 평균 런 길이 대 H 및 K 모수의 프로파일러가 표시됩니다.

지정된 변화에 대한 ARL(평균 런 길이)은 관리이탈 신호가 발생하기 전에 예상되는 평균 런 수입니다. 예를 들어 ARL(0)은 공정이 관리 상태일 때 오경보 신호가 발생하기 전에 예상되는 평균 런 수를 나타냅니다. 공정이 관리 상태일 때 변화 크기는 0입니다.

ARL 프로파일러를 사용하면 모수의 다양한 설정이 해당 CUSUM 차트의 성능에 어떤 영향을 주는지 살펴볼 수 있습니다. "제어판" 보고서의 모수가 업데이트되면 ARL 프로파일러도 업데이트됩니다. 이상적인 CUSUM 차트는 ARL(0) 값이 높고 ARL(Δ) 값이 낮습니다. 여기서 Δ 는 관심 있는 크기 변화입니다.

ARL 프로파일러는 "제어판" 보고서의 "상위 측" 및 "하위 측" 옵션 설정에 따라 달라집니다.

- "상위 측" 옵션과 "하위 측" 옵션을 모두 선택한 경우 프로파일러는 CUSUM 차트에서 결정 상한 또는 하한을 벗어나는 평균 런 길이를 나타냅니다.
- "상위 측" 옵션만 선택한 경우 프로파일러는 CUSUM 차트에서 결정 상한에 대한 평균 런 길이를 나타냅니다.
- "하위 측" 옵션만 선택한 경우 프로파일러는 CUSUM 차트에서 결정 하한에 대한 평균 런 길이를 나타냅니다.

"ARL 프로파일러" 옆의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 **Profilers**의 에서 확인하십시오.

제어판 모수의 현재 값을 보여 주는 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 이 보고서를 사용하면 모수 값 및 CUSUM 차트의 측면성을 변경할 수 있습니다.

모수 보고서 모수의 현재 값을 보여 주는 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

한계를 벗어난 경우 검정 CUSUM 차트에서 상한선 위에 있거나 하한선 아래에 있는 모든 점 주위에 빨간색 원을 표시하거나 숨깁니다.

요약 저장 CUSUM 차트의 각 부분군에 대한 통계량을 포함하는 새 데이터 테이블을 생성합니다. 부분군 수와 크기, 부분군 표본 평균, 변화 시작 표시자, 변화 시작 사이의 각 간격을 나타내는 값, 상위 / 하위 누적합과 해당하는 연속 런 수 및 LCL/UCL 값 등의 통계량이 새 데이터 테이블에 저장됩니다.

차트 조정 Y 변수에 대한 허용 범위를 설정할 수 있는 컨트롤을 표시하거나 숨깁니다. 허용 범위의 최소값과 최대값을 조정하고 **완료**를 클릭합니다. 이때 k 모수의 새 값을 기반으로 CUSUM 차트가 업데이트됩니다.

- 시작 창에서 "데이터 단위" 옵션을 지정한 경우 결측값 대체된 k 모수는 최소값과 최대값의 평균입니다.
- "데이터 단위" 옵션을 지정하지 않은 경우 결측값 대체된 K 모수는 최소값과 최대값의 평균을 시그마 모수로 나눈 값입니다.

Y 변수에 대한 허용 범위를 설정하면 CUSUM 차트의 실제적 유의성을 설정할 수 있습니다. 특히 검정 간격이 빈번할 때 유용하며 이로 인해 실제적 평균 런 길이가 훨씬 줄어들 수 있습니다.

기본값으로 재설정 모든 모수를 기본값으로 재설정합니다.

정보 스크립트 데이터가 특수 원인 검정에 실패했음을 나타내는 스크립트를 작성하고 실행할 수 있습니다. 결과를 파일 또는 로그에 쓰거나 이메일로 보낼 수 있습니다. 검정이 실패한 이유에 대한 설명을 포함하는 옵션이 있습니다.

경보 스크립트가 호출되면 실행된 스크립트와 후속 JSL 스크립트에서 모두 다음 변수를 사용할 수 있습니다.

`qc_col` - 열 이름

`qc_test` - 실패한 검정

`qc_sample` - 표본 번호

팁 : 정보 스크립트를 지정한 후 "한계를 벗어난 경우 검정" 옵션을 설정하면 경보 스크립트가 호출됩니다.

사용자 경보 스크립트 작성에 대한 자세한 내용은 **Scripting Guide** 의 에서 확인하십시오.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용** 의 에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

평균 런 길이 (ARL) 보고서

"평균 런 길이 (ARL)" 보고서에는 ARL 값의 테이블과 그래프가 포함됩니다. 지정된 변화에 대한 ARL(평균 런 길이)은 관리이탈 신호가 발생하기 전까지 예상되는 평균 런 수입니다. 예를 들어 ARL(0)은 공정이 관리 상태일 때 오경보 신호가 발생하기 전까지 예상되는 평균 런 수를 나타냅니다. 공정이 관리 상태일 때 변화 크기는 0입니다.

ARL 보고서의 테이블과 그래프를 사용하면 모수의 다양한 설정이 해당 CUSUM 차트의 성능에 어떤 영향을 주는지 살펴볼 수 있습니다. "제어판" 보고서의 h 및 k 모수가 업데이트되면 ARL 보고서도 업데이트됩니다. 이상적인 CUSUM 차트는 ARL(0) 값이 높고 ARL(Δ) 값이 낮습니다. 여기서 Δ 는 관심 있는 크기 변화입니다.

"평균 런 길이 (ARL)" 보고서는 "제어판" 보고서의 "상위 측" 및 "하위 측" 옵션 설정에 따라 달라집니다. 옵션을 하나만 선택한 경우 ARL 보고서에는 해당하는 단측 CUSUM 차트에 대한 계산이 사용됩니다. 두 옵션을 모두 선택한 경우 ARL 보고서에는 양측 CUSUM 차트에 대한 계산이 사용됩니다. 양측 ARL 값은 다음 방정식에 의해 단측 양의 ARL 및 음의 ARL 값과 관련됩니다.

$$\frac{1}{\text{ARL}} = \frac{1}{\text{양의 ARL}} + \frac{1}{\text{음의 ARL}}$$

ARL 테이블

ARL 테이블에는 0.25씩 증가하는 0~3 사이의 변화(Δ)에 대한 평균 런 길이가 표시됩니다. "데이터 단위" 옵션이 지정된 경우 변화는 $2 \cdot K / \sigma^2$ 로 나타냅니다. "데이터 단위" 옵션이 지정되지 않은 경우 변화는 $2 \cdot k / \sigma$ 로 나타냅니다.

ARL 그래프

"ARL 그래프"에는 0~3 사이의 변화(Δ)에 대한 평균 런 길이가 표시됩니다. 이 그래프에는 ARL 그래프 왼쪽에 있는 ARL 테이블과 동일한 데이터 점이 포함됩니다.

CUSUM 관리도의 추가 예

- "CUSUM 관리도의 데이터 단위 옵션 예"
- "부분군이 있는 CUSUM 차트의 예"

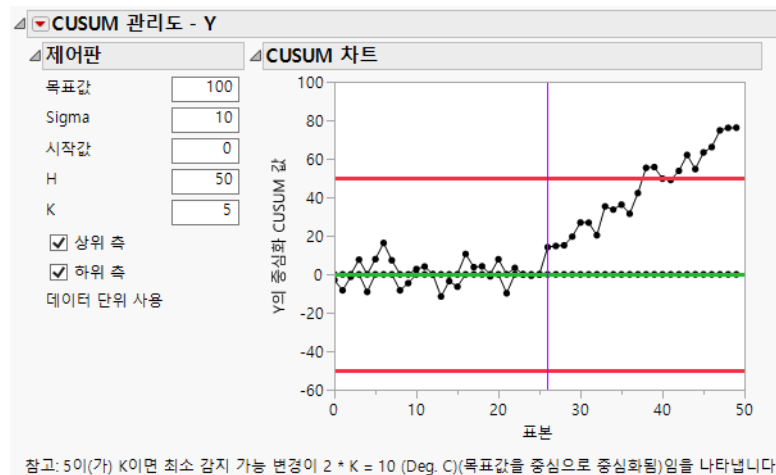
CUSUM 관리도의 데이터 단위 옵션 예

이 예에서는 데이터 단위 옵션을 사용하여 "CUSUM 관리도의 예"에 나오는 분석을 재현합니다. 엔진 온도의 작은 변화를 감지하려고 합니다. 데이터 테이블에는 엔진 온도 조절 장치에서 수집한 온도 측정값이 포함되어 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Engine Temperature Sensor.jsp를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > CUSUM 관리도**를 선택합니다.
3. Y를 선택하고 Y를 클릭합니다.
4. "데이터 단위" 옆의 상자를 선택합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. "목표값" 상자에 100을 입력합니다.
7. "시그마" 상자에 10을 입력합니다.

"시작값" 아래의 옵션이 h와 k 대신 H와 K입니다. 이제 이 모수는 표준편차 단위가 아니라 데이터 열의 단위로 지정됩니다.

그림 8.6 CUSUM 관리도 보고서



시그마 단위를 사용한 예와 마찬가지로 CUSUM 차트의 세로선은 온도 측정값 변화가 대략 표본 26에서 시작되었음을 나타냅니다.

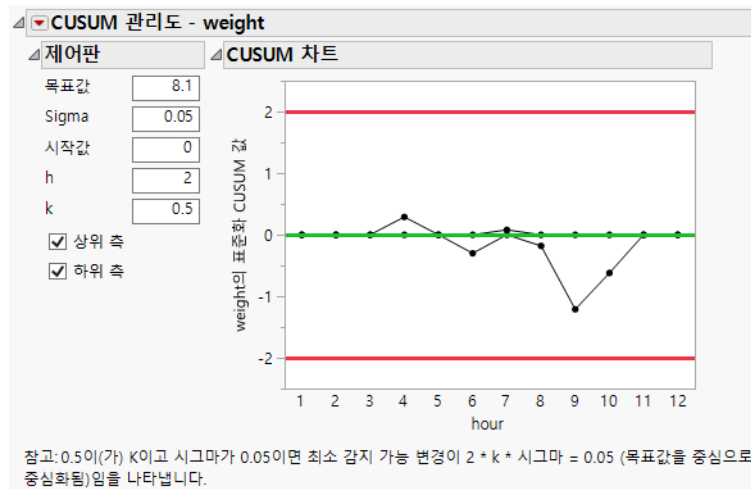
부분군이 있는 CUSUM 차트의 예

기계 하나가 8온스 캔에 2사이클 엔진 오일 첨가제를 주입합니다. 주입 공정은 통계적 관리 상태를 유지한다고 간주됩니다. 가득 주입된 캔의 평균 무게(μ_0)가 8.10 온스가 되도록 공정을 설정합니다. 이전 분석에 따르면 주입 무게의 표준편차(σ_0)는 0.05 온스입니다.

4 개 캔이 포함된 부분군 표본을 선택하고 12 시간 동안 1 시간에 한 번씩 무게를 측정했습니다. Oil1 Cusum.jmp 데이터 테이블의 각 관측값은 무게 (weight) 값 하나와 관련 시간 (hour) 값을 포함합니다. 관측값은 시간 값이 작은 것부터 순서대로 정렬됩니다. 공정에서 2σ 변화를 감지하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Oil1 Cusum.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > CUSUM 관리도**를 선택합니다.
3. weight 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. hour 를 선택하고 **X** 를 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. " 목표값 " 상자에 8.1 을 입력합니다.
이 값은 공정의 목표 평균입니다.
7. " 시그마 " 상자에 0.05 를 입력합니다.
이 값은 공정에 대해 알려진 표준편차입니다.
8. h 상자에 2 를 입력합니다.
이 값은 결정 한계를 각 방향에서 2 표준편차로 정의합니다.

그림 8.7 부분군이 있는 CUSUM 관리도



CUSUM 차트에서 결정 상한 또는 하한을 벗어나는 점이 없습니다. 즉, 공정의 변화가 발생했다는 증거가 없습니다.

참고 : Montgomery(2013)에서는 " 규모 경제가 유의하거나, 1 보다 큰 크기의 표본을 추출해야 하는 다른 타당한 이유가 있는 경우에만 1 보다 큰 크기의 부분군을 CUSUM과 함께 사용해야 한다"고 설명합니다. 테이블 형식 CUSUM 차트에서 합리적인 부분군을 사용한다고 해서 항상 차트 성능이 개선되는 것은 아닙니다.

CUSUM 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

- "CUSUM 관리도 생성에 대한 통계 상세 정보"
- "변화 감지에 대한 통계 상세 정보"
- "평균 런 길이에 대한 통계 상세 정보"

CUSUM 관리도 생성에 대한 통계 상세 정보

이 섹션에서는 CUSUM 차트 생성에 사용되는 통계량을 정의합니다. 이 중 일부 통계량은 "요약 저장" 명령을 사용하여 생성되는 데이터 테이블에도 저장됩니다.

단측 상위 및 하위 누적합

C^+ 및 C^- 의 정의는 "데이터 단위" 옵션 설정에 따라 달라집니다.

참고 : 요약 저장 데이터 테이블에서 C^+ 와 C^- 에는 각각 상위 누적합과 하위 누적합이라는 라벨이 지정됩니다.

표준화된 단위의 누적합

"데이터 단위" 옵션을 선택하지 않은 경우 각 단계의 C^+ 및 C^- 는 다음과 같이 정의됩니다.

$$C_i^+ = \max\left(0, \frac{x_i - T}{\sigma} - k + C_{i-1}^+\right)$$

$$C_i^- = \min\left(0, \frac{x_i - T}{\sigma} + k + C_{i-1}^-\right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

x_i = i 번째 단계의 반응 값

T = 공정의 목표값

σ = 공정의 표준편차

k = 표준편차 단위로 표현된 참조 값

"시작값"에 값을 지정하는 경우 해당 값이 초기 C^+ 값으로 사용되고, 이 값의 음수 값이 초기 C^- 값으로 사용됩니다. 그렇지 않은 경우 C^+ 와 C^- 의 초기값은 0입니다.

데이터 단위의 누적합

"데이터 단위" 옵션을 선택한 경우 각 단계의 C^+ 및 C^- 는 다음과 같이 정의됩니다.

$$C_i^+ = \max(0, (x_i - T) - K + C_{i-1}^+)$$

$$C_i^- = \min(0, (x_i - T) + K + C_{i-1}^-)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

x_i = i 번째 단계의 반응 값

T = 공정의 목표값

σ = 공정의 표준편차

K = 데이터 단위로 표현된 참조 값

"시작값"에 값을 지정하는 경우 해당 값이 초기 C^+ 값으로 사용되고, 이 값의 음수 값이 초기 C^- 값으로 사용됩니다. 그렇지 않은 경우 C^+ 와 C^- 의 초기값은 0입니다.

양의 런 및 음의 런 카운터

각 단계에서 N^+ 는 C^+ 에 대한 가장 최근 0 값 이후의 단계 수입니다. 각 단계에서 N^- 는 C^- 에 대한 가장 최근 0 값 이후의 단계 수입니다.

참고: 요약 저장 데이터 테이블에서 N^+ 와 N^- 에는 각각 양의 런과 음의 런이라는 라벨이 지정됩니다.

변화 감지에 대한 통계 상세 정보

차트에서 C^+ 값이 상한선 위에 있으면 양의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 C^+ 에 대한 가장 최근 0 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.

차트에서 C^- 값이 하한선 아래에 있으면 음의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 C^- 에 대한 가장 최근 0 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.

평균 런 길이에 대한 통계 상세 정보

단측 ARL(평균 런 길이) 값은 Goel and Wu(1971)에 설명된 적분 방정식 방법(24개의 가우스 점)을 사용하여 계산됩니다. "시작값"에 지정된 값이 0보다 큰 경우에는 Lucas and Crosier(1982)의 Appendix A.1에 설명된 방법으로 값이 계산됩니다.

양측 ARL 값은 다음 방정식에 의해 단측 양의 ARL 및 음의 ARL 값과 관련됩니다 .

$$\frac{1}{\text{ARL}} = \frac{1}{\text{양의 ARL}} + \frac{1}{\text{음의 ARL}}$$

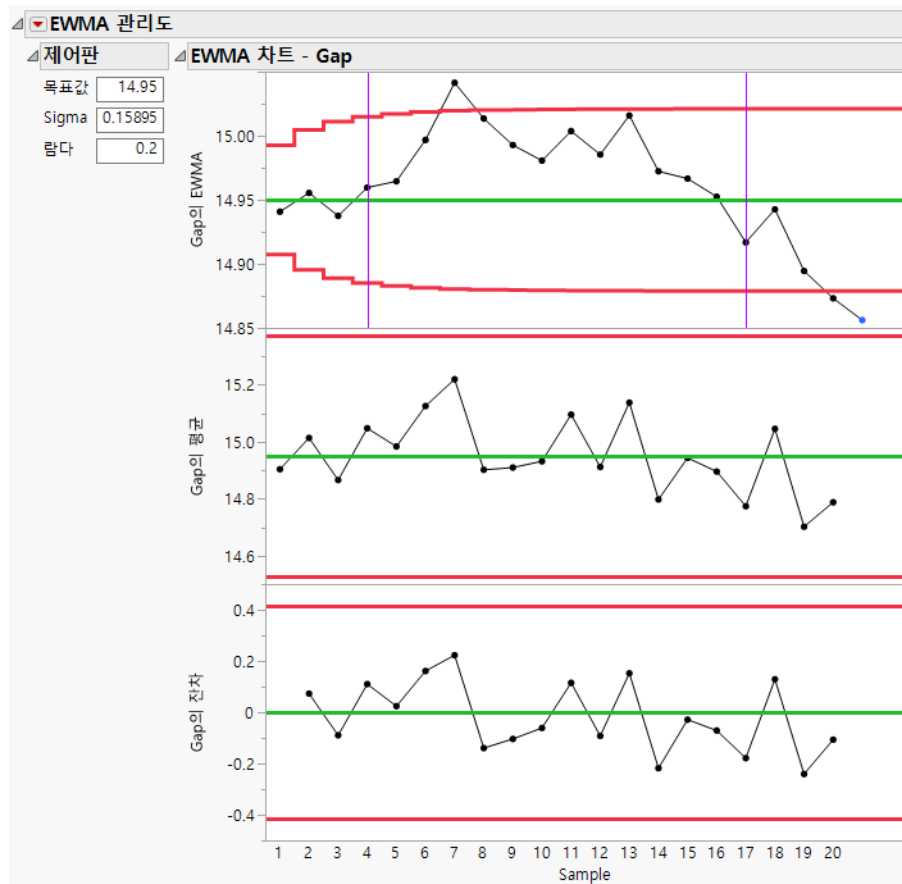
Lucas and Crosier(1982)에서는 초기 CUSUM S_0 이 0이 아닌 값으로 설정된 CUSUM 차트에 대한 "시작값" 모수의 특성을 설명합니다. 이 모수는 FIR(Fast Initial Response) 기능이라고도 합니다. 이 차트에서 제공하는 평균 런 길이 계산을 통해 공정이 관리 상태일 때는 FIR 기능이 미치는 효과가 거의 없으며, 결과적으로 초기 관리이탈 상태에 대한 반응이 표준 CUSUM 차트보다 빠르다는 것을 알 수 있습니다.

EWMA 관리도

지수 가중 관리도 생성

EWMA(지수 가중 이동 평균) 차트를 사용하여 공정의 작은 변화를 감지할 수 있습니다. EWMA 차트의 각 점은 현재 부분군 표본의 평균을 포함하여 이전의 모든 부분군 평균에 대한 가중 평균입니다. 가중치는 시간에 따라 지수적으로 감소합니다.

그림 9.1 EWMA 관리도 보고서



목차

EWMA 관리도 플랫폼 개요	247
EWMA 관리도 플랫폼의 예	247
EWMA 관리도 플랫폼 시작	249
EWMA 관리도 플랫폼 보고서	250
EWMA 관리도의 제어판	250
EWMA 차트 보고서	251
EWMA 관리도 플랫폼 옵션	252
EWMA 관리도의 평균 런 길이(ARL) 보고서	255
EWMA 관리도 플랫폼의 추가 예	256
EWMA 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	259

EWMA 관리도 플랫폼 개요

EWMA(지수 가중 이동 평균) 차트를 사용하여 공정의 작은 변화를 감지할 수 있습니다. EWMA 차트의 각 점은 현재 부분군 표본의 평균을 포함하여 이전의 모든 부분군 평균에 대한 가중 평균입니다. 가중치는 시간에 따라 지수적으로 감소합니다. 지수 가중 이동 평균 차트에 대한 자세한 내용은 Box et al. (2009) 및 Montgomery(2013) 연구 자료에서 확인하십시오.

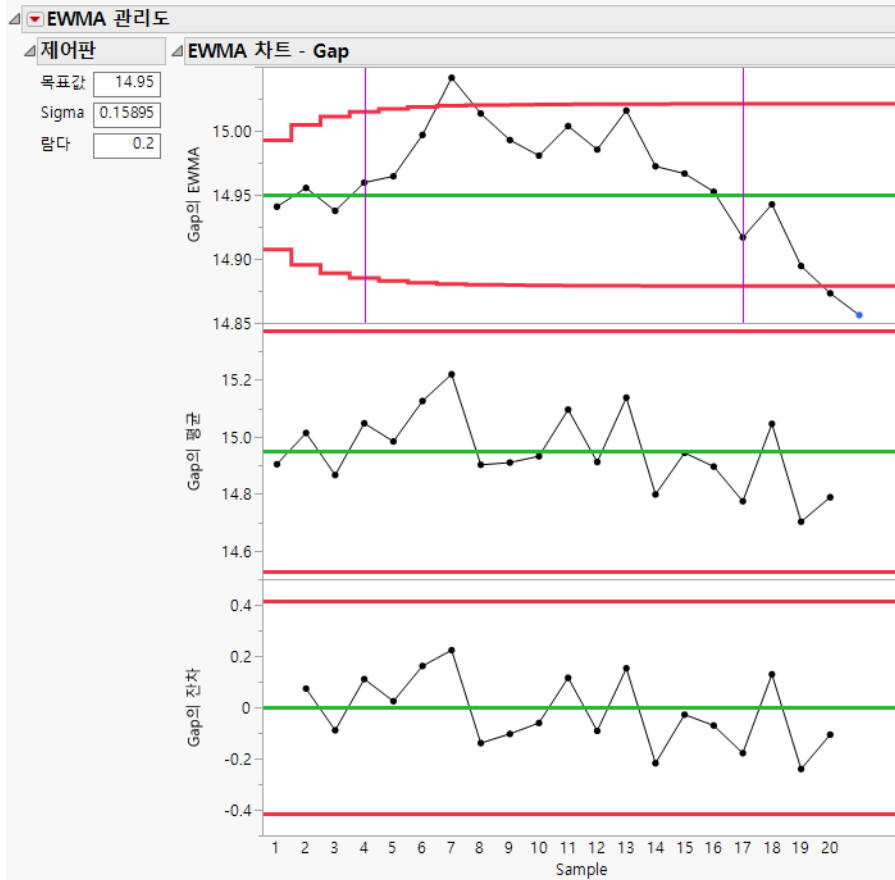
EWMA 관리도 플랫폼은 EWMA 차트와 X 차트 및 잔차 차트를 쌍으로 구성합니다. 부분군 변수를 지정하지 않은 경우 X 차트는 개별 측정값을 보여 줍니다. 부분군 변수를 지정하고 하나 이상의 부분군 크기가 1보다 큰 경우 X 차트는 XBar 차트입니다.

EWMA 관리도 플랫폼의 예

Clips1.jmp 샘플 데이터 테이블에서 관심 측도는 제조된 금속 클립의 끝부분 사이 간격입니다. 공정에서 평균 간격의 변화를 모니터링하기 위해 클립 5 개로 구성된 부분군 표본을 매일 측정했습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Clips1.jmp** 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > EWMA 관리도**를 선택합니다.
3. **Gap** 을 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. **Sample** 을 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

그림 9.2 EWMA 관리도



EWMA 차트의 보라색 세로선은 변화를 나타냅니다. 표본 4와 17에서 변화 시작이 감지되었습니다.

EWMA 관리도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > EWMA 관리도를 선택하여 EWMA 관리도 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 9.3 EWMA 관리도 시작 창

지수 가중 이동 평균을 차트로 나타냅니다.

열 선택

- ☒ 3개 열
- ☐ Sample
- ☐ Gap
- ☐ Status

☐ 데이터 중심화
☐ 제외된 영역 표시

선택한 열 역할 지정

Y	필수 숫자 선택적 숫자
부분군	선택적
기준	선택적

작업

확인
취소
제거
재호출
도움말

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

EWMA 관리도 플랫폼 시작 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

Y 차트를 생성할 변수를 식별합니다.

참고 : 부분군 변수를 지정하지 않은 경우 데이터 테이블의 행은 관측값을 수집한 순서대로 정렬되어야 합니다.

부분군 부분군 변수를 식별합니다. EWMA 차트의 가로 축은 부분군 변수로 라벨이 지정됩니다.

기준 기준 변수의 각 수준에 대해 개별 보고서를 생성합니다. 기준 변수가 둘 이상 할당되면 기준 변수의 가능한 각 수준 조합에 대해 개별 보고서가 생성됩니다.

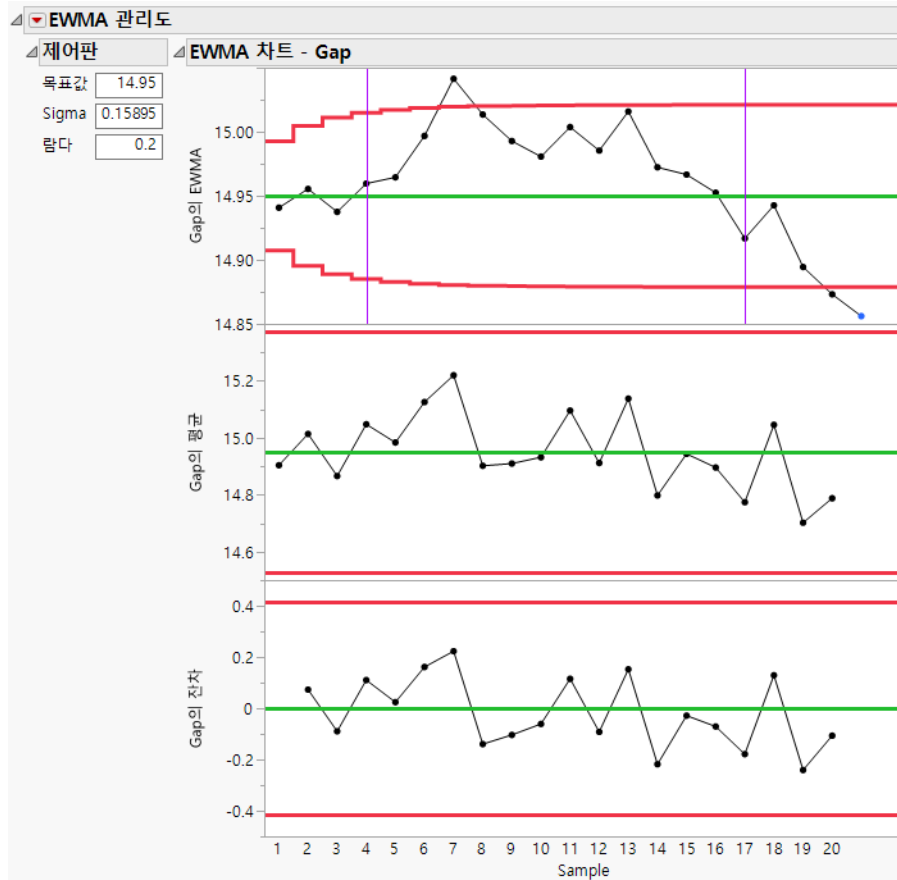
데이터 중심화 각 관측값에서 목표값을 빼서 데이터를 중심화하도록 지정합니다.

제외된 영역 표시 (부분군 변수가 지정된 경우에만 적용 가능) 데이터 테이블에서 완전히 제외된 부분군이 EWMA 관리도에 표시되도록 지정합니다.

EWMA 관리도 플랫폼 보고서

기본적으로 EWMA 관리도 플랫폼에서는 모수 제어판, EWMA 차트, X 차트 및 잔차 차트가 포함된 보고서를 생성합니다.

그림 9.4 EWMA 관리도 보고서



EWMA 관리도의 제어판

"제어판"에는 차트 모수의 현재 값이 포함됩니다. 현재 값은 모수 값을 업데이트할 수 있는 상자에 있습니다.

제어판에는 다음 옵션이 표시됩니다.

목표값 알려진 평균 값입니다. 이 값은 차트의 중심선 값입니다. 기본적으로 이 모수는 Y 열의 "규격 한계" 열 특성에 지정된 "목표값"으로 설정됩니다. Y 열의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 지정되지 않은 경우 이 모수는 Y 열의 전체 평균으로 설정됩니다.

다음과 같은 경우 목표값을 편집할 수 없습니다.

- 시작 창에서 "데이터 중심화" 옵션을 지정한 경우
- Y 변수의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 포함된 경우. 그러나 빨간색 삼각형 메뉴에서 "목표값에 전체 평균 사용" 옵션을 선택하여 "규격 한계" 열 특성의 목표값과 Y 변수의 전체 평균 간에 전환할 수 있습니다.

시그마 알려진 표준편차 값입니다. 기본적으로 이 모수는 Y 열의 평균 이동 범위로 설정됩니다. 부분군 변수가 있는 경우 시그마 모수는 부분군 평균의 이동 범위 평균으로 설정됩니다.

참고 : 기본 시그마 값 계산에는 제외된 행이 포함되지 않습니다.

람다 사전 표본에 가중치를 지정하기 위한 평활 상수 값입니다. 기본적으로 이 모수는 0.2로 설정됩니다.

*** 중심화된 데이터 사용** 이 텍스트가 있으면 시작 창에서 "데이터 중심화" 옵션이 선택되었고 EWMA 차트와 X 차트의 값이 목표값을 기준으로 중심화되었음을 나타냅니다.

EWMA 차트 보고서

"EWMA 차트" 보고서에는 EWMA 차트, X 차트 및 잔차 차트라는 세 가지 차트가 포함됩니다. 이 차트의 해석에 대한 자세한 내용은 Box et al. 연구 자료 (2009)에서 확인하십시오.

EWMA 차트

EWMA 차트는 차트 모수의 현재 값에 의해 지정된 결정 한계와 함께 EWMA(지수 가중 이동 평균)를 보여 줍니다.

- 부분군 변수를 지정하고 하나 이상의 부분군 크기가 1보다 큰 경우 가로 축은 부분군을 나타냅니다.
- 그렇지 않은 경우 가로 축은 표본을 나타냅니다.

두 경우 모두 세로 축은 지수 가중 이동 평균을 나타냅니다. 시작 창에서 "데이터 중심화" 옵션을 지정한 경우 세로 축은 목표값을 뺀 지수 가중 이동 평균을 나타냅니다. 각 표본 또는 부분군의 단일 점이 차트에 표시됩니다. 예측 점을 나타내는 파란색 점도 하나 더 있습니다.

참고 : 마지막 표본 또는 부분군이 숨겨지고 제외된 경우 마지막 표본 또는 부분군을 예측 점에 연결하는 선이 표시되지 않습니다.

X 차트

X 차트는 관측값의 Shewhart 관리도입니다.

- 부분군 변수를 지정하고 하나 이상의 부분군 크기가 1 보다 큰 경우 X 차트는 평균 값의 XBar 차트입니다. 가로 축은 부분군을 나타냅니다. 세로 축은 부분군 평균을 나타냅니다. 시작 창에서 "데이터 중심화" 옵션을 선택한 경우 세로 축은 목표값을 뺀 부분군 평균을 나타냅니다. 각 부분군의 단일 점이 차트에 표시됩니다.
- 그렇지 않은 경우 X 차트는 개별 측정값을 보여 줍니다. 가로 축은 표본을 나타냅니다. 세로 축은 측정값을 나타냅니다. 시작 창에서 "데이터 중심화" 옵션을 선택한 경우 세로 축은 목표값을 뺀 측정값을 나타냅니다. 각 표본의 단일 점이 차트에 표시됩니다.

X 차트의 한계에 대한 자세한 내용은 "관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보"에서 확인하십시오.

잔차 차트

잔차 차트를 사용하면 자기상관을 시각적으로 확인할 수 있습니다.

- 부분군 변수를 지정하고 하나 이상의 부분군 크기가 1 보다 큰 경우 잔차 차트는 각 부분군 평균과 이전 부분군의 EWMA 값 간의 차이를 보여 줍니다. i 번째 잔차는 $r_i = X_i - EWMA_{i-1}$ 로 계산되며, 여기서 X_i 는 i 번째 부분군 평균, $EWMA_{i-1}$ 은 $(i-1)$ 번째 EWMA 값을 각각 나타냅니다.
- 그렇지 않은 경우 잔차 차트는 각 표본 값과 이전 표본의 EWMA 값 간의 차이를 보여 줍니다. i 번째 잔차는 $r_i = X_i - EWMA_{i-1}$ 로 계산되며, 여기서 X_i 는 i 번째 표본 값, $EWMA_{i-1}$ 은 $(i-1)$ 번째 EWMA 값을 각각 나타냅니다.

잔차 차트의 한계는 $\pm 3 * ResidSigma$ 이며, 여기서 $ResidSigma$ 는 잔차의 표준편차입니다.

EWMA 관리도 플랫폼 옵션

"EWMA 관리도"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

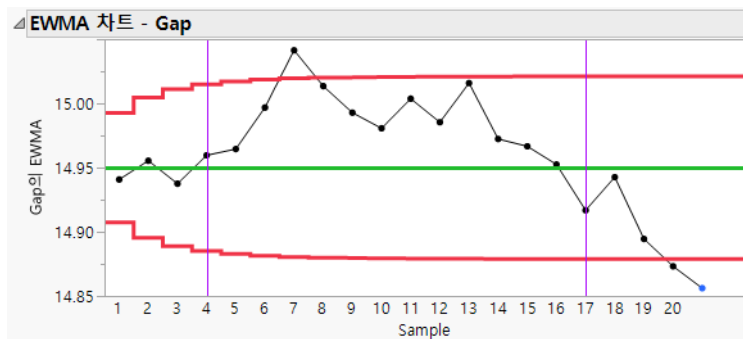
한계 표시 EWMA 차트, X 차트 및 잔차 차트에 결정 상한 및 하한을 표시하거나 숨깁니다.

중심선 표시 EWMA 차트, X 차트 및 잔차 차트에 중심선을 표시하거나 숨깁니다.

변화 선 표시 EWMA 차트에 변화를 지정하는 세로선을 표시하거나 숨깁니다. 변화 선은 변화가 시작되는 지점에 그림니다. 변화 시작은 EWMA 값이 특정 방향으로 중심선과 교차한 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.

- 차트에서 EWMA 값이 상한선 위에 있으면 양의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 목표값 선 아래에 있는 가장 최근 EWMA 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.
- 차트에서 EWMA 값이 하한선 아래에 있으면 음의 변화가 발생합니다. 변화 시작은 목표값 선 위에 있는 가장 최근 EWMA 값 이후 첫 번째 점으로 정의됩니다.

그림 9.5 변화 선의 예



이 예에서는 표본 7의 점이 상한선 위에 있습니다. 표본 7 이전을 살펴보면 목표값 선 아래에 있는 가장 최근 점이 표본 3입니다. 따라서 표본 4가 목표값 선 아래에 있는 가장 최근 점 이후 목표값 위의 첫 번째 점이며 양의 변화가 시작되는 지점으로 표시됩니다.

마찬가지로 표본 20의 점이 하한선 아래에 있고 목표값 선 위에 있는 가장 최근 점은 표본 16입니다. 따라서 표본 17이 음의 변화가 시작되는 지점으로 표시됩니다.

한계를 벗어난 경우 검정 EWMA 차트와 X 차트에서 상한선 위에 있거나 하한선 아래에 있는 모든 점 주위에 빨간색 원을 표시하거나 숨깁니다.

ARL 표시 평균 런 길이 (ARL) 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 자세한 내용은 "[EWMA 관리도의 평균 런 길이 \(ARL\) 보고서](#)"에서 확인하십시오.

제어판 모수의 현재 값을 보여 주는 보고서를 표시하거나 숨깁니다. 이 보고서를 사용하면 EWMA 차트의 모수 값을 변경할 수 있습니다.

모수 보고서 모수의 현재 값을 보여 주는 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

상수 한계 EWMA 차트의 한계가 일정하도록 점근적 표현식을 사용하여 EWMA 차트 한계를 계산하도록 지정합니다.

주의: 부분군의 표본 크기가 동일하지 않으면 "상수 한계" 옵션을 사용해도 아무 효과가 없습니다.

요약 저장 EWMA 차트의 각 부분군에 대한 통계량을 포함하는 새 데이터 테이블을 생성합니다. 부분군 수, 부분군 라벨, 부분군 크기, 부분군 평균, 변화 시작 표시자, 변화 시작 사이의 각 간격을 나타내는 값, 각 부분군의 지수 가중 이동 평균, 연속된 양의 런/음의 런 수, LCL/UCL 값 및 검정 오류 표시자 등의 통계량이 새 데이터 테이블에 저장됩니다. 예측 값은 요약 테이블의 마지막 행에 저장됩니다.

기본값으로 재설정 모든 모수를 기본값으로 재설정합니다. "람다" 플랫폼 환경 설정에 람다 값이 지정된 경우 플랫폼 환경 설정에 지정된 값으로 재설정됩니다.

참고: Y 변수의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 포함된 경우 "기본값으로 재설정" 옵션은 목표값을 "규격 한계" 열 특성에 지정된 값으로 설정합니다.

빈 부분군 다음에 EWMA 다시 시작 빈 부분군이 있을 때 이동 평균 및 한계 계산을 처리하는 방법을 지정합니다. 부분군의 모든 관측값이 결측이거나 제외된 행에 포함된 경우 부분군이 비어 있을 수 있습니다. 이 옵션을 선택하면 빈 부분군 다음에 나오는 첫 번째 비결측 부분군에서 계산이 다시 시작됩니다. 계산을 다시 시작하면 이동 평균이 전체 평균으로 재설정됩니다. 이 옵션을 선택하지 않으면 가장 최근의 비결측 부분군 이동 평균으로 EWMA 계산이 계속 됩니다.

목표값에 전체 평균 사용 (Y 변수의 "규격 한계" 열 특성에 목표값이 포함된 경우에만 사용 가능) EWMA 차트의 목표값을 Y 변수의 전체 평균으로 설정합니다. 이 옵션을 선택하지 않으면 "규격 한계" 열 특성에 지정된 목표값이 EWMA 차트의 목표값으로 설정됩니다.

중첩 차트 개별 위치 값을 EWMA 차트에 중첩할지 여부를 지정합니다. 이 옵션을 선택하면 위치 차트가 더 이상 표시되지 않습니다. 대신 위치 차트의 점은 연결되지 않은 회색 X 로 EWMA 차트에 나타납니다. "중첩 차트에 X 한계 표시" 옵션을 선택하지 않으면 위치 차트의 한계가 EWMA 차트에 나타나지 않습니다.

중첩 차트에 X 한계 표시 ("중첩 차트" 옵션을 선택한 경우에만 사용 가능) "중첩 차트" 옵션을 선택한 경우 EWMA 차트에 위치 차트의 한계를 표시하거나 숨깁니다. 위치 차트 한계는 EWMA 차트에 파선으로 표시됩니다.

참고 : "한계를 벗어난 경우 검정" 옵션은 "중첩 차트에 X 한계 표시" 옵션을 선택한 경우에만 중첩 차트의 위치 차트 값에 적용됩니다.

람다 슬라이더 람다 모수의 값을 대화식으로 변경할 수 있는 슬라이더 컨트롤을 표시하거나 숨깁니다.

X 차트 표시 EWMA 차트 아래에 위치 차트를 표시하거나 숨깁니다.

참고 : "중첩 차트" 옵션이 선택된 경우 "X 차트 표시" 옵션은 EWMA 차트에 중첩된 개별 위치 값과 한계를 표시하거나 숨깁니다.

잔차 차트 표시 잔차 차트를 표시하거나 숨깁니다.

경보 스크립트 데이터가 특수 원인 검정에 실패했음을 나타내는 스크립트를 작성하고 실행할 수 있습니다. 결과를 파일 또는 로그에 쓰거나 이메일로 보낼 수 있습니다. 검정이 실패한 이유에 대한 설명을 포함하는 옵션이 있습니다.

경보 스크립트가 호출되면 실행된 스크립트와 후속 JSL 스크립트에서 모두 다음 변수를 사용할 수 있습니다.

`qc_col` - 열 이름

`qc_test` - 실패한 검정

`qc_sample` - 표본 번호

팁 : 경보 스크립트를 지정한 후 "한계를 벗어난 경우 검정" 옵션을 설정하면 경보 스크립트가 호출됩니다.

사용자 경보 스크립트 작성에 대한 자세한 내용은 **Scripting Guide** 의 에서 확인하십시오.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용의** 에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

EWMA 관리도의 평균 런 길이 (ARL) 보고서

"평균 런 길이 (ARL)" 보고서에는 ARL 값의 테이블과 그래프가 포함됩니다. 지정된 변화에 대한 ARL(평균 런 길이)은 관리이탈 신호가 발생하기 전에 예상되는 평균 런 수입니다. 예를 들어 ARL(0)은 공정이 관리 상태일 때 오경보 신호가 발생하기 전까지 예상되는 평균 런 수를 나타냅니다. 공정이 관리 상태일 때 변화 크기는 0입니다.

ARL 보고서의 테이블과 그래프를 사용하면 람다 모수의 다양한 설정이 해당 EWMA 차트의 성능에 어떤 영향을 주는지 살펴볼 수 있습니다. 또한 테이블과 그래프를 통해 EWMA 차트 성능을 Shewhart 차트(예: EWMA 차트 보고서의 X 차트)와 비교할 수도 있습니다. Shewhart ARL 열은 람다가 1로 설정된 경우 EWMA ARL 열과 동일합니다.

EWMA의 ARL(0) 값은 "상수 한계" 옵션 설정에 따라 달라집니다.

- "상수 한계" 옵션을 선택하면 공정이 시작 값의 영향을 무시할 수 있을 만큼 오랫동안 관리 상태를 유지하고 있다고 가정합니다. 이 경우를 정상 상태의 EWMA 차트라고도 하며 Crowder(1987)에 설명된 방법을 사용하여 EWMA ARL(0) 값을 계산합니다.
- "상수 한계" 옵션을 선택하지 않으면 Knoth(2004)에 설명된 방법을 사용하여 EWMA ARL(0) 값을 계산합니다. 이 경우를 0 상태의 EWMA 차트라고도 합니다.

ARL 보고서

"ARL 보고서"에는 0.25씩 증가하는 0~3 사이의 표준화된 변화(Δ)에 대한 평균 런 길이가 표시됩니다. 변화는 $\sqrt{n} * \text{RawShift} / \text{Sigma}$ 로 나타내며, 여기서 n 은 각 부분군의 상수 표본 크기입니다. 관리 한계를 계산하는 데 사용되는 승수의 경우 $K=3$ 이 가정됩니다. 이 테이블에는 EWMA 차트 및 Shewhart 차트에 대한 ARL 값이 포함됩니다.

ARL 그래프

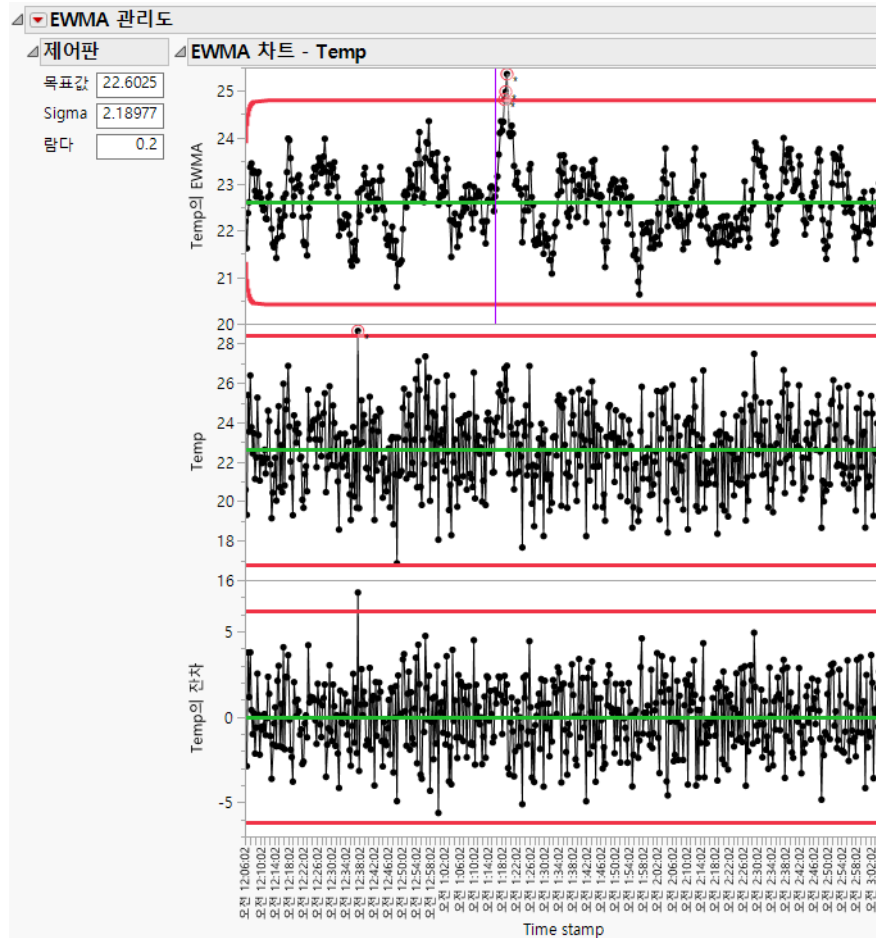
"ARL 그래프"에는 0~3 사이의 표준화된 변화(Δ)에 대한 평균 런 길이가 표시됩니다. 이 그래프에는 ARL 그래프 왼쪽에 있는 ARL 테이블과 동일한 데이터 점이 포함됩니다. 실선은 EWMA ARL 값에 해당하고 파선은 Shewhart ARL 값에 해당합니다.

EWMA 관리도 플랫폼의 추가 예

이 예에서는 EWMA 관리도에 부분군 점과 한계를 중첩하는 차트를 생성합니다. 이렇게 하면 부분군 점의 컨텍스트에서 EWMA 점을 볼 수 있습니다. Quench.jmp 샘플 데이터 테이블에는 자기 냉각 시 온도에 대해 시뮬레이션된 관측값이 포함되어 있습니다. 초전도 코일의 일부가 저항 상태가 되고 온도가 상승하면 자기 냉각이 발생합니다. 이 경우 핵융합로 격납 용기가 위험에 노출될 수 있습니다. 누출을 방지하려면 즉시 자석 전원 공급을 차단해야 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Quench.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > EWMA 관리도**를 선택합니다.
3. Temp 를 선택하고 **Y** 를 클릭합니다.
4. Time stamp 를 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.
6. "EWMA 관리도" 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계를 벗어난 경우 검정**을 선택합니다.

그림 9.6 한계를 벗어난 점이 강조 표시된 EWMA 차트



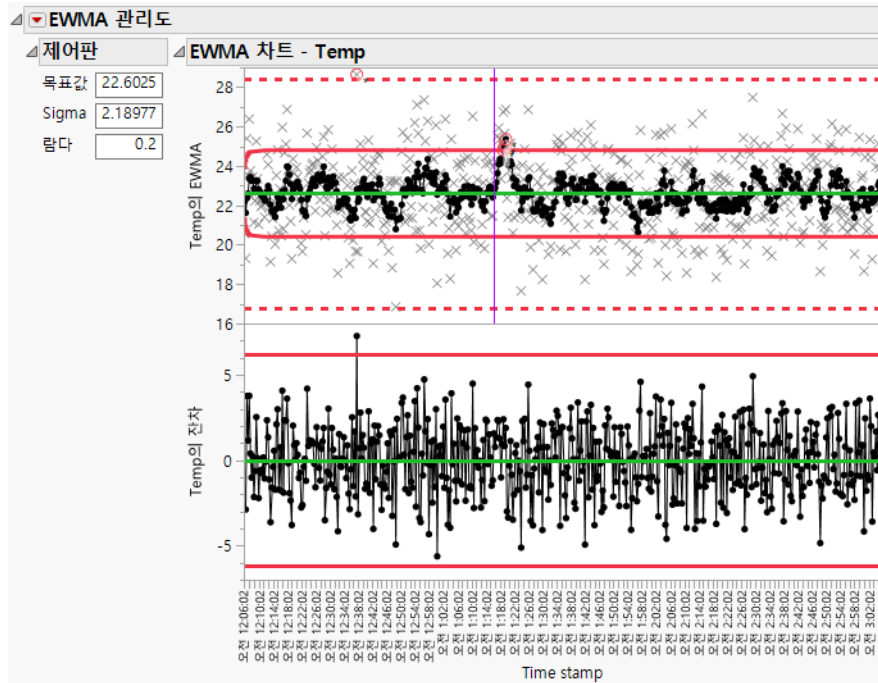
EWMA 차트에서 세 개의 관측값이 한계를 벗어나고 X 차트에서는 한 개의 관측값이 한계를 벗어납니다. 한계를 벗어난 관측값은 빨간색 원으로 표시되어 있습니다. EWMA 차트의 보라색 세로선은 대략 오전 1시 16분 정도에 발생한 상향 변화를 나타냅니다.

7. "EWMA 관리도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **중첩 차트**를 선택합니다.

기본적으로 X 차트 한계는 중첩 차트에 표시되지 않으므로 X 한계를 벗어나는 관측값을 원으로 표시하려면 중첩 차트에 X 한계를 표시하도록 설정해야 합니다.

8. "EWMA 관리도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **중첩 차트에 X 한계 표시**를 선택합니다.

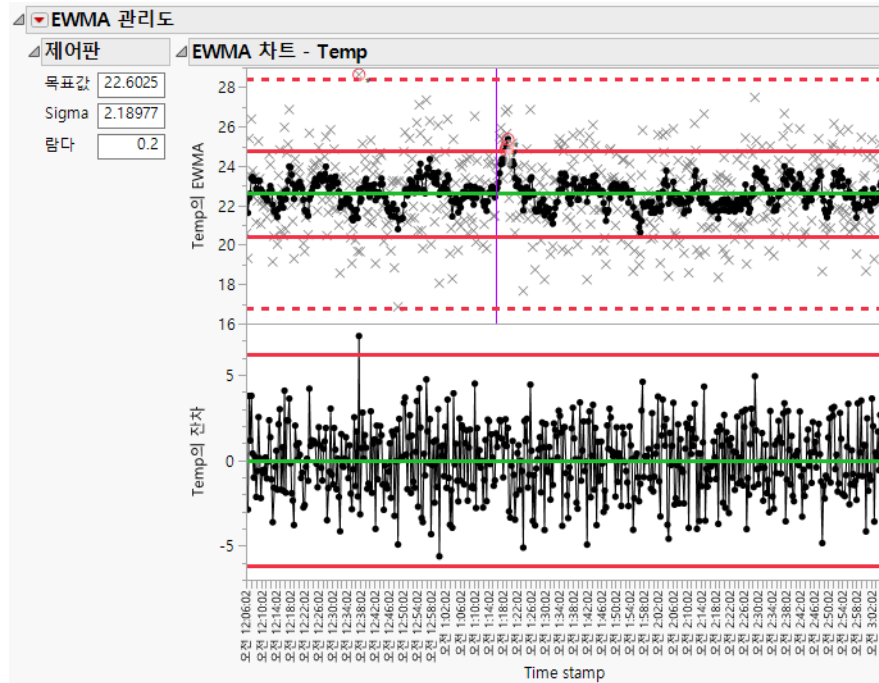
그림 9.7 X 차트가 중첩된 EWMA 차트



위쪽 차트의 실선과 원은 EWMA 차트의 한계와 점을 나타냅니다. 파선과 x 표식은 X 차트의 한계와 점을 나타냅니다. EWMA 한계 및 X 한계를 벗어나는 관측값은 원으로 표시되어 있습니다.

9. "EWMA 관리도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **상수 한계**를 선택합니다.

그림 9.8 상수 한계를 사용한 EWMA 차트



데이터의 시간 범위가 너무 길어서 점근적 한계가 처음 몇 개 부분군에 대해서만 원래 EWMA 한계와 다릅니다. 이 경우 EWMA 한계 대신 상수 (점근적) 한계를 사용할 수 있습니다.

EWMA 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

이 섹션에서는 EWMA 차트 생성에 사용되는 통계량을 정의합니다. 이 중 일부 통계량은 "요약 저장" 명령을 사용하여 생성되는 데이터 테이블에도 저장됩니다.

EWMA 차트의 i 번째 점은 다음과 같이 계산됩니다.

$$EWMA_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)EWMA_{i-1}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

λ = 람다 모수

X_i = i 번째 표본 값 또는 부분군 평균

$EWMA_{i-1}$ = $(i-1)$ 번째 EWMA 값

$i=1$ 이면 $EWMA_0$ 을 목표값으로 정의합니다.

참고 : " 빈 부분군 다음에 EWMA 다시 시작 " 옵션을 선택한 경우 빈 부분군 다음에 나오는 $EWMA_{i-1}$ 값은 목표값입니다. "빈 부분군 다음에 EWMA 다시 시작" 옵션을 선택하지 않은 경우 빈 부분군 다음에 나오는 $EWMA_{i-1}$ 값은 비어 있지 않은 가장 최근 부분군에 대한 EWMA 값입니다.

EWMA 차트의 관리 한계 계산은 "상수 한계" 옵션 설정에 의해 결정됩니다.

EWMA 한계

" 상수 한계 " 옵션을 선택하지 않은 경우 부분군 크기가 같지 않으면 EWMA 관리 한계가 다음과 같이 계산됩니다.

$$LCL = T - K\sigma\lambda \sqrt{\sum_{j=1}^i \frac{(1-\lambda)^{2(i-j)}}{n_j}}$$

$$UCL = T + K\sigma\lambda \sqrt{\sum_{j=1}^i \frac{(1-\lambda)^{2(i-j)}}{n_j}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

T = 목표값

K = 시그마 승수 (기본값 3)

σ = 시그마 값

i = 표본 또는 부분군 수

n_i = 부분군 i 의 크기

" 상수 한계 " 옵션을 선택하지 않은 경우 부분군 크기가 같으면 EWMA 관리 한계 계산식이 다음과 같이 단순화됩니다.

$$LCL = T - K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]}$$

$$UCL = T + K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

T = 목표값

K = 시그마 승수 (기본값 3)

σ = 시그마 값

i = 표본 또는 부분군 수

n = 각 부분군의 크기 (부분군이 지정되지 않은 경우 1)

상수 한계

" 상수 한계 " 옵션을 선택한 경우 EWMA 관리 한계가 다음과 같이 계산됩니다 .

$$LCL = T - K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)}}$$

$$UCL = T + K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{n(2-\lambda)}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

T = 목표값

K = 시그마 승수 (기본값 3)

σ = 시그마 값

n = 부분군 크기 (부분군이 지정되지 않은 경우 1)

지수 가중 이동 평균 차트의 생성에 대한 자세한 내용은 Montgomery 연구 자료([2013](#))에서 확인하십시오.

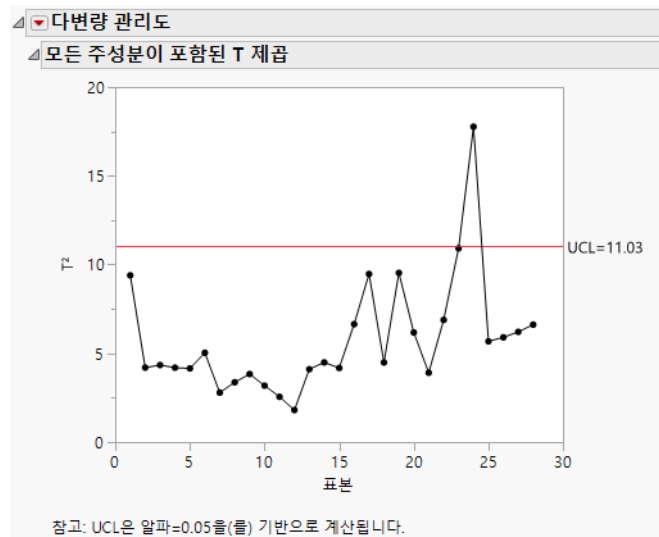
10 장

다변량 관리도 여러 공정 특성 동시 모니터링

다변량 관리도는 서로 관련된 두 개 이상의 공정 변수를 모니터링하는 데 사용됩니다. 단변량 관리도를 사용하여 단일 독립 공정 특성을 모니터링하는 경우 공정 변수 간에 상관관계가 있으면 다변량 관리도가 필요합니다. 다변량 관리도 플랫폼을 사용하면 Hotelling T^2 차트를 생성할 수 있습니다. 공정의 안정성 여부를 판별하는 것은 물론 새 데이터를 수집할 때 공정을 모니터링하려면 이 플랫폼을 사용할 수 있습니다.

복합 공정의 모니터링 및 진단에 대한 자세한 내용은 "[모형 기반 다변량 관리도](#)"에서 확인하십시오.

그림 10.1 다변량 관리도의 예



목차

다변량 관리도 개요	265
다변량 관리도의 예	265
다변량 관리도 플랫폼 시작	268
다변량 관리도	269
다변량 관리도 플랫폼 옵션	270
분할된 T 제공	271
변화 지점 감지	271
주성분	272
다변량 관리도의 추가 예	273
부분군으로 묶은 데이터를 사용한 공정 모니터링의 예	273
분할된 T 제공의 예	276
변화 지점 감지의 예	278
다변량 관리도에 대한 통계 상세 정보	280
개별 관측값에 대한 통계 상세 정보	280
합리적 부분군의 관측값에 대한 통계 상세 정보	281
변화 지점 감지에 대한 통계 상세 정보	284

다변량 관리도 개요

다변량 관리도는 서로 관련된 두 개 이상의 공정 변수를 모니터링하는 데 사용됩니다. 단변량 관리도를 사용하여 단일 독립 공정 특성을 모니터링하는 경우 공정 변수 간에 상관관계가 있으면 다변량 관리도가 필요합니다. Hotelling T^2 차트(줄여서 T^2 차트)는 다변량 관리도의 한 유형입니다. T^2 차트는 서로 관련된 여러 변수 간의 관계 또는 평균 변화를 감지할 수 있습니다. 관측값은 공정 변수의 개별 관측값이거나 합리적 부분군으로 그룹화할 수 있습니다.

현재 또는 과거 데이터를 사용하여 다변량 관리도를 생성할 수 있습니다. 현재 데이터를 사용하여 생성되는 경우 단계 I 차트라고 하고, 과거 데이터 집합의 목표 통계량을 사용하여 생성되는 경우 단계 II 차트라고 합니다. 단계 I에서는 공정이 안정적인지 확인하고 공정에 대한 목표 통계량을 계산할 과거 데이터 집합을 구성합니다. 단계 II에서는 다변량 관리도에 단계 I의 목표 통계량을 사용하여 새 공정 관측값을 모니터링합니다.

단계 II 다변량 관리도를 생성하려면 먼저 공정이 안정적이고 공정 능력이 있는 기간을 식별합니다.

1. 이 기간 동안 공정이 안정적인지 확인하기 위해 단계 I 관리도를 만듭니다.
단계 I에 사용된 데이터는 과거 데이터 집합을 제공합니다.
2. 이 과거 데이터 집합에 대한 목표 통계량을 저장합니다.
3. 2 단계에서 저장한 목표 통계량을 기반으로 하는 단계 II 관리도를 사용하여 진행 중인 공정을 모니터링합니다.

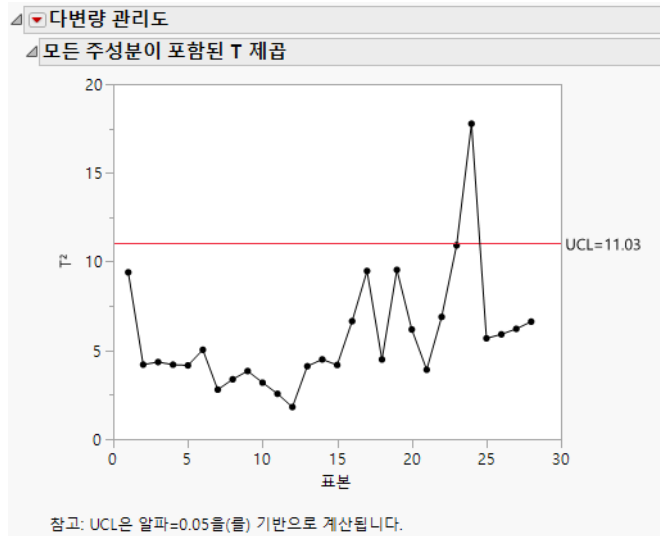
다변량 관리도의 예

이 예에서는 부분군으로 묶지 않은 데이터에 대한 관리도를 생성하는 것을 보여 줍니다. 데이터는 증기 터빈 엔진에서 측정한 값입니다. 부분군으로 묶은 데이터를 사용하는 예는 "[부분군으로 묶은 데이터를 사용한 공정 모니터링의 예](#)"에서 확인하십시오.

1 단계 : 공정의 안정성 여부 확인

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Steam Turbine Historical.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. 열을 모두 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
4. **확인**을 클릭합니다.

그림 10.2 초기 다변량 관리도



관리이탈 점이 하나뿐이므로 공정이 합리적인 통계적 관리 상태에 있는 것으로 보입니다. 따라서 이 데이터를 기반으로 목표값을 생성하는 것이 좋습니다.

2 단계 : 목표 통계량 저장

1. "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **목표 통계량 저장**을 선택합니다.
이렇게 하면 공정에 대한 목표 통계량이 포함된 새 데이터 테이블이 생성됩니다.

그림 10.3 증기 터빈 데이터에 대한 목표 통계량

	Ref_Stats	Fuel	Steam Flow	Steam Temp	MW	Cool Temp	Pressure
1	_SampleSize	28	28	28	28	28	28
2	_NumSample	1	1	1	1	1	1
3	_Mean	237595.78571	179015.78571	846.39285714	20.647142857	53.871428571	29.139285714
4	_Std	7247.6859825	4374.3063819	2.9481857034	0.5341650261	0.2088010623	0.0497347461
5	_Corr_Fuel	1	0.8714382899	-0.549875041	0.8558570808	-0.270049819	-0.469928462
6	_Corr_Steam Flow	0.8714382899	1	-0.629023927	0.9852529223	-0.223127002	-0.533056185
7	_Corr_Steam Te...	-0.549875041	-0.629023927	1	-0.595214609	0.2475387217	0.2192147319
8	_Corr_MW	0.8558570808	0.9852529223	-0.595214609	1	-0.207305813	-0.50447312
9	_Corr_Cool Temp	-0.270049819	-0.223127002	0.2475387217	-0.207305813	1	0.3617461646
10	_Corr_Pressure	-0.469928462	-0.533056185	0.2192147319	-0.50447312	0.3617461646	1

2. 새 데이터 테이블을 **Steam Turbine Targets.jmp** 로 저장합니다.

목표 통계량이 설정되었으므로 공정을 모니터링하는 다변량 관리도를 생성합니다.

3 단계 : 공정 모니터링

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Steam Turbine Current.jmp** 를 엽니다.

이 샘플 데이터 테이블에는 공정의 최근 관측값이 포함되어 있습니다.

2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도를 선택합니다.
3. 열을 모두 선택하고 Y, 열을 클릭합니다.
4. 목표값 가져오기를 클릭합니다.
5. 저장한 Steam Turbine Targets.jmp 테이블을 엽니다.
6. 확인을 클릭합니다.

기본 유의 수준이 0.05로 설정되어 있습니다. 이 값을 0.001로 변경합니다.

7. "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 유의 수준 설정 > 기타를 선택합니다.
8. 0.001 을 입력하고 확인을 클릭합니다.

그림 10.4 Steam Turbine(증기 터빈) 관리도

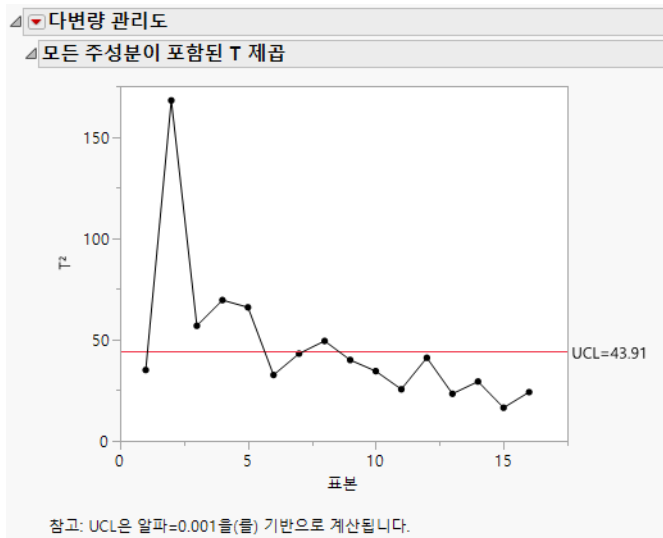


그림 10.4에서는 관측값 2, 3, 4, 5, 8에서 발생하는 관리이탈 상태를 보여 줍니다. 이 결과는 해당 관측값이 Steam Turbine Historical.jmp의 과거 데이터에 부합하지 않으며 공정에 대한 추가 조사가 필요하다는 의미입니다. 지정 가능한 원인을 찾기 위해 개별 단변량 관리도를 검토하거나 다른 단변량 절차를 수행할 수 있습니다.

다변량 관리도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도를 선택하여 다변량 관리도 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 10.5 다변량 관리도 시작 창

개별 측정값에 대한 다변량 T² 통계량 차트를 생성합니다.

열 선택

▼ 6개 열

- Fuel
- Steam Flow
- Steam Temp
- MW
- Cool Temp
- Pressure

선택한 열 역할 지정

Y, 열

필수 숫자
선택적 숫자

부분군

선택적

그룹

선택적

가중치

선택적 숫자

빈도

선택적 숫자

기준

선택적

작업

확인

취소

제거

재호출

도움말

목표값 가져오기

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

다변량 관리도 플랫폼 시작 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

Y, 열 분석할 열을 지정합니다.

부분군 부분군으로 묶은 데이터가 포함된 열을 입력합니다. 이 그룹은 계층에서 **그룹**에 내포됩니다.

그룹 최상위 계층 수준에서 소속 그룹을 지정하는 열을 입력합니다.

가중치 데이터에 가중치 (중요도 또는 영향력)를 할당하는 데 사용할 변수가 있는 데이터 테이블 열을 식별합니다.

빈도 각 행에 빈도를 할당하는 데 사용할 값이 있는 데이터 테이블 열을 식별합니다. 데이터 테이블에 요약 데이터가 포함된 경우 유용할 수 있습니다.

기준 변수의 각 수준에 대한 개별 분석으로 구성된 보고서를 생성하는 열을 식별합니다.

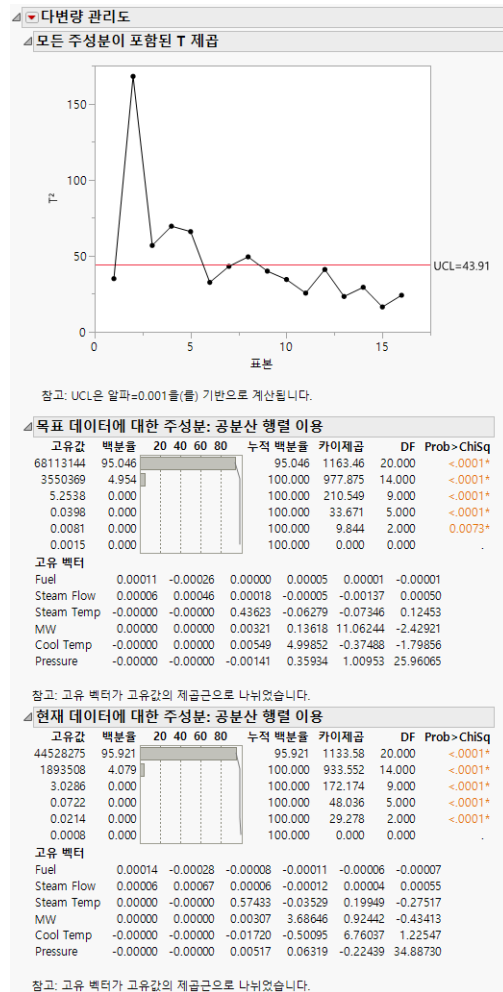
목표값 가져오기 클릭하여 공정의 과거 목표값이 포함된 JMP 테이블을 선택합니다.

다변량 관리도

다변량 관리도를 사용하여 공정의 변화를 빠르게 식별하고, 공정을 모니터링하여 특수 원인을 표시할 수 있습니다.

그림 10.6에 표시된 것과 같은 결과를 생성하려면 "다변량 관리도의 예"에 설명된 방법을 따르십시오.

그림 10.6 다변량 관리도



팁: 기타 옵션에 대한 자세한 내용은 "다변량 관리도 플랫폼 옵션"에서 확인하십시오.

다변량 관리도에는 Hotelling T^2 통계량이 표시됩니다. 목표값이 지정되었는지 여부에 따라 관리 한계 계산이 달라집니다. T^2 통계량 및 UCL(관리 상한)의 계산 방식을 이해하려면 "[다변량 관리도에 대한 통계 상세 정보](#)"의 내용을 참조하십시오. 관리 한계에 대한 자세한 내용은 Tracy et al. 연구 자료 (1992)에서 확인하십시오.

이 예에서 두 데이터 집합에 대한 주성분 보고서는 첫 번째 주성분에 해당하는 첫 번째 고유값이 변수에서 발생하는 총 변동의 95%를 설명한다는 것을 나타냅니다. 두 고유 벡터 테이블의 값은 첫 번째 주성분이 주로 Fuel 및 Steam Flow 변수를 기반으로 한다는 것을 나타냅니다. 이 정보를 사용하여 첫 번째 성분만 기반으로 하는 민감도가 더 높은 관리도를 생성할 수 있습니다. 주성분 보고서에 대한 자세한 내용은 "[주성분](#)"에서 확인하십시오.

다변량 관리도 플랫폼 옵션

"다변량 관리도"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

T 제곱 차트 T^2 차트를 표시합니다. Hotelling T^2 차트는 상관을 고려한 XBar 차트의 다변량 확장입니다.

분할된 T 제곱 Y의 주성분을 기반으로 다변량 관리도를 생성합니다. T^2 에 대한 주성분 수를 지정합니다. 자세한 내용은 "[분할된 T 제곱](#)"에서 확인하십시오.

유의 수준 설정 관리 한계를 계산하는 데 사용되는 α 수준을 설정합니다. 기본값은 $\alpha=0.05$ 입니다.

공분산 표시 공분산 보고서를 표시합니다. 공분산은 두 변수 간의 선형 관계를 나타내는 측도입니다. 부분군 변수를 지정한 경우 합동 공분산 보고서가 표시됩니다.

상관 표시 상관 보고서를 표시합니다. 부분군 변수를 지정한 경우 합동 상관 보고서가 표시됩니다.

공분산 역행렬 표시 공분산 역행렬 보고서를 표시합니다. 공분산 역행렬이 특히 행렬인 경우 공분산 행렬의 일반화 역행렬이 보고됩니다. 부분군 변수를 지정한 경우 합동 공분산 역행렬 보고서가 표시됩니다.

역상관 표시 역상관 보고서를 표시합니다. 역상관이 특히 행렬인 경우 상관 행렬의 일반화 역행렬이 보고됩니다. 부분군 변수를 지정한 경우 합동 역상관 보고서가 표시됩니다.

평균 표시 각 그룹의 평균을 포함하는 그룹 평균 보고서를 표시합니다.

T 제곱 저장 T^2 값이 포함된 새 열을 데이터 테이블에 생성합니다.

T 제곱 계산식 저장 데이터 테이블에 새 열을 생성합니다. T^2 값의 계산식을 이 열에 저장합니다.

목표 통계량 저장 공정에 대한 목표 통계량이 포함된 데이터 테이블을 새로 생성합니다. 목표 통계량에는 표본 크기, 표본 수, 평균, 표준편차 및 상관이 포함됩니다.

변화 지점 감지 (부분군으로 묶은 데이터에는 사용 불가능) 행 번호별로 검정 통계량의 변화 지점 감지 그림을 표시하고 변화 지점이 나타나는 행 번호를 알려 줍니다. 자세한 내용은 "[변화 지점 감지](#)"에서 확인하십시오.

주성분 고유값과 해당 고유 벡터를 보여 주는 보고서를 표시합니다. 주성분은 모니터링 중인 많은 변수 중 공정 변동의 주요 원인이 되는 변수를 파악하는 데 도움이 됩니다. 자세한 내용은 "[주성분](#)"에서 확인하십시오.

주성분 저장 척도화된 주성분이 포함된 새 열을 데이터 테이블에 생성합니다.

분할된 T 제공

상관관계가 있는 많은 공정 특성을 모니터링하는 경우 "분할된 T 제공" 옵션을 사용하여 주성분에 기반한 관리도를 생성할 수 있습니다. 소수의 주성분이 측정값 변동의 많은 부분을 설명하는 경우 이러한 큰 주성분에 기반한 다변량 관리도가 차원이 높은 원래 데이터에 기반한 차트보다 더 민감할 수 있습니다.

"분할된 T 제공" 옵션은 공분산 행렬의 상태가 잘못된 경우에도 유용합니다. 이 경우 고유값이 작은 성분, 즉 변동을 거의 설명하지 않는 성분은 T^2 에 잘못된 영향을 크게 미칠 수 있습니다. 공정 동작을 연구할 때 중요도가 낮은 이러한 성분을 분리하면 유용합니다.

"분할된 T 제공" 옵션을 선택한 후에는 사용할 주성분 수를 결정해야 합니다.

이 옵션은 "큰 주성분이 포함된 T 제공"과 "작은 주성분이 포함된 T 제공"이라는 두 개의 다변량 관리도를 생성합니다. 옵션을 처음 선택할 때 r 을 주성분 수로 입력한다고 가정해 보겠습니다. 큰 주성분이 포함된 차트는 r 개의 최대 고유값에 해당하는 r 개의 주성분을 기반으로 합니다. 이는 "주성분: 공분산 행렬 이용" 보고서의 "백분율" 및 "누적 백분율" 열에 표시된 것과 같이 변동을 가장 많이 설명하는 r 개의 성분입니다. 작은 주성분이 포함된 차트는 나머지 주성분을 기반으로 합니다.

부분군이 주어진 경우 큰 주성분 차트의 T^2 값과 작은 주성분 차트의 T^2 값을 합산하면 "모든 주성분이 포함된 T^2 " 보고서에 표시된 전체 T^2 통계량이 됩니다. 분할된 T^2 값의 계산 방식에 대한 자세한 내용은 Kourti and MacGregor 연구 자료(1996)에서 확인하십시오.

팁: T^2 통계량을 분해하는 경우 모형 기반 다변량 관리도 플랫폼을 사용하는 것이 좋습니다. 자세한 내용은 "[모형 기반 다변량 관리도](#)"에서 확인하십시오.

변화 지점 감지

데이터 집합이 다변량 개별 관측값으로 구성된 경우 평균 벡터, 공분산 행렬 또는 둘 다에서 변화를 감지하는 관리도를 만들 수 있습니다. 이 방법은 데이터를 분할하고 변화에 대한 가능도비 검정 통계량을 계산합니다. 관리도에 표시되는 통계량은 관측값의 가능도비 검정 통계량을 다음 값의 곱으로 나눈 값입니다.

- 근사 기대값 (변화가 없다고 가정)
- 관리 상한에 대한 근사값

근사 관리 상한으로 나누면 유효 관리 상한인 1에 대해 점을 표시할 수 있습니다. 변화 지점 감지 그림은 관리도 통계량의 최대화된 값에서 발생하는 변화에 대한 변화 지점을 쉽게 보여 줍니다. JMP의 변화 지점 감지 구현은 Sullivan and Woodall(2000)을 기반으로 하며 "[변화 지점 감지에 대한 통계 상세 정보](#)"에서 설명합니다.

참고 : 변화 지점 감지 방법은 데이터의 단일 변화를 표시하는 것이 목적입니다 . 이 방법을 반복 적용하여 여러 변화를 감지할 수 있습니다 .

변화 지점 감지 그림의 경우 다음 사항에 유의하십시오 .

- 1.0 보다 큰 값은 데이터의 변화 가능성을 나타냅니다 .
- 변화 지점 감지 그림의 관리도 통계량은 관심 있는 가능도비 통계량 (평균 벡터 또는 공분산 행렬) 을 정규화 계수로 나누어 구할 수 있습니다 .
- 변화 지점 감지 그림에 대한 검정 통계량 값이 최대인 관측값에서 데이터 변화 지점이 나타 납니다 .

산점도 행렬의 경우 다음 사항에 유의하십시오 .

- 이 그림에서는 표본 평균 벡터의 변화를 보여 줍니다 .
- " **변화 지점 감지의 예** "에서는 데이터가 두 그룹으로 구분됩니다 . 처음 24 개 관측값은 첫 번째 그룹으로 분류됩니다 . 나머지 관측값은 두 번째 그룹으로 분류됩니다 .

주성분

주성분 보고서에는 다음 정보가 포함됩니다 .

고유값 공분산 행렬에 대한 고유값입니다 .

백분율 해당하는 고유 벡터에 의해 설명된 변동의 백분율입니다 . 포함된 막대 차트도 표시됩니다 .

누적 백분율 고유값에 해당하는 고유 벡터에 의해 설명된 변동의 누적 백분율입니다 .

카이제곱 데이터에 남아 있는 상관이 랜덤 특성인지 여부에 대한 검정을 제공합니다 . 이 검정은 구형성 Bartlett 검정입니다 . 이 검정이 귀무가설을 기각하면 데이터에 이 고유값과 관련된 구조가 남아 있음을 의미합니다 .

DF 카이제곱 검정과 관련된 자유도입니다 .

Prob > ChiSq 검정의 p 값입니다 .

고유 벡터 고유값에 해당하는 고유 벡터 테이블입니다 . 각 고유 벡터는 해당 고유값의 제곱근으로 나눕니다 .

주성분에 대한 자세한 내용은 **Multivariate Methods**의 에서 확인하십시오 .

다변량 관리도의 추가 예

- "부분군으로 묶은 데이터를 사용한 공정 모니터링의 예"
- "분할된 T 제곱의 예"
- "변화 지점 감지의 예"

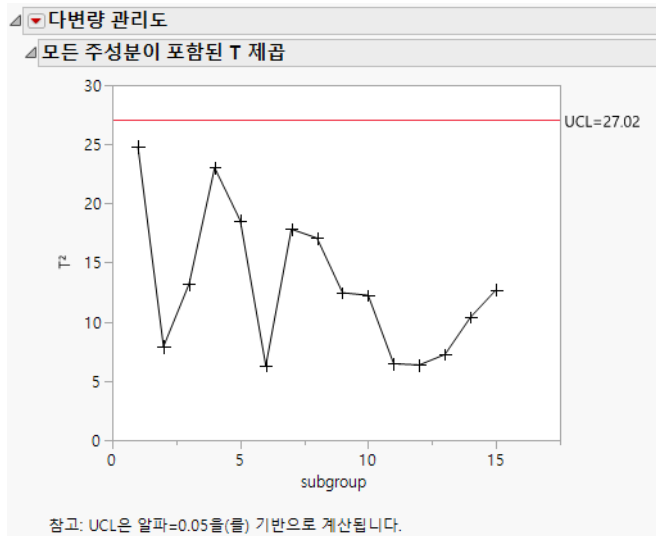
부분군으로 묶은 데이터를 사용한 공정 모니터링의 예

부분군으로 묶은 데이터를 사용하는 다변량 공정 모니터링의 워크플로우는 개별 데이터에 대한 워크플로우와 비슷합니다. 자세한 내용은 "다변량 관리도의 예"에서 확인하십시오. 초기 관리도를 생성하여 목표 통계량을 저장한 후 이러한 목표값을 사용하여 공정을 모니터링합니다.

1 단계 : 공정의 안정성 여부 확인

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Aluminum Pins Historical.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. **Diameter** 및 **Length** 열을 모두 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
4. **subgroup**을 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

그림 10.7 부분군으로 묶은 데이터의 다변량 관리도 - 1 단계



공정이 통계적 관리 상태에 있는 것으로 보이며 이 데이터를 사용하여 목표값을 생성할 수 있습니다.

2 단계 : 목표 통계량 저장

1. "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **목표 통계량 저장**을 선택합니다.
이렇게 하면 공정에 대한 목표 통계량이 포함된 새 데이터 테이블이 생성됩니다.
2. 새 데이터 테이블을 **Aluminum Pins Targets.jmp** 로 저장합니다.
목표 통계량이 설정되었으므로 공정 모니터링을 위한 다변량 관리도를 생성합니다.

3 단계 : 공정 모니터링

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Aluminum Pins Current.jmp**를 엽니다.
이 샘플 데이터 테이블에는 공정의 최근 관측값이 포함되어 있습니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. **Diameter** 및 **Length** 열을 모두 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
4. **subgroup** 을 선택하고 **부분군**을 클릭합니다.
5. **목표값 가져오기**를 클릭합니다.
6. 저장한 **Aluminum Pins Targets.jmp** 테이블을 엽니다.
7. **확인**을 클릭합니다.
8. "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **평균 표시**를 선택합니다.
"평균 표시" 옵션은 각 부분군에 대한 평균을 제공합니다. 그러면 그룹 간에 비유사성이 가장 높은 그룹을 관측할 수 있습니다.

그림 10.8 부분군으로 묶은 데이터의 다변량 관리도 - 3 단계

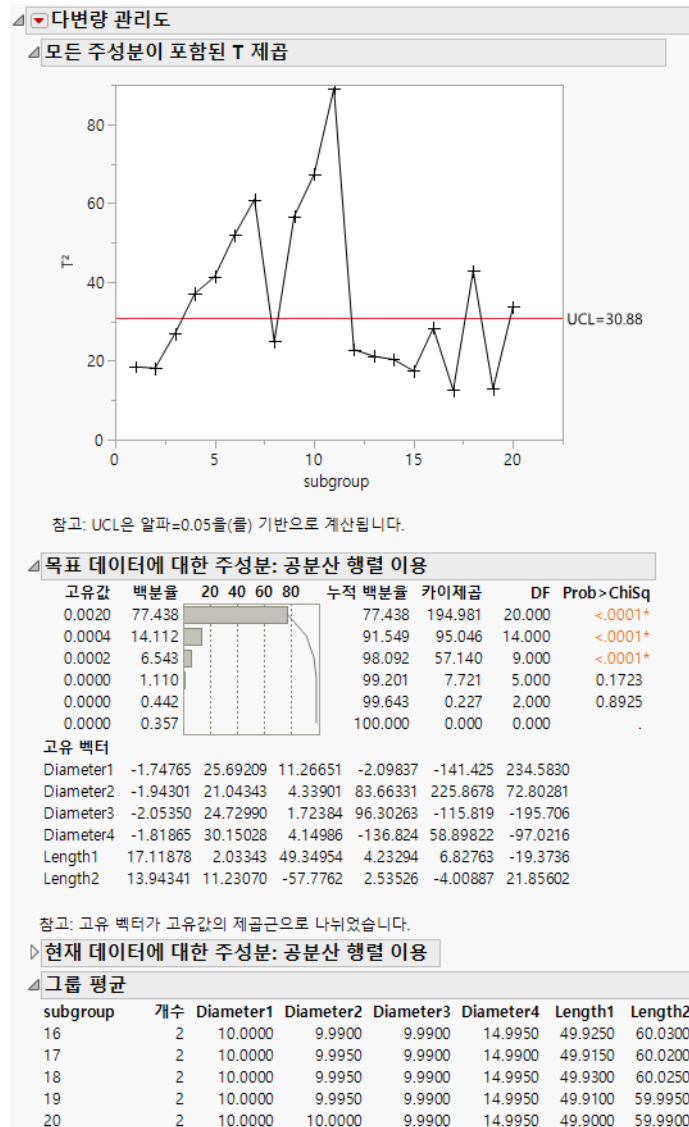


그림 10.8에서는 4-7, 9-11, 18 및 20 부분군에서 불안정성이 나타나는 것을 보여 줍니다. 이 결과는 해당 관측값이 Aluminum Pins Historical.jmp의 과거 데이터에 부합하지 않으며 공정에 대한 추가 조사가 필요하다는 의미입니다. 해당 지점에서 공정이 관리이탈 상태가 된 이유를 판별하기 위해 개별 단변량 관리도를 검토하거나 다른 단변량 절차를 수행할 수 있습니다.

이 공정을 모니터링하는 다른 방법은 큰 주성분을 기반으로 합니다. 이 예에서 과거 데이터의 경우 처음 세 개의 주성분이 변동의 약 98%를 차지합니다. 이를 기반으로 처음 세 개의 주성분에 대한 차트를 생성할 수 있습니다. 그런 다음 이 세 가지 성분을 사용하여 현재 데이터를 모니터링

합니다. 공정 모니터링에 사용되는 차트의 관리 한계는 과거 데이터에 대한 해당 차트를 기반으로 해야 합니다.

분할된 T 제곱의 예

공정 동작을 연구할 때 "분할된 T 제곱"을 사용하여 중요도가 높은 성분과 낮은 성분을 분리할 수 있습니다. 이 예에서는 막대 사이 간격이 균등한 12 개 위치에서 50 개 막대의 코팅을 각각 측정했습니다. 측정값의 변동을 검토하고 변동 원인에 대한 추가 조사가 필요한지 여부를 판별하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Thickness.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. **Thickness** 열을 모두 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
4. **확인**을 클릭합니다.

현재 유의 수준은 5% 오경보 비율에 해당하는 0.05로 설정되어 있습니다. 오경보 비율을 1%로 설정하려고 합니다.

5. 유의 수준을 변경하려면 "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **유의 수준 설정, 0.01**을 차례로 선택합니다.

그림 10.9 Thickness.jmp 에 대한 초기 다변량 관리도

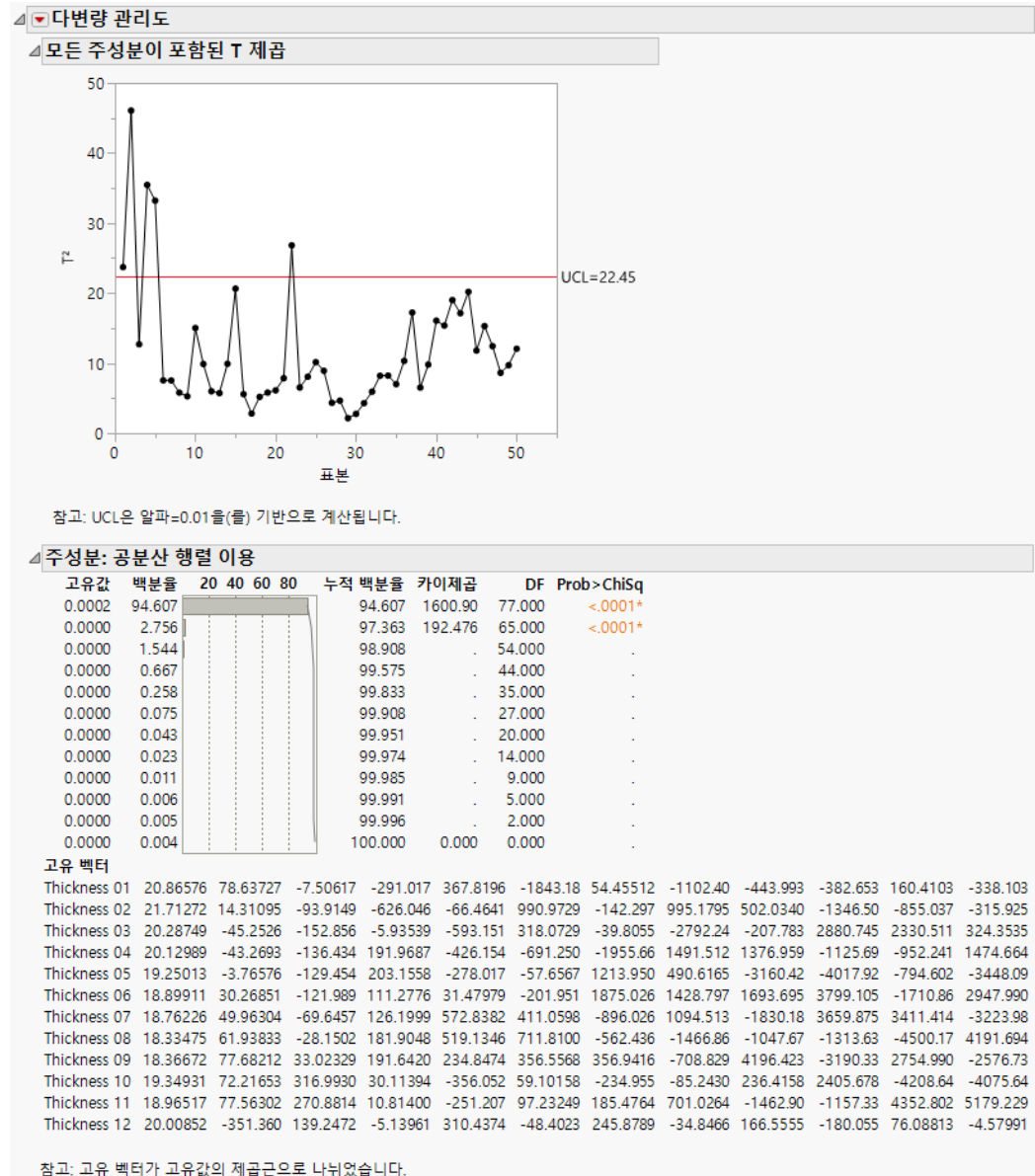
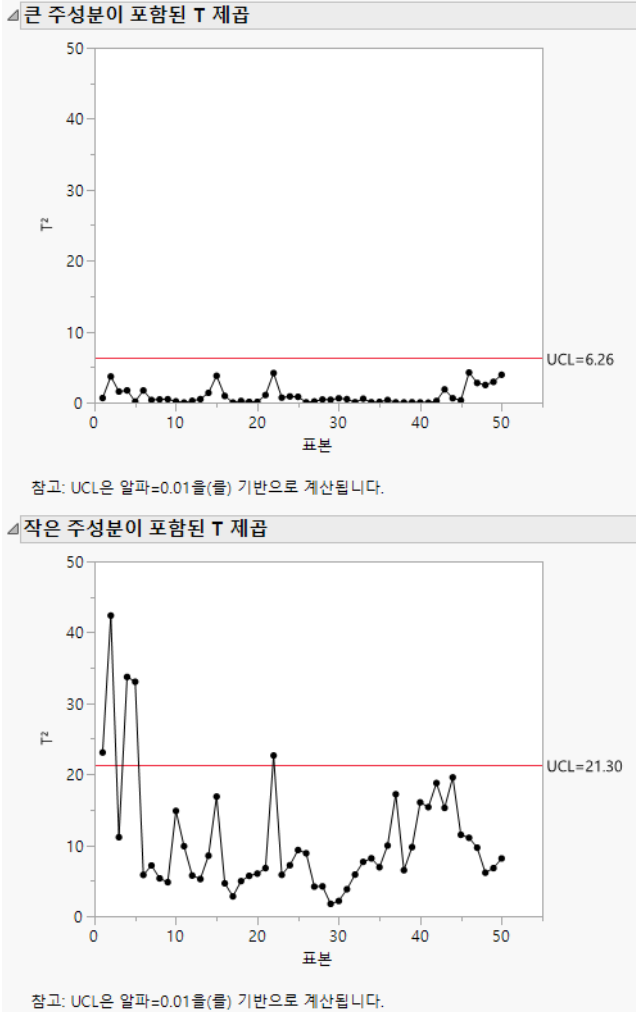


그림 10.9의 전체 관리도에서는 특수 원인이 막대 1, 2, 4, 5, 22에 영향을 미쳤음을 나타냅니다. 주성분 보고서를 살펴보면 12개 두께 측정값의 변동 중 약 95%가 첫 번째 주성분에 의해 설명된다는 것을 알 수 있습니다. 이 주성분과 관련된 변동을 더 자세히 연구하려고 합니다.

- "다변량 관리도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 분할된 T 제곱을 선택합니다.
- 확인을 클릭하여 주성분의 기본값 1을 적용합니다.

그림 10.10 분할된 T 제곱 관리도



주성분 보고서와 달리 첫 번째 성분에 대한 변동만 반영하는 "큰 주성분이 포함된 T 제곱" 차트에는 특수 원인에 대한 증거가 보이지 않습니다. "작은 주성분이 포함된 T 제곱" 차트에서는 나머지 더 작은 성분에 있는 특수 원인 표시를 볼 수 있습니다. 이러한 작은 성분은 큰 변동을 설명하지 않으며 랜덤 잡음을 나타낼 가능성이 있습니다. 따라서 두께 측정값의 변동은 중요한 문제가 아니라는 결론을 내릴 수 있습니다.

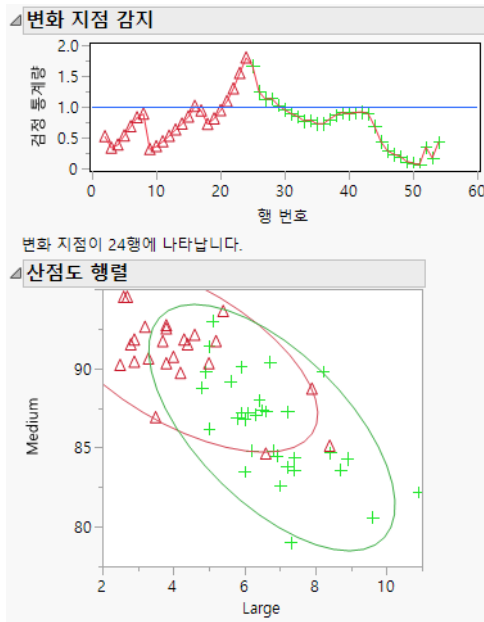
변화 지점 감지의 예

변화 지점 감지를 사용하여 데이터에서 변화가 발생하는 지점을 찾을 수 있습니다.

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Gravel.jmp 를 엽니다.

2. 분석 > 품질 및 공정 > 관리도 > 다변량 관리도를 선택합니다.
3. Large 와 Medium 을 선택하고 Y, 열을 클릭합니다.
4. 확인을 클릭합니다.
5. "다변량 관리도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 변화 지점 감지를 선택합니다.

그림 10.11 Gravel.jmp 에 대한 변화 지점 감지



팁: 데이터에 따라 두 그룹의 밀도 타원을 보려면 축을 드래그해야 할 수도 있습니다.

변화 지점 감지 그림에서 1.0 보다 큰 값은 데이터의 변화 가능성을 나타냅니다. 적어도 하나의 변화는 명백하게 나타납니다. 관측값 24에서 변화 지점이 보이고 24 직후에 변화가 발생합니다. 두 그룹의 95% 예측 영역은 크기, 형상 및 방향이 거의 같으므로 표본 공분산 행렬이 유사하다는 것을 시각적으로 나타냅니다.

다변량 관리도에 대한 통계 상세 정보

- " 개별 관측값에 대한 통계 상세 정보 "
- " 합리적 부분군의 관측값에 대한 통계 상세 정보 "
- " 변화 지점 감지에 대한 통계 상세 정보 "

개별 관측값에 대한 통계 상세 정보

부분군으로 묶지 않은 측정값, 즉 자연 부분군 크기가 $n=1$ 인 측정값을 예로 들어보겠습니다. 관측값 수를 m 으로 나타내고 측정된 변수의 수를 p 로 나타냅니다. 각 관측값에 대한 T^2 통계량이 계산되어 그림에 표시됩니다. T^2 통계량 및 UCL(관리 상한) 계산은 목표 통계량의 소스에 따라 달라집니다. 단계 I 차트의 한계는 관리도에 표시되는 것과 동일한 데이터를 기반으로 합니다. 단계 II 차트의 한계는 과거 데이터 집합에서 계산된 목표 통계량을 기반으로 합니다. Hotelling T^2 관리도의 T^2 통계량 및 관리 한계 계산에 대한 자세한 내용은 Montgomery 연구 자료(2013)에서 확인하십시오.

단계 I 관리도에 대한 계산

단계 I 관리도에서 i 번째 관측값의 T^2 통계량은 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_i^2 = (Y_i - \bar{Y})' S^{-1} (Y_i - \bar{Y})$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$Y_i = i$ 번째 관측값에 대한 p 개 측정값의 열 벡터

$\bar{Y} = p$ 개 변수에 대한 표본 평균의 열 벡터

S^{-1} = 표본 공분산 행렬의 역

i 개의 각 관측값에 대한 T_i^2 값은 다변량 관리도에 표시된 점입니다.

단계 I 관리 한계를 계산할 때 UCL은 베타 분포를 기반으로 합니다. UCL(관리 상한)은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\left[1-\alpha; \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}\right]}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

p = 변수 수

m = 관측값 수

$\beta_{\left[1-\alpha; \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}\right]}$ = 베타 $\left(\frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}\right)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

단계 II 관리도에 대한 계산

단계 II 관리도에서 과거 데이터 집합을 X 로 정의합니다. 그러면 i 번째 관측값의 T^2 통계량이 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_i^2 = (Y_i - \bar{X})' S_X^{-1} (Y_i - \bar{X})$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

Y_i = i 번째 관측값에 대한 p 개 측정값의 열 벡터

$\bar{X}$ = 과거 데이터 집합에서 계산된 p 개 변수에 대한 표본 평균의 열 벡터

S_X^{-1} = 과거 데이터 집합에서 계산된 표본 공분산 행렬의 역

i 개의 각 관측값에 대한 T_i^2 값은 다변량 관리도에 표시된 점입니다.

단계 II 관리 한계를 계산할 때 새 관측값은 과거 데이터 집합과 독립적입니다. 이 경우 UCL(관리 상한)은 F 분포의 함수이며, 목표값을 계산하는 과거 데이터 집합의 관측값 수에 따라 부분적으로 달라집니다. UCL은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \begin{cases} \frac{p(m+1)(m-1)}{m(m-p)} F_{[1-\alpha, p, m-p]} & \text{단, } m \leq 100 \\ \frac{p(m-1)}{m-p} F_{[1-\alpha, p, m-p]} & \text{단, } m > 100 \end{cases}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

p = 변수 수

m = 과거 데이터 집합의 관측값 수

$F_{[1-\alpha, p, m-p]} = F(p, m-p)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

합리적 부분군의 관측값에 대한 통계 상세 정보

p 개 변수를 모니터링하고 $n > 1$ 크기의 m 개 부분군을 구하는 경우를 예로 들어보겠습니다. 각 부분군에 대한 T^2 통계량이 계산되어 그림에 표시됩니다. T^2 통계량 및 UCL(관리 상한) 계산은 목표 통계량의 소스에 따라 달라집니다. 단계 I 차트의 한계는 관리도에 표시되는 것과 동일한 데이터를 기반으로 합니다. 단계 II 차트의 한계는 과거 데이터 집합에서 계산된 목표 통계량을 기반으로 합니다. Hotelling T^2 관리도의 T^2 통계량 및 관리 한계 계산에 대한 자세한 내용은 Montgomery 연구 자료(2013)에서 확인하십시오.

단계 I 관리도에 대한 계산

단계 I 관리도에서 j 번째 부분군의 T^2 통계량은 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_j^2 = (\bar{Y}_j - \bar{Y})' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \bar{Y})$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\bar{Y}_j$ = j 번째 부분군에 대한 p 개 측정값의 n 개 열 벡터의 평균

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{Y}_j = \text{부분군 평균의 평균}$$

S_j = j 번째 부분군의 n 개 관측값에 대한 표본 공분산 행렬

$$S_p = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j = \text{부분군 내 공분산 행렬의 평균으로 계산되는 합동 공분산 행렬}$$

단계 I UCL(관리 상한) 은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

p = 변수 수

n = 각 부분군의 표본 크기

m = 부분군 수

$F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]} = F(p, mn-m-p+1)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

단계 II 관리도에 대한 계산

단계 II 관리도에서, 목표 통계량을 계산하는 과거 데이터 집합을 X . 로 정의합니다. 그러면 j 번째 부분군의 T^2 통계량이 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_j^2 = (\bar{Y}_j - \bar{X})' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \bar{X})$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\bar{Y}_j$ = j 번째 부분군에 대한 p 개 측정값의 n 개 열 벡터의 평균

$\bar{X}_k$ = 과거 데이터 집합에서 k 번째 부분군에 대한 p 개 측정값의 n 개 열 벡터의 평균

$$\bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{X}_k = \text{관측값의 전체 평균}$$

S_k = 과거 데이터 집합에서 k 번째 부분군의 n 개 관측값에 대한 표본 공분산 행렬

$$S_p = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_k = \text{부분군 내 공분산 행렬의 평균으로 계산되는 합동 공분산 행렬}$$

단계 II UCL(관리 상한)은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

p = 변수 수

n = 부분군 표본 크기

m = 과거 데이터 집합의 부분군 수

$F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]} = F(p, mn-m-p+1)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

합리적 부분군의 관측값에 대한 검정 통계량의 가법성

독립이며 정규 분포를 따르는 mn 개의 관측값 표본이 각각 n 크기의 합리적 부분군 m 개로 그룹화되는 경우, T_M^2 을 j 번째 부분군의 평균 ($\bar{Y}_j$) 과 목표값 사이의 거리로 정의합니다. T_M^2 은 이전 섹션에 나오는 합리적 부분군의 관측값에 대한 T^2 과 동등합니다. 각 부분군의 내부 변동 및 목표값 기준의 전체 변동과 관련된 T^2 통계량도 계산할 수 있습니다. T^2 통계량의 성분은 제곱합과 상당히 비슷한 가법성을 나타냅니다. 구체적으로 말하면 m 개의 각 부분군에 대해 다음 관계가 성립됩니다.

$$T_{A_j}^2 = T_{M_j}^2 + T_{D_j}^2$$

다음 모든 정의에서 S_p 는 관리도 유형(단계 I 또는 단계 II 관리도)에 따라 이전 섹션에서와 같이 정의됩니다. 또한 μ 를 $\bar{Y}$ (단계 I 관리도의 경우) 및 $\bar{X}$ (단계 II 관리도의 경우)로 정의합니다.

j 번째 부분군의 목표값에서 떨어진 거리는 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_{M_j}^2 = n(\bar{Y}_j - \mu)' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \mu)$$

j 번째 부분군의 내부 변동은 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_{D_j}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{ji} - \bar{Y}_j)' S_p^{-1} (Y_{ji} - \bar{Y}_j)$$

여기서 Y_{ji} 는 j 번째 부분군에 대한 p 개 측정값의 i 번째 열 벡터입니다.

j 번째 부분군의 전체 변동은 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_{A_j}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{ji} - \mu)' S_P^{-1} (Y_{ji} - \mu)$$

여기서 Y_{ji} 는 j 번째 부분군에 대한 p 개 측정값의 i 번째 열 벡터입니다.

참고 : " 다변량 관리도 " 의 빨간색 삼각형 메뉴에서 **T 제곱 저장** 또는 **T 제곱 계산식 저장** 옵션을 선택하는 경우 각 행에 저장된 세 값은 위에 나오는 세 가지 정의의 i 값 중 하나에 해당합니다.

변화 지점 감지에 대한 통계 상세 정보

이 섹션의 설명은 Sullivan and Woodall(2000)에서 발전된 내용을 기반으로 합니다.

가정

평균 벡터가 μ_i 이고 공분산 행렬이 Σ_i 인 p 차원의 다변량 분포를 $N_p(\mu_i, \Sigma_i)$ 로 나타냅니다. 다음과 같이 x_i 를 이러한 분포와 독립적인 $m(m > p)$ 개의 관측값이라고 가정해 보겠습니다.

$$x_i \sim N_p(\mu_i, \Sigma_i), \quad i = 1, \dots, m$$

공정이 안정적이면 평균 μ_i 및 공분산 행렬 Σ_i 가 공통 값과 동일하여 x_i 가 $N_p(\mu, \Sigma)$ 분포를 따릅니다. m_1 개 관측값과 m_1+1 개 관측값 사이에 평균 벡터와 공분산 행렬 중 하나 또는 둘 다에서 단일 변화가 발생한다고 가정해 보겠습니다. 그러면 다음 조건이 충족됩니다.

- $1 \sim m_1$ 관측값은 평균 벡터 및 공분산 행렬이 동일합니다 (μ_a, Σ_a).
- $m_1+1 \sim m$ 관측값은 평균 벡터 및 공분산 행렬이 동일합니다 (μ_b, Σ_b).
- 다음 중 하나가 발생합니다.
 - 변화가 평균에 영향을 미치는 경우 $\mu_a \neq \mu_b$ 입니다.
 - 변화가 공분산 행렬에 영향을 미치는 경우 $\Sigma_a \neq \Sigma_b$ 입니다.
 - 변화가 평균과 공분산 행렬에 모두 영향을 미치는 경우 $\mu_a \neq \mu_b, \Sigma_a \neq \Sigma_b$ 입니다.

개요

가능도비 검정 방법은 평균 벡터와 공분산 행렬 중 하나 또는 둘 다에서 발생하는 변화를 식별하는 데 사용됩니다. 가능도비 검정 통계량은 근사 관리 상한이 1인 관리도 통계량을 계산하는 데 사용됩니다. 가능한 모든 m_1 값에 대해 관리도 통계량이 표시됩니다. 관측값의 관리도 통계량이 관리 상한 1을 초과하면 변화가 발생했음을 나타냅니다. 변화가 정확히 한 번 발생한다고 가정하면 관리도 통계량 값이 최대인 관측값 직후에 변화가 시작된다고 간주됩니다.

가능도비 검정 통계량

처음 m_1 개 관측값에 대한 로그 가능도 함수의 두 배인 최대값은 다음과 같이 정의됩니다.

$$l_1 = -m_1 k_1 \log[2\pi] - m_1 \log[S_1]_{k_1} - m_1 k_1$$

l_1 에 대한 방정식에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

- S_1 은 처음 m_1 개 관측값에 대한 공분산 행렬의 최대 가능도 추정값입니다.
- $k_1 = \text{Min}[p, m_1 - 1]$ 은 $p \times p$ 행렬 S_1 의 계수입니다.
- $|S_1|_{k_1}$ 표기는 S_1 행렬의 일반화된 행렬식을 나타내며, 다음과 같이 k_1 개의 양의 고유값 λ_j 에 대한 곱으로 정의됩니다.

$$|S_1|_{k_1} = \prod_{j=1}^{k_1} \lambda_j$$

일반화된 행렬식은 S_1 이 완전 계수를 가질 때 보통 행렬식과 같습니다.

후속 $m_2 = m - m_1$ 개 관측값에 대한 로그 가능도 함수의 두 배인 최대값을 l_2 로 나타내고, 모든 m 개 관측값에 대한 로그 가능도 함수의 두 배인 최대값을 l_0 으로 나타냅니다. l_2 와 l_0 모두 l_1 에 제공된 것과 비슷한 표현식이 제공됩니다.

가능도비 검정 통계량은 $l_1 + l_2$ 합을 l_0 과 비교합니다. $l_1 + l_2$ 합은 m_1 에서 변화가 발생할 수 있다고 가정하는 로그 가능도의 두 배입니다. l_0 값은 변화가 없다고 가정하는 로그 가능도의 두 배입니다. l_0 이 $l_1 + l_2$ 보다 많이 작으면 공정이 불안정하다고 가정합니다.

관측값 $m_1 + 1$ 에서 변화가 시작되는지 여부를 검정하는 경우 가능도비 검정 통계량은 다음과 같이 정의됩니다.

$$\begin{aligned} \text{lrt}[m_1] &= (l_1 + l_2 - l_0) \\ &= (m_1(p - k_1) + m_2(p - k_2))(1 + \log(2\pi)) \\ &\quad + m \log[|S|] - m_1 \log[|S_1|_{k_1}] - m_2 \log[|S_2|_{k_2}] \end{aligned}$$

가능도비 검정 통계량은 자유도가 $p(p + 3)/2$ 인 점근적 카이제곱 분포를 따릅니다. 로그 가능도비 값이 크면 공정이 불안정하다는 것을 나타냅니다.

관리도 통계량

시뮬레이션에 따르면 $\text{lrt}[m_1]$ 의 기대값은 계열에서 관측값의 위치를 기반으로 하며, 특히 p 와 m 에 따라 달라집니다. 자세한 내용은 Sullivan and Woodall 연구 자료(2000)에서 확인하십시오.

$\text{lrt}[m_1]$ 의 기대값을 구하는 근사 계산식은 시뮬레이션을 통해 도출됩니다. p 에 대한 기대값의 종속성을 줄이기 위해 $\text{lrt}[m_1]$ 을 점근적 기대값 $p(p + 3)/2$ 로 나눕니다.

$p(p+3)/2$ 로 나눈 $\text{lrt}[m_1]$ 의 근사 기대값을 구하는 계산식은 다음과 같이 정의됩니다.

$$\text{ev}[m, p, m_1] = \begin{cases} a_p + m_1 b_p, & \text{if } m_1 < p + 1 \\ a_p + (m - m_1) b_p, & \text{if } m - m_1 < p + 1 \\ 1 + \frac{m - 2p - 1}{(m_1 - p)(m - p - m_1)}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 ,

$$a_p = -\frac{0.08684(p - 14.69)(p - 2.036)}{(p - 2)}$$

및

$$b_p = \frac{0.1228(p - 1.839)}{(p - 2)}$$

$p = 2$ 의 경우 m_1 또는 $m_2 = 2$ 일 때 $\text{ev}[m, p, m_1]$ 값은 1.3505 입니다.

참고 : $p > 12$ 또는 $m < (2p + 4)$ 일 때는 위의 계산식이 정확하지 않습니다 . 이러한 경우 시뮬레이션을 사용하여 근사 기대값을 구해야 합니다 .

공정이 안정적이라고 가정할 때 약 0.05 의 확률로 잘못된 관리이탈 신호를 생성하는 근사 관리 상한은 다음과 같이 계산됩니다 .

$$\begin{aligned} \text{UCL}[m, p] \cong & (3.338 - 2.115 \log[p] + 0.8819(\log[p])^2 - 0.1382(\log[p])^3) \\ & + (0.6389 - 0.3518 \log[p] + 0.01784(\log[p])^3) \log[m]. \end{aligned}$$

이 계산식은 m 과 p 에 따라 달라집니다.

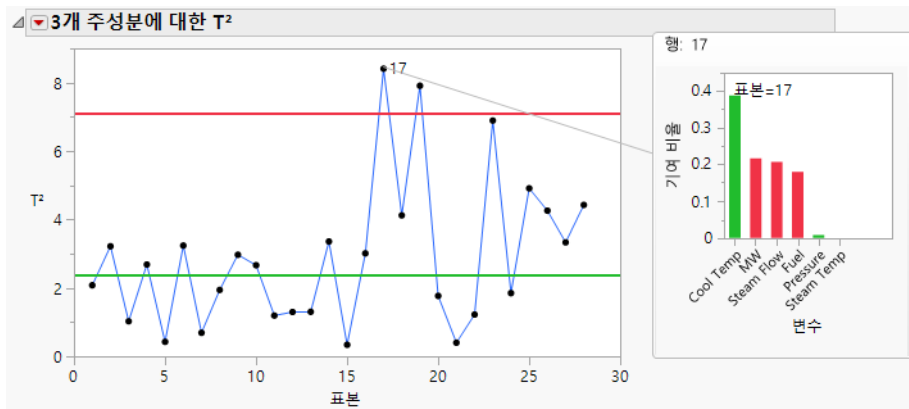
관리도 통계량은 가능도비 검정 통계량 로그의 두 배를 $p(p + 3)$, 근사 기대값 및 관리 한계 근사 값으로 나눈 값으로 정의됩니다 . UCL 의 근사값으로 나누었으므로 관리 상한 1 에 대해 관리도 통계량을 표시할 수 있습니다 . 근사 관리도 통계량은 다음과 같이 계산됩니다 .

$$\hat{y}[m_1] = \frac{2 \text{lrt}[m_1]}{p(p + 3)(\text{ev}[m, p, m_1] \text{UCL}[m, p])}$$

모형 기반 다변량 관리도 복합 공정 모니터링 및 진단

모형 기반 다변량 관리도는 단일 관리도에서 여러 공정에 대한 모수를 모니터링하는 데 사용됩니다. MDMVCC(모형 기반 다변량 관리도) 플랫폼에서는 주성분 또는 부분 최소 제곱 모형을 기반으로 관리도를 생성할 수 있습니다. 연속형 변수 집합의 경우 MDMVCC 플랫폼은 주성분을 사용하여 관리도를 생성합니다. 저장된 주성분 또는 부분 최소 제곱 스코어 함수의 경우 MDMVCC 플랫폼은 제공된 모형을 기반으로 관리도를 생성합니다. MDMVCC 플랫폼을 사용하면 관리이탈 신호를 발생시키는 기본 성분을 대화식으로 탐색하고 이해할 수 있습니다.

그림 11.1 모형 기반 다변량 관리도



목차

모형 기반 다변량 관리도 개요	289
모형 기반 다변량 관리도의 예	289
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 시작	292
데이터 형식	292
모형 기반 다변량 관리도 보고서	293
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 옵션	294
그림 옵션	295
스코어 그림	296
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼의 추가 예	297
과거 데이터를 사용하는 MDMVCC의 예	297
PLS 모형을 사용하는 MDMVCC의 예	298
모형 기반 다변량 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	299
모니터링 통계량	299
한계	301
기여도	303
스코어 그림 그룹 비교	306
스코어 그림 적재	306

모형 기반 다변량 관리도 개요

MDMVCC(모형 기반 다변량 관리도) 플랫폼에는 모니터링과 진단이라는 두 가지 주요 기능이 있습니다.

- 다변량 관리도를 사용하여 다변량 공정을 모니터링할 수 있습니다.
- 대화식으로 드릴다운하여 전체 신호에 대한 개별 변수의 기여도를 조사한 후 공정을 진단할 수 있습니다.

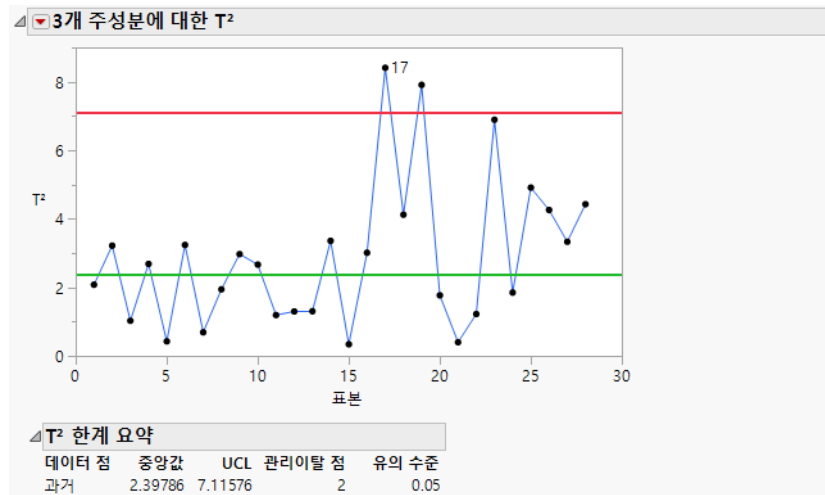
다변량 관리도에 대한 자세한 내용은 Kourti and MacGregor 연구 자료(1996)에서 확인하십시오.

모형 기반 다변량 관리도의 예

이 예에서는 증기 터빈 시스템의 공정 변수가 포함된 Steam Turbine Historical.jmp 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 모니터링된 6개 변수에 대한 관리도를 생성하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Steam Turbine Historical.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 모형 기반 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. 6 개 열을 모두 선택하고 **공정**을 클릭한 후 **확인**을 클릭합니다.

그림 11.2 Steam Turbine(증기 터빈) 보고서

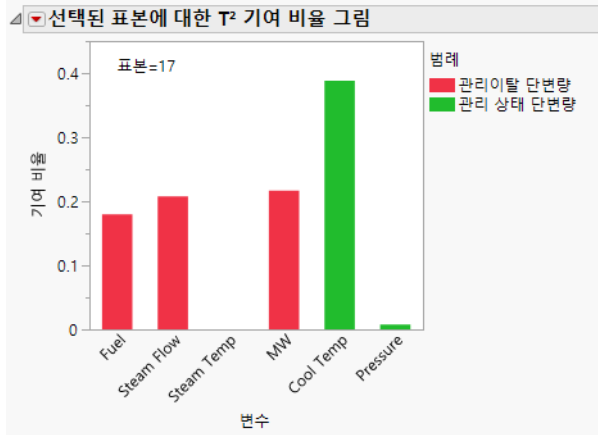


표본 16 이후에 공정 변화가 시작됩니다.

4. 표본 17 데이터 점을 선택합니다. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **행 > 행 라벨**을 선택합니다.

5. 표본 17 데이터 점을 커서로 가리켜 해당 점에 대한 T^2 기여 비율 그림을 봅니다. 그림을 클릭하면 보고서 창에서 그림이 열립니다.

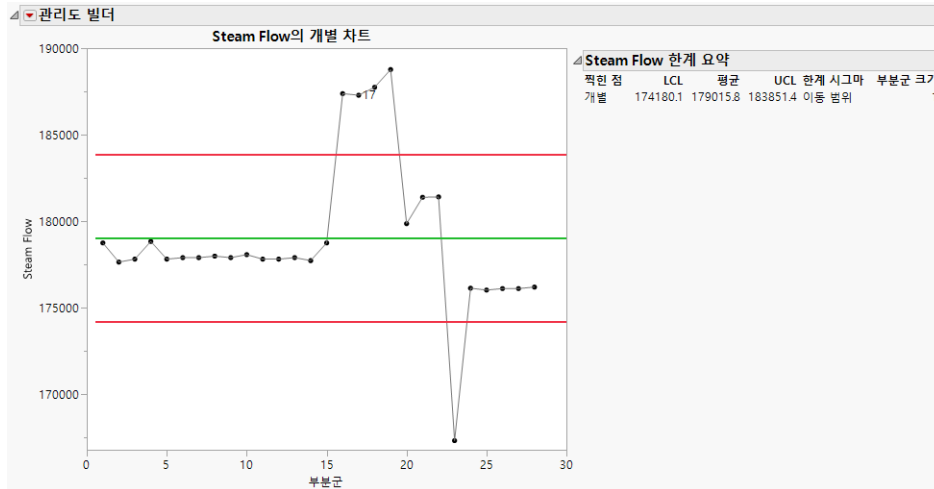
그림 11.3 표본 17에 대한 기여 비율 그림



Cool Temp의 기여 비율은 T^2 값의 40%입니다. Cool Temp 막대는 녹색으로 표시되어 표본 17이 Cool Temp에 대한 단변량 관리 한계 내에 있음을 나타냅니다. Steam Flow와 MW의 기여 비율은 각각 T^2 값의 20%입니다. 둘 다 빨간색으로 표시되어 표본 17이 각 변수에 대한 단변량 관리 한계를 벗어남을 나타냅니다. T^2 값에 대한 Steam Temp의 기여도는 0입니다. 이 예에서 다변량 관리이탈 표본을 관리이탈 단변량 변수로 추적할 수 있는 변수를 찾았습니다. 그러나 항상 그런 것은 아닙니다. 다변량 공정 관리에서 T^2 차트에 관리이탈 점이 표시되지만 해당 표본이 모든 변수에 대한 단변량 수준에서는 관리 상태일 수 있습니다.

6. 기여 비율 그림에서 Steam Flow 막대를 커서로 가리켜 Steam Flow에 대한 단변량 관리도를 봅니다. 차트를 클릭하면 새 보고서 창에서 차트가 열립니다.

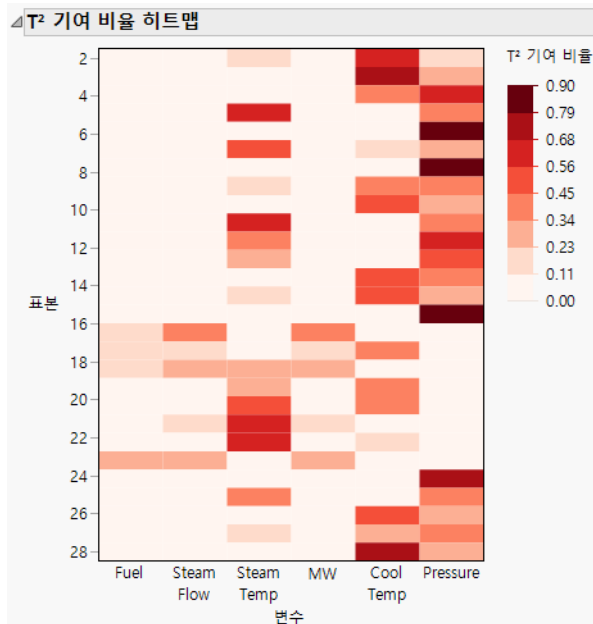
그림 11.4 Steam Flow 에 대한 개별 차트



개별 차트를 보면 대략 표본 17에서 증기 유량(Steam Flow)이 역전되는 것을 볼 수 있습니다. "관리 한계" 열 특성에 관리 한계를 지정한 경우 해당 값이 개별 차트에 적용됩니다.

7. "PCA 모형 기반 다변량 관리도" 보고서 창에서 "3 개 주성분에 대한 T^2 "의 빨간색 삼각형을 클릭하고 기여 비율 히트맵을 선택합니다.

그림 11.5 기여 비율 히트맵



기여 비율 히트맵에서는 다른 행과 비교하여 16, 17, 18 및 23 행에 대한 기여 비율에 변화가 있음을 보여 줍니다. 일반적으로 Steam Temp, Cool Temp 및 Pressure가 각 행의 T^2 값에 가장 많이 기여합니다.

모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 모형 기반 다변량 관리도를 선택하여 MDMVCC(모형 기반 다변량 관리도) 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 11.6 모형 기반 다변량 관리도 시작 창

주성분 또는 부분 최소 제곱 방법을 기반으로 다변량 관리도를 생성합니다.

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 시작 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

공정 공정 열을 할당합니다. 자세한 내용은 "데이터 형식"에서 확인하십시오.

시간 ID 표본을 식별하는 데 사용되는 열을 할당합니다. "시간 ID"를 할당하지 않은 경우 행 번호가 관측값을 식별합니다. "시간 ID" 열이 시간인 경우 시간이 각 표본을 식별합니다. 그렇지 않은 경우에는 "시간 ID"의 숫자 값이 각 표본을 식별합니다.

기준 기준 변수의 각 수준에 대해 개별 보고서를 생성합니다. 기준 변수가 둘 이상 할당되면 기준 변수의 가능한 각 조합에 대해 개별 보고서가 생성됩니다.

과거 데이터 끝 행 과거 데이터 끝 위치를 나타내는 행 번호를 지정합니다. 이렇게 하면 과거 데이터를 기반으로 차트 한계를 계산할 수 있습니다. 과거 데이터와 현재 데이터가 모두 차트에 표시됩니다. 과거 데이터는 단계 I 데이터라고 하고 현재 데이터는 단계 II 데이터라고도 합니다.

데이터 형식

MDMVCC 플랫폼에서는 다음과 같은 세 가지 형식의 데이터가 허용됩니다.

원시 데이터 연속형 공정 데이터를 사용하여 데이터의 주성분을 기반으로 하는 관리도를 생성합니다. 관리도의 기본 차원은 공정 변동의 85%를 차지하는 주성분 수를 기반으로 합니다. 이 값은 주성분 고유값의 누적 백분율을 기반으로 합니다.

주성분 이전에 PCA(주성분 분석)에서 저장한 주성분 열을 사용합니다. 관리도의 기본 차원은 공정 변수로 지정된 성분 수입니다.

부분 최소 제곱 스코어 데이터 이전에 PLS(부분 최소 제곱) 분석에서 저장한 스코어 열을 사용하여 스코어 열을 기반으로 하는 관리도를 생성합니다. 관리도의 기본 차원은 공정 변수로 지정된 스코어 수입니다.

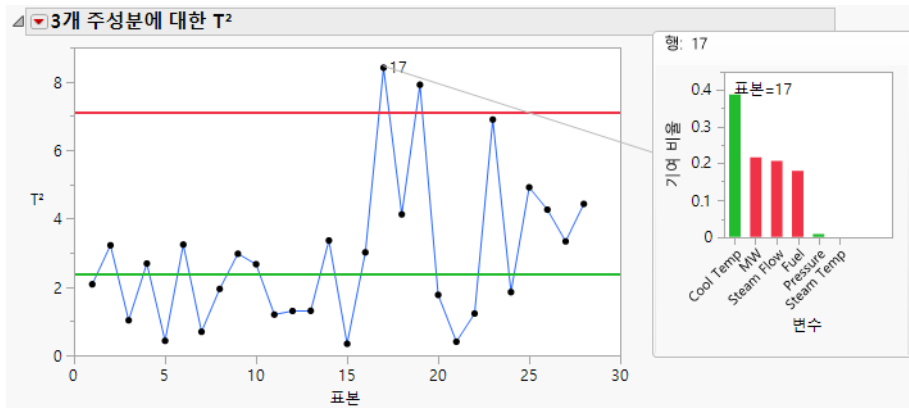
참고 :

- 빈도 열이나 가중치 열로 생성된 PCA 또는 PLS 모형은 지원되지 않습니다.
- 과거 데이터로 생성된 PCA 또는 PLS 모형은 MDMVCC 시작 창에 지정된 것과 동일한 수의 과거 데이터 행을 사용해야 합니다.
- 다변량 플랫폼 내에서 생성된 PCA 모형은 지원되지 않습니다.

모형 기반 다변량 관리도 보고서

초기 모형 기반 다변량 관리도 보고서에는 T^2 관리도가 표시됩니다. 차트의 가리키기 라벨 자체가 차트입니다. 가리키기 라벨 차트를 클릭하면 더 큰 버전의 차트가 열립니다. 차트에 따라 별도의 보고서 창이나 MDMVCC 보고서의 "공정 진단" 섹션에서 열립니다. Graphlet 을 사용하여 데이터를 대화식으로 드릴다운할 수 있습니다.

그림 11.7 가리키기 Graphlet 이 있는 MDMVCC 보고서



모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 옵션

과거 요약 통계량 표시 과거 데이터로 지정된 행 또는 모든 행 (과거 데이터 행이 지정되지 않은 경우)에 대한 요약 통계량을 표시하거나 숨깁니다. 요약 통계량에는 공정 변수에 대한 단변량 평균 및 표준편차가 포함됩니다. PCA 기반 차트의 경우 고유값과 고유 벡터가 표시됩니다. PLS 스코어 기반 차트의 경우 스코어 표준편차와 스코어 적재가 표시됩니다.

공정 모니터링

모니터링 그림 표시 선택된 공정 모니터링 그림을 표시하거나 숨깁니다.

성분 설정 T^2 , DModX 또는 SPE 그림의 성분 수를 설정할 수 있습니다. 성분 수의 범위는 1에서 유효한 고유 벡터 수 (PCA 기반 분석의 경우) 또는 1에서 PLS 모형 요인 수 (PLS 기반 분석의 경우) 까지입니다.

α 수준 설정 모든 관리도 한계에 사용되는 유의 수준을 조정할 수 있습니다.

T^2 그림 T^2 그림을 표시하거나 숨깁니다. T^2 통계량은 관측값이 PCA 또는 PLS 모형의 중심에서 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 측정하는 다변량 변동의 요약 통계량입니다.

정규화된 DModX 그림 정규화된 DModX 값의 그림을 표시하거나 숨깁니다. DModX 는 각 관측값에서 PCA 또는 PLS 모형까지의 거리를 측정합니다. DModX 값이 크면 관측값이 데이터의 기본 상관 구조에서 벗어났음을 나타냅니다.

제곱 예측 오차 그림 SPE(제곱 예측 오차) 그림을 표시하거나 숨깁니다. SPE 는 PCA 또는 PLS 모형의 잔차 제곱합을 측정합니다. SPE 값이 크면 관측값이 데이터의 기본 상관 구조에서 벗어났음을 나타냅니다.

스코어 그림 주성분 또는 부분 최소 제곱 요인의 스코어 그림을 표시하거나 숨깁니다. 자세한 내용은 "[스코어 그림](#)"에서 확인하십시오.

공정 진단 (하나 이상의 진단 그림이 활성화된 경우 사용 가능) 진단 그림을 표시하거나 숨깁니다.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

그림 옵션

다음 옵션은 T^2 , 정규화된 DModX, 제곱 예측 오차 및 스코어 그림에 적용됩니다. 그림을 선택하면 보고서 창의 "공정 진단" 섹션에 나타납니다.

한계 요약 표시 (스코어 그림에는 사용 불가능) 차트 아래의 보고서 테이블에서 관리도 한계 및 요약 데이터를 표시하거나 숨깁니다.

기여도 히트맵 각 관측값의 변수 기여도를 기준으로 색상이 지정된 히트맵을 표시하거나 숨깁니다.

기여 비율 히트맵 각 관측값이 전체 값에서 차지하는 비율로 표현된 변수 기여도를 기준으로 색상이 지정된 히트맵을 표시하거나 숨깁니다.

선택된 표본에 대한 기여도 그림 (하나 이상의 점을 선택한 경우에만 사용 가능) 선택된 각 표본에 대해 전체 값에 대한 개별 성분의 기여도를 보여 주는 막대 차트를 표시하거나 숨깁니다.

선택된 표본에 대한 기여 비율 그림 (하나 이상의 점을 선택한 경우에만 사용 가능) 선택된 각 표본에 대해 전체 값에서 차지하는 기여 비율로 표현된 개별 성분 기여도를 보여 주는 막대 차트를 표시하거나 숨깁니다.

선택된 표본에 대한 평균 기여 비율 그림 (두 개 이상의 점을 선택한 경우에만 사용 가능) 선택된 각 표본에 대해 전체 값에 대한 개별 성분의 기여도 평균을 보여 주는 막대 차트를 표시하거나 숨깁니다.

참고 : 값 또는 평균 값이 평균의 3 시그마 내에 있으면 막대가 녹색입니다. 값 또는 평균 값이 평균의 3 시그마를 벗어나면 막대가 빨간색입니다. "관리 한계" 열 특성에 관리 한계를 지정한 경우 해당 값에 따라 막대 색상이 적용됩니다.

기여도 그림에는 다음 옵션을 사용할 수 있습니다.

막대 정렬 막대를 기여도가 가장 큰 것부터 순서대로 정렬하거나 여러 그림에 대한 평균 기여도가 가장 큰 것부터 순서대로 정렬할 수 있습니다.

막대 라벨 지정 값 또는 열 이름별로 막대에 라벨을 지정하거나 라벨을 제거 ("라벨 없음") 할 수 있습니다.

선택한 항목에 대한 관리도 선택한 열에 대한 관리도를 표시합니다. "관리 한계" 열 특성에 관리 한계를 지정한 경우 해당 값이 개별 차트에 적용됩니다.

산점도 행렬 (두 개 이상의 막대를 선택한 경우 사용 가능) 선택한 변수에 대한 산점도 행렬을 표시합니다.

그림 제거 보고서 창에서 그림을 제거합니다.

선택된 표본에 대한 정규화된 스코어 그림 (하나 이상의 점을 선택한 경우 스코어 그림에만 사용 가능) 선택한 각 표본에 대한 정규화된 스코어를 보여 주는 막대 차트를 표시하거나 숨깁니다.

스코어 타원 범위 (성분이 두 개인 스코어 그림에만 사용 가능) 범위가 지정된 타원을 스코어 그림에 추가합니다. 타원은 과거 데이터를 기반으로 합니다. 단계 I 데이터와 단계 II 데이터가 모두 있는 경우 각 단계에 대한 타원이 추가되고 단계 II 타원은 파선으로 표시됩니다.

점 연결 (스코어 그림에만 사용 가능) 스코어 그림의 데이터 점을 연결합니다.

적재 표시 (스코어 그림에만 사용 가능) 행렬도 화살표를 사용하여 스코어 그림에 PCA 적재를 표시합니다.

열 저장 각 그림에 대해 데이터 테이블에 값을 저장하는 다음 세 가지 옵션이 있습니다.

값 저장 값 (T^2 , 정규화된 DModX, SPE 또는 스코어) 을 새 데이터 테이블 열에 저장합니다.

기여도 저장 기여도를 새 데이터 테이블 열에 저장합니다.

기여 비율 저장 기여 비율을 새 데이터 테이블 열에 저장합니다.

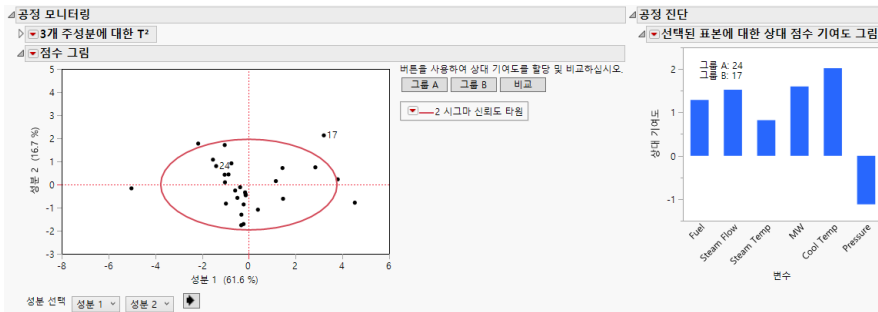
스코어 그림

스코어 그림에는 주성분 또는 부분 최소 제곱 요인에 대한 그림이 표시됩니다. 그림 아래의 컨트롤을 사용하여 스코어 그림에 표시된 성분을 변경할 수 있습니다.

그림 오른쪽의 버튼을 사용하여 두 점 그룹 간의 상대 기여도를 할당하고 비교할 수 있습니다. 상대 기여도는 둘 이상의 표본이 서로 어떻게 다른지 보여 줍니다. 상대 기여도는 기본 공정 변수의 어떤 변화로 인해 표본 그룹의 차이가 발생하는지 보여 줍니다. 한 가지 용도는 관리 상태 표본과 관리이탈 표본 간의 차이를 조사하는 것입니다.

그룹 A는 참조 그룹이고 그룹 B는 비교 그룹입니다. 각 그룹은 하나 이상의 점으로 구성될 수 있습니다. 참조 그룹을 할당하려면 하나 이상의 점을 선택한 후 "그룹 A"를 클릭합니다. 비교 그룹을 할당하려면 하나 이상의 점을 선택한 후 "그룹 B"를 클릭합니다. "비교"를 클릭하면 상대 스코어 기여도 그림이 표시됩니다.

그림 11.8 24 행을 기준으로 17 행에 대한 상대 기여도 그림이 있는 스코어 그림



모형 기반 다변량 관리도 플랫폼의 추가 예

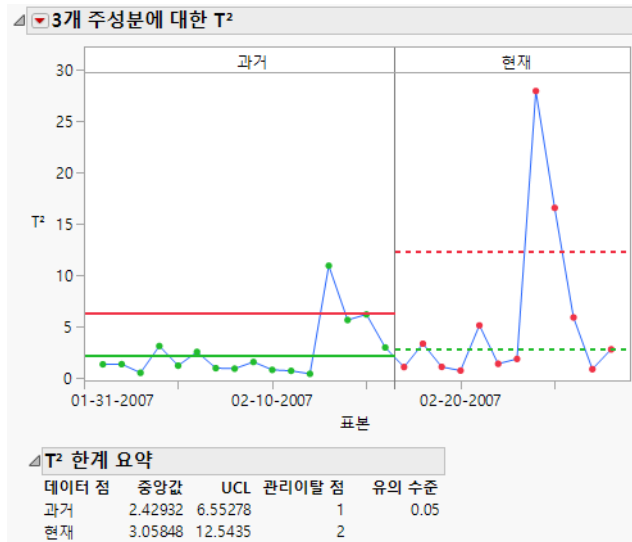
- " 과거 데이터를 사용하는 MDMVCC 의 예 "
- "PLS 모형을 사용하는 MDMVCC 의 예 "

과거 데이터를 사용하는 MDMVCC 의 예

이 예에서는 과거 데이터를 사용하여 현재 데이터에 대한 모니터링 한계를 설정하는 방법을 보여 줍니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Flight Delays.jmp** 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 모형 기반 다변량 관리도**를 선택합니다 .
3. **AA ~ WN** 을 선택하고 **공정**을 클릭합니다 .
4. **Flight Date** 를 선택하고 **시간 ID** 를 클릭합니다 .
5. **과거 데이터 끝 행**에 **16** 을 입력합니다 .
6. **확인**을 클릭합니다 .

그림 11.9 과거 및 현재 데이터에 대한 T^2 차트



두 개의 한계 집합이 있습니다. 하나는 과거 데이터에 적용됩니다. 두 번째 한계 집합은 현재 데이터에 적용됩니다. 과거 데이터를 사용하여 두 한계 집합을 계산하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[한계](#)"에서 확인하십시오.

팁 : 데이터 테이블에 관측값을 더 추가할 때 차트가 자동으로 업데이트되게 하려면 "자동 재계산"을 설정하십시오. "자동 재계산"은 "PCA 모형 기반 다변량 관리도"의 빨간색 삼각형을 클릭하면 나타나는 메뉴에서 "다시 실행"의 하위 옵션입니다.

PLS 모형을 사용하는 MDMVCC의 예

이 예에서는 PLS 모형을 사용하여 다변량 공정을 모니터링하는 방법을 보여 줍니다. 14 개의 입력과 5 개의 품질 변수가 있는 공정을 예로 들어보겠습니다. 공정을 설명하는 PLS 모형이 있고 이 모형을 사용하여 공정의 편차를 모니터링하려고 합니다.

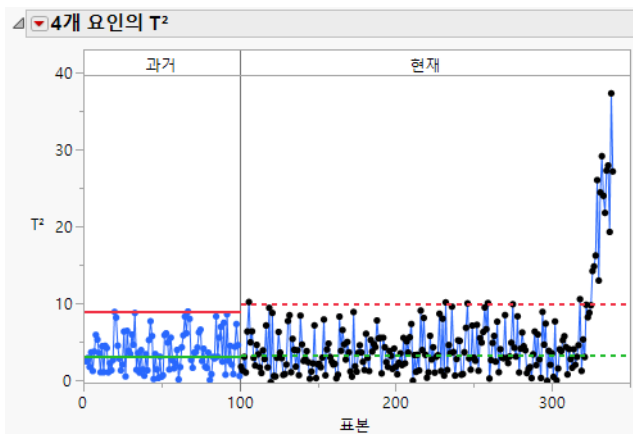
1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Polyethylene Process.jmp**를 엽니다.

이 데이터 테이블에는 14 개의 공정 변수와 5 개의 품질 (출력) 변수가 포함되어 있습니다. 처음 100 개 행은 공정을 설명하기 위해 PLS 모형을 생성하는 데 사용된 과거 데이터입니다. 이러한 행은 파란색으로 표시됩니다. 나머지 239 개 행은 모형이 생성된 후 수집된 데이터입니다.

부분 최소 제곱 모형은 공정을 설명하는 4 개의 스코어 함수를 찾습니다. 이러한 함수는 데이터 테이블의 **X Score 1 Formula** 열 ~ **X Score 4 Formula** 열에 저장됩니다. PLS 모형을 생성하기 위해 **Set current data as excluded** 테이블 스크립트를 사용하여 과거 데이터 이후 수집된 239 개의 데이터 행을 제외합니다. 그런 다음 **Fit Partial Least Squares** 테이블 스크립트를 사용하여 품질 변수를 공정 변수와 관련짓는 PLS 모형을 생성합니다.

2. **분석 > 품질 및 공정 > 모형 기반 다변량 관리도**를 선택합니다.
3. **X Score 1 Formula ~ X Score 4 Formula**를 선택하고 **공정**을 클릭합니다.
4. **과거 데이터 끝 행**을 100 으로 설정합니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

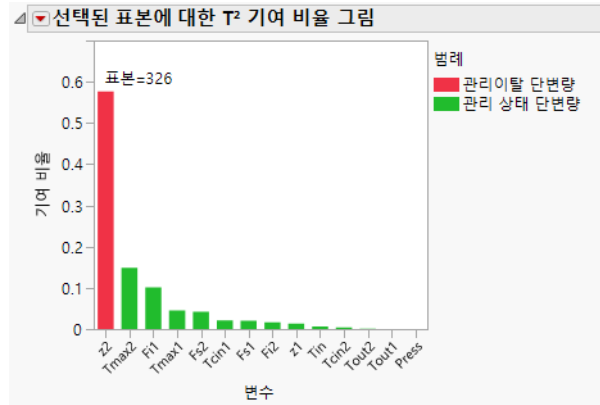
그림 11.10 T^2 차트



파란색 데이터 점은 과거 데이터를 나타냅니다. 검은색 데이터 점은 관리도가 만들어진 후 수집된 데이터 점입니다. 공정은 대략 표본 번호 326에서 역전이 시작되었습니다.

6. 관리 상한 위에 있는 표본 데이터 점을 커서로 가리켜 기여도 그림을 봅니다.
7. 관리 상한 위에 있는 데이터 점의 첫 번째 군집을 선택합니다. "4 개 요인의 T^2 "의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **선택된 표본에 대한 평균 기여 비율 그림**을 선택합니다.
8. "선택된 표본에 대한 T2 평균 기여 비율 그림" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **막대 정렬**을 선택합니다.

그림 11.11 평균 기여 비율 그림



기여도 그림은 PLS 모형 입력 변수의 관점에서 작성되었습니다. z2와 Tmax2가 공정 역전을 일으키는 것으로 보입니다. Tmax2와 z2는 관련되어 있습니다. Tmax2는 반응기 온도이고 z2는 Tmax2 온도의 위치입니다.

참고: 요인에 대한 설명은 "노트" 열 특성에 기록되어 있습니다.

모형 기반 다변량 관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

모니터링 통계량

T^2

i 개 관측값 각각의 T_i^2 값이 T^2 관리도에 표시됩니다. 과거 및 현재 데이터에 대해 k 개의 성분이 있는 PCA 또는 PLS 모형의 T^2 값은 다음과 같이 정의됩니다.

$$T_i^2 = t_i^T S_k^{-1} t_i$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$t_i = i$ 번째 관측값에 대한 k 개 스코어의 벡터

$S_k =$ 과거 관측값에 대한 k 개 스코어의 주대각 표본 공분산 행렬

PCA 모형의 경우 S_k 는 주대각 고유값 행렬입니다.

데이터 전처리 단계에서 데이터가 중심화되는 경우 k 개 과거 스코어 벡터의 평균은 각각 0입니다. 이 단계는 PCA에서 상관계수 행렬 또는 공분산 행렬을 이용하거나, PLS에서 중심화와 함께 발생합니다. X 가 중심화되지 않은 전처리 옵션의 경우 데이터가 사용자에게 의해 중심화되었다고 가정하므로 k 개 스코어 벡터의 평균은 각각 0입니다. Hotelling T^2 에 대한 자세한 내용은 Montgomery 연구 자료(2013)에서 확인하십시오.

SPE

PCA 모형과 PLS 모형 둘 다 전처리된 X 행렬을 다음과 같이 분해할 수 있습니다.

$$X = T_k P_k^T + E$$

여기서 $T_k = (t_1, \dots, t_k)$ 는 k 차원 스코어 행렬이고, $P_k = (p_1, \dots, p_k)$ 는 첫 번째 k 고유 벡터가 있는 행렬 (PCA 모형의 경우) 또는 적재 행렬 (PLS 모형의 경우)입니다. 이 PCA 또는 PLS 모형의 제곱 예측 오차는 SPE 관리도에 사용됩니다.

i 개 관측값 각각의 SPE_i 값이 SPE 관리도에 표시됩니다. 제곱 예측 오차는 다음과 같이 정의됩니다.

$$SPE_i = e_i^T e_i = \sum_{j=1}^p e_{ij}^2$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

e_i = 관측값 i 에 대한 잔차 벡터

p = 변수 수

DModX

i 개 관측값 각각의 $DModX_i$ 값이 DModX 관리도에 표시됩니다. 정규화된 DModX(모형까지의 거리)는 다음과 같이 정의됩니다.

$$DModX_i = \frac{SPE_i / (df_1)}{\left(\sum_{i=1}^n SPE_i \right) / (df_2)} = \frac{\sum_{j=1}^p e_{ij}^2 / (df_1)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p e_{ij}^2 / (df_2)} = \frac{\sum_{j=1}^p e_{ij}^2}{d}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

e_{ij} = 관측값 i 와 변수 j 에 대한 잔차

$$df_1 = p - k$$

df_2 = 데이터가 중심화된 경우 $(n-k-1)(p-k)$, 데이터가 중심화되지 않은 경우 $(n-k)(p-k)$

n = 과거 데이터 관측값 수

k = PCA/PLS 성분 수

p = 변수 수

참고 : $DModX_i$ 는 $1/d$ 로 척도화된 SPE_i 와 같습니다 .

한계

시작 창에서 과거 행 수를 지정하지 않은 경우 모든 데이터가 과거 데이터로 처리됩니다. 자세한 내용은 "[모형 기반 다변량 관리도 플랫폼 시작](#)"(292 페이지)에서 확인하십시오.

T^2

과거 데이터의 UCL(관리 상한)은 베타 분포를 기반으로 하며 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \frac{(n-1)^2}{n} \beta \left[1 - \alpha; \frac{k}{2}; \frac{n-k-1}{2} \right]$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

n = 과거 데이터 관측값 수

k = PCA 또는 PLS 성분 수

$\beta \left[1 - \alpha; \frac{k}{2}; \frac{n-k-1}{2} \right]$ = 베타 $\left[\frac{k}{2}; \frac{n-k-1}{2} \right]$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

현재 데이터의 UCL은 F 분포를 기반으로 하며 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \frac{k(n+1)(n-1)}{n(n-k)} F[1 - \alpha; k; (n-k)]$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

n = 과거 데이터 관측값 수

k = PCA 또는 PLS 성분 수

$F(1-\alpha; k; n-k) = F(k; n-k)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

DModX

PCA 및 PLS 모형의 UCL은 F 분포를 기반으로 합니다. PCA 모형의 DModX UCL은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = F[1 - \alpha; df_1; df_2]$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$df_1 = p - k$$

df_2 = 데이터가 중심화된 경우 $(n - k - 1)(p - k)$, 데이터가 중심화되지 않은 경우 $(n - k)(p - k)$

n = 과거 데이터 관측값 수

k = PCA 성분 수

p = 변수 수

$F(1 - \alpha; n - p - 1; p - k) = F(n - p - 1; p - k)$ 분포의 $(1 - \alpha)$ 번째 분위수

PLS 모형의 DModX UCL은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = F[1 - \alpha; h; nh]$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$h = (2\hat{\mu}_{SPE}^2) / (\hat{\sigma}_{SPE}^2)$$

$\hat{\mu}_{SPE}$ = SPE의 과거 표본 평균

$\hat{\sigma}_{SPE}^2$ = SPE의 과거 표본 분산

n = 과거 데이터 관측값 수

$F(1 - \alpha; h; nh) = F(h; nh)$ 분포의 $(1 - \alpha)$ 번째 분위수

SPE

PCA 모형의 SPE UCL은 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = \theta_1 \left[1 - \frac{\theta_2 h_0 (1 - h_0)}{\theta_1^2} + \frac{z_{1 - \alpha} (2\theta_2 h_0^2)^{1/2}}{\theta_1} \right]^{1/h_0}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$h_0 = 1 - 2\theta_1\theta_3/(3\theta_2^2)$$

$$\theta_1 = \sum_{a=1}^k \lambda_a$$

$$\theta_2 = \sum_{a=1}^k \lambda_a^2$$

$$\theta_3 = \sum_{a=1}^k \lambda_a^3$$

$\lambda_a = a$ 번째 고유값

$k = \text{PCA 성분 수}$

$z_{1-\alpha} = \text{표준 정규 분포의 } (1-\alpha) \text{ 번째 분위수}$

PCA 모형의 SPE 관리 한계에 대한 자세한 내용은 Jackson and Mudholkar 연구 자료(1979)에서 확인하십시오.

PLS 모형의 UCL은 카이제곱 분포를 기반으로 하며 다음과 같이 정의됩니다.

$$UCL = g\chi_{[1-\alpha;h]}^2$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$$g = (\hat{\sigma}_{SPE}^2)/(2\hat{\mu}_{SPE})$$

$$h = (2\hat{\mu}_{SPE}^2)/(\hat{\sigma}_{SPE}^2)$$

$\hat{\mu}_{SPE} = \text{SPE의 과거 표본 평균}$

$\hat{\sigma}_{SPE}^2 = \text{SPE의 과거 표본 분산}$

$\chi^2(1-\alpha; h) = \chi^2(h)$ 분포의 $(1-\alpha)$ 번째 분위수

g 및 h 모수는 적률 방법으로 추정됩니다. PLS 모형의 SPE 관리 한계에 대한 자세한 내용은 Nomikos 연구 자료(1995)에서 확인하십시오.

기여도

T²

p 개 변수와 k 개 성분이 있는 PCA 또는 PLS 모형의 T^2 기여도는 다음과 같이 계산됩니다.

$$\begin{aligned}
 T_i' &= t_i' S_k^{-1} t_i \\
 &= \sum_{a=1}^k \frac{t_{ia}^2}{s_a} \\
 &= \sum_{a=1}^k \frac{t_{ia}}{s_a} \sum_{j=1}^p r_{ja} x_{ij} \\
 &= \sum_{j=1}^p \left(\sum_{a=1}^k \frac{t_{ia}}{s_a} r_{ja} x_{ij} \right)
 \end{aligned}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$t_i = i$ 번째 관측값에 대한 k 개 스코어의 벡터

S_k = 과거 관측값에 대한 k 개 스코어의 주대각 표본 공분산 행렬. PCA 모형의 경우 S_k 는 주대각 고유값 행렬입니다.

$s_a = S_k$ 의 a 번째 주대각 요소

r_{ja} = PCA 모형의 경우 a 번째 고유 벡터의 j 번째 요소, PLS 모형의 경우 R_k 적재 행렬의 a 번째 열.

R_k 는 $T_k = X R_k$ 가 되도록 스코어 행렬 T_k 와 X 행렬을 관련시키는 데 사용되는 행렬입니다.

$x_{ij} = i$ 번째 관측값에 대한 j 번째 변수의 값

참고 : 마지막 합의 p 항은 변수 기여도입니다.

각 변수의 기여도는 각 스코어에 대한 기여도 합이며, 정규화된 스코어 값에 따라 가중치가 부여됩니다. 정규화된 스코어 값이 크고 변수 기여도가 큰 경우 해당 변수는 T_i^2 에 대한 기여도가 큰 것으로 간주됩니다.

$$\sum_{j=1}^p \text{Cont}(T_i^2)_j = T_i^2$$

변수 j 의 기여 비율은 다음과 같이 정의됩니다.

$$\text{ContProp}(T_i^2)_j = \frac{\text{Cont}(T_i^2)_j}{\sum_{j=1}^p \text{Cont}(T_i^2)_j}$$

참고 : JMP에서는 T^2 기여 비율을 계산할 때 음의 기여도를 0으로 설정합니다. PCA 및 PLS 모형에서 $\mathbf{X}$ 투영 중에 변수의 교호작용으로 인해 음의 기여도가 발생할 수 있습니다. 전체 양의 기여도에서 큰 비율을 나타내는 변수 기여도를 식별하기 위해 음의 기여도를 영점화합니다.

PCA 기여도 및 음의 기여도에 대한 자세한 내용은 Kourtí and MacGregor 연구 자료(1996)에서 확인하십시오. PLS 기여도에 대한 자세한 내용은 Li et al. 연구 자료(2009)에서 확인하십시오.

DModX

PCA 및 PLS 모형에서 $DModX_i$ 에 대한 변수 j 의 기여도는 다음과 같이 정의됩니다.

$$Cont(DModX_i)_j = \frac{e_{ij}}{\sqrt{d}}$$

다음 식에 따라

$$DModX_i = \sum_{j=1}^p \frac{e_{ij}^2}{d}$$

변수 j 의 기여 비율은 다음과 같이 정의됩니다.

$$ContProp(DModX_i)_j = \frac{e_{ij}^2/d}{DModX_i}$$

SPE

PCA 및 PLS 모형에서 SPE_i 에 대한 변수 j 의 기여도는 다음과 같이 정의됩니다.

$$Cont(SPE_i)_j = e_{ij}$$

다음 식에 따라

$$SPE_i = \sum_{j=1}^p e_{ij}^2$$

변수 j 의 기여 비율은 다음과 같이 정의됩니다.

$$ContProp(SPE_i)_j = \frac{e_{ij}^2}{SPE_i}$$

스코어 기여도

스코어 기여도 계산은 T^2 기여도와 동일하지만 스코어 그림에서 선택한 차원에 대해서만 계산됩니다.

스코어 그림 그룹 비교

스코어 그림 그룹 비교의 경우 변수 j 에 대한 상대 스코어 기여도는 그룹 B의 평균 기여도와 그룹 A의 평균 기여도 간의 차이입니다.

$$\sum_{i \in B} \frac{Cont(T_i^*)_j}{n_b} - \sum_{i \in A} \frac{Cont(T_i^*)_j}{n_a}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

T_i^* = 스코어 그림에 표시된 차원에 해당하는 열이 있는 스코어 행렬의 i 번째 행

A = 그룹 A의 관측값 집합

B = 그룹 B의 관측값 집합

n_a = 그룹 A의 관측값 수

n_b = 그룹 B의 관측값 수

스코어 그림 적재

스코어 그림에 표시된 적재는 PCA 고유 벡터 또는 PLS X 스코어 적재 (**R** 행렬)를 기반으로 합니다. 이러한 적재는 스코어의 최대 절대값으로 척도화됩니다. 적재를 스코어 그림에 그래프로 나타내기 위해 척도화가 수행됩니다. 적재는 각 변수가 각 스코어에 미치는 영향을 대략적으로 보여 줍니다.

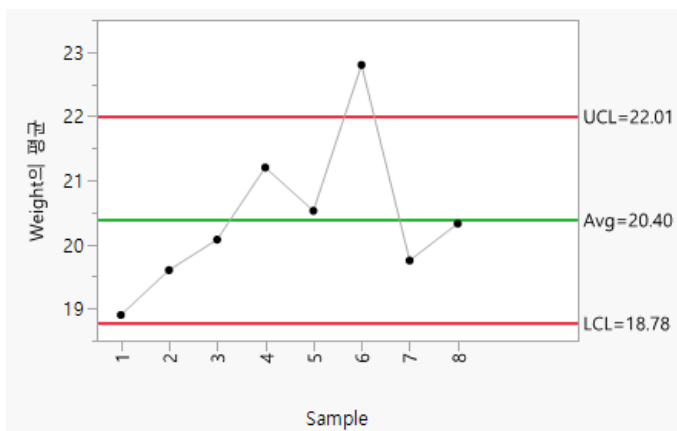
12 장

레거시 관리도 계량형 및 계수형 관리도 생성

관리도는 공정 변동을 모니터링하기 위한 그래프 및 분석 도구입니다. 공정 자체에서 발생하는 고유 변동은 관리 한계 집합을 사용하여 정량화할 수 있습니다. 관리 한계는 우연 원인 변동과 특수 원인 변동을 구별하는 데 도움이 됩니다. 일반적으로 특수 원인 변동을 식별 및 제거하기 위한 작업이 수행됩니다. 공정의 우연 원인 변동을 정량화하는 것도 중요합니다. 이는 공정 능력을 결정하기 때문입니다.

JMP의 레거시 관리도 플랫폼에서는 다양한 관리도는 물론 런 차트, V-마스크 CUSUM 차트 및 가중 이동 평균 차트도 제공합니다. 공정 개선 이니셔티브를 지원하기 위해 대부분의 관리도 옵션은 프로젝트의 여러 단계에 대한 개별 관리도를 동일한 차트에 표시합니다.

그림 12.1 관리도 예제



목차

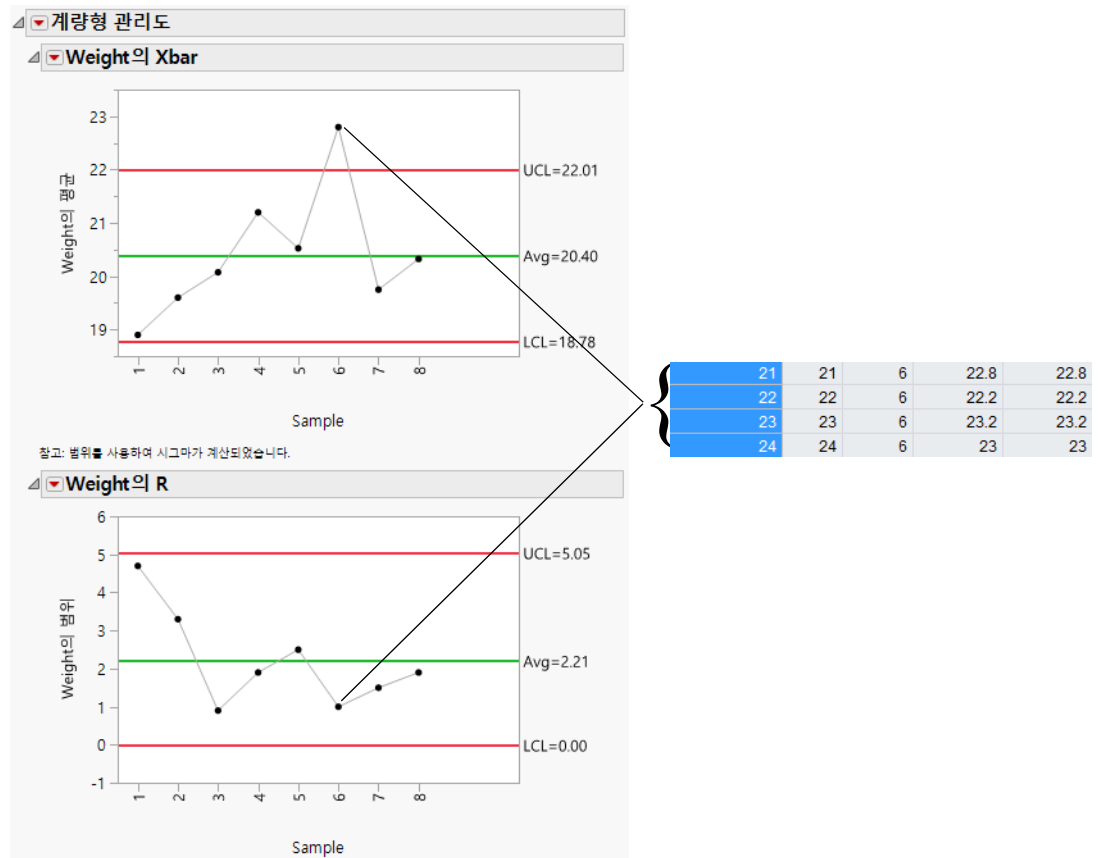
레거시 관리도의 예	309
레거시 관리도 유형	310
계량형 관리도	310
계수형 관리도	313
레거시 관리도 플랫폼 시작	314
공정 정보	315
한계 규격	317
지정된 통계량	317
레거시 관리도 보고서	318
V- 마스크 CUSUM 차트 보고서	320
양측 V-마스크 CUSUM 차트 해석	320
단측 CUSUM 차트 해석	322
레거시 관리도 플랫폼 옵션	322
레거시 관리도에 대한 창 옵션	322
레거시 관리도에 대한 차트 옵션	325
V-마스크 CUSUM 관리도에 대한 차트 옵션	327
한계 저장 및 검색	328
제외, 삭제 및 숨겨진 표본	331
관리도 플랫폼의 추가 예	333
사전 집계 차트 예제	333
V-마스크 CUSUM 차트 예제	335
단측 CUSUM 차트 예제	337
UWMA 차트 예제	338
관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	339
중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계	339
공정 능력 분석에 대한 통계 상세 정보	339
V-마스크 CUSUM 관리도에 대한 통계 상세 정보	345
가중 이동 평균 차트에 대한 통계 상세 정보	348

레거시 관리도의 예

이 예에서는 Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Coating.jmp 샘플 데이터 테이블을 사용합니다 (ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis 에서 가져옴). 관심 있는 품질 특성은 Weight 열입니다 . 4 개의 부분군 표본이 선택됩니다 .

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Coating.jmp 를 엽니다 .
2. 분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > Xbar 를 선택합니다 .
Xbar 및 R 차트 유형이 선택되어 있습니다 .
3. Weight 를 선택하고 공정을 클릭합니다 .
4. Sample 을 선택하고 표본 라벨을 클릭합니다 .
5. 확인을 클릭합니다 .

그림 12.2 Coating(코팅) 데이터에 대한 계량형 차트



공정에 대한 Xbar 차트와 R 차트가 [그림 12.2](#)에 표시되어 있습니다. 표본 6은 공정이 통계적 관리 상태가 아님을 나타냅니다. 표본 값을 확인하려면 두 관리도 중 하나에서 표본 6 요약 점을 클릭합니다. 데이터 테이블에서 해당 행이 강조 표시됩니다.

참고 : S 차트를 Xbar 차트와 함께 선택한 경우 표준편차를 기반으로 Xbar 차트의 한계가 결정됩니다. 그렇지 않은 경우 Xbar 차트의 한계는 범위를 기반으로 합니다.

레거시 관리도 유형

레거시 관리도는 크게 다음 두 가지 범주로 분류됩니다.

- " [계량형 관리도](#) " — IR, Xbar, 런 차트 , Levey-Jennings, 사전 집계 , CUSUM, UWMA 및 EWMA
- " [계수형 관리도](#) " — P, NP, C 및 U

계량형 관리도

계량형 관리도는 차트에 표시된 부분군 요약 통계량에 따라 다음과 같이 분류됩니다.

- **IR** 을 선택하면 다음과 같은 추가 차트 유형이 제공됩니다.
 - 개별 측정값 차트에는 개별 측정값이 표시됩니다. 각 부분군 표본에 대해 하나의 측정값만 사용 가능한 경우 이 차트가 적합합니다.
 - 이동 범위 차트에는 두 개 이상의 연속 측정값에 대한 이동 범위가 표시됩니다. 자세한 내용은 " [이동 범위 \(평균 \) 차트](#) " 에서 확인하십시오.
- **Xbar** 차트에는 부분군 평균이 표시됩니다. 이 항목을 선택하면 다음과 같은 추가 차트 유형이 제공됩니다.
 - **R** 차트에는 부분군 범위 (최대값 - 최소값) 가 표시됩니다.
 - **S** 차트에는 부분군 표준편차가 표시됩니다.

연속형 척도로 측정된 품질 특성에 대해 일반적인 분석을 수행하면 해당하는 R 또는 S 차트 위에 평균 차트를 정렬하여 공정 평균과 변동성이 모두 표시됩니다.

- **런 차트**는 데이터를 연결된 일련의 점으로 표시합니다. 또한 창에서 또는 스크립트를 통해 **표본 라벨** 역할이 사용되는 경우 그룹 평균도 런 차트에 표시될 수 있습니다.
- **Levey-Jennings** 차트에는 장기 시그마를 기반으로 한 관리 한계와 공정 평균이 표시됩니다. 관리 한계는 중심선에서 3s 떨어진 위치에 배치됩니다. Levey-Jennings 차트에 대한 표준편차 s 는 분포 플랫폼의 표준편차와 동일한 방식으로 계산됩니다.
- **사전 집계** 차트에는 부분군 평균과 표준편차가 표시됩니다. 자세한 내용은 " [사전 집계 차트](#) " 에서 확인하십시오.
- **CUSUM** 차트에는 부분군 또는 개별 측정값과 목표값 간의 누적합이 표시됩니다. 자세한 내용은 " [V-마스크 CUSUM 관리도](#) " 에서 확인하십시오.

- UWMA 차트에는 지정된 수의 측정값에 대한 균등 가중 이동 평균이 표시됩니다. 자세한 내용은 "**균등 가중 이동 평균 차트**"에서 확인하십시오.
- EWMA 차트에는 가중치가 지정된 모든 측정값의 지수 가중 이동 평균이 표시됩니다. 자세한 내용은 "**지수 가중 이동 평균 차트**"에서 확인하십시오.

이동 범위 (평균) 차트

이동 평균 차트에서는 부분군 평균 대신 개별 관측값을 사용하여 평균을 구할 수 있습니다. 그러나 개별 측정값에 대한 이동 평균 차트는 개별 측정값에 대한 관리도 또는 개별 측정값이 표시된 이동 범위와 다릅니다.

이동 범위 (평균) 차트에는 두 개 이상의 연속 측정값에 대한 이동 범위가 표시됩니다. 이동 범위는 **범위 길이** 상자에 입력하는 연속 측정값 수에 대해 계산됩니다. 기본 범위 길이는 2입니다. 이동 범위는 상관관계가 있으므로 차트를 해석할 때 주의해야 합니다.

중앙값 이동 범위 차트도 사용할 수 있습니다. 중앙값 이동 범위 차트와 개별 측정값 차트를 선택하는 경우 개별 측정값 차트의 한계는 평균 이동 범위 대신 중앙값 이동 범위를 시그마로 사용합니다.

사전 집계 차트

데이터가 동일한 공정 단위의 반복 측정값으로 구성된 경우 이를 해당 단위에 대한 하나의 측정값으로 결합할 수 있습니다. 데이터에 각 공정 또는 측정 단위에 대한 반복 측정값이 포함된 경우 외에는 사전 집계하지 않는 것이 좋습니다.

사전 집계는 선택한 표본 크기 또는 표본 라벨을 기반으로 공정 열을 표본 평균 또는 표준편차로 요약합니다. 그런 다음 시작 창에서 선택한 옵션에 따라 요약 데이터를 차트에 표시합니다. 시작 창에서 해당하는 상자를 선택하여 공정 능력 분석을 추가할 수도 있습니다.

사전 집계 시작 창에는 다음과 같은 차트 유형 옵션이 있습니다.

- 그룹 평균에 대한 개별값
- 그룹 표준편차에 대한 개별값
- 그룹 평균에 대한 이동 범위
- 그룹 표준편차에 대한 이동 범위
- 그룹 평균에 대한 중앙값 이동 범위
- 그룹 표준편차에 대한 중앙값 이동 범위

이동 범위 차트 유형에 사용되는 범위 길이를 설정하는 옵션도 있습니다.

V- 마스크 CUSUM 관리도

V-마스크 CUSUM(누적합) 관리도에는 부분군 또는 개별 측정값과 목표값 간의 누적합이 표시됩니다. V-마스크 CUSUM 차트는 공정 평균에서 지속적으로 발생하는 작은 변화를 감지하여 공정이 통계적 관리 상태인지 여부를 판단하는 데 도움이 될 수 있습니다. 이에 비해 표준

Shewhart 관리도는 2 또는 3 시그마 변화와 같이 측정값에서 갑작스럽게 발생하는 큰 변화를 감지할 수 있지만 1 시그마 변화와 같은 작은 변화를 발견하는 데는 효과가 떨어집니다.

CUSUM 메뉴 선택 항목에는 V- 마스크 누적합 차트에 대한 옵션이 있습니다. "K 시그마" 외에 다음 항목도 지정합니다.

- 양측 차트의 경우 V- 마스크 원점과 V- 마스크 상위 또는 하위 기준선 사이의 세로 거리 h . 단측 차트의 경우 H 는 결정 구간입니다. H 를 표준 오차의 배수로 선택합니다.
- 참조 값 $k(k > 0)$

누적합 관리도의 또 다른 유형에는 테이블 형식 CUSUM 차트가 있습니다. 테이블 형식 CUSUM 차트를 생성하려면 "**CUSUM 관리도**"의 내용을 참조하십시오. 다음을 포함하여 다양한 이유로 V- 마스크 차트 대신 테이블 형식 CUSUM 차트가 권장됩니다.

- V-마스크는 단순히 마지막 관측값 위에 추가되는 것이 아니라 각 관측값과 함께 이동해야 합니다.
- V- 마스크 절차의 누적합은 목표에 적합한 공정의 경우에도 그래프 중심에서 멀리 떨어질 수 있습니다.

주의 : Montgomery(2013)에서는 "V- 마스크 절차를 사용하지 말 것을" 권장합니다.

균등 가중 이동 평균 차트

UWMA(균등 가중 이동 평균) 차트의 각 점은 현재 부분군 평균을 포함하여 w 개의 가장 최근 부분군 평균의 평균입니다. 새 부분군 표본을 얻으면 w 개의 이전 부분군 평균 중 가장 오래된 것을 삭제하고 최신 부분군 평균을 포함하여 다음 이동 평균이 계산됩니다. 상수 w 를 이동 평균의 거리라고 합니다.

UWMA 시작 창에서 "K 시그마"와 "알파" 외에 다음 항목도 지정합니다.

- 이동 평균을 구하기 위해 포함할 부분군 수를 나타내는 이동 평균 거리 (w 라고도 함). 이동 평균 거리 (w)가 클수록 UWMA 선이 더 평활해지고 변화의 크기를 적게 반영합니다. 즉, w 값이 클수록 더 작은 변화에 대비할 수 있습니다. 자세한 내용은 "**UWMA 차트에 대한 관리 한계**"에서 확인하십시오.

지수 가중 이동 평균 차트

EWMA(지수 가중 이동 평균) 차트의 각 점은 현재 부분군 표본의 평균을 포함하여 이전의 모든 부분군 평균에 대한 가중 평균입니다. 가중치는 시간에 따라 지수적으로 감소합니다.

참고 : EWMA(지수 가중 이동 평균) 차트는 GMA(기하 이동 평균) 차트라고도 합니다.

EWMA 시작 창에서 "K 시그마" 와 "알파" 외에 다음 항목도 지정합니다.

- 가중치 모수, 즉 현재 부분군 표본 평균에 할당된 가중치 ($0 < \text{weight} \leq 1$). 가중치 값이 작으면 작은 변화가 발생하지 않도록 대비할 수 있습니다. 자세한 내용은 "[EWMA 차트에 대한 관리 한계](#)" 에서 확인하십시오.

팁 : 최신 EWMA 관리도 플랫폼에 대한 내용은 "[EWMA 관리도](#)" 에서 확인하십시오.

계수형 관리도

이전 유형의 차트에서는 측정 데이터가 공정 변수였습니다. 이 유형의 데이터는 주로 연속형이며 차트는 연속형 데이터에 대한 이론을 기반으로 생성됩니다. 개수 데이터라는 다른 유형의 데이터도 있습니다. 이 경우 관심 변수는 부분군당 불량 또는 결함 수를 나타내는 이산형 개수입니다. 이산형 개수 데이터의 경우 이항 및 Poisson 모형을 기반으로 하므로 계수형 차트를 적용할 수 있습니다. 개수는 부분군별로 측정되므로 차트를 비교할 때 차트 간에 부분군의 항목 수가 비슷한지 확인해야 합니다. 계수형 차트는 계량형 차트와 마찬가지로 차트에 표시된 부분군 표본 통계량에 따라 분류됩니다.

사용할 계수형 차트 결정

각 항목은 다음과 같이 적합 또는 부적합으로 판단됩니다.

p 차트 불량품 비율을 표시합니다.

np 차트 불량품 개수를 표시합니다.

각 항목에 대해 다음과 같이 결함 수가 계산됩니다.

c 차트 결함 수를 표시합니다.

u 차트 결함 비율을 표시합니다.

계수형 차트의 경우 결함 수 또는 불량품 비율이 포함된 열을 공정 변수로 지정합니다. 열에 0 에서 1 사이의 정수가 아닌 값이 포함된 경우 외에는 데이터가 개수로 해석됩니다.

- P 차트에는 부분군 크기가 변동 가능한 표본에서 부적합품 (불량) 의 비율이 표시됩니다. P 차트의 각 부분군은 N_i 개 항목으로 구성되며 각 항목이 적합 또는 부적합으로 평가되므로 부분군의 최대 부적합품 수는 N_i 개입니다.
- NP 차트에는 부분군 표본의 부적합품 (불량) 수가 표시됩니다. NP 차트의 각 부분군은 N_i 개 항목으로 구성되며 각 항목이 적합 또는 부적합으로 평가되므로 부분군 i 의 최대 부적합품 수는 N_i 개입니다.

참고 : P 또는 NP 차트에 "시그마" 열 특성을 사용하려면 값이 비율과 같아야 합니다. JMP에서는 시그마를 비율과 표본 크기의 함수로 계산합니다.

- C 차트에는 대개 하나의 검사 단위로 구성된 (반드시 그런 것은 아님) 부분군 표본의 결점 (결함) 수가 표시됩니다.

주의 : C 차트의 경우 "표본 크기" 또는 "상수 크기"를 지정하지 않으면 "표본 라벨"이 표본 크기로 사용됩니다.

- U 차트에는 검사 단위 수가 변할 수 있는 각 부분군 표본의 결점 (결함) 수가 표시됩니다.

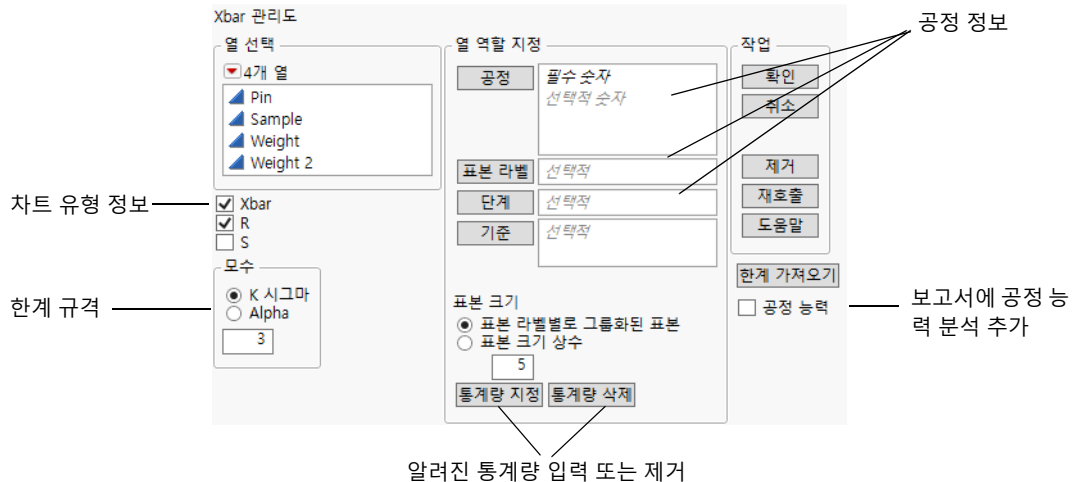
주의 : U 차트의 경우 "단위 크기" 또는 "상수 크기"를 지정하지 않으면 "표본 라벨"이 단위 크기로 사용됩니다.

레거시 관리도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도를 선택하여 레거시 관리도 플랫폼을 시작하면 [그림 12.3](#)에 나오는 것과 유사한 시작 창이 나타납니다. 특정 컨트롤은 선택한 차트 유형에 따라 다릅니다. 초기에는 다음과 같은 유형의 정보가 창에 표시됩니다.

- 측정 변수 선택을 위한 "공정 정보"
- 차트 유형 정보 (자세한 내용은 "레거시 관리도 유형" 참조)
- "한계 규격"
- "지정된 통계량"

그림 12.3 Xbar 관리도 시작 창



"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

공정 정보

시작 창에 현재 데이터 테이블의 열 목록이 표시됩니다. 여기서 분석할 변수와 부분군 표본 크기를 지정합니다.

공정

공정 역할은 차트 생성에 사용할 변수를 선택합니다.

- 계량형 차트의 경우 측정값을 공정으로 지정합니다.
- 계수형 차트의 경우 결함 수 또는 불량품 비율을 공정으로 지정합니다. 0에서 1 사이의 정수가 아닌 값이 포함된 경우 외에는 데이터가 개수로 해석됩니다.

참고: 데이터 테이블의 행은 관측값을 수집한 순서대로 정렬되어야 합니다. **표본 라벨** 변수를 지정한 경우에도 이에 따라 관측값을 정렬해야 합니다.

표본 라벨

표본 라벨 역할을 사용하면 해당 값으로 가로 축에 라벨을 지정하고, 동일하지 않은 부분군 크기도 식별할 수 있는 변수를 지정할 수 있습니다. 표본 라벨 변수를 지정하지 않으면 표본이 부분군 표본 번호로 식별됩니다.

- 표본 부분군 크기가 같으면 **표본 크기 상수** 옵션을 선택하고 텍스트 상자에 크기를 입력합니다. 표본 라벨 변수를 입력한 경우 해당 값은 가로 축에 라벨을 지정하는 데 사용됩니다. 표본 크기는 표본에 결측값이 있는지 여부에 관계없이 한계 계산에 사용됩니다.
- 표본 부분군의 행 수가 같지 않거나 결측값이 있고 각 표본을 식별하는 열이 있으면 **표본 라벨별로 그룹화된 표본** 옵션을 선택한 후 표본 식별 열을 표본 라벨로 입력합니다.

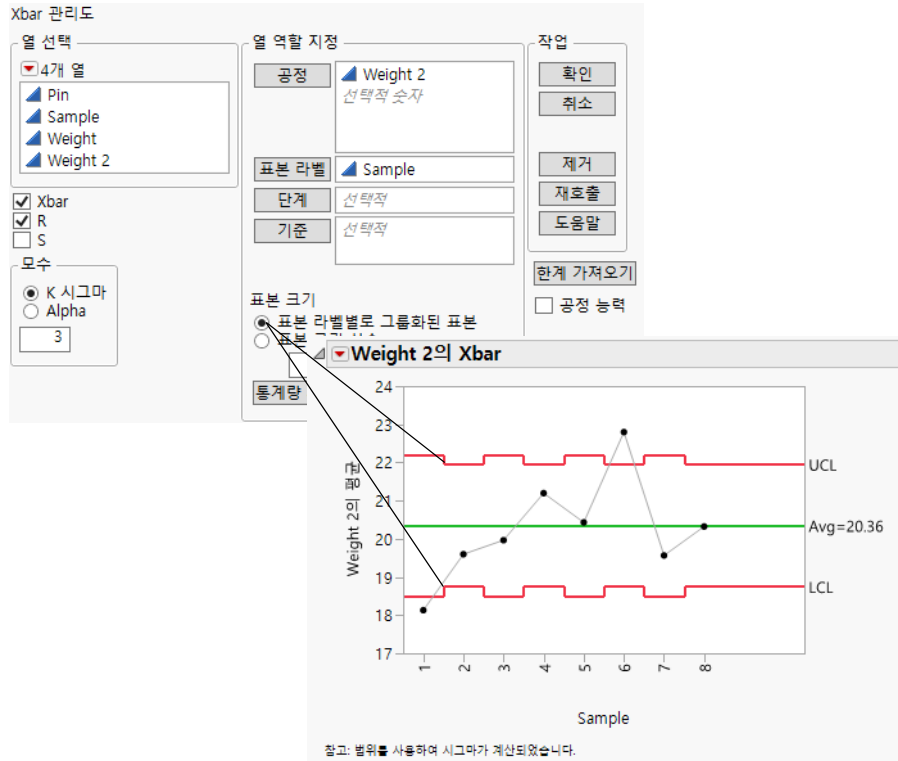
계수형 차트(P, NP, C 및 U 차트)의 경우 이 변수는 부분군 표본 크기입니다. 선택 항목에 따라 **표본 크기**, **상수 크기** 또는 **단위 크기**를 포함한 추가 옵션이 시작 창에 나타납니다. 계량형 차트에서는 표본을 식별합니다. 차트 유형이 **IR**이면 **범위 길이** 텍스트 상자가 나타납니다. 범위 길이는 이동 범위가 계산되는 연속 측정값 수를 지정합니다.

참고:

- 데이터 테이블의 행은 관측값을 수집한 순서대로 정렬되어야 합니다. **표본 라벨** 변수를 지정한 경우에도 이에 따라 관측값을 정렬해야 합니다.
- **상수 크기** 값의 정수가 아닌 부분은 잘립니다. 부분군 표본 크기가 정수가 아닌 상수인 경우 상수 값 열을 지정해야 합니다.

그림 12.4의 그림에서는 Quality Control 샘플 데이터 폴더의 Coating.jmp 샘플 데이터를 사용하여 부분군 표본 크기가 같지 않은 공정에 대한 Xbar 차트를 보여 줍니다.

그림 12.4 부분군 표본 크기가 같지 않은 계량형 차트



단계

단계 역할을 사용하면 여러 단계 또는 섹션을 식별하는 열을 지정할 수 있습니다. 단계는 데이터 테이블의 연속 관측값 그룹입니다. 예를 들어 단계는 새 공정이 생산에 도입된 후 연속된 변화를 겪는 기간에 해당할 수 있습니다. 단계는 지정된 단계 변수의 각 수준에 대해 새 시그마, 한계 집합, 영역 및 검정 결과를 생성합니다.

Xbar, R, S, IR, P, NP, C, U, 사전 집계 및 Levey-Jennings 차트의 창에 **단계** 변수 버튼이 나타납니다. 단계 변수가 지정되면 행별로 단계 변수를 검토하여 각 행이 속한 단계를 식별합니다. 한계 파일에 저장하면 각 단계에 대해 계산된 시그마 및 특정 한계가 표시됩니다.

기준

기준 역할은 열에 나타나는 각 값에 대해 별도의 분석을 생성하기 위해 변수를 식별합니다.

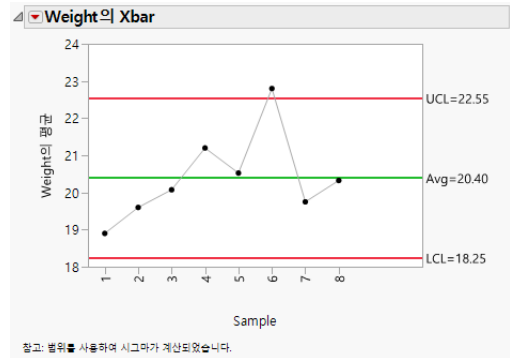
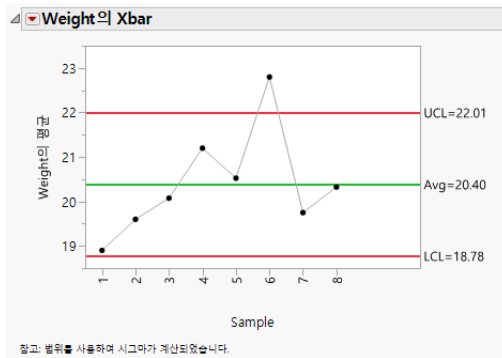
한계 규격

k 에 대한 값(**K 시그마**) 또는 α 에 대한 확률(**알파**)을 입력하거나, 공정 열 특성 또는 이전에 생성한 한계 테이블에서 한계 값을 검색하여 관리 한계 계산을 지정할 수 있습니다. 한계 테이블 및 **한계 가져오기** 버튼에 대한 내용은 "**한계 저장 및 검색**" 섹션에서 설명합니다. **K 시그마** 또는 **알파** 규격이 있어야 합니다. **K 시그마**의 창 기본값은 3입니다.

K 시그마

K 시그마 모수 옵션을 사용하면 표본 표준 오차의 배수로 관리 한계를 지정할 수 있습니다. **K 시그마**는 중심선으로 표시되는 기대값의 위/아래에 있는 k 표본 표준 오차로 관리 한계를 지정합니다. k (시그마 수)를 지정하려면 **K 시그마** 라디오 버튼을 클릭하고 텍스트 상자에 양수 k 값을 입력합니다. k 에 일반적으로 사용되는 값은 3 표준편차를 나타내는 3입니다. [그림 12.5](#)에 표시된 예에서는 Coating.jmp 데이터에 대한 Xbar 차트를 **K 시그마** = 3 및 **K 시그마** = 4로 그린 관리 선과 비교합니다.

그림 12.5 K 시그마 = 3(왼쪽) 및 K 시그마 = 4(오른쪽) 관리 한계



알파

알파 모수 옵션은 공정이 관리 상태라고 가정할 때 단일 부분군 통계량이 관리 한계를 벗어날 확률 α 의 관점에서 관리 한계(**확률 한계**라고도 함)를 지정합니다. 알파를 지정하려면 **알파** 라디오 버튼을 클릭하고 원하는 확률을 입력합니다. α 의 경우 0.01 또는 0.001을 선택하는 것이 합리적입니다. 정규성 및 알려진 관리 상태 모수를 가정한 Xbar 차트의 경우 **K 시그마** = 3과 동등한 **알파** 값은 0.0027입니다.

지정된 통계량

공정 변수를 지정한 후 관리도 시작 창에서 **통계량 지정**(사용 가능한 경우) 버튼을 클릭하면 편집 가능한 필드가 있는 탭이 창 아래쪽에 추가됩니다. 이를 통해 공정 변수에 대한 과거 통계량, 즉 과거 데이터에서 얻은 통계량을 입력할 수 있습니다. 관리도 플랫폼에서는 이러한 항목을 사

용하여 관리도를 생성합니다. 여기에 나오는 예에서는 공정 변수의 표준편차를 1, 평균 측정값을 20으로 각각 보여 줍니다.

그림 12.6 통계량 지정의 예

Xbar 차트에 대한 알려진 통계

Weight 2	
Sigma	1
평균(측정값)	20
평균(범위)	.
평균(표준편차)	.

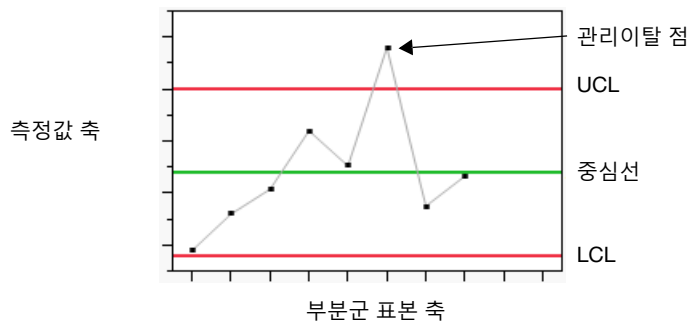
참고 : 사용자가 지정한 평균의 경우 그림에서 μ_0 라벨이 지정됩니다.

관리도 시작 창에서 **공정 능력** 옵션을 선택하면 (그림 12.3) 플랫폼이 시작될 때 규격 한계를 입력할 수 있는 창이 나타납니다. 선택한 관리도의 표준편차가 창으로 전달되고 기본 옵션인 "지정된 시그마" 값으로 나타납니다. 규격 한계를 입력하고 "확인"을 클릭하면 관리도 옆의 동일한 창에 공정 능력 분석 결과가 나타납니다. 공정 능력 지수를 계산하는 방법에 대한 자세한 내용은 "[정규 분포에 대한 공정 능력 지수](#)"에서 확인하십시오.

레거시 관리도 보고서

분석을 통해 공정이 통계적 관리 상태인지 여부를 판별하는 데 사용할 수 있는 차트가 생성됩니다. 보고서는 선택한 차트 유형에 따라 달라집니다. 그림 12.7에는 간단한 관리도의 일부가 표시되어 있습니다. 데이터 테이블에서 데이터가 추가 또는 변경되면 관리도가 동적으로 업데이트됩니다.

그림 12.7 관리도의 예



참고 : 데이터 테이블에서 제외된 행은 런 차트, P 차트, U 차트 및 C 차트에서도 숨겨집니다.

관리도에는 다음과 같은 특성이 있습니다.

- 차트에 표시된 각 점은 개별 공정 측정값 또는 요약 통계량을 나타냅니다. [그림 12.7](#)에서 점은 측정값 표본의 평균을 나타냅니다.
부분군은 추론에 근거하여 합리적으로 선택해야 합니다. 즉, 부분군 간의 공정 변화가 참일 확률을 최대화하도록 선택해야 합니다. 대개 가장 효과적인 그룹화 전략을 결정하려면 공정에 대한 지식이 필요합니다. 자세한 내용은 Wheeler(2004), Woodall and Adams(1998) 연구 자료에서 확인하십시오.
- 관리도의 세로 축은 요약 통계량과 동일한 단위로 척도화됩니다.
- 관리도의 가로 축은 부분군 표본을 식별하고 시간 순서로 지정됩니다. 시간별 공정을 관측하는 것은 공정의 변화 여부를 평가하는 데 중요합니다.
- 녹색 선은 중심선, 즉 데이터의 평균입니다. 중심선은 공정이 통계적 관리 상태일 때 요약 통계량의 평균 값 (기대값) 을 나타냅니다. 측정값은 중심선의 양쪽에 균등하게 나타나야 합니다. 그렇지 않으면 공정 평균이 변하고 있다는 증거가 될 수 있습니다.
- 빨간색 선 두 개는 각각 UCL 및 LCL 라벨이 지정된 관리 상한과 관리 하한입니다. 관리 한계는 공정이 통계적 관리 상태일 때 요약 통계량에 예상되는 변동 범위를 제공합니다. 공정에서 일상적 변동만 나타나는 경우 모든 점이 해당 범위 내에 무작위로 포함되어야 합니다. [그림 12.7](#)에서 하나의 측정값이 관리 상한 위에 있습니다. 이것은 해당 측정값이 특수 원인의 영향을 받았거나 결함 가능성이 있다는 증거입니다.
- 관리 한계 또는 CUSUM 차트의 V-마스크를 벗어난 점은 특수 원인에 의한 변동이 있음을 나타냅니다.

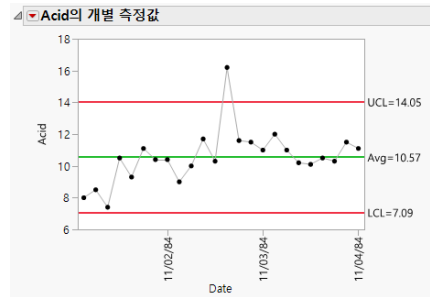
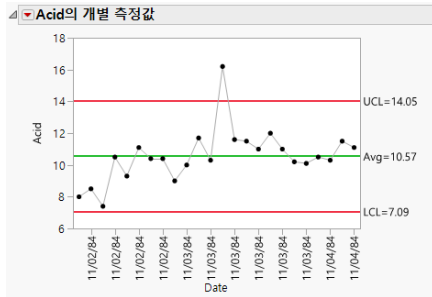
각 플랫폼 내의 옵션은 표본을 받고 기록하거나 데이터 테이블에 추가할 때 동적으로 업데이트할 수 있는 관리도를 생성합니다.

관리도에 비정상적인 변동이 나타날 때 공정 성능이 저하된 경우에는 공정을 통계적 관리 상태로 되돌리는 조치를 취해야 합니다. 비정상적인 변동이 공정 개선을 나타낼 경우에는 변동 원인을 연구하고 구현해야 합니다.

가로 또는 세로 축을 두 번 클릭하면 형식, 축 값, 눈금 수, 격자선, 참조선 및 축에 표시할 기타 옵션을 지정할 수 있는 적절한 축 규격 창이 나타납니다.

예를 들어 Pickles JMP에는 3일 동안 매일 측정한 데이터가 나열되어 있습니다. [그림 12.8](#)에서는 기본적으로 가로 축에 눈금 두 개마다 하나씩 라벨이 지정되어 있습니다. 이 경우 [그림 12.8](#)의 왼쪽에서 볼 수 있듯이 라벨이 중복될 때도 있습니다. 8개 단위로 증분하여 라벨을 지정하면 오른쪽 차트와 같이 가로 축 라벨이 날짜별로 하나씩 지정됩니다.

그림 12.8 라벨이 지정된 x 축 눈금 표시의 예



참고 : 경고와 규칙에 대한 자세한 내용은 "검정" 및 "Westgard 규칙"에서 확인하십시오.

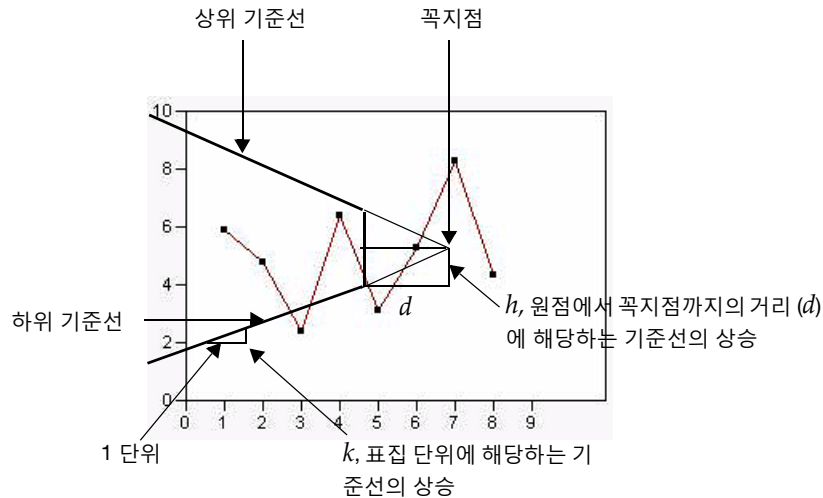
V- 마스크 CUSUM 차트 보고서

양측 V- 마스크 CUSUM 차트 해석

참고 : 자세한 내용은 "V- 마스크 CUSUM 차트 예제"에서 확인하십시오.

양측 CUSUM 차트를 해석하려면 V-마스크를 구성하는 한계와 점을 비교합니다. V-마스크는 누적합 그래프에 양측 면이 겹쳐져 있는 V 형태의 모양입니다. V-마스크는 V자 모양의 한계를 표시하여 구성됩니다. V-마스크의 원점은 가장 최근에 표시된 점이며, 그림 12.9에서와 같이 기준선이 가로 축에서 뒤로 길어집니다. 데이터가 수집되면 누적합 수열이 업데이트되고 가장 최근 점으로 원점이 재배치됩니다.

그림 12.9 양측 CUSUM 차트의 V- 마스크



공정 평균이 변화하면 표시된 점의 기울기가 바뀌므로 CUSUM 차트에서 공정 평균 변화를 시각적으로 쉽게 감지할 수 있습니다. 기울기가 변하는 지점이 변화가 발생하는 지점입니다. 이전에 표시된 점 중 하나 이상이 V-마스크의 상위 또는 하위 기준선과 교차하면 관리이탈 상태입니다. 하위 기준선과 교차하는 점은 공정 평균이 증가한다는 신호이고 상위 기준선과 교차하는 점은 하향 변화를 나타내는 신호입니다.

CUSUM 차트와 Shewhart 차트 사이에는 다음과 같은 중요한 차이가 있습니다.

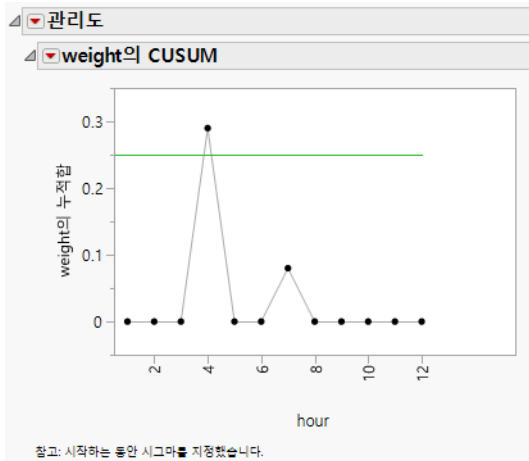
- Shewhart 관리도는 단일 부분군 표본의 정보를 기반으로 점을 표시합니다. CUSUM 차트의 각 점은 현재 부분군을 포함하여 수집한 모든 표본의 정보를 기반으로 합니다.
- Shewhart 관리도의 가로 관리 한계는 점이 관리이탈 상태를 나타내는지 여부를 정의합니다. CUSUM 차트의 한계는 V-마스크 형태 또는 가로 결정 구간일 수 있습니다.
- 일반적으로 Shewhart 관리도의 관리 한계는 3σ 한계로 지정됩니다. CUSUM 차트의 한계는 평균 런 길이를 기준으로 결정됩니다.

CUSUM 차트는 공정 평균의 작은 변화를 감지하는 데 더 효율적입니다. Lucas(1976)에서는 V-마스크가 Shewhart 관리도보다 약 4배 빠르게 1σ 변화를 감지한다고 설명합니다.

단측 CUSUM 차트 해석

단측 CUSUM 차트를 사용하여 관심 측면에 근접하거나 초과하는 데이터를 식별할 수 있습니다.

그림 12.10 단측 CUSUM 차트의 예



결정 구간 또는 가로선은 시작 창에 입력한 H 값으로 설정됩니다. 이 예에서는 0.25입니다. 결정 구간 0.25를 초과하는 값은 변화 또는 관리이탈 상태를 나타냅니다. 이 예에서 관측값 4는 변화 발생 지점으로 보입니다. 또한 단측 CUSUM 차트에는 V-마스크가 나타나지 않습니다.

레거시 관리도 플랫폼 옵션

레거시 관리도에는 플랫폼의 여러 부분에 영향을 주는 빨간색 삼각형 메뉴가 있습니다.

- 맨 위 제목 표시줄의 메뉴는 전체 플랫폼 창에 영향을 줍니다. 포함된 항목은 선택한 차트 유형에 따라 다릅니다. 자세한 내용은 "레거시 관리도에 대한 창 옵션"에서 확인하십시오.
- 차트 유형 제목 표시줄에는 각 차트에 개별적으로 영향을 주는 옵션이 포함된 항목 메뉴가 있습니다. 자세한 내용은 "레거시 관리도에 대한 차트 옵션"에서 확인하십시오.

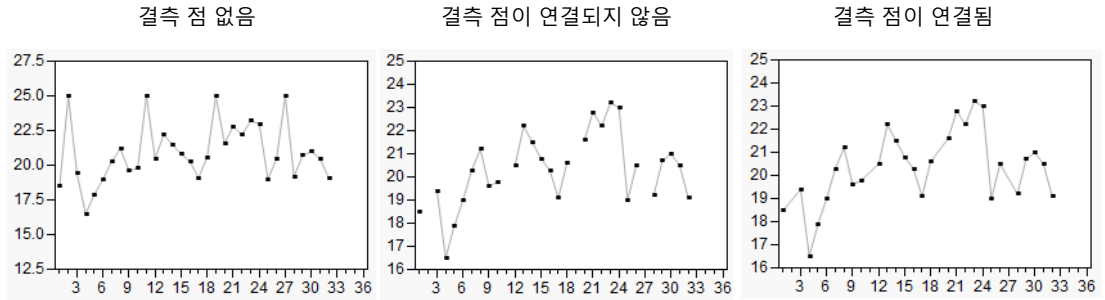
레거시 관리도에 대한 창 옵션

창 제목 표시줄의 빨간색 삼각형 메뉴에는 보고서 창에 영향을 주는 옵션이 나열됩니다. **Xbar**와 **R**을 동시에 요청하면 각 차트 유형을 확인하여 표시하거나 숨길 수 있습니다. 사용할 수 있는 특정 옵션은 요청한 관리도 유형에 따라 다릅니다. 사용할 수 없는 옵션은 회색 메뉴 항목으로 표시됩니다.

한계 범례 표시 차트 오른쪽에 평균, UCL 및 LCL 값을 표시하거나 숨깁니다.

결측값을 통과하여 연결 일부 표본에 결측값이 있는 경우 점을 연결합니다. **그림 12.11**의 왼쪽 차트에는 결측 점이 없습니다. 중간 차트에는 표본 2, 11, 19, 27이 결측이며 해당 점이 연결되어 있지 않습니다. **결측값을 통과하여 연결** 옵션 (기본값)을 선택하면 오른쪽 차트가 나타납니다.

그림 12.11 결측값을 통과하여 연결 옵션의 예



중앙값 사용 런 차트의 경우 개별 런 차트의 빨간색 삼각형 메뉴에서 **중심선 표시** 옵션을 선택하면 열의 중심 값을 통과하는 선이 그려집니다. 중심선은 메인 런 차트의 빨간색 삼각형 메뉴에 있는 **중앙값 사용** 설정에 의해 결정됩니다. **중앙값 사용**을 선택하면 중앙값이 중심선으로 사용됩니다. 그렇지 않으면 평균이 사용됩니다. 한계를 파일에 저장할 때 전체 평균과 중앙값이 모두 저장됩니다.

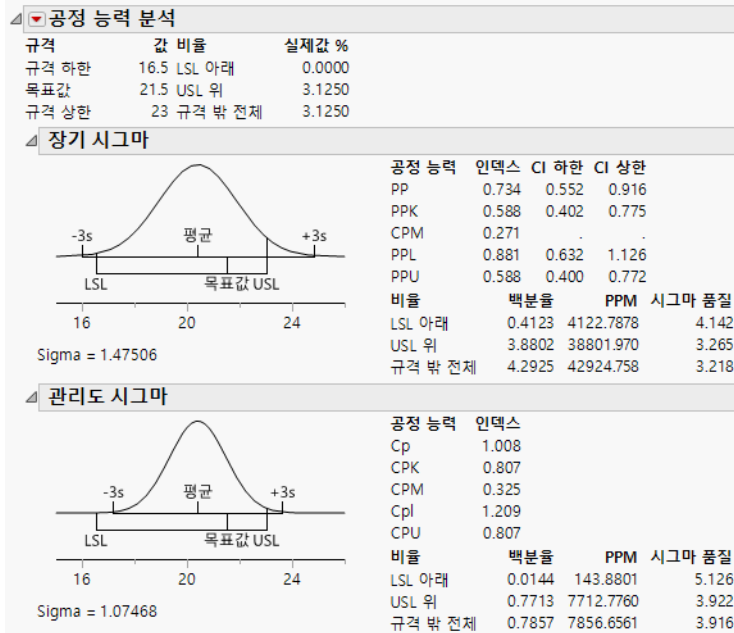
공정 능력 (단계 변수가 지정된 경우에는 사용 불가능) 데이터에 대한 공정 능력 분석을 수행합니다. 먼저 공정 변수에 대한 규격 하한, 목표값 및 규격 상한 값을 입력할 수 있는 팝업 창이 표시됩니다.

그림 12.12 공정 능력 분석 창

규격 하한	16.5
목표값	21.5
규격 상한	23

그림 12.13에서는 규격 하한이 16.5, 목표값이 21.5, 규격 상한이 23으로 각각 설정된 Coating.jmp에 대한 공정 능력 분석 보고서의 예를 보여 줍니다.

그림 12.13 Coating.jmp 에 대한 공정 능력 분석 보고서



자세한 내용은 "공정 능력 분석에 대한 통계 상세 정보"에서 확인하십시오.

시그마 저장 계산된 시그마 값을 JMP 데이터 테이블의 공정 변수 열에 열 특성으로 저장합니다.

한계 저장 다음 중 한 가지 방법으로 관리 한계를 저장합니다.

열에 관리 한계를 반응 변수의 기존 데이터 테이블에 열 특성으로 저장합니다. 한계가 일정하면 보고서의 각 차트 유형에 대한 LCL, 평균 및 UCL 값이 저장됩니다. 단계 차트에는 이 옵션을 사용할 수 없습니다. 또한 각 차트에 대해 표본 크기가 일정하지 않으면 이 옵션을 사용해도 아무 효과가 없습니다.

새 테이블에 각 차트의 표준편차 및 평균을 새 데이터 테이블에 저장합니다. 한계가 일정하면 각 차트의 LCL, 평균 및 UCL도 저장됩니다. 단계를 있는 경우 각 단계에 대한 새 값 집합이 저장됩니다. 나중에 한계를 사용할 때 이 데이터 테이블을 사용할 수 있습니다. 관리도 시작 창에서 **한계 가져오기**를 클릭한 후 저장된 데이터 테이블을 선택합니다. 자세한 내용은 "한계 저장 및 검색" 섹션에서 확인하십시오.

요약 저장 표본 라벨, 표본 크기, 표시된 통계량, 중심선 및 관리 한계를 포함하는 새 데이터 테이블을 생성합니다. 테이블에 포함되는 특정 통계량은 차트 유형에 따라 다릅니다.

경보 스크립트 데이터가 특수 원인 검정에 실패했음을 나타내는 스크립트를 작성하고 실행할 수 있습니다. 결과를 로그에 쓰거나 음성으로 전달할 수 있습니다. 자세한 내용은 이 가이드의 "검정"에서 확인하십시오. 사용자 경보 스크립트 작성에 대한 자세한 내용은 **Scripting Guide**의에서 확인하십시오.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용**의에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

레거시 관리도에 대한 차트 옵션

차트 이름 옆의 아이콘을 클릭하면 차트 옵션의 빨간색 삼각형 메뉴가 나타납니다. 일부 옵션은 차트를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하면 표시되는 **차트 옵션**에서도 사용할 수 있습니다. 아래의 모든 옵션을 모든 관리도 유형에 사용할 수 있는 것은 아닙니다.

상자 그림 평균 차트에 표시된 부분군 평균에 상자 그림을 겹쳐 놓습니다. 상자 그림에는 부분군 최대값, 최소값, 75 번째 백분위수, 25 번째 백분위수 및 중앙값이 표시됩니다. **점 표시** 옵션을 선택 취소하지 않으면 부분군 평균에 대한 표식이 나타납니다. **상자 그림** 옵션은 $\bar{x}$ 차트에만 사용할 수 있습니다. 이 옵션은 부분군 표본 크기가 더 클 때 가장 적합합니다 (부분군의 표본 수가 10 개보다 많을 때).

바늘 표시된 점을 세로 선분으로 중심선에 연결합니다.

점 연결 데이터 점을 연결하는 선을 표시하거나 숨깁니다.

점 표시 요약 통계량을 나타내는 점을 표시하거나 숨깁니다. 처음에는 점이 표시됩니다. **상자 그림** 옵션이 활성화된 경우 이 옵션을 사용하여 부분군 평균을 나타내는 표식을 표시하지 않을 수 있습니다.

연결 색상 점을 연결하는 데 사용되는 선분의 색상을 선택할 수 있도록 JMP 색상 팔레트를 표시합니다.

중심선 색상 중심선을 그리는 데 사용되는 선분의 색상을 선택할 수 있도록 JMP 색상 팔레트를 표시합니다.

한계 색상 상한 및 하한 선에 사용되는 선분의 색상을 선택할 수 있도록 JMP 색상 팔레트를 표시합니다.

선 너비 관리도 선의 너비를 선택할 수 있습니다. 옵션은 **줄임**, **중간** 또는 **굵게**입니다.

점 표식 차트에 사용되는 표식을 선택할 수 있습니다.

중심선 표시 관리도에 중심선을 표시하거나 숨깁니다.

관리 한계 표시 차트 관리 한계 및 범례를 표시하거나 숨깁니다.

한계 정밀도 관리 한계 라벨에 대한 소수점 자릿수를 설정합니다.

검정 검정이 양성일 때 차트에 표시할 검정을 선택할 수 있는 하위 메뉴를 표시합니다. 검정은 한계가 3σ 인 차트에만 적용됩니다. 검정 1~4 는 평균, 개별값 및 계수형 차트에 적용됩니다. 검정 5~8 은 평균 차트, 사전 집계 및 개별 측정값 차트에만 적용됩니다. 차트에 검정이

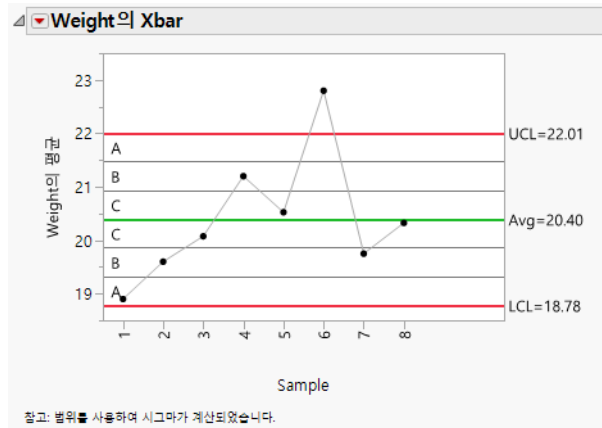
적용되지 않으면 "검정" 옵션이 흐리게 표시됩니다. 표본 크기가 다르면 "검정" 옵션이 회색으로 표시됩니다. 차트가 열린 상태에서 표본이 변경되어 크기가 같아진 경우 영역 또는 검정 옵션이 선택되면 해당 영역 또는 검정이 즉시 적용된 후 차트에 나타납니다. 이러한 특수 검정을 **Western Electric** 규칙이라고도 합니다. 특수 원인 검정에 대한 자세한 내용은 "[검정](#)"에서 확인하십시오.

Westgard 규칙 Westgard 규칙은 공정이 관리 상태인지 아니면 관리 이탈인지 결정하는 데 도움이 되는 관리 규칙입니다. 특정 검정에 대한 결정 규칙을 사용하여 약어 형태로 표현된 여러 검정이 있습니다. 자세한 내용은 "[Westgard 규칙](#)"의 텍스트 및 차트를 참조하십시오.

한계를 벗어난 경우 검정 한계를 벗어난 점에 "*"로 플래그를 지정합니다. 이 검정은 한계가 있는 모든 차트에서 작동합니다. 이때 표본 크기가 일정한지 여부 및 k 의 크기나 한계 너비는 상관없습니다. 예를 들어 표본 크기가 같지 않은 경우 R 차트의 한계를 벗어나는 점에 플래그를 지정하려면 이 명령을 사용할 수 있습니다.

영역 표시 영역 선을 표시하거나 숨깁니다. Coating.jmp 샘플 데이터의 weight 평균 그림에 표시된 것처럼 영역에 A, B, C 라벨이 지정됩니다. 관리도 검정에서는 영역 선을 경계로 사용합니다. 7 개의 영역 선이 중심선에서부터 1 시그마 간격으로 떨어져 있습니다.

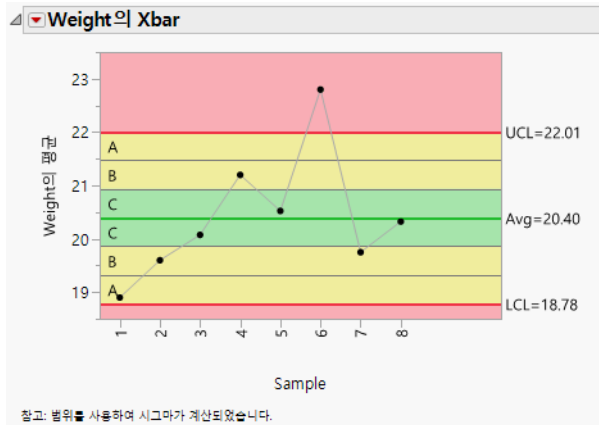
그림 12.14 영역 표시



영역에 음영 적용 세 개의 영역과 이 영역의 외부에 대해 기본 녹색, 노란색 및 빨간색을 표시하거나 숨깁니다. 녹색은 중심선에서 1 시그마 떨어진 영역, 노란색은 중심선에서 2 시그마 및 3 시그마 떨어진 영역, 빨간색은 3 시그마를 벗어난 영역을 각각 나타냅니다. 영역 선을 포함하거나 포함하지 않고 음영을 표시할 수 있습니다.

팁 : 영역에 음영을 적용하는 데 사용되는 색상을 변경하려면 관리도를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 "사용자 정의"를 선택합니다. "그래프 사용자 정의" 창에서 세 영역에 대한 색상을 각각 지정할 수 있습니다.

그림 12.15 영역에 음영 적용



OC 곡선 (부분군 크기가 같은 경우 사용 가능) 활성 관리도에서 직접 계산된 모든 값을 사용하여 OC(검사 특성) 곡선이 포함된 새 창을 엽니다. 자세한 내용은 "[검사 특성 곡선 유틸리티](#)"에서 확인하십시오.

V- 마스크 CUSUM 관리도에 대한 차트 옵션

마스크 색상 ("V 마스크 표시" 옵션을 선택한 경우에만 사용 가능) V-마스크의 선 색상을 선택할 수 있습니다.

변화 표시 시작 창에 입력한 변화를 표시하거나 숨깁니다.

V 마스크 표시 CUSUM 관리도 시작 창에 지정한 통계량을 기반으로 V-마스크를 표시하거나 숨깁니다.

모수 표시 CUSUM 차트 생성 모수를 요약하는 보고서를 표시하거나 숨깁니다.

ARL 표시 ARL(평균 런 길이) 정보를 표시하거나 숨깁니다. 평균 런 길이는 관리이탈 상태 신호가 발생하기 전에 수집한 기대 표본 수입니다.

- ARL(델타) 또는 ARL1은 지정된 델타 크기의 변화를 감지하기 위한 평균 런 길이입니다.
- ARL(0) 또는 ARL0은 지정된 모수에 대한 관리상태 평균 런 길이입니다 (Montgomery 2013 참조).

한계 저장 및 검색

JMP에서는 관리도에 대해 이전에 설정한 관리 한계를 사용할 수 있습니다.

- 관리 상한, 관리 하한 및 중심선 값
- 평균 및 표준편차와 같은 한계를 계산하기 위한 모수

관리 한계 또는 한계 모수 값은 JMP 데이터 테이블 (한계 테이블이라고도 함)에 있거나, 공정 열에 열 특성으로 저장되어야 합니다. **관리도** 명령을 지정할 때 관리도 시작 창의 **한계 가져오기** 버튼을 사용하여 한계 테이블을 검색할 수 있습니다.

팁: 규격 한계를 여러 열에 한 번에 추가하는 방법은 "[규격 한계 관리 유틸리티](#)"에서 확인하십시오.

한계 데이터 테이블을 생성하는 가장 쉬운 방법은 관리도 플랫폼에서 계산된 결과를 저장하는 것입니다. 각 관리도에 대한 빨간색 삼각형 메뉴의 **한계 저장** 명령은 표본 값의 한계를 자동으로 저장합니다. 테이블에 저장되는 데이터 유형은 분석 창의 관리도 유형에 따라 다릅니다. 원하는 소스의 값을 사용하고 고유한 한계 테이블을 직접 생성할 수도 있습니다.

모든 한계 테이블에는 다음 항목이 있어야 합니다.

- 각 행을 식별하는 특수 키워드 열
- 알려진 표준 모수 또는 한계를 값으로 사용하는 각 변수에 대한 열. 이 열 이름은 관리도 플랫폼에서 분석할 데이터 테이블의 해당 공정 변수 이름과 동일해야 합니다.

다음 표에서는 레거시 관리도와 관리도 빌더에서 생성한 차트 둘 다에 대해 한계 키워드 및 연관된 관리도를 설명합니다.

표 12.1 한계 테이블 키 (해당 차트 및 의미 포함)

키워드	차트	의미
_KSigma	관리도 빌더와 V-마스크 CUSUM을 제외한 모든 차트	관리 한계를 계산하기 위한 통계량의 표준편차의 배수. 유의 수준을 기준으로 하는 한계의 경우 결측으로 설정됩니다.
_Alpha	관리도 빌더를 제외한 모든 차트	관리 한계를 계산하는 데 사용되는 제1종 오류 확률
_Range Span	IM, MR, MMR	이동 범위가 계산되는 연속 측정값 수. 범위 길이가 항상 2인 관리도 빌더 플랫폼에는 적용되지 않습니다.

표 12.1 한계 테이블 키 (해당 차트 및 의미 포함)(계속)

키워드	차트	의미
_Sample Size	Levey-Jennings 및 사전 집계 를 제외한 모든 차트	부분군 크기
_Std Dev	Xbar, R, S, IM, MR, G, T, V- 마스 크 CUSUM, Levey-Jennings	알려진 공정 표준편차
_U	C, U	단위별 알려진 평균 결함 수
_P	NP, P	평균 부적합 비율의 알려진 값
_LCL, _UCL	Xbar, IM, P, NP, C, U, G, T, Levey-Jennings	평균 차트, 개별 측정값 차트, 계수형 차트 또는 희귀 사건 차 트의 관리 하한 및 상한
_AvgR	R, MR	평균 범위 또는 평균 이동 범위
_LCLR, _UCLR	R, MR	R 또는 MR 차트의 관리 하한 R 또는 MR 차트의 관리 상한
_AvgS, _LCLS, _UCLS	S 차트	S 차트의 평균 표준편차, 관리 상한 및 하한
_AvgR_PreMeans	IM, MR	사전 집계된 그룹 평균 또는 표 준편차를 기반으로 하는 평균, 관리 상한 및 하한
_AvgR_PreStdDev		
_LCLR_PreMeans		
_LCLR_PreStdDev		
_UCLR_PreMeans		
_UCLR_PreStdDev		
_Avg_PreMeans		
_Avg_PreStdDev		
_LCL_PreMeans		
_LCL_PreStdDev		
_UCL_PreMeans		
_UCL_PreStdDev		

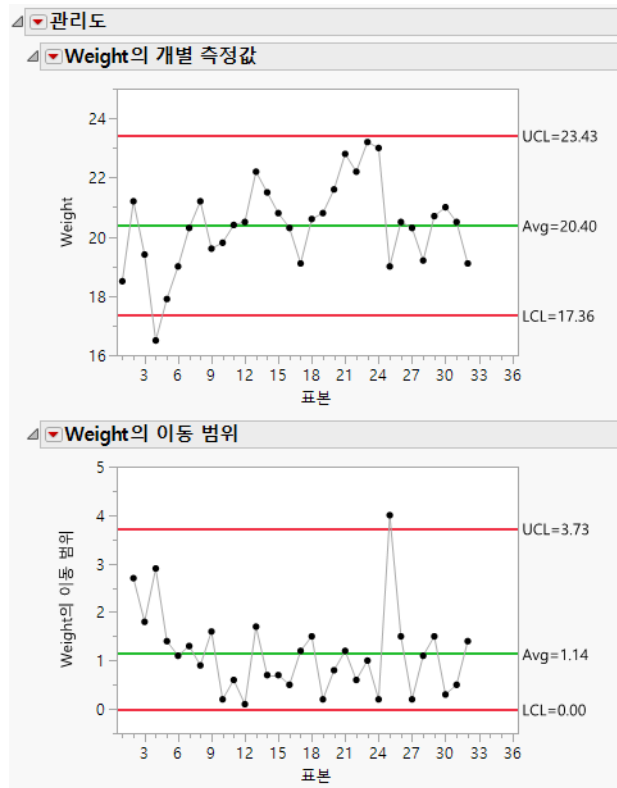
표 12.1 한계 테이블 키 (해당 차트 및 의미 포함)(계속)

키워드	차트	의미
_Data Units	V-마스크 CUSUM	V-마스크 CUSUM 차트의 규격
_Two Sided		
_Headstart		
_Beta		
_Delta		

한계를 새 데이터 테이블에 저장하거나 반응 열의 특성으로 저장할 수 있습니다. **새 테이블에** 명령을 사용하여 관리 한계를 저장하는 경우 테이블에 작성되는 한계 키워드는 현재 표시된 차트 유형에 따라 결정됩니다.

그림 12.16에서는 Coating.jmp를 사용하여 데이터 테이블에 저장된 관리 한계의 예를 보여 줍니다. _Mean, _LCL 및 _UCL 값이 있는 행은 개별 측정값 차트가 대상입니다. R 접미사가 있는 값 (_AvgR, _LCLR, _UCLR)은 이동 범위 차트가 대상입니다. 이 한계 테이블을 사용하여 이러한 차트를 다시 생성하는 경우 관리도 플랫폼은 _LimitsKey 열의 키워드에서 적절한 한계를 식별합니다.

그림 12.16 데이터 테이블에 한계를 저장하는 예



	LimitsKey	Weight
1	_KSigma	3
2	_Alpha	0.0026997961
3	_Range Span	2
4	_Std Dev	1.0120139729
5	_Mean	20.396875
6	_LCL	17.360833081
7	_UCL	23.432916919
8	_AvgR	1.1419354839
9	_LCLR	0
10	_UCLR	3.7301687077

_KSigma, _Alpha 및 _Range Span 값은 관리도 시작 창에서 지정할 수 있습니다. JMP에서는 항상 이 창의 값을 먼저 검토합니다. 창에 지정된 값이 활성 한계 테이블의 값보다 우선합니다.

알 수 없는 키워드가 있는 행과 '제외됨' 행 상태가 표시된 행은 무시됩니다. _Range Span, _KSigma, _Alpha 및 _Sample Size를 제외하고 필요한 값이 지정되지 않으면 데이터에서 추정됩니다.

제외, 삭제 및 숨겨진 표본

다음 표에는 표본 및 부분군의 다양한 조건이 미치는 영향에 대해 요약되어 있습니다.

표 12.2 제외, 삭제 및 숨겨진 표본

차트를 생성하기 전에 표본의 모든 행이 제외됩니다.	표본이 한계 계산에 포함되지 않지만 그래프에는 나타납니다.
------------------------------	----------------------------------

표 12.2 제외, 삭제 및 숨겨진 표본 (계속)

차트를 생성한 후 표본이 제외됩니다.	표본이 한계 계산에 포함되며 그래프에도 나타납니다. 그래프가 열린 상태에서 표본을 제외해도 출력에 아무 변화가 없습니다.
차트를 생성하기 전에 표본을 숨겼습니다.	표본이 한계 계산에 포함되지만 그래프에는 나타나지 않습니다.
차트를 생성한 후 표본을 숨겼습니다.	표본이 한계 계산에 포함되지만 그래프에는 나타나지 않습니다. 표본 표식이 그래프에서 사라지고 표본 라벨은 축에 계속 표시되지만 한계는 그대로 유지됩니다.
차트를 생성하기 전에 표본의 모든 행이 제외되고 숨겨집니다.	표본이 한계 계산에 포함되지 않고 그래프에도 나타나지 않습니다.
차트를 생성한 후 표본의 모든 행이 제외되고 숨겨집니다.	표본이 한계 계산에 포함되지만 그래프에는 나타나지 않습니다. 표본 표식이 그래프에서 사라지고 표본 라벨은 축에 계속 표시되지만 한계는 그대로 유지됩니다.
차트를 생성하기 전에 표본이 삭제된 상태에서 데이터 집합이 부분집합으로 구성됩니다.	표본이 한계 계산에 포함되지 않고 축에 표본 값이 포함되지 않으며 표본 표식이 그래프에 나타나지 않습니다.
차트를 생성한 후 표본이 삭제된 상태에서 데이터 집합이 부분집합으로 구성됩니다.	표본이 한계 계산에 포함되지 않고 그래프에도 나타나지 않습니다. 표본 표식이 그래프에서 사라지고 표본 라벨이 축에서 제거되며 그래프가 이동하고 한계가 변경됩니다.

다음 내용도 참조하십시오.

- 숨기기 및 제외하기는 표본에서 첫 번째 관측값의 행 상태에만 작동합니다. 예를 들어 표본의 두 번째 관측값이 숨겨져 있지만 첫 번째 관측값은 숨겨지지 않은 경우 표본이 차트에 나타납니다.

참고 : 사전 집계 차트의 제외된 행은 표본 내에서의 위치에 관계없이 계산에서 제외됩니다.

- 제외 / 숨기기 규칙의 예외 : 숨겨진 행과 제외된 행은 특수 원인 검정을 위한 점 개수에 모두 포함됩니다. 제외된 행은 특수 원인 플래그로 라벨을 지정할 수 있습니다. 숨겨진 점에는 라벨을 지정할 수 없습니다. 숨겨진 점에 특수 원인 검정에 대한 플래그가 있는 경우 차트에 표시되지 않습니다.
- 적용된 특정 규칙 (표 12.2) 때문에 관리도는 자동 재계산 스크립트를 지원하지 않습니다.

관리도 플랫폼의 추가 예

- "사전 집계 차트 예제 "
- "V- 마스크 CUSUM 차트 예제 "
- "단측 CUSUM 차트 예제 "
- "UWMA 차트 예제 "

사전 집계 차트 예제

이 예에서는 Coating.jmp 데이터 테이블을 사용합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Coating.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > 사전 집계**를 선택합니다.
3. **Weight**를 선택하고 **공정**을 클릭합니다.
4. **Sample**을 선택하고 **표본 라벨**을 클릭합니다.
5. **그룹 평균에 대한 개별값**과 **그룹 평균에 대한 이동 범위**를 둘 다 선택합니다. **표본 라벨별로 그룹화된 표본** 버튼은 표본 라벨 변수를 선택하면 자동으로 선택됩니다.

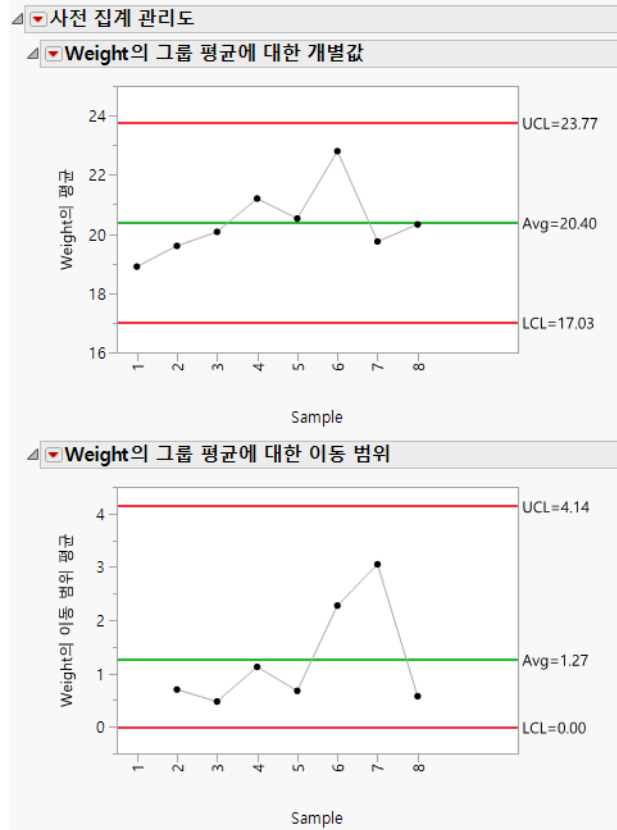
사전 집계 차트를 사용할 때 **그룹 평균에 대한** 옵션 또는 **그룹 표준편차에 대한** 옵션 중 하나를 선택하거나 둘 다 선택할 수 있습니다. IR 차트 유형 두 개를 모두 선택한 경우 각 옵션은 두 개의 차트 (X 차트라고도 하는 개별 측정값 차트, 이동 범위 차트)를 생성합니다.

그룹 평균에 대한 옵션은 각 표본 평균을 계산한 후 평균을 표시하고 평균에 대한 개별 측정값 차트 및 이동 범위 차트를 생성합니다.

그룹 표준편차에 대한 옵션은 각 표본 표준편차를 계산하고 표준편차를 개별 점으로 표시합니다. 그런 다음 표준편차에 대한 개별 측정값 차트와 이동 범위 차트가 나타납니다.

6. **확인**을 클릭합니다.

그림 12.17 사전 집계 데이터로 차트 생성의 예



Xbar 차트와 S 차트의 점은 그룹 평균에 대한 개별값 차트 및 그룹 표준편차에 대한 개별값 차트와 동일하지만 개별 차트로 계산되므로 한계가 다릅니다.

Coating.jmp 데이터 테이블을 사용하여 사전 집계 차트를 생성하는 또 다른 방법은 다음과 같습니다.

1. **테이블 > 요약**을 선택합니다.
2. **Sample** 을 선택하고 **그룹**을 클릭합니다.
3. **Weight** 를 선택한 후 **통계량 > 평균** 및 **통계량 > 표준편차**를 클릭합니다.
4. **확인**을 클릭합니다.
5. **분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > IR** 을 선택합니다.
6. **평균 (Weight)** 및 **표준편차 (Weight)** 를 선택하고 **공정**을 클릭합니다.
7. **확인**을 클릭합니다.

결과 차트는 사전 집계 차트와 일치합니다.

V- 마스크 CUSUM 차트 예제

기계 하나가 8온스 캔에 2사이클 엔진 오일 첨가제를 주입합니다. 주입 공정은 통계적 관리 상태를 유지한다고 간주됩니다. 가득 주입된 캔의 평균 무게(μ_0)가 8.10 온스가 되도록 공정을 설정합니다. 이전 분석에 따르면 주입 무게의 표준편차(σ_0)는 0.05 온스입니다.

4 개 캔이 포함된 부분군 표본을 선택하고 12 시간 동안 1 시간에 한 번씩 무게를 측정했습니다. Oil1 Cusum.jmp 데이터 테이블의 각 관측값은 무게 (weight) 값 하나와 관련 시간 (hour) 값을 포함합니다. 관측값은 시간 값이 작은 것부터 순서대로 정렬됩니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Oil1 Cusum.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > CUSUM** 을 선택합니다.
3. weight 를 선택하고 **공정**을 클릭합니다.
4. hour 를 선택하고 **표본 라벨**을 클릭합니다.
5. **양측** 체크박스를 선택합니다 (선택되어 있지 않은 경우).
6. " 모수 " 영역에서 **H** 버튼을 클릭하고 2 를 입력합니다.
7. **통계량 지정**을 클릭합니다.
8. **목표값** 옆에 8.1 을 입력합니다.
8.1 은 가득 주입된 캔의 평균 무게 (온스) 입니다. 이 값은 목표 평균입니다.
9. **델타** 옆에 1 을 입력합니다.
1 은 공정 표준편차 또는 표준 오차의 배수로 감지할 최소 변화의 절대값입니다.
10. **시그마** 옆에 0.05 를 입력합니다.
0.05 는 주입 무게 (온스) 의 알려진 표준편차 (σ_0) 입니다.

그림 12.18 완료된 시작 창

CUSUM 관리도

열 선택
☒ 2개 열
☒ hour
☒ weight

☒ 양측
☐ 데이터 단위

모수
☐ K 시그마
☒ H K

열 역할 지정
 공정 ☒ weight
 선택적 숫자
 표본 라벨 ☒ hour
 기준 ☐ 선택적

표본 크기
☒ 표본 라벨별로 그룹화된 표본
☐ 표본 크기 상수

통계량 지정 ☐ 통계량 삭제

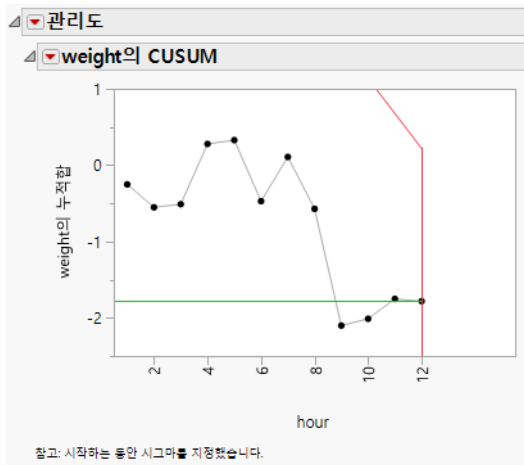
작업

☐ 공정 능력

CUSUM 차트에 대한 알려진 통계
 weight
 목표값
 델타
 변화
 Sigma
 시작값

11. **확인**을 클릭합니다.

그림 12.19 Oil1 Cusum.jmp 데이터에 대한 양측 CUSUM 차트



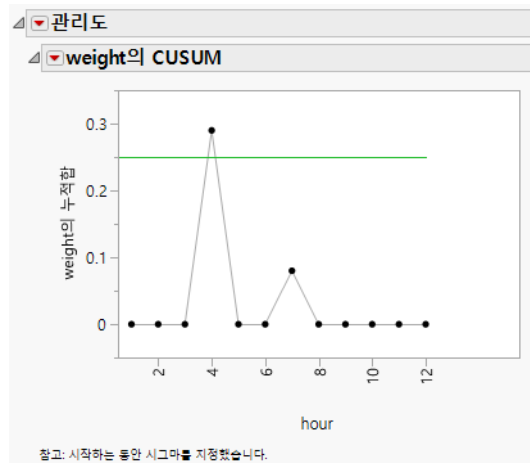
점을 V-마스크와 비교하여 차트를 해석할 수 있습니다. V-마스크의 오른쪽 모서리는 가장 최근 점(12번째 시간)의 중심에 위치하게 됩니다. V-마스크의 기준선을 벗어나는 점이 없으므로 공정에서 변화가 발생했다는 증거가 없습니다. 자세한 내용은 "[V-마스크 CUSUM 차트 보고서](#)"에서 확인하십시오.

단측 CUSUM 차트 예제

기계 하나가 8 온스 캔에 엔진 오일을 주입하는 "V- 마스크 CUSUM 차트 예제"에 사용된 데이터를 예로 들어보겠습니다. 현재 제조업체는 비용 절감을 위해 과다 주입에 대해 우려하고 있습니다 (주입 부족에 대해서는 크게 염려하지 않음). 단측 CUSUM 차트를 사용하여 과다 주입 사례를 식별합니다. 평균 8.1을 0.25 온스 초과하는 경우는 모두 문제로 간주됩니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Oil1 Cusum.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > CUSUM**을 선택합니다.
3. **양측**을 선택 취소합니다.
4. **weight**를 선택하고 **공정**을 클릭합니다.
5. **hour**를 선택하고 **표본 라벨**을 클릭합니다.
6. **H**를 클릭하고 0.25를 입력합니다.
7. **통계량 지정**을 클릭합니다.
8. **목표값** 옆에 8.1을 입력합니다.
8.1은 가득 주입된 캔의 평균 무게 (온스)입니다. 이 값은 목표 평균입니다.
9. **델타** 옆에 1을 입력합니다.
1은 공정 표준편차 또는 표준 오차의 배수로 감지할 최소 변화의 절대값입니다.
10. **시그마** 옆에 0.05를 입력합니다.
0.05는 주입 무게 (온스)의 알려진 표준편차 (σ_0)입니다.
11. **확인**을 클릭합니다.

그림 12.20 Oil1 Cusum.jmp 데이터에 대한 단측 CUSUM 차트



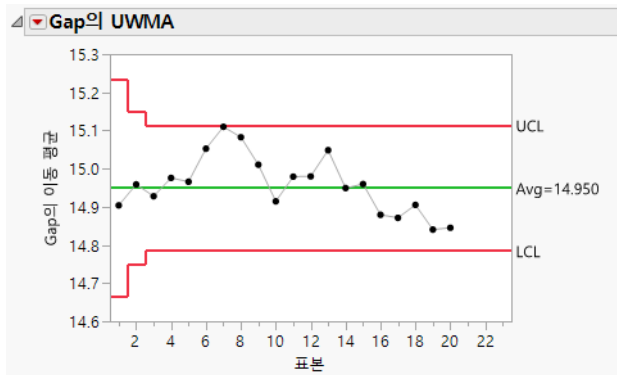
결정 구간은 입력한 H 값(0.25)으로 설정됩니다. 네 번째 시간에서 상당한 과다 주입이 발생한 것을 볼 수 있습니다.

UWMA 차트 예제

Clips1.jmp 샘플 데이터 테이블에서 관심 측도는 제조된 금속 클립의 끝부분 사이 간격입니다 . 공정에서 평균 간격의 변화를 모니터링하기 위해 클립 5 개로 구성된 부분군 표본을 매일 선택했습니다 . 이동 평균 거리가 3 인 UWMA 차트를 검토합니다 .

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Clips1.jmp** 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 레거시 관리도 > UWMA** 를 선택합니다 .
3. **Gap** 을 선택하고 **공정** 을 클릭합니다 .
4. **Sample** 을 선택하고 **표본 라벨** 을 클릭합니다 .
5. **이동 평균 거리** 를 3 으로 변경합니다 .
6. **확인** 을 클릭합니다 .

그림 12.21 Clips1 데이터에 대한 UWMA 차트



첫째 날의 점은 해당 날짜에 대한 5개 부분군 표본 값의 평균입니다. 둘째 날에 표시된 점은 첫째 날과 둘째 날에 대한 부분군 표본 평균의 평균입니다. 나머지 날의 점은 각 날짜와 두 개의 이전 날짜에 대한 하위 표본 평균의 평균입니다.

평균 클립 간격이 감소하는 것으로 보이지만 3σ 한계를 벗어나는 표본 점은 없습니다.

관리도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

- " 중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계 "
- " 공정 능력 분석에 대한 통계 상세 정보 "
- " V- 마스크 CUSUM 관리도에 대한 통계 상세 정보 "
- " 가중 이동 평균 차트에 대한 통계 상세 정보 "

참고 : 다른 차트 유형 (예 : Xbar-R 차트 , P 차트 , NP 차트 등) 에 대한 자세한 내용은 " 관리도 빌더에 대한 통계 상세 정보 " 에서 확인하십시오 .

중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계

중앙값 이동 범위 차트에 대한 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다 .

$$LCL_{MMR} = \max(0, MMR - kd_3(n)\hat{\sigma})$$

$$UCL_{MMR} = MMR + kd_3(n)\hat{\sigma}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

MMR = 비결측 이동 범위의 중앙값

$$\hat{\sigma} = MMR/0.954$$

$d_3(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 표준편차

공정 능력 분석에 대한 통계 상세 정보

이 섹션에는 공정 능력 분석 보고서의 통계량 계산에 대한 자세한 정보가 포함되어 있습니다.

변동 통계량

모든 공정 능력 분석에서 사용하는 계산식은 동일합니다. 옵션은 다음과 같이 시그마(σ) 계산 방식에 차이가 있습니다.

장기 시그마 전체 표준편차를 사용합니다 . 이 옵션은 P_{pk} 통계량에 사용되며 다음과 같이 시그마를 계산합니다 .

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

참고 : 기본적으로 장기 시그마 보고서의 공정 능력 지수는 다른 시그마 보고서에 사용되는 Cp 라벨을 사용합니다. 장기 시그마 보고서에 Ppk 라벨을 사용하려면 **파일 > 환경 설정 > 플랫폼 > 분포 > PpK 공정 능력 라벨** 환경 설정을 선택하십시오.

관리도 시그마 관리도 설정에 따라 결정된 시그마를 사용합니다.

- 관리도 시작 창의 "통계량 지정" 버튼을 사용하여 "시그마" 값을 지정하면 지정된 값이 공정 능력 지수 계산에 사용됩니다.
- "이동 범위 (평균)" 옵션을 사용하는 IR 차트에서는 시그마 값이 다음과 같이 계산됩니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2(n)}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\bar{R}$ = 이동 범위의 평균

$d_2(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값. 여기서 n 은 "범위 길이" 옵션의 값입니다.

- "중앙값 이동 범위" 옵션을 사용하는 IR 차트에서는 시그마 값이 다음과 같이 계산됩니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{MMR}{d_4(n)}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

MMR = 비결측 이동 범위의 중앙값

$d_4(n)$ = 단위 표준편차를 갖는 n 개 독립 정규 분포 변수의 범위 중앙값. 여기서 n 은 "범위 길이" 옵션의 값입니다.

- "R" 옵션을 사용하는 Xbar 차트에서는 시그마 값이 다음과 같이 계산됩니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

R_i = i 번째 부분군의 범위

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$d_2(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 범위 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

- "S" 옵션을 사용하는 Xbar 차트에서는 시그마 값이 다음과 같이 계산됩니다.

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

$c_4(n_i)$ = 단위 표준편차를 갖는 n_i 개 독립 정규 분포 변수의 표준편차 기대값

N = 부분군 수 ($n_i \geq 2$)

s_i = i 번째 부분군의 표본 표준편차

정규 분포에 대한 공정 능력 지수

이 섹션에서는 정규 데이터에 대한 공정 능력 지수의 계산에 대해 자세히 설명합니다.

평균이 μ 이고 표준편차가 σ 인 공정 특성에 대한 모집단 기반 공정 능력 지수는 다음과 같이 정의됩니다.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

$$C_{pm} = \frac{\min(T - LSL, USL - T)}{3\sigma \sqrt{1 + \left(\frac{T - \mu}{\sigma}\right)^2}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

LSL = 규격 하한

USL = 규격 상한

T = 목표값

표본 기반 공정 능력 지수의 경우 모수는 추정값으로 대체됩니다. σ 의 추정값은 공정 능력 분석 창에서 지정한 방법을 사용합니다. 자세한 내용은 "[변동 통계량](#)"에서 확인하십시오.

규격 한계가 하나뿐인 경우 결측 규격 한계를 포함하는 공정 능력 지수가 결측값으로 보고됩니다.

팁 : 공정 능력 지수 1.33 은 허용 가능한 최소값으로 간주되는 경우가 많습니다. 정규 분포의 경우 공정 능력 지수 1.33 은 100,000 개당 약 6 개의 기대 부적합 단위 수에 해당합니다.

공정 능력 지수에 대한 신뢰 구간

참고 : 공정 능력 지수에 대한 신뢰 구간은 장기 시그마 보고서에만 나타납니다.

Cp 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\left(\hat{C}_P \sqrt{\frac{\chi_{\alpha/2, n-1}^2}{n-1}}, \hat{C}_P \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha/2, n-1}^2}{n-1}} \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\hat{C}_P$ = Cp 에 대한 추정값

$\chi_{\alpha/2, n-1}^2$ = 자유도가 $n - 1$ 인 카이제곱 분포의 $(\alpha/2)$ 번째 분위수

n = 관측값 수

Cpk 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\left(\hat{C}_{pk} \left[1 - \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2(n-1)}} \right], \hat{C}_{pk} \left[1 + \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2(n-1)}} \right] \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\hat{C}_{pk}$ = Cpk 에 대한 추정값

$\Phi^{-1}_{1-\alpha/2}$ = 표준 정규 분포의 $(1 - \alpha/2)$ 번째 분위수

n = 관측값 수

CPM 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 구간은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\left(\hat{C}_{PM} \sqrt{\frac{\chi_{\alpha/2, \gamma}^2}{\gamma}}, \hat{C}_{PM} \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha/2, \gamma}^2}{\gamma}} \right)$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

$\hat{C}_{PM}$ = CPM 에 대한 추정값

$\chi_{\alpha/2, \gamma}^2$ = 자유도가 γ 인 카이제곱 분포의 $(\alpha/2)$ 번째 분위수

$$\gamma = \frac{n \left(1 + \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2 \right)^2}{1 + 2 \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2}$$

n = 관측값 수

$\bar{x}$ = 관측값의 평균

T = 목표값

s = 장기 시그마 추정값

참고 : CPM 에 대한 신뢰 구간은 목표값이 규격 하한과 규격 상한 사이에서 중심화되는 경우에 만 계산됩니다 .

CPL 과 CPU 의 신뢰 하한 및 상한은 Chou et al. (1990) 의 방법을 사용하여 계산됩니다 .

CPL 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 한계 (CPL_L , CPL_U 로 표시) 는 다음 방정식을 충족합니다 .

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_L = 3CPL_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_U = 3CPL_U\sqrt{n}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$t_{n-1}(\delta)$ 은 $n - 1$ 자유도와 비중심성 모수 δ 를 사용하는 비중심 t 분포를 따릅니다 .

$\hat{C}_{pl}$ = Cpl 에 대한 추정값

CPU 에 대한 $100(1 - \alpha)\%$ 신뢰 한계 (CPU_L , CPU_U 로 표시) 는 다음 방정식을 충족합니다 .

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_L = 3CPU_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{여기서, } \delta_U = 3CPU_U\sqrt{n}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

$t_{n-1}(\delta)$ 은 $n - 1$ 자유도와 비중심성 모수 δ 를 사용하는 비중심 t 분포를 따릅니다 .

$\hat{C}_{pu}$ = Cpu 에 대한 추정값

비정규 분포에 대한 공정 능력 지수

이 섹션에서는 비정규 분포에 대한 공정 능력 지수를 계산하는 방법을 설명합니다 . 이러한 일반화된 공정 능력 지수는 다음과 같이 정의됩니다 .

$$Cp = \frac{USL - LSL}{P_{0.99865} - P_{0.00135}}$$

$$Cpk = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

$$Cpm = \frac{\min\left(\frac{T - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}, \frac{USL - T}{P_{0.99865} - P_{0.5}}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}}$$

$$C_{pl} = \frac{P_{0.5} - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

LSL = 규격 하한

USL = 규격 상한

T = 목표값

P_{α} = 적합 분포의 $\alpha * 100$ 번째 백분위수

C_{pm} 계산에서 μ 와 σ 는 적합 분포의 기대값 및 분산 제곱근을 사용하여 추정됩니다. 모수 추정값 보고서의 모수와 적합 분포의 기대값 및 분산 간의 관계에 대한 자세한 내용은 기본 분석의 에서 확인하십시오.

시그마 품질 통계량

각 부분(LSL 아래, USL 위, 규격 밖 전체)에 대한 시그마 품질 통계량은 다음과 같이 계산됩니다.

$$\text{시그마 품질} = \Phi^{-1}_{1 - Pct/100} + 1.5$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

Pct = 보고서에서 " 백분율 " 열의 값

$\Phi^{-1}_{1 - Pct/100}$ = 표준 정규 분포의 $(1 - Pct/100)$ 번째 분위수

참고 : LSL 아래 백분율과 USL 위 백분율을 합하면 규격 밖 전체 백분율 값이 되지만 LSL 아래 시그마 품질과 USL 위 시그마 품질을 합하면 규격 밖 전체 시그마 품질 값이 되지는 않습니다 . 시그마 품질을 계산할 때는 정규 분포 분위수 찾기가 포함되어 가산되지 않기 때문입니다.

벤치마크 Z 통계량

벤치마크 Z 통계량은 정규 분포를 기반으로 하는 공정 능력 분석에만 사용할 수 있습니다 . 벤치마크 Z 통계량은 다음과 같이 계산됩니다 .

$$Z_{\text{Bench}} = \Phi^{-1}_{1 - P(LSL) - P(USL)}$$

$$Z_{LSL} = \frac{\mu - LSL}{\sigma} = 3 * C_{pl}$$

$$Z_{USL} = \frac{USL - \mu}{\sigma} = 3 * C_{pu}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다 .

LSL = 규격 하한

USL = 규격 상한

μ = 표본 평균

σ = 표본 표준편차

$\Phi^{-1}_{1-P(LSL)-P(USL)}$ = 표준 정규 분포의 $(1 - P(LSL) - P(USL))$ 번째 분위수

$P(LSL) = \text{Prob}(X < LSL) = 1 - \Phi(Z \text{ LSL})$.

$P(USL) = \text{Prob}(X > USL) = 1 - \Phi(Z \text{ USL})$.

Φ = 표준 정규 누적 분포 함수

V- 마스크 CUSUM 관리도에 대한 통계 상세 정보

이러한 계산식에는 다음 표기가 사용됩니다 .

- μ 는 모집단의 평균을 나타내며 공정 평균 또는 공정 수준이라고도 합니다 .
- μ_0 은 모집단의 목표 평균 (목표) 을 나타냅니다 . 경우에 따라 $\bar{X}_0$ 기호가 μ_0 에 사용됩니다 . 자세한 내용은 American Society for Quality Statistics Division(2004) 에서 확인하십시오 . 시작 창 의 "CUSUM 차트에 대한 알려진 통계" 영역에서 μ_0 을 "목표값" 으로 제공할 수 있습니다 .
- σ 는 모집단 표준편차를 나타내고 $\hat{\sigma}$ 는 σ 의 추정값을 나타냅니다 .
- σ_0 은 알려진 표준편차를 나타냅니다 . 시작 창 의 "CUSUM 차트에 대한 알려진 통계" 영역에서 σ_0 을 "시그마" 로 제공할 수 있습니다 .
- n 은 CUSUM 차트의 명목형 표본 크기를 나타냅니다 .
- δ 는 감지할 μ 변화를 나타내며 , 표준편차의 배수로 표현됩니다 . 시작 창 의 "CUSUM 차트에 대한 알려진 통계" 영역에서 δ 를 "델타" 로 제공할 수 있습니다 .
- Δ 는 감지할 μ 변화를 나타내며 , 데이터 단위로 표현됩니다 . 전체 부분군에서 표본 크기 n 이 일정하면 다음 계산이 적용됩니다 .

$$\Delta = \delta \sigma_{\bar{X}} = (\delta \sigma) / \sqrt{n}$$

시작 창 의 "CUSUM 차트에 대한 알려진 통계" 영역에서 Δ 를 "변화" 로 제공할 수 있습니다 .

참고 : 일부 작성자는 Δ 대신 D 기호를 사용합니다 .

단측 CUSUM 차트

양의 변화

감지할 변화 (δ) 가 양수이면 t 번째 부분군의 CUSUM 이 다음과 같이 계산됩니다 .

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + (z_t - k))$$

$t = 1, 2, \dots, n$. 여기서 $S_0 = 0$ 이고 z_t 는 양측 차트에 대해 정의됩니다. 참조 값이라고 하는 k 모수는 양수입니다. 시작 창에서 k 모수가 지정되지 않은 경우 k 는 $\delta/2$ 로 설정됩니다. CUSUM S_t 를 상위 누적합이라고 합니다. S_t 는 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

$$\max\left(0, S_{t-1} + \frac{\bar{X}_t - (\mu_0 + k\sigma_{\bar{X}_t})}{\sigma_{\bar{X}_t}}\right)$$

S_t 수열은 μ_0 으로부터 k 표준 오차보다 큰 부분군 평균의 편차를 누적합니다. S_t 가 양수 값 h (결정 구간이라고 함) 을 초과하면 변화 또는 관리이탈 상태 신호가 표시됩니다.

음의 변화

감지할 변화가 음수이면 t 번째 부분군의 CUSUM 이 다음과 같이 계산됩니다.

$$S_t = \max(0, S_{t-1} - (z_t + k))$$

$t = 1, 2, \dots, n$. 여기서 $S_0 = 0$ 이고 z_t 는 양측 차트에 대해 정의됩니다. 참조 값이라고 하는 k 모수는 양수입니다. 시작 창에서 k 모수가 지정되지 않은 경우 k 는 $\delta/2$ 로 설정됩니다. CUSUM S_t 를 하위 누적합이라고 합니다. S_t 는 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

$$\max\left(0, S_{t-1} - \frac{\bar{X}_t - (\mu_0 - k\sigma_{\bar{X}_t})}{\sigma_{\bar{X}_t}}\right)$$

S_t 수열은 μ_0 으로부터 k 표준 오차보다 작은 부분군 평균의 편차 절대값을 누적합니다. S_t 가 양수 값 h (결정 구간이라고 함) 을 초과하면 변화 또는 관리이탈 상태 신호가 표시됩니다.

δ 가 양수 또는 음수인지에 관계없이 S_t 는 항상 양수이고 h 도 항상 양수입니다. 음의 변화를 감지하기 위한 차트의 경우 일부 작성자는 S_t 가 음수 한계보다 작을 때 변화 신호가 발생하는 S_t 의 반사형 버전을 정의합니다.

Lucas and Crosier(1982)에서는 초기 CUSUM S_0 이 "시작값"으로 설정된 CUSUM 차트에 대한 FIR(Fast Initial Response) 기능의 특성을 설명합니다. 이 차트에서 제공하는 평균 런 길이 계산을 통해 공정이 관리 상태일 때는 FIR 기능이 미치는 효과가 거의 없으며, 결과적으로 초기 관리이탈 상태에 대한 반응이 표준 CUSUM 차트보다 빠르다는 것을 알 수 있습니다. 시작 창의 "CUSUM 차트에 대한 알려진 통계" 영역에서 "시작값"을 제공할 수 있습니다.

상수 표본 크기

부분군 표본 크기가 일정하면 (n) 데이터와 동일한 단위로 척도화된 CUSUM 을 계산하는 것이 더 좋을 수 있습니다. 이 경우 CUSUM 은 다음과 같이 계산됩니다.

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + (\bar{X}_t - (\mu_0 + k\sigma/\sqrt{n})))$$

여기서, $\delta > 0$

$$S_t = \max(0, S_{t-1} - (\bar{X}_t - (\mu_0 - k\sigma/\sqrt{n})))$$

여기서, $\delta < 0$ 입니다. 두 경우 모두 k 모수의 척도가 $k' = k\sigma/\sqrt{n}$ 로 조정됩니다. 시작 창에서 k 모수가 지정되지 않은 경우 k' 는 $\delta/2$ 로 설정됩니다. S_t 가 $h' = h\sigma/\sqrt{n}$ 를 초과하면 변화 신호가 발생합니다. 일부 작성자는 h' 에 H 기호를 사용합니다.

양측 CUSUM 차트

CUSUM 차트가 양측인 경우 t 번째 부분군에 대해 표시되는 누적합 S_t 는 다음과 같이 정의됩니다.

$$S_t = S_{t-1} + z_t$$

$t = 1, 2, \dots, n$. 여기서 $S_0 = 0$ 이고 z_t 항은 다음과 같이 계산됩니다.

$$z_t = (\bar{X}_t - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_t})$$

여기서 $\bar{X}_t$ 는 t 번째 부분군 평균이고 n_t 는 t 번째 부분군 표본 크기입니다. 부분군 표본이 개별 측정값 x_t 로 구성된 경우 z_t 항 계산은 다음과 같이 단순화됩니다.

$$z_t = (x_t - \mu_0) / \sigma$$

첫 번째 방정식은 다음과 같이 다시 쓸 수 있습니다.

$$S_t = \sum_{i=1}^t z_i = \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0) / \sigma_{\bar{X}_i}$$

여기서 S_t 수열은 목표 평균 μ_0 과 부분군 평균 간의 표준화된 편차를 누적합니다.

대부분의 경우 부분군 표본 크기 n_i 는 일정하고 ($n_i = n$) S_t 에 대한 방정식은 다음과 같이 단순화될 수 있습니다.

$$S_t = (1/\sigma_{\bar{X}}) \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0) = (\sqrt{n}/\sigma) \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0)$$

경우에 따라 S_t 를 다음과 같이 계산하는 것이 더 좋을 수 있습니다.

$$S_t = \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0)$$

이렇게 하면 데이터와 동일한 단위로 척도화됩니다. 이 경우 V-마스크 모수 h 와 k 는 각각 $h' = h\sigma/\sqrt{n}$ 및 $k' = k\sigma/\sqrt{n}$ 로 척도가 조정됩니다. 일부 작성자는 k' 에 F 기호를 사용하고 h' 에 H 기호를 사용합니다.

공정이 관리 상태이고 평균 μ 가 목표값 μ_0 이거나 이 값에 가까우면 확률 보행 모형이 적용됩니다. 따라서 점이 0에서 멀어질 수 있지만 μ_0 에서부터 양의 이동과 음의 이동은 서로 상쇄되는 경향이 있으므로 큰 추세를 보이지는 않습니다. μ 가 양의 방향으로 이동하면 점이 상향 추세를 나타내고 μ 가 음의 방향으로 이동하면 점이 하향 추세를 나타냅니다.

가중 이동 평균 차트에 대한 통계 상세 정보

UWMA 차트에 대한 관리 한계

각 부분군 i 에 대한 UWMA 차트의 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$LCL_i = \mu_0 - k \frac{\hat{\sigma}}{\min(i, w)} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_{i-1}} + \dots + \frac{1}{n_{1+\max(i-w, 0)}}}$$

$$UCL_i = \mu_0 + k \frac{\hat{\sigma}}{\min(i, w)} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_{i-1}} + \dots + \frac{1}{n_{1+\max(i-w, 0)}}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

w = 범위 모수 (이동 평균의 항 수)

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

k = 표준편차의 수

μ_0 = 부분군 평균의 가중 평균

$\hat{\sigma}$ = 추정된 공정 표준편차

EWMA 차트에 대한 관리 한계

EWMA 차트의 관리 한계는 다음과 같이 계산됩니다.

$$LCL = \mu_0 - k \hat{\sigma} r \sqrt{\sum_{j=0}^{i-1} \frac{(1-r)^{2j}}{n_{i-j}}}$$

$$UCL = \mu_0 + k \hat{\sigma} r \sqrt{\sum_{j=0}^{i-1} \frac{(1-r)^{2j}}{n_{i-j}}}$$

다음은 각 요소에 대한 설명입니다.

r = EWMA 가중치 모수 ($0 < r \leq 1$)

x_{ij} = i 번째 부분군의 j 번째 측정값 ($j = 1, 2, 3, \dots, n_i$)

n_i = i 번째 부분군의 표본 크기

k = 표준편차의 수

μ_0 = 부분군 평균의 가중 평균

$\hat{\sigma}$ = 추정된 공정 표준편차

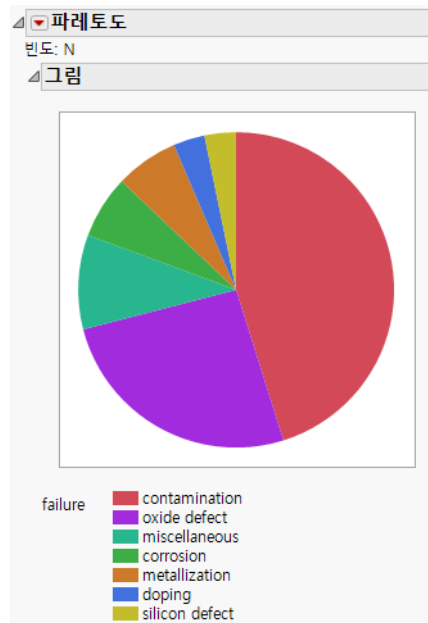
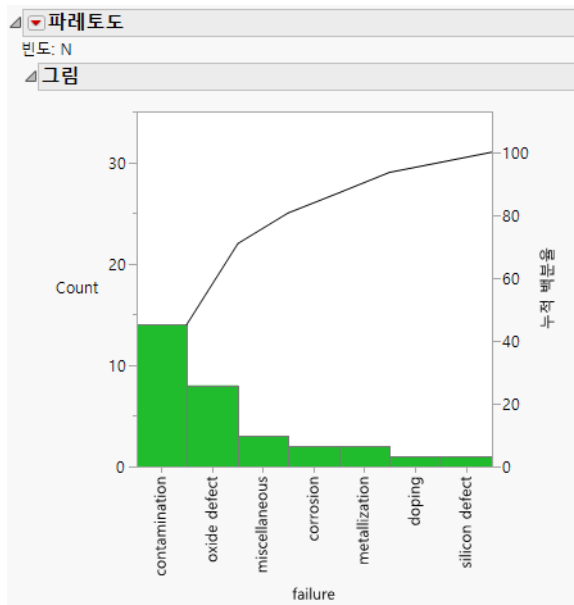
13 장

파레토도

근본 원인을 개선하기 위한 노력에 집중

파레토도를 사용하여 공정 또는 작업의 통계적 품질을 개선합니다. 파레토도는 품질 관련 공정 또는 작업에서 문제의 심각도(빈도)를 보여 주는 차트입니다. 파레토도는 문제의 빈도와 심각도를 강조 표시하여 어떤 문제를 먼저 해결해야 할지 결정하는 데 도움이 됩니다.

그림 13.1 파레토도 예제



목차

파레토도 플랫폼 개요	351
파레토도 플랫폼의 예	351
파레토도 플랫폼 시작	354
파레토도 보고서	355
파레토도 플랫폼 옵션	356
원인 옵션	357
파레토도 플랫폼의 추가 예	358
결합 원인의 임계 예제	358
그룹 전체에서 상수 크기 사용 예제	360
그룹 전체에서 상수가 아닌 표본 크기 사용 예제	361
일원 비교 파레토도 예제	363
이원 비교 파레토도 예제	364
파레토도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보	366
가능도비 카이제곱 검정	366

파레토도 플랫폼 개요

파레토도 플랫폼은 품질 관련 공정 또는 작업에서 문제의 상대적 빈도나 심각도를 표시하는 차트를 생성합니다. 처음에 파레토도는 문제 분류를 내림차순으로 정렬하여 보여 주는 막대 차트로 표시됩니다. 값이 문제의 원인인 열에는 Y 역할이 할당되고 공정 변수라고 합니다.

동일한 공정 변수에 대해 둘 이상의 파레토도를 결합하여 비교 파레토도를 생성할 수도 있습니다. X 역할이 할당된 열의 각 값 또는 두 X 변수의 수준 조합에 대한 그림을 단일 표시에서 보여 줍니다. X 역할이 할당된 열을 분류 변수라고 합니다.

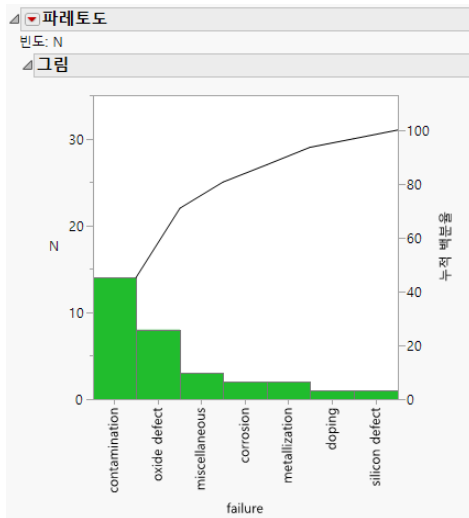
파레토도는 X 분류 변수가 없거나, 단일 X 변수 또는 두 개의 X 변수와 함께 단일 Y(공정) 변수를 차트로 작성할 수 있습니다. Pareto 함수는 수치형 변수와 문자형 변수를 구분하거나 모델링 유형을 구분하지 않습니다. 막대 차트와 파이 차트 사이를 전환할 수는 있습니다. 모든 값은 이산형으로 처리되며 막대와 파이는 개수 또는 백분율을 나타냅니다.

파레토도 플랫폼의 예

이 예에서는 고장 데이터와 빈도 열이 포함된 **Failure.jmp** 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 여기에는 집적 회로 제작 중의 고장 원인과 각 결합 유형별 발생 횟수가 나열되어 있습니다. 분석을 통해 공정 고장에 가장 많이 기여하는 요인을 확인할 수 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Failure.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 파레토도**를 선택합니다.
3. **failure**를 선택하고 **Y, 원인**을 클릭합니다.
이 열에는 고장 원인이 나열됩니다. 이 변수를 검사하려고 합니다.
4. **N**을 선택하고 **빈도**를 클릭합니다.
이 열에는 각 유형의 고장이 발생한 횟수가 나열됩니다.
5. **확인**을 클릭합니다.

그림 13.2 파레토도 보고서 창



왼쪽 축은 고장 횟수를 나타내고 오른쪽 축은 각 범주의 고장 비율을 나타냅니다. 막대는 가장 자주 발생하는 고장이 왼쪽에 있는 내림차순으로 정렬됩니다. 곡선은 누적된 고장을 왼쪽에서 오른쪽으로 나타냅니다.

6. "파레토도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **누적 백분율 점 라벨 지정**을 선택합니다.

Contamination(오염)이 고장의 약 45%를 차지합니다. Oxide Defect(산화물 결함) 막대 위의 점은 Contamination과 Oxide Defect가 고장의 약 71%를 차지한다는 것을 보여 줍니다.

7. "파레토도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **누적 백분율 점 라벨 지정** 및 **누적 백분율 곡선 표시**를 선택 취소합니다.
8. **N** 라벨로 표시된 y 축의 라벨을 클릭하고 **Count**로 이름을 바꿉니다.
9. y 축을 두 번 클릭하여 **Y 축 설정** 창을 표시합니다.
- 최대값 필드에 15를 입력합니다.
 - 증분 필드에 2를 입력합니다.
 - 축 라벨 행 패널에서 주 격자선에 대해 **격자선**을 선택합니다.
 - 확인을 클릭합니다.
10. "파레토도"의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **범주 범례**를 선택합니다.

그림 13.3 표시 옵션이 있는 파레토도

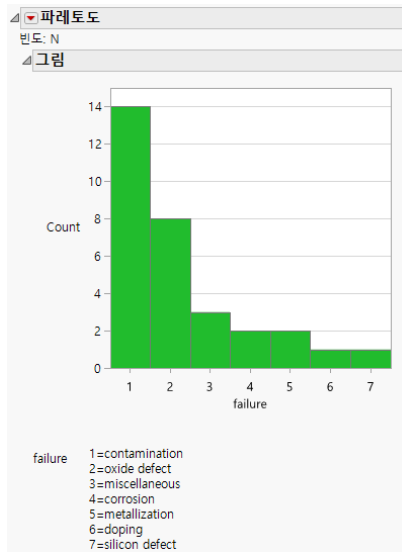
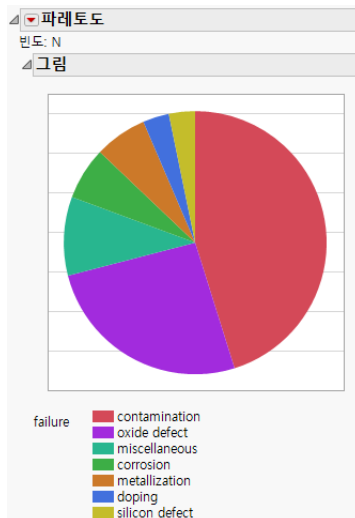


그림 13.3 에는 다양한 유형의 고장 수가 표시되고 범주 범례가 있습니다. 세로 축 (Count) 의 척도가 재조정되고 주 눈금 표식에 격자선이 있습니다.

- 데이터를 파이 차트로 보려면 " 파레토도 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **파이 차트**를 선택합니다.

그림 13.4 파이 차트로 표시한 파레토도



Contamination과 Oxide Defect가 고장의 대부분을 차지한다는 것을 명확하게 나타냅니다.

파레토도 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 파레토도를 선택하여 파레토도 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 13.5 파레토도 시작 창

항목의 상대 빈도를 높은 것부터 낮은 것 순서로 보여 주는 차트를 생성합니다.

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

파레토도 시작 창에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

Y, 원인 값이 문제의 원인인 열을 식별합니다. 이 변수를 공정 변수라고 하며 검사 대상입니다.

X, 그룹화 그룹화 요인을 식별합니다. 그룹화 변수는 각 값에 대한 그림이 나란히 배치된 하나의 파레토도 창을 생성합니다. 그룹화 변수가 없거나, 하나의 그룹화 변수 ("[일원 비교 파레토도 예제](#)" 참조) 또는 두 개의 그룹화 변수 ("[이원 비교 파레토도 예제](#)" 참조)를 사용할 수 있습니다.

가중치 관측값에 서로 다른 가중치를 지정하기 위해 변수를 할당합니다.

빈도 빈도 값을 포함하는 열을 식별합니다.

기준 열에 나타나는 각 값에 대해 별도의 분석을 생성하기 위해 변수를 식별합니다.

결합 원인의 임계 최소 비율 또는 개수를 지정하여 원인 결합을 위한 임계값을 지정할 수 있습니다. 이 옵션을 선택한 후 **꼬리 %** 또는 **개수**를 선택하고 임계값을 입력합니다. "꼬리 %" 옵션은 지정된 총계 백분율에 대해 더 작은 수의 그룹을 결합합니다 (결합된 작은 그룹 수 / 총 그룹 수). "개수" 옵션을 사용하면 특정 개수 임계값을 지정할 수 있습니다. 예는 "[결합 원인의 임계 예제](#)"에서 확인하십시오.

단위별 분석 그룹 간 결합 비율을 비교할 수 있습니다. JMP에서는 결합 비율 및 결합 비율의 95% 신뢰 구간을 계산합니다. 이 옵션을 선택한 후 **상수** 또는 **빈도 열의 값**을 선택하고 표본 크기 값 또는 원인 코드를 각각 입력합니다. "상수" 옵션을 사용하면 시작 창에서 상수 표본 크기를 지정할 수 있습니다. "빈도 열의 값" 옵션을 사용하면 특수 원인 코드를 통해 그룹에 고유 표본 크기를 지정하여 행을 원인 행으로 지정할 수 있습니다.

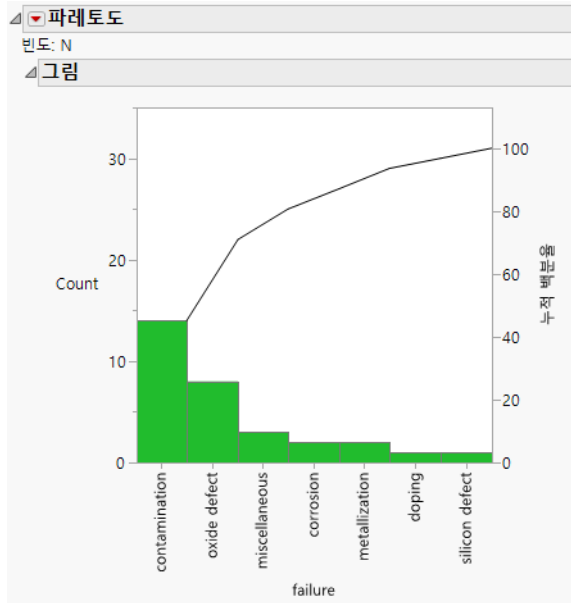
파레토도에서 원인을 결합할 수 있지만 이러한 분석을 위한 계산은 이에 대응하여 변경되지 않습니다.

예는 "[그룹 전체에서 상수 크기 사용 예제](#)" 및 "[그룹 전체에서 상수가 아닌 표본 크기 사용 예제](#)"에서 확인하십시오.

파레토도 보고서

파레토도는 데이터의 변수 백분율을 표시하는 막대 차트와 변수의 누적 백분율을 표시하는 선 그래프를 결합합니다.

그림 13.6 파레토도 예제



파레토도는 X 분류 변수가 없거나, 단일 X 변수 또는 두 개의 X 변수와 함께 단일 Y (공정) 변수를 차트로 작성할 수 있습니다. 파레토도는 수치형 변수와 문자형 변수를 구분하거나 모델링 유형을 구분하지 않습니다. 모든 값은 이산형으로 처리되며 막대는 개수 또는 백분율을 나타냅니다. 다음 목록에서는 파레토도의 배열 방식을 설명합니다.

- X 분류 변수가 없는 Y 변수는 Y 변수의 각 값에 대한 막대가 포함된 단일 차트를 생성합니다. 예는 "[파레토도 플랫폼의 예](#)"에서 확인하십시오.
- 하나의 X 분류 변수가 있는 Y 변수는 일렬로 표시되는 파레토도를 생성합니다. 각 Y 수준에 대한 막대가 포함된 각 X 변수 수준의 그림이 있습니다. 이러한 그림을 비교 파레토도의 셀이라고 합니다. X(분류) 변수의 각 수준에 대한 셀이 있습니다. X 변수가 하나뿐이므로 이를 일원 비교 파레토도라고 합니다. 예는 "[일원 비교 파레토도 예제](#)"에서 확인하십시오.
- 두 개의 X 변수가 있는 Y 변수는 행과 열로 구성된 파레토도를 생성합니다. 첫 번째 X 변수의 각 수준에 대한 행과 두 번째 X 변수의 각 수준에 대한 열이 있습니다. X 변수가 두 개 있으므로 이를 이원 비교 파레토도라고 합니다. 앞에서 설명한 대로 행에는 첫 번째 X 변수의 각 값에 대한 파레토도가 있습니다. 왼쪽 위의 셀을 키 셀이라고 합니다. 이 셀의 막대는 내림차순으로 정렬됩니다. 다른 셀의 막대는 키 셀과 동일한 순서로 나타냅니다. 셀의 행과 열

을 재정렬할 수 있습니다. 왼쪽 위로 이동하는 셀이 새 키 셀이 되고 이에 따라 다른 모든 셀의 막대가 재정렬됩니다. 예는 "이원 비교 파레토도 예제"에서 확인하십시오.

- 각 막대는 연결된 데이터 테이블에서 해당 Y수준에 대한 행에 할당된 색상으로 표시됩니다. 그렇지 않으면 Y수준에 색상이 할당된 행이 없는 모든 막대에 단일 색상이 사용됩니다. Y수준의 행에 서로 다른 색상이 할당된 경우 해당 Y수준에 대한 막대는 데이터 테이블에서 해당 Y수준의 첫 번째 행에 할당된 색상으로 표시됩니다.

"파레토도"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션을 사용하여 척도 유형 및 막대 배열을 변경하고 막대를 파이 차트로 변환할 수 있습니다. 자세한 내용은 "파레토도 플랫폼 옵션"에서 확인하십시오.

파레토도 플랫폼 옵션

"파레토도"의 빨간색 삼각형 메뉴에는 그림 모양을 사용자 정의하는 옵션이 포함되어 있습니다. 또한 원인 하위 메뉴에는 파레토도 내의 개별 막대에 영향을 주는 옵션도 있습니다. 다음 명령은 파레토도의 전체 모양에 영향을 줍니다.

백분율 척도 개수 및 백분율 왼쪽 세로 축 표시를 표시하거나 숨깁니다.

범례 수 그림 영역에 총 표본 크기를 표시하거나 숨깁니다.

범주 범례 라벨이 지정된 막대 및 별도의 범주 범례를 표시하거나 숨깁니다.

파이 차트 막대 차트 및 파이 차트 표현을 표시하거나 숨깁니다.

가로 재정렬, 세로 재정렬 하나 이상의 그룹화 변수가 있을 때 그룹화된 파레토도를 재정렬합니다.

그림 그룹 해제 파레토 차트 그룹을 개별 그림으로 분할합니다.

가산 분석 단위별 결합 분석을 수행합니다. 결합 비율을 비교하고 그룹 내/그룹 간 비율 검정을 수행할 수 있습니다.

단위별 비율 그룹 간 결합 비율을 비교합니다. 표본 크기가 지정된 경우 DPU(Defects Per Unit) 및 PPM(Parts Per Million) 열이 보고서에 추가됩니다.

그룹 내 비율 검정 그룹 내에서 원인 간 비율이 동일한지 여부를 확인하기 위해 가노도비 카이제곱 검정을 수행합니다. 자세한 내용은 "파레토도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보"에서 확인하십시오.

그룹 간 비율 검정 각 원인에 대한 비율이 그룹 간에 동일한지 여부를 확인하기 위해 가노도비 카이제곱 검정을 수행합니다. 자세한 내용은 "파레토도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보"에서 확인하십시오.

누적 백분율 곡선 표시 막대 위의 누적 백분율 곡선과 오른쪽 세로 축의 누적 백분율 축을 표시하거나 숨깁니다.

누적 백분율 축 표시 오른쪽 세로 축의 누적 백분율 축을 표시하거나 숨깁니다.

누적 백분율 점 표시 누적 백분율 곡선의 점을 표시하거나 숨깁니다.

누적 백분율 점 라벨 지정 누적 곡선의 점에 라벨을 표시하거나 숨깁니다.

누적 백분을 곡선 색상 누적 백분율 곡선의 색상을 변경합니다 .

원인 하나 이상의 개별 차트 막대에 영향을 주는 옵션을 포함합니다 . 이러한 옵션에 대한 설명은 " **원인 옵션** "에서 확인하십시오 .

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용**의 에서 확인하십시오 .

로컬 데이터 필터 특정 보고서에서 사용되는 데이터를 필터링할 수 있는 로컬 데이터 필터를 표시하거나 숨깁니다 .

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 . 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 " 자동 재계산 " 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다 .

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 .

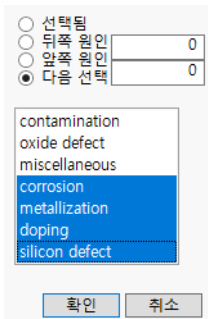
그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다 . 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다 .

원인 옵션

막대를 클릭하여 강조 표시할 수 있습니다 . 인접하지 않은 여러 막대를 선택하려면 Ctrl 키를 누른 채 막대를 클릭하십시오 . 막대를 선택하면 빨간색 삼각형 메뉴에서 파레토도 막대에 영향을 주는 명령에 액세스할 수 있습니다 . 이러한 명령은 빨간색 삼각형 메뉴의 **원인** 하위 메뉴에 있습니다 . 그림 영역의 아무 곳에서도나 마우스 오른쪽 버튼을 클릭해도 해당 옵션을 사용할 수 있습니다 . 다음 옵션은 차트 전체가 아니라 강조 표시된 막대에 적용됩니다 .

원인 결합 선택한 (강조 표시된) 막대를 결합합니다 . **선택됨** , **뒤쪽 원인** , **앞쪽 원인**을 선택하거나 변수 목록에서 선택할 수 있습니다 .

그림 13.7 원인 결합 창



원인 분리 선택한 막대를 원래 성분 막대로 분리합니다 .

처음으로 이동 하나 이상의 강조 표시된 막대를 왼쪽 (첫 번째) 위치로 이동합니다 .

마지막으로 이동 하나 이상의 강조 표시된 막대를 오른쪽 (마지막) 위치로 이동합니다 .

색상 하나 이상의 강조 표시된 막대에 색상을 적용하기 위한 색상 팔레트를 표시합니다.

표식 누적 백분율 점 표시 명령이 활성화된 경우 누적 백분율 곡선의 점에 표식을 할당하기 위한 표식 팔레트를 표시합니다.

라벨 강조 표시된 모든 막대의 맨 위에 막대 값을 표시합니다.

파레토도 플랫폼의 추가 예

- "결합 원인의 임계 예제"
- "그룹 전체에서 상수 크기 사용 예제"
- "그룹 전체에서 상수가 아닌 표본 크기 사용 예제"
- "일원 비교 파레토도 예제"
- "이원 비교 파레토도 예제"

결합 원인의 임계 예제

이 예에서는 고장 데이터와 빈도 열이 포함된 **Failure.jmp** 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 여기에는 집적 회로 제작 중의 고장 원인과 각 결함 유형별 발생 횟수가 나열되어 있습니다. 이 예에는 임계값 2가 지정됩니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Failure.jmp**를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 파레토도**를 선택합니다.
3. **failure**를 선택하고 **Y, 원인**을 클릭합니다.
4. **N**을 선택하고 **빈도**를 클릭합니다.
5. **결합 원인의 임계**를 선택한 후 **개수**를 선택합니다.
6. 임계값으로 2를 입력합니다.
7. **확인**을 클릭합니다.

그림 13.8 임계 개수가 2 인 파레토도

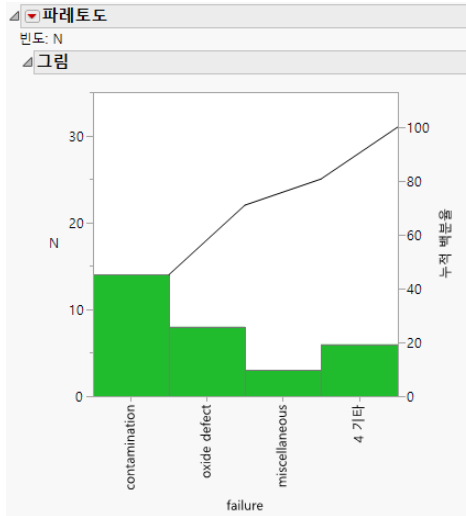
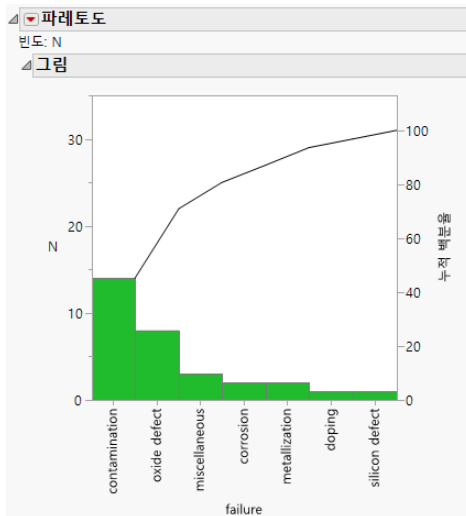


그림 13.8에서는 개수 2를 지정한 후의 그림을 보여 줍니다. 개수가 2 이하인 모든 원인이 "4 기타" 라벨이 지정된 마지막 막대로 결합됩니다.

- 결합된 막대를 그림 13.9에 표시된 것과 같이 원래 범주로 분리하려면 **원인 > 원인 분리**를 선택합니다.

그림 13.9 원인이 분리된 파레토도

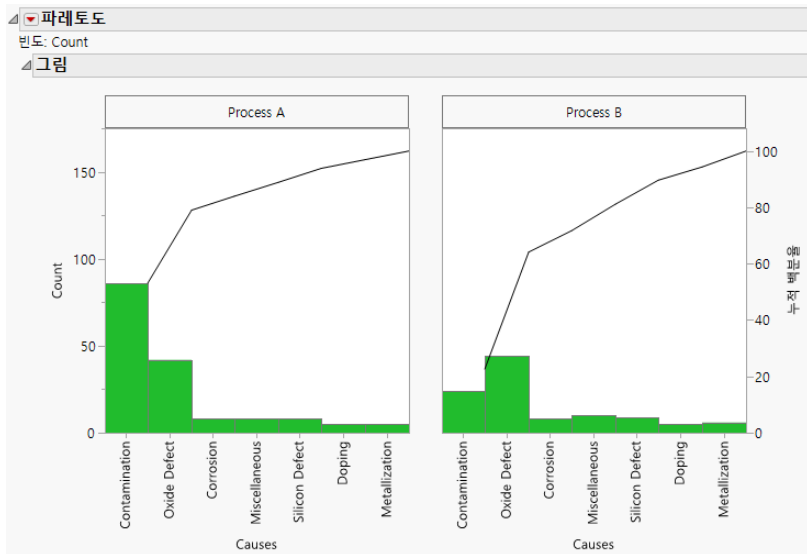


그룹 전체에서 상수 크기 사용 예제

이 예에서는 고장 데이터와 빈도 열이 포함된 **Failures.jmp** 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 여기에는 두 공정에 대해 집적 회로 제작 중의 고장 원인과 각 결함 유형별 발생 횟수가 나열되어 있습니다. 이 예에는 상수 표본 크기 1000 이 지정됩니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 **Quality Control/Failures.jmp** 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 파레토도**를 선택합니다.
3. **Causes** 를 선택하고 **Y, 원인**을 클릭합니다.
4. **Process** 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
5. **Count** 를 선택하고 **빈도**를 클릭합니다.
6. **단위별 분석**을 선택한 후 **상수**를 선택합니다.
7. **표본 크기**에 1000 을 입력합니다.
8. **확인**을 클릭합니다.

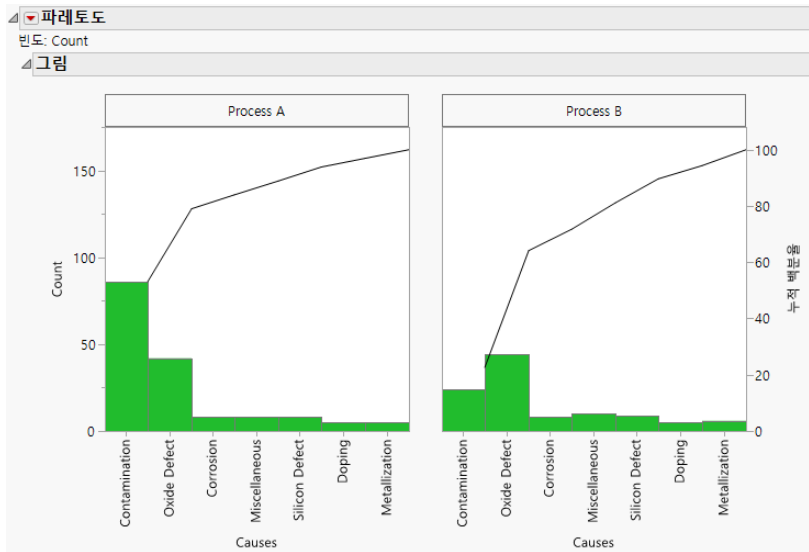
그림 13.10 파레토도 보고서 창



Process A에서는 Contamination(오염) 이 가장 큰 고장 원인으로 나타나고 Process B에서는 Oxide Defect(산화물 결함) 가 가장 중요한 고장 원인으로 나타납니다.

9. " 파레토도 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **가산 분석 > 그룹 간 비율 검정**을 선택합니다.

그림 13.12 파레토도 보고서 창



9. " 파레토도 " 의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **가산 분석 > 단위별 비율 및 가산 분석 > 그룹 간 비율 검정**을 선택합니다.

그림 13.13 단위별 비율 및 그룹 간 비율 검정 결과

단위 비율당

Process	원인	개수	DPU	PPM	95% 하한	95% 상한
Process A	Contamination	86	0.8515	851485.15	0.6811	1.0516
	Oxide Defect	42	0.4158	415841.58	0.2997	0.5621
	Corrosion	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Miscellaneous	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Silicon Defect	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Doping	5	0.0495	49504.95	0.0161	0.1155
	Metallization	5	0.0495	49504.95	0.0161	0.1155
	합동 합계	162	0.2291	229137.20	0.1952	0.2673
size	101					
Process B	Contamination	24	0.1655	165517.24	0.1061	0.2463
	Oxide Defect	44	0.3034	303448.28	0.2205	0.4074
	Corrosion	8	0.0552	55172.41	0.0238	0.1087
	Miscellaneous	10	0.0690	68965.52	0.0331	0.1268
	Silicon Defect	9	0.0621	62068.97	0.0284	0.1178
	Doping	5	0.0345	34482.76	0.0112	0.0805
	Metallization	6	0.0414	41379.31	0.0152	0.0901
	합동 합계	106	0.1044	104433.50	0.0855	0.1263
size	145					

그룹 간 비율 검정

그룹 간 비율 검정: Process

원인	DPU 차이	-0.8	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	표준 오차	카이제곱	DF	Prob>ChiSq
Contamination	0.6860									0.0978	63.0776	1	<.0001*
Oxide Defect	0.1124									0.0788	2.1195	1	0.1454
Corrosion	0.0240									0.0341	0.5202	1	0.4707
Miscellaneous	0.0102									0.0355	0.0847	1	0.7710
Silicon Defect	0.0171									0.0348	0.2500	1	0.6171
Doping	0.0150									0.0270	0.3251	1	0.5685
Metallization	0.0081									0.0278	0.0871	1	0.7679
합동 합계	0.1247									0.0207	40.7524	1	<.0001*

그룹 A 의 원인에 대한 DPU 를 계산할 때 표본 크기 101 이 사용되었지만 그룹 B 의 원인에 대한 DPU 를 계산할 때는 표본 크기 145 가 사용되었습니다 .

두 개의 그룹 변수 (예 : Day, Process) 가 있는 경우 " 단위별 비율 " 에는 각 원인에 대한 Day 와 Process 의 모든 조합을 대상으로 DPU 또는 비율이 나열됩니다 . 그러나 " 그룹 간 비율 검증 " 에서는 그룹 간의 전체적인 차이만 검정합니다 .

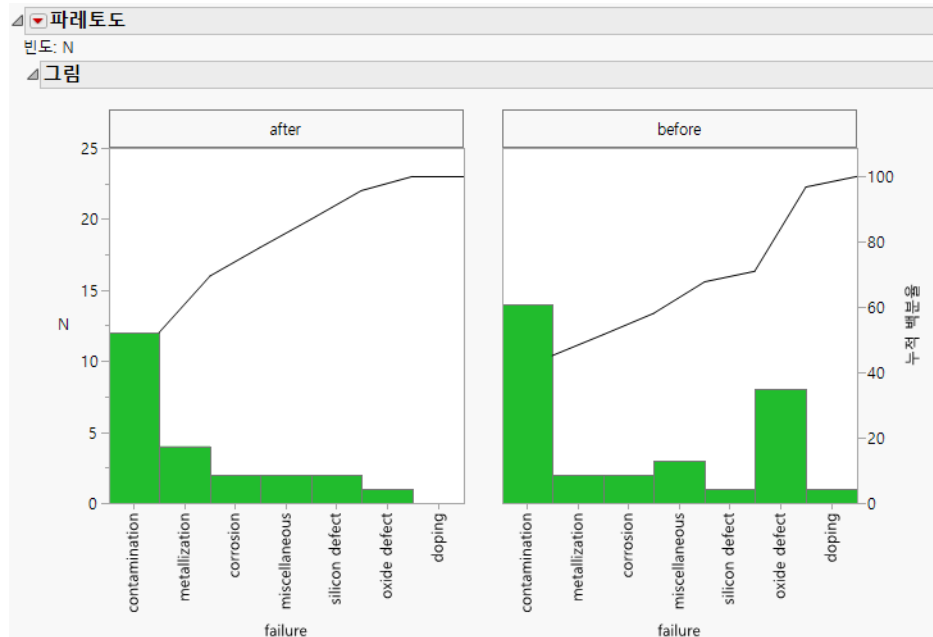
일원 비교 파레토도 예제

이 예에서는 Failure2.jsp 샘플 데이터 테이블을 사용합니다 . 이 테이블에는 확산로에서 튜브를 세척하기 전에 제조된 콘덴서 표본과 확산로를 세척한 후에 제조된 표본의 고장이 기록되어 있습니다 . 각 고장 유형에 대해 clean 변수는 "before" 또는 "after" 값으로 표본을 식별합니다 .

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Quality Control/Failure2.jsp 를 엽니다 .
2. 분석 > 품질 및 공정 > 파레토도를 선택합니다 .
3. failure 를 선택하고 Y, 원인을 클릭합니다 .
4. clean 을 선택하고 X, 그룹화를 클릭합니다 .
5. N 을 선택하고 빈도를 클릭합니다 .
6. 확인을 클릭합니다 .

그림 13.14 에는 clean 변수의 각 값에 대한 그림이 나란히 표시되어 있습니다 .

그림 13.14 일원 비교 파레토도

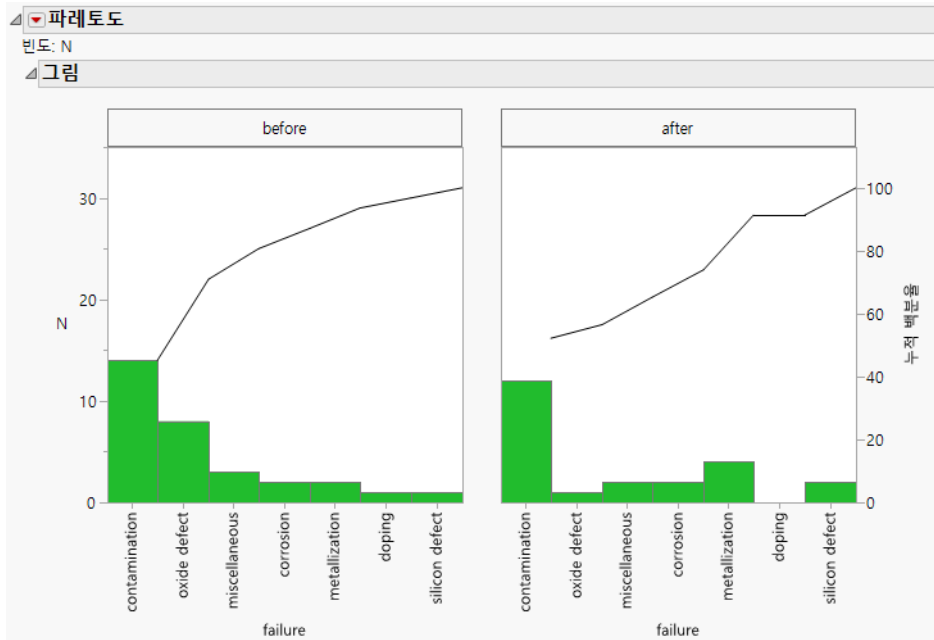


두 그림의 가로 축과 세로 축은 동일하게 척도화됩니다. 첫 번째 그림의 막대는 y 축 값에 따라 내림차순으로 정렬되며 모든 셀의 순서를 결정합니다.

7. 첫 번째 타일에서 제목 (after) 을 클릭한 후 다음 타일의 제목 (before) 으로 드래그하여 그림 순서를 재정렬합니다.

이 두 그림을 비교하면 세척 후 oxide defect(산화물 결함)가 감소했음을 알 수 있습니다. 그러나 [그림 13.15](#)에 표시된 before-after 그림으로 나타내면 해석하기가 더 쉽습니다. 첫 번째 셀을 기준으로 하는 순서를 반영하도록 원인 순서가 변경됩니다.

그림 13.15 셀이 재정렬된 일원 비교 파레토도



이원 비교 파레토도 예제

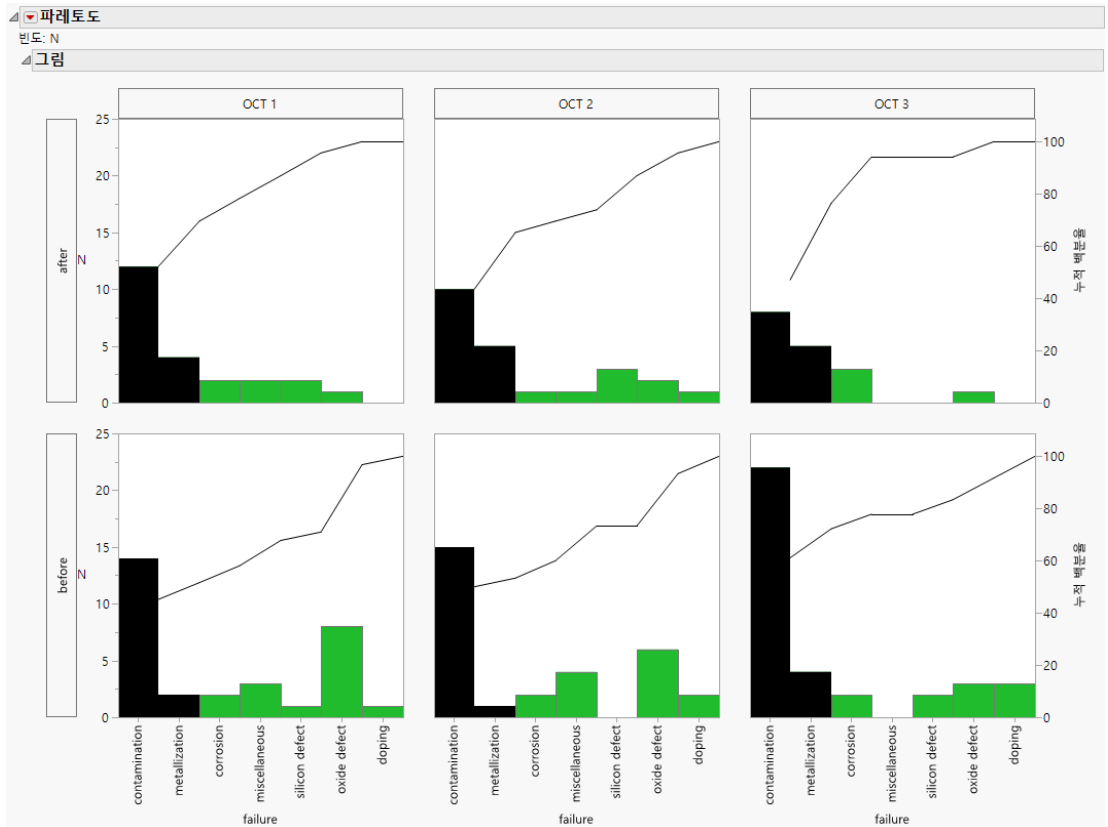
이 예에서는 Failure3.jmp 샘플 데이터 테이블을 사용합니다. 이 데이터는 3 일 동안 콘텐서 제조 공정의 용광로 세척 전 / 후 생산 표본을 모니터링합니다. 데이터 테이블에는 OCT 1, OCT 2 및 OCT 3 값이 포함된 date 열이 있습니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Quality Control/Failure3.jmp 를 엽니다.
2. **분석 > 품질 및 공정 > 파레토도**를 선택합니다.
3. failure 를 선택하고 **Y, 원인**을 클릭합니다.
4. clean 과 date 를 선택하고 **X, 그룹화**를 클릭합니다.
5. N 을 선택하고 **빈도**를 클릭합니다.
6. **확인**을 클릭합니다.

그림 13.16에는 두 X 변수의 각 수준을 보여 주는 이원 레이아웃 그림이 포함된 파레토도가 표시되어 있습니다. 왼쪽 위의 셀을 키 셀이라고 합니다. 이 셀의 막대는 내림차순으로 정렬됩니다. 다른 셀의 막대는 키 셀과 동일한 순서로 나타냅니다.

7. 키 셀에서 Contamination 과 Metallization 을 클릭하면 다른 모든 셀에서 해당 범주에 대한 막대가 강조 표시됩니다.

그림 13.16 이원 비교 파레토도



파레토도에서는 근본 원인을 강조 표시하여 보여 줍니다. 이원 비교 그림의 각 셀에서 가장 자주 발생하는 두 가지 문제를 나타내는 막대가 선택됩니다. Contamination과 Metallization은 모든 셀에서 중요한 두 범주입니다. 용광로 세척 후에는 Contamination이 문제가 되지 않습니다.

파레토도 플랫폼에 대한 통계 상세 정보

가능도비 카이제곱 검정

표기

파레토도 플랫폼에서 계산된 가능도비 카이제곱 검정 통계량에서는 다음과 같은 표기를 사용합니다.

- n_{ij} = 그룹 j 에서 원인 i 의 개수
- E_j = 그룹 j 에 대한 기대 개수 . 이 값은 원인 전체에서 각 그룹의 평균 개수입니다 .
- E_i = 원인 i 에 대한 기대 개수 . 이 값은 그룹 전체에서 각 원인의 평균 개수입니다 .

그룹 내의 가능도비 카이제곱 검정 통계량

$$G_j^2 = 2 \sum_{i=1}^K n_{ij} \ln(n_{ij}/E_j)$$

그룹 간의 가능도비 카이제곱 검정 통계량

$$G_i^2 = 2 \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln(n_{ij}/E_i)$$

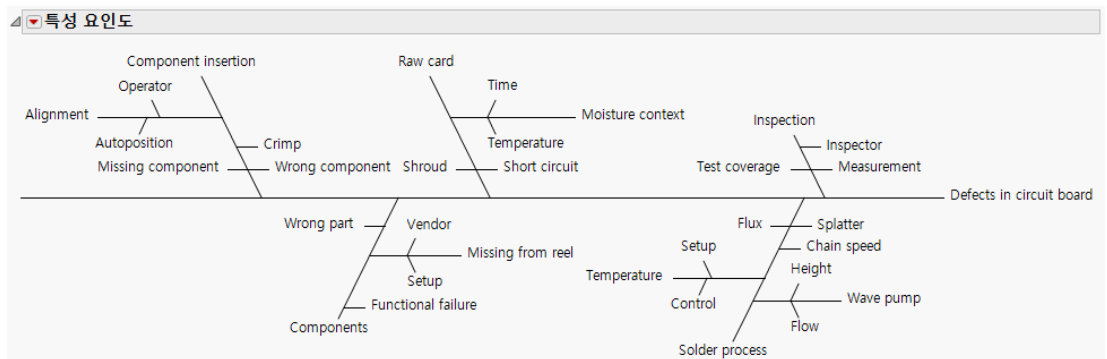
14 장

특성 요인도 근본 원인 식별

다이어그램 플랫폼을 사용하여 Ishikawa 차트 또는 Fishbone 차트라고도 하는 특성 요인도를 생성합니다. 이러한 다이어그램을 사용하여 다음을 수행할 수 있습니다.

- 효과의 원인 구성 (문제의 원인)
- 브레인스토밍
- 추가 실험을 위한 변수 식별

그림 14.1 특성 요인도의 예



목차

특성 요인도 개요	369
특성 요인도의 예	369
데이터 준비	370
다이어그램 플랫폼 시작	370
특성 요인도	371
마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴	371
특성 요인도 메뉴 옵션	374
다이어그램 저장	374
다이어그램을 데이터 테이블로 저장	374
다이어그램을 저널로 저장	375
다이어그램을 스크립트로 저장	375

특성 요인도 개요

다이어그램 플랫폼을 사용하여 Ishikawa 차트 또는 Fishbone 차트라고도 하는 특성 요인도를 생성합니다. 이러한 다이어그램을 사용하여 다음을 수행할 수 있습니다.

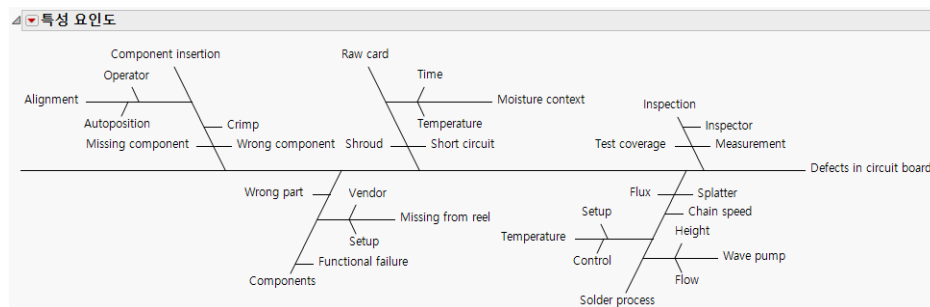
- 효과의 원인 구성 (문제의 원인)
- 브레인스토밍
- 추가 실험을 위한 변수 식별

특성 요인도의 예

회로기관의 결합 데이터가 있습니다. 다이어그램에서 결합의 주 요인 및 가능한 원인을 검토하려고 합니다.

1. **도움말 > 샘플 데이터 라이브러리**를 선택하고 Ishikawa.jmp 를 엽니다 .
2. **분석 > 품질 및 공정 > 다이어그램**을 선택합니다 .
3. Parent 를 선택하고 **X, 상위**를 클릭합니다 .
4. Child 를 선택하고 **Y, 하위**를 클릭합니다 .
5. **확인**을 클릭합니다 .

그림 14.2 Ishikawa.jmp 다이어그램



주 요인은 Inspection, Solder process, Raw card, Components 및 Component insertion입니다. Inspection 요인에 대한 Inspector, Measurement 및 Test coverage와 같이 각 주 요인에서 가능한 위인이 갈라집니다.

한 번에 하나의 영역에 집중하여 각 주 요인에 대해 가능한 변동 원인 또는 소스를 자세히 검토할 수 있습니다.

데이터 준비

다이어그램을 생성하기 전에 데이터 테이블의 두 열에 있는 데이터로 시작합니다.

그림 14.3 Ishikawa.jmp 데이터 테이블의 예

	Parent	Child
1	Defects in circuit board	Inspection
2	Defects in circuit board	Solder process
3	Defects in circuit board	Raw card
4	Defects in circuit board	Components
5	Defects in circuit board	Component insertion
6	Inspection	Measurement
7	Inspection	Test coverage
8	Inspection	Inspector
9	Solder process	Splatter
10	Solder process	Flux
11	Solder process	Chain speed
12	Solder process	Temperature
13	Solder process	Wave pump
14	Temperature	Setup

Parent 값 "Defects in circuit board"(효과)에는 Child 열에 나열된 다섯 가지 주 요인이 있습니다. 이러한 주 요인 중 하나는 "Inspection"이며 이 요인의 원인은 Child 열에 나열되어 있습니다. 상위 값은 하위 항목을 포함하고, 하위 항목도 자신만의 하위 항목을 포함하므로 Parent 열과 Child 열에 모두 나열됩니다.

다이어그램 플랫폼 시작

분석 > 품질 및 공정 > 다이어그램을 선택하여 다이어그램 플랫폼을 시작할 수 있습니다.

그림 14.4 다이어그램 시작 창

특성 요인도를 생성합니다.

열 선택

▼ 2개 열

- Parent
- Child

선택한 열 역할 지정

Y, 하위	선택적
X, 상위	선택적
라벨	선택적 문자
기준	선택적

작업

확인

취소

제거

재호출

도움말

"열 선택"의 빨간색 삼각형 메뉴에 포함된 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

팁 : 데이터 테이블을 기반으로 하지 않는 기본 다이어그램을 생성하려면 **Y, 하위** 및 **X, 상위** 필드를 비워 두고 **확인**을 클릭합니다. 그런 다음 마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴의 옵션을 사용하여 노드를 편집합니다. 자세한 내용은 "**마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴**"에서 확인하십시오.

Y, 하위 상위 요인에 기여하는 하위 요인을 나타냅니다.

X, 상위 하위 요인이 있는 상위 요인 (효과 포함) 을 나타냅니다.

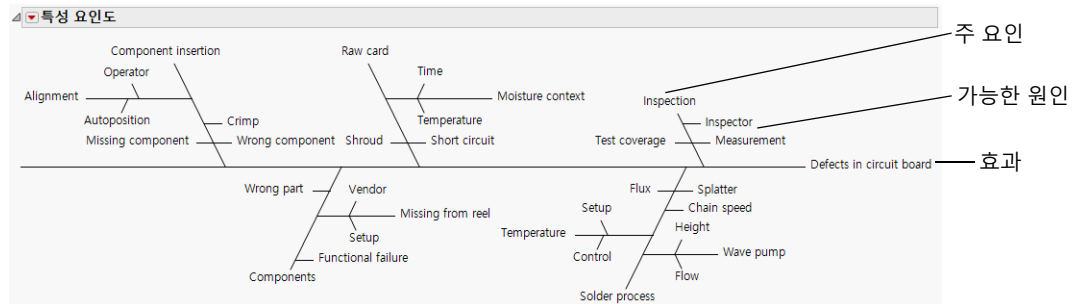
라벨 다이어그램 노드에 "라벨" 열의 텍스트를 포함합니다.

기준 기준 변수의 각 값에 대해 개별 다이어그램을 생성합니다.

특성 요인도

그림 14.5에서 효과 또는 문제 (Defects in circuit board)가 오른쪽에 중심선으로 나타납니다. 영향을 주는 주 기여 요인은 분지의 끝에 나타납니다(Inspection, Solder process, Raw Card 등). 각 주 요인에서 가능한 원인이 갈라집니다.

그림 14.5 특성 요인도



마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴

강조 표시된 노드를 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하여 텍스트 수정, 새 노드 삽입, 다이어그램 유형 변경 등을 수행할 수 있습니다. 다음 사항에 유의하십시오.

- 제목을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하여 글꼴 및 색상, 위치, 표시 여부 또는 형식을 변경합니다.
- 노드를 클릭하고 강조 표시하여 이름을 바꿉니다.
- 노드를 클릭하고 드래그하여 이동합니다.

텍스트 메뉴

" 텍스트 " 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

글꼴 텍스트 또는 숫자 문자의 글꼴을 선택합니다.

색상 텍스트 또는 숫자 문자의 색상을 선택합니다.

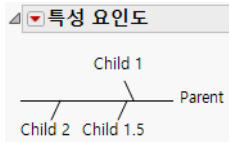
왼쪽으로 회전, 오른쪽으로 회전, 수평 텍스트나 숫자를 수평으로, 왼쪽으로 90 도 또는 오른쪽으로 90 도 회전합니다.

삽입 메뉴

삽입 메뉴를 사용하여 기존 노드에 항목을 삽입합니다. "삽입" 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

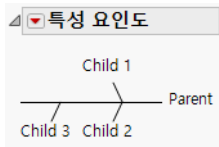
앞 강조 표시된 노드의 오른쪽에 새 노드를 삽입합니다. 예를 들어 [그림 14.6](#)에서는 Child 1.5 를 Child 2 앞에 삽입합니다.

그림 14.6 앞에 삽입



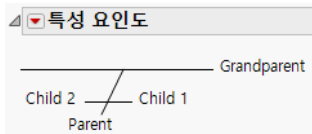
뒤 강조 표시된 노드의 왼쪽에 새 노드를 삽입합니다. 예를 들어 [그림 14.7](#)에서는 Child 3 을 Child 2 뒤에 삽입합니다.

그림 14.7 뒤에 삽입



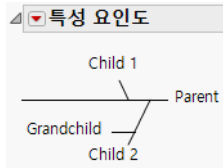
위 현재 노드 위의 수준에 새 노드를 삽입합니다. 예를 들어 [그림 14.8](#)에서는 Grandparent 를 Parent 위의 수준에 삽입합니다.

그림 14.8 위에 삽입



아래 현재 노드 아래의 수준에 새 노드를 삽입합니다. 예를 들어 [그림 14.9](#)에서는 Grandchild 를 Child 2 아래의 수준에 삽입합니다.

그림 14.9 아래에 삽입



이동 메뉴

" 이동 " 메뉴를 사용하여 노드 또는 분지를 이동합니다. " 이동 " 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

첫 번째 강조 표시된 노드를 상위 항목 아래의 첫 번째 위치로 이동합니다.

마지막 강조 표시된 노드를 상위 항목 아래의 마지막 위치로 이동합니다.

반대쪽 강조 표시된 노드를 상위 항목 선의 반대쪽으로 이동합니다.

왼쪽으로 가로로 그려진 모든 요소를 상위 항목의 왼쪽에 표시합니다.

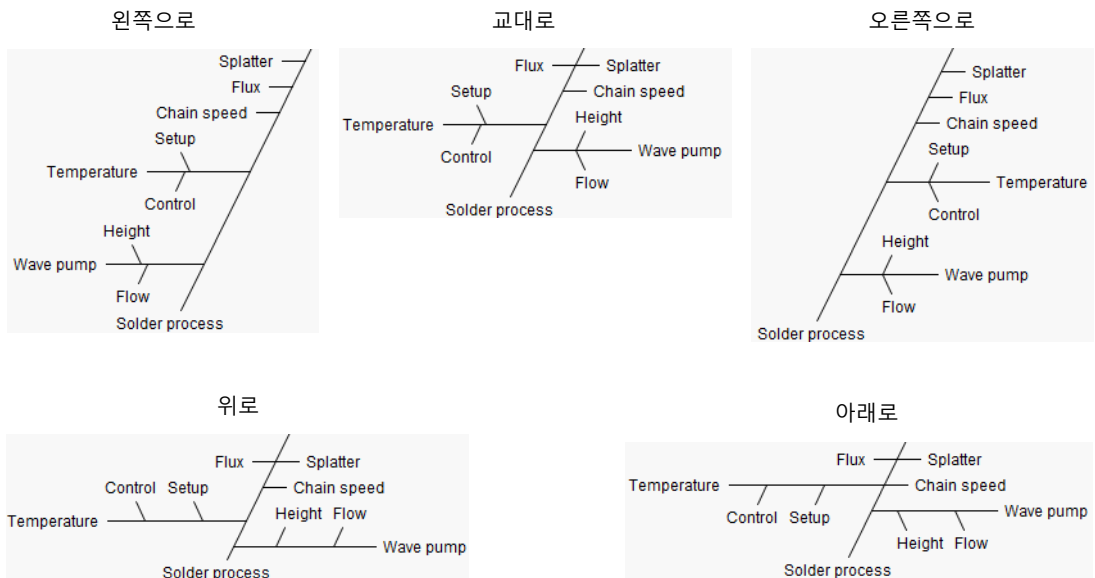
오른쪽으로 가로로 그려진 모든 요소를 상위 항목의 오른쪽에 표시합니다.

위로 세로로 그려진 모든 요소를 상위 항목의 위에 표시합니다.

아래로 세로로 그려진 모든 요소를 상위 항목의 아래에 표시합니다.

교대로 하위 항목을 상위 항목 선의 좌우에 교대로 그립니다.

그림 14.10 강제 적용 옵션



기타 메뉴 옵션

강조 표시된 노드의 마우스 오른쪽 버튼 클릭 메뉴에는 다음 옵션도 포함되어 있습니다.

유형 변경 전체 차트 유형을 **Fishbone**, **계층** 또는 **내포됨**으로 변경합니다.

편집할 수 없음 이동 및 **유형 변경**을 제외한 다른 모든 명령을 비활성화합니다.

텍스트 줄바꿈 너비 텍스트 줄바꿈이 발생하는 라벨 너비를 지정합니다.

데이터 테이블로 만들기 현재 강조 표시된 노드를 데이터 테이블로 변환합니다. 전체 다이어그램 (효과) 을 강조 표시하면 모든 노드가 변환됩니다.

닫기 강조 표시된 노드를 숨깁니다.

삭제 강조 표시된 노드와 모든 하위 항목을 삭제합니다.

특성 요인도 메뉴 옵션

"특성 요인도" 의 빨간색 삼각형 메뉴에는 다음 옵션이 포함되어 있습니다.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 **JMP 사용**의 에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

그룹별 스크립트 저장 기준 변수의 모든 수준에 대한 플랫폼 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 시작 창에서 기준 변수를 지정한 경우에만 사용할 수 있습니다.

다이어그램 저장

다이어그램을 저장할 수 있는 여러 가지 방법이 있습니다. 다음 중 하나를 선택합니다.

- 다이어그램을 데이터 테이블로 저장
- 다이어그램을 저널로 저장
- 다이어그램을 스크립트로 저장

다이어그램을 데이터 테이블로 저장

이 방법의 경우 다음 사항에 유의하십시오.

- 데이터 테이블을 업데이트해야 하는 다른 공정이 있는 경우 이 방법을 선택하는 것이 좋습니다.
- 데이터 테이블에서는 사용자 정의를 나타낼 수 없으므로 사용자 정의가 거의 불가능합니다.

다이어그램을 데이터 테이블로 저장하려면 다음을 수행하십시오 .

1. 전체 다이어그램을 강조 표시합니다 .
2. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **데이터 테이블로 만들기**를 선택합니다 .
3. 새 데이터 테이블을 저장합니다 .

다이어그램을 저널로 저장

이 방법의 경우 다음 사항에 유의하십시오 .

- 이 옵션은 즉석 작업에 적합합니다. 예를 들어 수동으로 다이어그램을 작성하고 저널로 저장한 후 나중에 저널을 다시 열어 다이어그램 작성 및 편집을 계속할 수 있습니다 .
- 사용자 정의는 저널에만 있으며 저널은 데이터 테이블에 연결되지 않습니다 .

다이어그램을 저널로 저장하려면 다음을 수행하십시오 .

1. 전체 다이어그램을 강조 표시합니다 .
2. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **편집 > 저널**을 선택합니다 .
3. 새 저널을 저장합니다 .

다이어그램을 스크립트로 저장

이 방법의 경우 다음 사항에 유의하십시오 .

- 데이터 테이블을 업데이트해야 하는 다른 공정이 있는 경우 이 방법을 선택하는 것이 좋습니다 .
- 데이터 테이블에서 다이어그램을 생성한 경우 사용자 정의 없이 해당 데이터 테이블에 대해 다시 실행되는 간단한 스크립트가 나타납니다 .
- 데이터 테이블을 사용하지 않거나 저널에서 다이어그램을 생성한 경우 다이어그램의 각 영역을 추가하고 사용자 정의하는 데 필요한 모든 명령이 포함된 좀 더 복잡한 스크립트가 나타납니다 .

다이어그램을 스크립트로 저장하려면 다음을 수행하십시오 .

1. "특성 요인도" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **스크립트 저장 > 스크립트 창예**를 선택합니다 .
2. 새 스크립트를 저장합니다 .

15 장

품질 유틸리티 규격 한계 관리 및 OC 곡선 생성

이 장에서는 분석 > 품질 및 공정 메뉴의 유틸리티에 대한 내용을 다룹니다. 특히 규격 한계 관리 및 OC 곡선 유틸리티에 대해 설명합니다.

목차

규격 한계 관리 유틸리티.....	379
규격 한계 관리 유틸리티의 예	379
규격 한계 관리 옵션.....	382
검사 특성 곡선 유틸리티.....	383
OC 곡선 유틸리티 시작.....	383
관리도에 대한 OC 곡선 옵션	383
합격 표집에 대한 OC 곡선 옵션.....	384

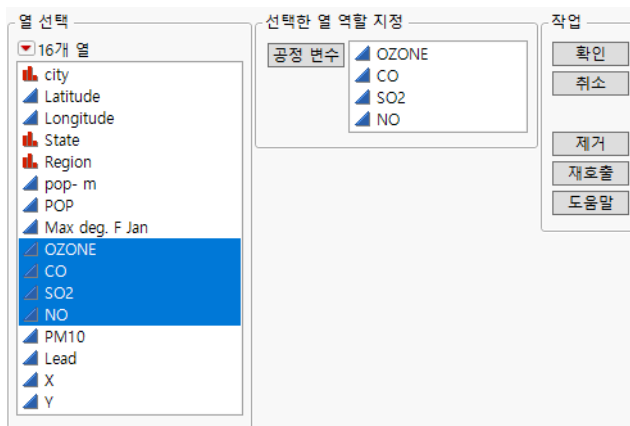
규격 한계 관리 유틸리티

규격 한계 관리 유틸리티를 사용하면 여러 열에 대한 많은 규격 한계를 한 번에 빠르게 추가하거나 편집할 수 있습니다. 그런 다음 향후 분석에 규격 한계가 사용됩니다. 또한 각 공정에 대한 중요도 값을 지정하고 한계를 그래프에 참조선으로 표시할지 여부를 나타낼 수도 있습니다.

규격 한계 관리 유틸리티의 예

1. 도움말 > 샘플 데이터 라이브러리를 선택하고 Cities.jmp 를 엽니다 .
2. 분석 > 품질 및 공정 > 규격 한계 관리를 선택합니다 .
3. 규격 한계를 설정할 열을 지정합니다 . 이 예에서는 OZONE, CO, SO2 및 NO 를 선택하고 **공정 변수**를 클릭합니다 .

그림 15.1 열 지정



4. **확인**을 클릭합니다 .
5. 규격 한계를 추가합니다 . JMP 데이터 테이블에서 기존 한계를 로드하거나 (**한계 테이블에서 로드**) 한계를 수동으로 입력할 수 있습니다 . 이 예에서는 다음 한계를 수동으로 입력합니다 .
 - OZONE: LSL 0.12, USL 0.2
 - CO: LSL 6, USL 12
 - SO2: LSL 0.015, USL 0.06
 - NO: LSL 0.02, USL 0.04
6. " 규격 한계 관리 " 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **한계 모두 표시**를 선택합니다 .

모든 열에 대한 규격 한계가 향후 분석의 그래프에 나타납니다 . 개별 열에 대해서만 규격 한계를 표시하려면 해당 열 옆의 **한계 표시** 상자를 선택합니다 .

그림 15.2 규격 한계 설정

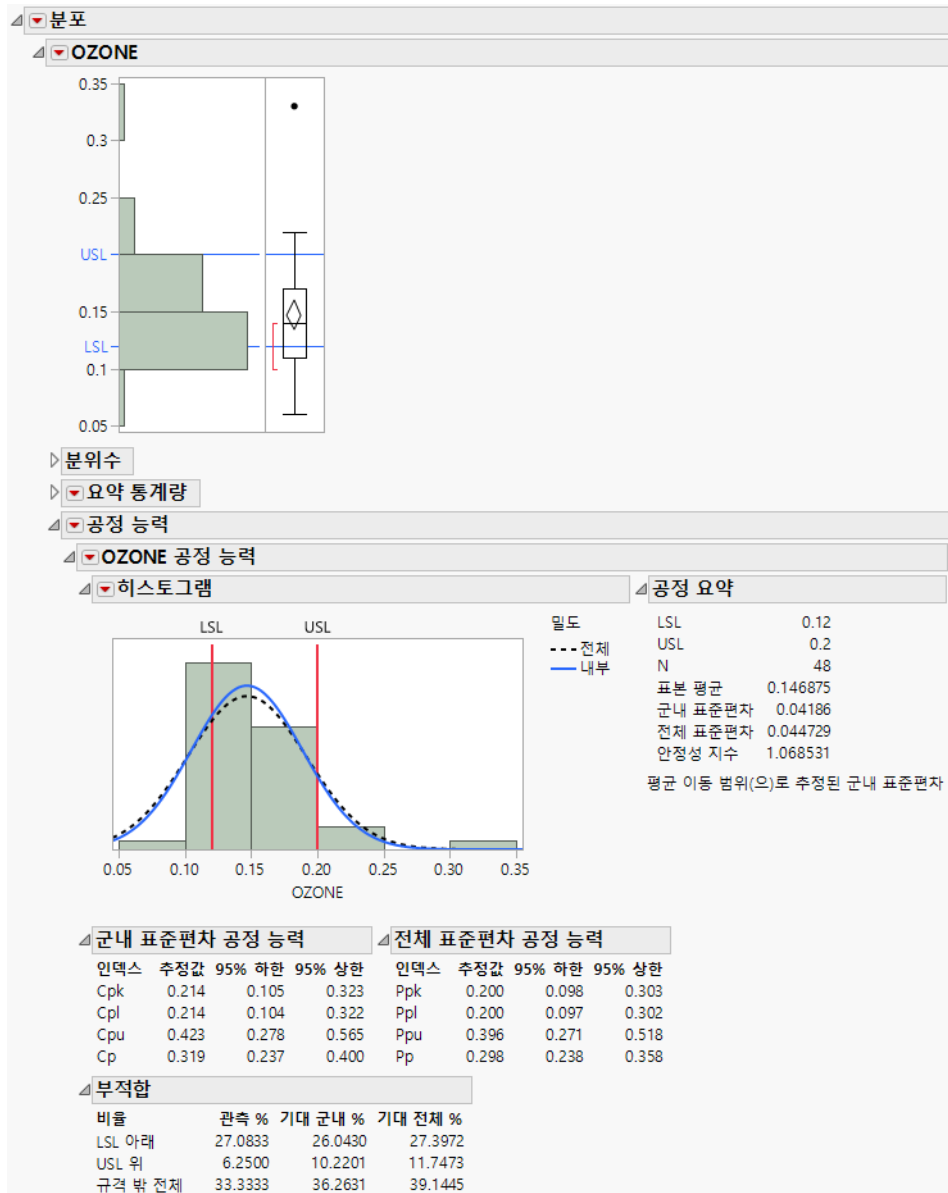
규격 한계 관리

열	LSL	목표값	USL	한계 표시	공정 중요도	단위
OZONE	0.12	.	0.2	☒		
CO	6	.	12	☒		
SO2	0.015	.	0.06	☒		
NO	0.02	.	0.04	☒		

한계 표시 -> 그래프 참조선으로 표시

7. 규격 한계를 저장할 방법을 선택합니다. 이 예에서는 **열 특성에 저장**을 클릭합니다. 이렇게 하면 규격 한계가 해당 데이터 테이블에 열 특성으로 저장됩니다. 세로형 또는 가로형 형식의 새 데이터 테이블에 저장할 수도 있습니다.
- Cities.jmp 데이터 테이블의 "열" 패널에서 OZONE, CO, SO2 및 NO 옆에 "규격 한계" 열 특성을 나타내는 별표가 표시됩니다.
8. 데이터 테이블에서 한계를 벗어나는 값을 보려면 "규격 한계 관리" 옆의 빨간색 삼각형을 클릭하고 **규격 이탈 값에 색상 적용**을 선택합니다. Cities.jmp 데이터 테이블로 이동하면 한계를 벗어나는 값에 색상이 지정되어 있음을 확인할 수 있습니다.
9. 이제 분석을 실행할 수 있습니다. 이 예에서는 **분석 > 분포**를 선택합니다.
10. OZONE, CO, SO2 및 NO 를 선택하고 **Y, 열**을 클릭합니다.
11. **확인**을 클릭합니다.

그림 15.3 분포에서 OZONE 에 대한 규격 한계



OZONE 열에 추가한 규격 한계가 히스토그램에 나타납니다. 열에 "규격 한계" 열 특성이 포함되어 있으므로 "분포" 보고서에 공정 능력 분석 보고서도 포함됩니다.

규격 한계 관리 옵션

규격 한계를 설정하는 창에는 규격 한계를 저장 및 로드하는 버튼과 "규격 한계 관리"의 빨간색 삼각형 메뉴 옵션이 있습니다.

보고서 테이블 열

"규격 한계 관리" 보고서 맨 위의 테이블에는 시작 창에 지정된 각 공정 열에 대한 행이 포함되어 있습니다. 이 테이블을 사용하여 각 열에 대해 규격 한계와 다음 옵션을 지정할 수 있습니다.

한계 표시 지정된 열에 대한 "규격 한계" 열 특성에서 "그래프 참조선으로 표시" 옵션이 선택되도록 지정합니다.

공정 중요도 각 열에 대한 공정 중요도 값을 지정합니다. 공정 중요도 값은 원하는 순서대로 공정을 정렬하는 메커니즘을 제공합니다. 공정 중요도 값은 많은 플랫폼 그래프에서 표식 크기를 지정하는 데 사용됩니다.

단위 각 열의 단위를 지정합니다.

버튼

한계 테이블에서 로드 JMP 데이터 테이블에서 규격 한계를 로드합니다.

열 특성에 저장 규격 한계를 연결된 데이터 테이블에 열 특성으로 저장합니다.

세로형 규격 한계 테이블에 저장 규격 한계를 세로형 형식의 새 데이터 테이블에 저장합니다.

가로형 규격 한계 테이블에 저장 규격 한계를 가로형 형식의 새 데이터 테이블에 저장합니다.

빨간색 삼각형 옵션

한계 모두 표시 모든 열의 "한계 표시" 아래에 있는 상자를 선택합니다. 열에 대해 "한계 표시"를 선택한 경우 "규격 한계" 열 특성에서 "그래프 참조선으로 표시" 옵션이 선택됩니다. "그래프 참조선으로 표시" 옵션은 지정된 규격 한계와 목표값을 선택한 분석 그림에 참조선으로 표시합니다.

참고 : "한계 표시" 아래의 모든 상자가 선택된 경우 "한계 모두 표시" 옵션을 선택하면 "한계 표시" 아래의 모든 상자가 선택 취소됩니다.

소수점 근사값 규격 한계를 반올림할 소수 자릿수를 설정합니다.

규격 이탈 값에 색상 적용 데이터 테이블에서 열에 대한 규격 한계를 벗어나는 값에 색상을 적용합니다.

다음 옵션에 대한 자세한 내용은 JMP 사용의 에서 확인하십시오.

다시 실행 분석을 반복하거나 다시 시작할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다. 이 기능을 지원하는 플랫폼에서 "자동 재계산" 옵션은 해당하는 보고서 창에서 데이터 테이블에 대한 변경 사항을 즉시 반영합니다.

스크립트 저장 보고서를 재생성하는 스크립트를 여러 대상에 저장할 수 있는 옵션이 포함되어 있습니다.

검사 특성 곡선 유틸리티

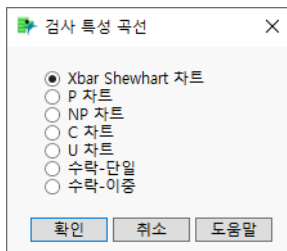
OC(검사 특성) 곡선 유틸리티를 사용하면 관리도 및 계수형 합격 표집 계획에 대한 OC 곡선을 생성할 수 있습니다 . OC 곡선은 $\bar{X}$ bar, P, NP, C 및 U 차트에 사용할 수 있습니다 . 지정된 관리도에 대해 OC 곡선은 특정 크기의 변화를 감지하지 못할 확률을 보여 줍니다 . 또한 단일 및 이중 계수형 합격 표집 계획을 위한 OC 곡선이 있습니다 . 지정된 합격 표집 계획에 대해 OC 곡선은 로트 품질에 따른 로트 합격 확률의 변화를 보여 줍니다 .

참고 : 관리도에 대한 OC 곡선은 양측 곡선입니다 . 음의 변화와 양의 변화에 대한 곡선을 그립니다 . 대개 OC 곡선은 절대 변화에 대해 하나의 곡선을 표시합니다 .

OC 곡선 유틸리티 시작

분석 > 품질 및 공정 > OC 곡선 을 선택하여 검사 특성 곡선을 시작할 수 있습니다 . 관심 OC 곡선을 선택하고 " 확인 " 을 클릭하여 시작합니다 .

그림 15.4 OC 곡선 시작 창



관리도에 대한 OC 곡선 옵션

관리도에서는 OC 곡선을 사용하여 차트 모수 설정이 β , 즉 지정된 관심 변화를 감지하지 못할 확률에 미치는 영향을 탐색할 수 있습니다 . 텍스트 상자 , 슬라이더 또는 OC 곡선의 LCL, 변화 및 UCL 핸들을 사용하여 차트 모수를 설정하고 조정합니다 . 차트 모수는 다음과 같습니다 .

관리 하한 관리도의 관리 하한을 지정합니다 .

관리 상한 관리도의 관리 상한을 지정합니다 .

표본 크기 (C 차트에는 사용 불가능) 관리도 측도에 사용되는 표본 크기를 지정합니다 .

시그마 (XBar 차트에만 사용 가능) 관리도 시그마를 지정합니다 .

변화 감지할 변화를 지정합니다 .

베타 관리도 규격이 주어진 경우 지정된 변화를 감지하지 못할 확률을 지정합니다 . 규격이 변경되면 베타가 업데이트됩니다 .

합격 표집에 대한 OC 곡선 옵션

계수형 합격 표집의 경우 OC 곡선을 사용하여 표집 계획 및 가정된 제품 품질이 로트 합격 확률에 미치는 영향을 탐색할 수 있습니다. 텍스트 상자, 슬라이더 또는 OC 곡선의 불량률 핸들을 사용하여 표집 계획을 설정하고 조정합니다.

단일 표집 OC 곡선 옵션

표집 유형 " 로트 표집 " 또는 " 이항 표집 " 을 선택할 수 있습니다 .

로트 표집 고정된 로트 크기를 기반으로 합격 계획을 지정하고 탐색할 수 있습니다 .

이항 표집 연속형 공정이거나 이항 분포가 적절한 기타 상황에 대한 합격 계획을 지정하고 탐색할 수 있습니다 .

로트 크기 (N) (로트 표집에만 사용 가능) 표집할 로트 크기를 지정합니다 .

표본 크기 (n) 검사할 단위 수를 지정합니다 .

허용 가능한 고장 수 (c1) 허용 가능한 고장 수를 지정합니다. 관측된 결함 수가 c1 보다 크면 로트가 기각됩니다 .

불량률 로트의 예상 불량률을 지정합니다 .

합격률 정의된 표집 계획에 따라 로트를 수락할 확률을 지정합니다 . 규격이 변경되면 합격률이 업데이트되지만 이 값을 직접 조정할 수도 있습니다 . 합격률을 직접 조정하면 불량률 값이 업데이트됩니다 .

이중 표집 OC 곡선 옵션

첫 번째 표본 첫 번째 표본에 대한 다음 설정을 포함합니다 .

검사 개수 (n1) 첫 번째 표본의 검사 단위 수를 지정합니다 .

허용 가능한 고장 수 (c1) 첫 번째 표본의 허용 가능한 고장 수를 지정합니다 .

두 번째 표본 두 번째 표본에 대한 다음 설정을 포함합니다 .

검사 개수 (n2) 두 번째 표본의 검사 단위 수를 지정합니다 .

허용 가능한 총 고장 수 (c1+c2) 허용 가능한 총 고장 수를 지정합니다 .

불량률 로트의 예상 불량률을 지정합니다 .

합격률 정의된 표집 계획에 따라 로트를 수락할 확률을 지정합니다 . 규격이 변경되면 합격률이 업데이트되지만 이 값을 직접 조정할 수도 있습니다 . 합격률을 직접 조정하면 불량률 값이 업데이트됩니다 .

- Agresti, A., and Coull, B. (1998). "Approximate Is Better than 'Exact' for Interval Estimation of Binomial Proportions." *The American Statistician* 52:119–126.
- American Society for Quality Statistics Division (2004). *Glossary and Tables for Statistical Quality Control*. 4th ed. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.
- American Society for Testing and Materials (1976). *ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*. Philadelphia: ASTM.
- Automotive Industry Action Group (2002). *Measurement Systems Analysis Reference Manual*. 3rd ed. Troy, MI: Automotive Industry Action Group.
- AIAG (2005). *Statistical Process Control*. 2nd ed. Troy, MI: Automotive Industry Action Group.
- Barrentine, L. B. (1991). *Concepts for R&R Studies*. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.
- Bissell, A. F. (1990). "How Reliable Is Your Capability Index?" *Journal of the Royal Statistical Society, Series C* 39:331–340.
- Box, G. E. P, Luceño, A., and Paniagua-Quinones, M. d. C. (2009). *Statistical Control by Monitoring and Adjustment*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Burdick, P. K., Borror, C. M., and Montgomery, D. C. (2005). *Design and Analysis of Gauge R&R Studies: Making Decisions with Confidence Intervals in Random Mixed ANOVA Models*. Philadelphia, PA and Alexandria, VA: SIAM and ASA.
- Chou, Y.-M., Owen, D. B., and Borrego, S. A. (1990). "Lower confidence limits on process capability indices." *Journal of Quality Technology* 22:223–229.
- Crowder, S. V. (1987). "Average Run Lengths of Exponentially Weighted Moving Average Charts." *Journal of Quality Technology* 29:401–408.
- David, H. A. (1951). "Further Applications of Range to the Analysis of Variance." *Biometrika* 38:393–407.
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical Methods for Rates and Proportions*. New York: John Wiley & Sons.
- Goel, A. L., and Wu, S. M. (1971). "Determination of A.R.L. and a Contour Nomogram for Cusum Charts to Control Normal Mean." *Technometrics* 13:221–230.
- Harter, H. L. (1960). "Tables of Range and Studentized Range." *Annals of Mathematical Statistics* 31:1122–1147.
- Hoffman, D. (2003). "Negative Binomial Control Limits for Count Data with Extra-Poisson Variation." *Pharmaceutical Statistics* 2:127–132.
- Jackson, J. E., and Mudholkar, G. S. (1979). "Quality Control Procedures for Residuals Associated with Principal Component Analysis." *Annals of Mathematical Statistics* 25:290–302.

- Knonth, S. (2004). "Fast Initial Response Features for EWMA Control Charts." *Statistical Papers* 46:47–64.
- Kourti, T., and MacGregor, J. F. (1996). "Multivariate SPC Methods for Process and Product Monitoring." *Journal of Quality Technology* 28:409–428.
- Levey, S., and Jennings, E. R. (1950). "The Use of Control Charts in the Clinical Laboratory." *American Journal of Clinical Pathology* 20:1059–1066.
- Li, G., Qin, S., Ji, Y., Zhou, D. (2009). "Total PLS Based Contribution Plots for Fault Diagnosis." *Acta Automatica Sinica* 35:759 - 765.
- Lucas, J. M. (1976). "The Design and Use of V-Mask Control Schemes." *Journal of Quality Technology* 8:1–12.
- Lucas, J. M., and Crosier, R. B. (1982). "Fast Initial Response for CUSUM Quality Control Schemes: Give Your CUSUM a Head Start." *Technometrics* 24:199–205.
- Meeker, W. Q., and Escobar, L. A. (1998). *Statistical Methods for Reliability Data*. New York: John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Nair, V. N. (1984). "Confidence Bands for Survival Functions with Censored Data: A Comparative Study." *Technometrics* 26:265–275.
- Nelson, L. (1984). "The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes." *Journal of Quality Technology* 15:237–239.
- Nelson, L. (1985). "Interpreting Shewhart X Control Charts." *Journal of Quality Technology* 17:114–116.
- Nomikos, P., and MacGregor, J. F., (1995). "Multivariate SPC Charts for Monitoring Batch Processes." *Technometrics* 37:41–59.
- Pearn, W. L., and Kotz, S. (2006). *Encyclopedia and Handbook of Process Capability Indices*. Vol. 12 of Series on Quality, Reliability, and Engineering Statistics. New Jersey: World Scientific.
- Portnoy, S. (1971). "Formal Bayes Estimation with Application to a Random Effects Model." *The Annals of Mathematical Statistics* 42:1379–1402.
- Sahai, H. (1974). "Some Formal Bayes Estimators of Variance Components in the Balanced Three-Stage Nested Random Effects Model." *Communication in Statistics – Simulation and Computation* 3:233–242.
- Slifker, J. F., and Shapiro, S. S. (1980). "The Johnson System: Selection and Parameter Estimation." *Technometrics* 22:239–246.
- Sullivan, J. H., and Woodall, W. H. (2000). "Change-point detection of mean vector or covariance matrix shifts using multivariate individual observations." *IIE Transactions* 32:537–549.
- Tracy, N. D., Young, J. C., and Mason, R. L. (1992). "Multivariate Control Charts for Individual Observations." *Journal of Quality Technology* 24:88–95.
- Westgard, J. O. (2002). *Basic QC Practices*. 2nd ed. Madison, WI: Westgard QC.

- Wheeler, D. J. (2004). *Advanced Topics in Statistical Process Control*. 2nd ed. Knoxville, TN: SPC Press.
- Wheeler, D. J. (2006). *EMP III Using Imperfect Data*. Knoxville, TN: SPC Press.
- Wludyka, P., and Sa, P. (2004). "A robust I-Sample analysis of means type randomization test for variances for unbalanced designs." *Journal of Statistical Computation and Simulation* 74:701–726.
- Woodall, W. H., and Adams, B. M. (1998). *Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists*. 2nd ed. Chapter 7. New York: McGraw-Hill.

기술 라이선스 고지 사항

- Scintilla is Copyright © 1998–2017 by Neil Hodgson <neilh@scintilla.org>.

All Rights Reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation.

NEIL HODGSON DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL NEIL HODGSON BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

- Progress® Telerik® UI for WPF: Copyright © 2008-2019 Progress Software Corporation. All rights reserved. Usage of the included Progress® Telerik® UI for WPF outside of JMP is not permitted.
- ZLIB Compression Library is Copyright © 1995-2005, Jean-Loup Gailly and Mark Adler.
- Made with Natural Earth. Free vector and raster map data @ naturalearthdata.com.
- Packages is Copyright © 2009–2010, Stéphane Sudre (s.sudre.free.fr). All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

Neither the name of the WhiteBox nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS “AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES

(INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- iODBC software is Copyright © 1995–2006, OpenLink Software Inc and Ke Jin (www.iodbc.org). All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- Neither the name of OpenLink Software Inc. nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS “AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL OPENLINK OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- This program, “bzip2”, the associated library “libbzip2”, and all documentation, are Copyright © 1996–2019 Julian R Seward. All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. The origin of this software must not be misrepresented; you must not claim that you wrote the original software. If you use this software in a product, an acknowledgment in the product documentation would be appreciated but is not required.
3. Altered source versions must be plainly marked as such, and must not be misrepresented as being the original software.

4. The name of the author may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Julian Seward, jseward@acm.org

bzip2/libbzip2 version 1.0.8 of 13 July 2019

- R software is Copyright © 1999–2012, R Foundation for Statistical Computing.
- MATLAB software is Copyright © 1984-2012, The MathWorks, Inc. Protected by U.S. and international patents. See www.mathworks.com/patents. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See www.mathworks.com/trademarks for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.
- libopc is Copyright © 2011, Florian Reuter. All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and / or other materials provided with the distribution.
- Neither the name of Florian Reuter nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF

USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- libxml2 - Except where otherwise noted in the source code (e.g. the files hash.c, list.c and the trio files, which are covered by a similar license but with different Copyright notices) all the files are:

Copyright © 1998–2003 Daniel Veillard. All Rights Reserved.

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the “Software”), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED “AS IS”, WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL DANIEL VEILLARD BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

Except as contained in this notice, the name of Daniel Veillard shall not be used in advertising or otherwise to promote the sale, use or other dealings in this Software without prior written authorization from him.

- Regarding the decompression algorithm used for UNIX files:

Copyright © 1985, 1986, 1992, 1993

The Regents of the University of California. All rights reserved.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE REGENTS AND CONTRIBUTORS “AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE REGENTS OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

3. Neither the name of the University nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

- Snowball is Copyright © 2001, Dr Martin Porter, Copyright © 2002, Richard Boulton. All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

3. Neither the name of the copyright holder nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- Pako is Copyright © 2014–2017 by Vitaly Puzrin and Andrei Tuputcyn.

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED “AS IS”, WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

- HDF5 (Hierarchical Data Format 5) Software Library and Utilities are Copyright 2006–2015 by The HDF Group. NCSA HDF5 (Hierarchical Data Format 5) Software Library and Utilities Copyright 1998-2006 by the Board of Trustees of the University of Illinois. All rights reserved. DISCLAIMER: THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE HDF GROUP AND THE CONTRIBUTORS “AS IS” WITH NO WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED. In no event shall The HDF Group or the Contributors be liable for any damages suffered by the users arising out of the use of this software, even if advised of the possibility of such damage.
- agl-aglfn technology is Copyright © 2002, 2010, 2015 by Adobe Systems Incorporated. All Rights Reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- Neither the name of Adobe Systems Incorporated nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS “AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- dmlc/xgboost is Copyright © 2019 SAS Institute.

Licensed under the Apache License, Version 2.0 (the “License”); you may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at

<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

- libzip is Copyright © 1999–2019 Dieter Baron and Thomas Klausner.

This file is part of libzip, a library to manipulate ZIP archives. The authors can be contacted at <libzip@nih.at>.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. The names of the authors may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

- OpenNLP 1.5.3, the pre-trained model (version 1.5 of en-parser-chunking.bin), and dmlc/xgboost Version .90 are licensed under the Apache License 2.0 are Copyright © January 2004 by Apache.org.

You may reproduce and distribute copies of the Work or Derivative Works thereof in any medium, with or without modifications, and in Source or Object form, provided that You meet the following conditions:

- You must give any other recipients of the Work or Derivative Works a copy of this License; and
 - You must cause any modified files to carry prominent notices stating that You changed the files; and
 - You must retain, in the Source form of any Derivative Works that You distribute, all copyright, patent, trademark, and attribution notices from the Source form of the Work, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works; and
 - If the Work includes a “NOTICE” text file as part of its distribution, then any Derivative Works that You distribute must include a readable copy of the attribution notices contained within such NOTICE file, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works, in at least one of the following places: within a NOTICE text file distributed as part of the Derivative Works; within the Source form or documentation, if provided along with the Derivative Works; or, within a display generated by the Derivative Works, if and wherever such third-party notices normally appear. The contents of the NOTICE file are for informational purposes only and do not modify the License. You may add Your own attribution notices within Derivative Works that You distribute, alongside or as an addendum to the NOTICE text from the Work, provided that such additional attribution notices cannot be construed as modifying the License.
 - You may add Your own copyright statement to Your modifications and may provide additional or different license terms and conditions for use, reproduction, or distribution of Your modifications, or for any such Derivative Works as a whole, provided Your use, reproduction, and distribution of the Work otherwise complies with the conditions stated in this License.
- LLVM is Copyright © 2003–2019 by the University of Illinois at Urbana-Champaign. Licensed under the Apache License, Version 2.0 (the “License”); you may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at:
<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>
Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.
 - clang is Copyright © 2007–2019 by the University of Illinois at Urbana-Champaign. Licensed under the Apache License, Version 2.0 (the “License”); you may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at:
<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>
Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS”, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF

ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

- lld is Copyright © 2011–2019 by the University of Illinois at Urbana-Champaign.

Licensed under the Apache License, Version 2.0 (the “License”); you may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at:

<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS”, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

- libcurl is Copyright © 1996–2020, Daniel Stenberg, daniel@haxx.se, and many contributors, see the THANKS file. All rights reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this software for any purpose with or without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice and this permission notice appear in all copies.

THE SOFTWARE IS PROVIDED “AS IS”, WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

Except as contained in this notice, the name of a copyright holder shall not be used in advertising or otherwise to promote the sale, use or other dealings in this Software without prior written authorization of the copyright holder.

