

Monthly User Guide from JMP Korea

제 27호 (2019년 10월)

신뢰성(Reliability) 기능 소개

* 본 Guide 의 내용과 관련한 문의는 ikju.Shin@jmp.com 으로 연락 바랍니다

신뢰성(Reliability) 기능 소개

이번 호에서는 세 가지 Case에 대하여 JMP 의 신뢰성(Reliability) 기능을 활용하여 간략히 파악해 본 다음, JMP 의 전반적인 신뢰성 기능을 간략히 살펴보도록 하겠습니다.

Case 1 : 어떤 제품의 수명(고장 시점)에 대한 Data가 있을 경우 다음과 같은 질문에 대한 답을 구하고자 한다.

- 1) 이 Data를 가장 잘 설명하는 (수명) 분포는 ?
- 2) 시간이 100 일 때의 고장 확률은 ?
- 3) 전체의 50%가 고장 날 시점은 ?

Case 2 : 가속 Factor인 온도의 변화에 따른 Device의 고장 확률 및 시간 예측

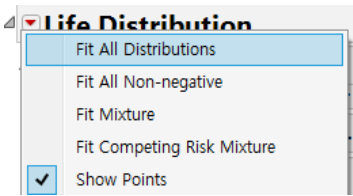
Case 3 : 판매(출하 수량), 고장 수량 Data를 분석하여 미래의 고장 수량 및 그에 따른 비용을 예측

Case 1 : 수명 분포 분석

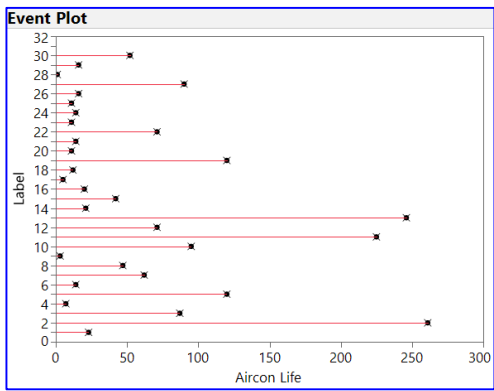
- 1. 아래와 같이 어떤 제품의 수명(고장 시점)에 대한 Data가 있다고 가정.
다음과 같은 질문에 대한 답을 구하고자 한다면 어떻게 해야 할까 ?
 - 1) 이 Data를 가장 잘 설명하는 (수명) 분포는 ?
 - 2) 시간이 100 일 때의 고장 확률은 ?
 - 3) 50%가 고장 날 시점은 ?

23	225	14
261	71	71
87	246	11
7	21	14
120	42	11
14	20	16
62	5	90
47	12	1
3	120	16
95	11	52

- 2. 위의 1번의 수명 Data를 하나의 Column에 입력한 후,
Analyze / Reliability and Survival / Life Distribution 에 들어가서
해당 Column 을 'Y, Time to Event' 로 선택 후 OK 클릭.
그런 다음 ▼Life Distribution에서 Fit All Distributions 클릭



- 3. Event Plot에서 Data의 현황을 간략히 확인할 수 있고



- 4. Statistics의 Model Comparison를 확인하면 AICc, BIC 값이 가장 작은 지수 분포가 이 Data를 가장 잘 설명함을 알 수 있다.

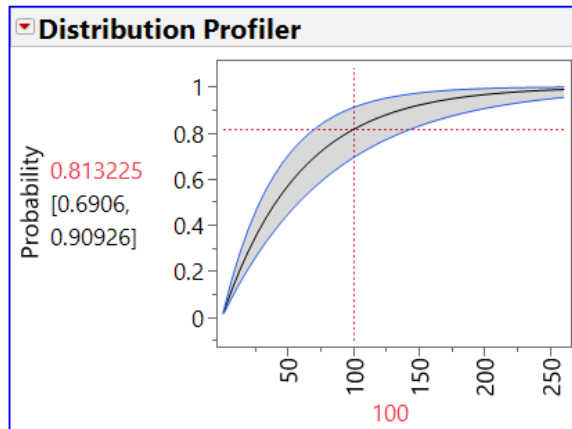
Statistics			
Model Comparisons			
Distribution	AICc	-2Loglikelihood	BIC
Exponential	307.40219	305.25933	308.66053
Lognormal	307.68607	303.24163	310.04402
Weibull	308.31822	303.87378	310.67617
Loglogistic	308.81316	304.36871	311.17111
Generalized Gamma	309.60335	302.68027	312.88386
DS Lognormal	310.16471	303.24163	313.44522
DS Weibull	310.79685	303.87378	314.07737
DS Loglogistic	311.29179	304.36871	314.57230
Log Generalized Gamma	312.00235	305.07927	315.28286
Frechet	314.67328	310.22883	317.03123
DS Frechet	317.15191	310.22883	320.43242
LEV	328.40839	323.96395	330.76634
Logistic	340.64508	336.20064	343.00303
Normal	345.06758	340.62313	347.42553
SEV	361.54898	357.10454	363.90693



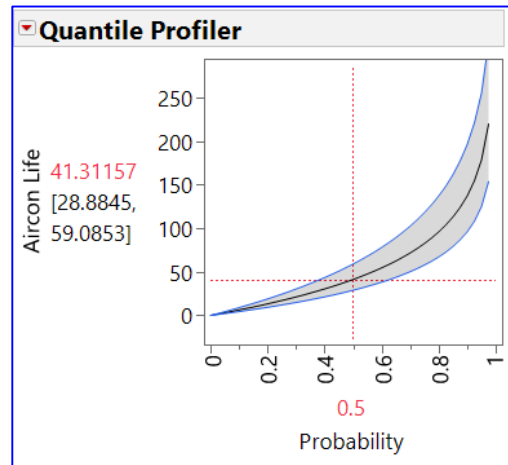
Case 1 : 수명 분포 분석

5. Profiler의 네 가지 그래프 중 두 가지를 살펴 보면

- 1) Distribution Profiler(누적 고장율 분포)는 시간과 누적 고장 확률을 나타낸 그래프이다
- 2) 아래와 같이 시간이 100 일 때의 고장 확률은 약 81 임을 알 수 있다



- 3) Quantile Profiler(역 누적 고장율 분포)는 Distribution Profiler의 반대 개념으로 특정한 고장 확률일 때의 시간을 추정할 수 있다.
- 4) 아래와 같이 50%의 고장 확률이 예상되는 시점은 약 41.3 임을 알 수 있다



6. 위의 5번의 결과는 95% 신뢰 수준(Confidence Level)을 전제한 것으로, ▼Life Distribution / Change Confidence Level에서 변경할 수 있다.

Case 2 : 하나의 인자(가속 계수)에 따른 수명 분포 분석

Sample Data : Help / Sample Data Library / Reliability / Devalt.jmp
(온도(가속 조건) 변화에 따른 Device의 수명분포(고장 시간)에 대한 Data)

1. Analyze / Reliability and Survival / Fit Life by X 에 들어가서 다음과 같이 입력

Select Columns

6 Columns

Hours

Status

Weight

Temp

Censor

x

Censor Code: 1

Relationship

Arrhenius Celsius

☒ Nested Model Tests

Use Condition

Distribution

Weibull

Select Confidence Interval Method

Wald

Cast Selected Columns into Roles

Y, Time to Event

Hours

optional numeric

X

Temp

Censor

Censor

Freq

Weight

By

optional

-Relationship

: 사건과 가속 계수 간의 관련성

-Nested Model Tests

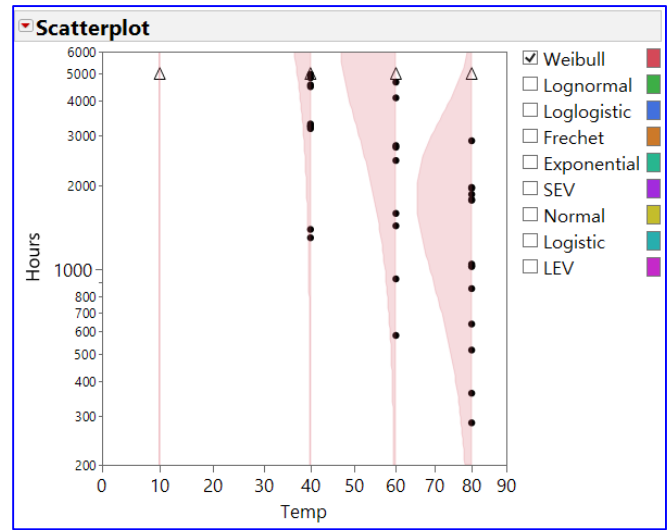
비모수 및 다양한 확률 Plot를 Overlay하여 Display하는 Option

-Confidence Interval

: 신뢰구간 추정방법

Wald 법 또는 Likelihood법

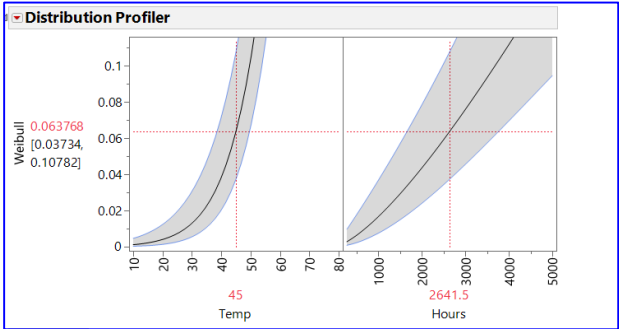
2. Scatter Plot
- 1) 가속 계수인 온도에 따른 고장 시간에 대한 그래프
 - 2) 삼각형(upward triangle)이 우측 관측 중단(right censoring)을 나타낸다
 - 3) 아래 결과는 ▼Scatter Plot에서 show density curves를 선택한 결과임.



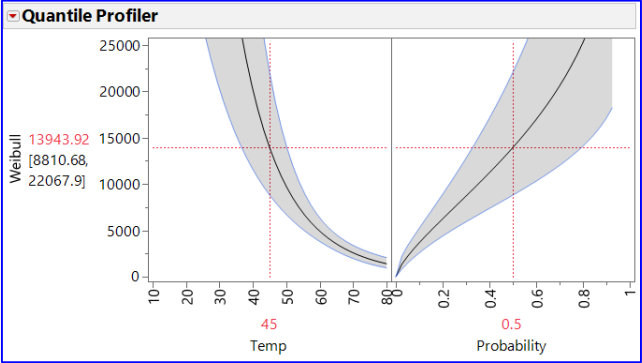
Case 2 : 하나의 인자(가속 계수)에 따른 수명 분포 분석

3. Comparisons

1) Distribution Profiler(누적 고장율 분포) : 가속 조건(온도) 및 시간에 따른 누적 고장율



2) Quantile Profiler(역 누적고장율) : 가속 조건 및 시간에 따른 역누적 고장율



3) Custom Estimation : 가속 조건(온도) 및 시간에 따른 고장 분포의 값을 추정할 수 있다

Weibull Results						
Statistics Distribution Quantile Hazard Density Acceleration Factor Custom Estimation Bayesian Estimates						
Estimate Quantile						
Prob	Temp	Failure Probability	Temp	Life Time Quantile	Life Time Quantile Lower 95%	Life Time Quantile Upper 95%
0.50000000	15.000000	0.40000000	15.000000	124737.57	41789.594	372328.62
0.40000000	20.000000	0.40000000	20.000000	80708.41	30694.385	212216.28
Interval Type						
Wald CI						
Likelihood CI						
0.50000000	15.000000	154778.25	15.000000	49710.447	481916.96	
0.50000000	20.000000	100145.51	20.000000	36517.832	274636.31	
Estimate Probability						
Hours	Temp	Hours	Temp	Failure Probability	Failure Probability Lower 95%	Failure Probability Upper 95%
122.00000	23.000000	122.00000	23.000000	0.00007496	0.00001090	0.00051536
150.00000	30.000000	122.00000	30.000000	0.00016869	0.00002801	0.00101555
Interval Type						
Wald CI						
Likelihood CI						
150.00000	23.000000	150.00000	23.000000	0.00010040	0.00001569	0.00064218
150.00000	30.000000	150.00000	30.000000	0.00022594	0.00004042	0.00126231

Case 3 : 미래의 고장 수량 및 비용 분석

Sample Data : Help / Sample Data Library / Reliability
/ Small Production.jmp
(월별 출하량 및 고장 수량에 대한 Data)

Sold Quantity	Sold Month	08/2 009	09/2 009	10/2 009	11/2 009	12/2 009	01/2 010	02/2 010
2550	07-2009	11	13	25	24	33	18	55
2600	08-2009	0	8	19	30	30	29	29
2650	09-2009	0	0	14	18	25	26	27
2700	10-2009	0	0	0	13	17	34	33
2750	11-2009	0	0	0	0	12	21	29
2800	12-2009	0	0	0	0	0	6	16
2850	01-2010	0	0	0	0	0	0	17

1. Analyze / Reliability and Survival / Reliability Forecast에 들어가서 다음과 같이 입력

Nevada FormatDates FormatTime to Event Format

Select Columns

9 Columns

Sold Quantity

Sold Month

08/2009

09/2009

10/2009

11/2009

12/2009

01/2010

02/2010

Cast Selected Columns into Roles

Production Count

Timestamp

Failure Count

Group ID

Sold Quantity

Sold Month

08/2009

09/2009

10/2009

11/2009

12/2009

01/2010

02/2010

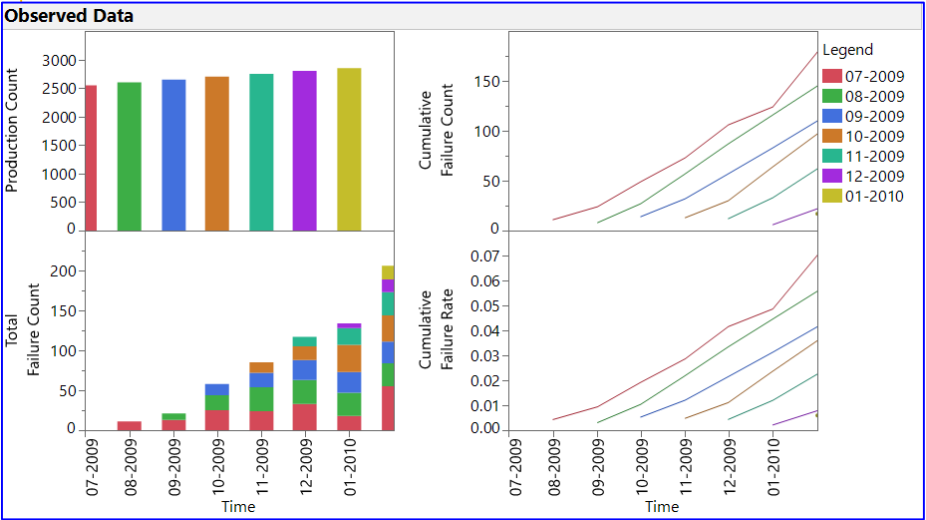
optional

☒ Interval Censored Failure

Life Time Unit

Month

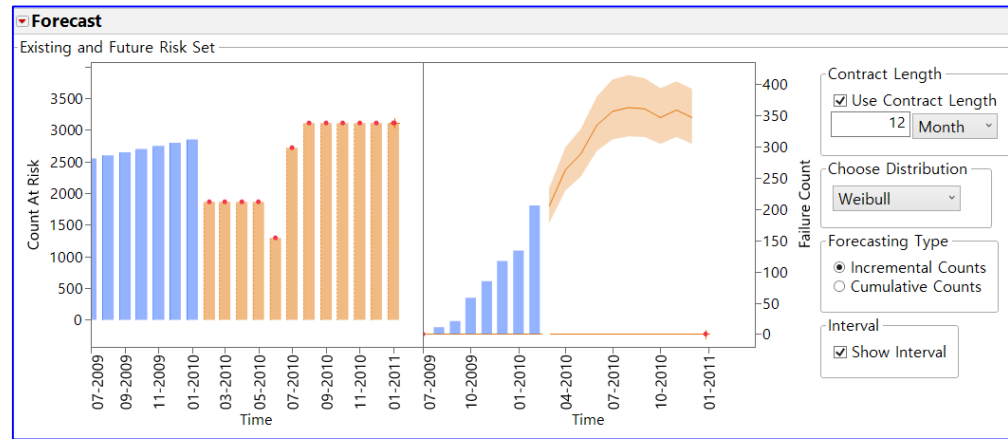
2. Observed Data
출하량 및 고장 수량에 대한 Data를 그래프로 나타내었음



Case 3 : 미래의 고장 수량 및 비용 분석

3. Forecast

- 1) Contract Length를 설정하고 좌측 그래프의 노란색 부분을 조정(출하량을 조정한다는 뜻)하면 우측에 미래의 고장 수량을 추정할 수 있음
- 2) ▼ Forecast / Use Failure Cost를 활용하여 고장에 따른 비용 추정 가능



▼Spreadsheet Configuration of Risk Sets

▼Use Failure Cost

4. ▼ Forecast / Save Forecast Data Table을 활용하여 Forecast 결과를 저장, 활용할 수 있음














	Timestamp	Production Count	Return Time	Cumulative Return	Cumulative Return Lower Bound	Cumulative Return Upper Bound	Incremental Return	Incremental Return Lower Bound	Incremental Return Upper Bound
1	07-2009	2550							
2	08-2009	2600	08-2009	11			11		
3	09-2009	2650	09-2009	32			21		
4	10-2009	2700	10-2009	90			58		
5	11-2009	2750	11-2009	175			85		
6	12-2009	2800	12-2009	292			117		
7	01-2010	2850	01-2010	426			134		
8	02-2010	1867	02-2010	632			206		
9	03-2010	1867	03-2010	837	810	866	205	178	234
10	04-2010	1867	04-2010	1101	1051	1154	263	230	299
11	05-2010	1867	05-2010	1390	1315	1472	289	253	329
12	06-2010	1297	06-2010	1725	1622	1841	335	294	381
13	07-2010	2722	07-2010	2082	1946	2238	357	312	408
14	08-2010	3112	08-2010	2445	2275	2640	363	317	415
15	09-2010	3112	09-2010	2806	2604	3040	361	316	410
16	10-2010	3112	10-2010	3153	2922	3423	347	305	394
17	11-2010	3112	11-2010	3511	3253	3813	359	316	405
18	12-2010	3112	12-2010	3858	3569	4198	347	305	393



JMP 신뢰성(Reliability) 기능

JMP의 신뢰성 기능은 다음과 같이 매우 다양함.

Analyze / Reliability and Survival

	Life Distribution
	Fit Life by X
	Cumulative Damage
	Recurrence Analysis
	Degradation
	Destructive Degradation
	Reliability Forecast
	Reliability Growth
	Reliability Block Diagram
	Repairable Systems Simulation
	Survival
	Fit Parametric Survival
	Fit Proportional Hazards

JMP Pro Only

기능
Life Distribution(수명 분포)
Fit Life By X
Cumulative Damage(누적 손상)
Recurrence(재발 분석)
Degradation(열화, 악화)
Destructive Degradation(파괴적 열화)
Reliability Forecast(신뢰성 예측)
Reliability Growth(신뢰성 성장)
Survival(생존)
Fit Parametric Survival
Fit Proportional Hazards
Accelerated Life Test Design

DOE / Special Purpose / Accelerated Life Test Design

DOE / Design Diagnostics / Sample Size and Power

Reliability Test Plan	Sample size for reliability studies
Reliability Demonstration	Calculations for planning a reliability demonstration

JMP 신뢰성(Reliability) 기능

JMP의 주요 신뢰성 기능을 간략히 설명하는 아래와 같음

기능	기능의 내용(용도)
Life Distribution(수명 분포)	시간에 따른 Event(수명 Data)에 대하여 분포를 분석, 중도 절단 자료 사용 등
Fit Life By X	하나의 인자에 대해, 시간에 따른 수명 분포를 추정
Cumulative Damage (누적 손상)	누적 손상 모형. 시간에 따라 스트레스(온도, 압력 등) 수준이 변화하는 가족 수명 시험
Recurrence(재발 분석)	수리 가능 시스템에서 가동→고장→수리→가동의 사이클을 가지면서 수집된 Data를 분석하여 평균 누적 함수(MCF)를 추정할 수 있음
Degradation(열화, 악화)	고장이 아닌 열화 정도를 측정하여 고장 시점을 예측. X 변수에 대한 모델링(선형, 비선형) 가능
Destructive Degradation (파괴적 열화)	(파괴 검사를 실시해야만 열화정도를 파악할 수 있는 경우) 시간 및 X 변수에 따른 열화 정도를 파괴 검사를 실시하여 모델링(Sample 당 1개의 Y값)
Reliability Forecast (신뢰성 예측)	출하 수량, 고장 수량 Data를 분석하여 미래의 고장 수량을 예측
Reliability Growth (신뢰성 성장)	개선 프로그램 적용 후 MTBF 개선 여부 검정
Survival(생존)	생존 시간을 Event Time(고장, 사망)과 측정 중단(Right Censored)으로 구분되어 측정. 고장 시간 확률 분포를 추정
Fit Parametric Survival	복수의 생존 Data가 있을 때 선형 회귀 모형을 이용하여 시간에 따른 생존율(고장율)을 모델링
Fit Proportional Hazards	여러 개의 X변수(Covariate)에 따른 Hazard Function(위험률 함수)관계를 모델링하여 유의한 변수를 찾아 줌(모델링 Formula는 제공되지 않음)
Accelerated Life Test Design	1~2 개의 가속인자에 대해 가속 수명 시험을 설계, 적합한 실험 표본 수를 결정

JMP 신뢰성(Reliability) 기능

신뢰성 시험을 위한 Sample Size 선정 및 JMP Pro의 신뢰성 기능은 다음과 같음

<Reliability Test Plan>

기능	기능의 내용(용도)
Reliability Test Plan	Sample Size for reliability studies DOE / Design Diagnostics / Sample Size and Power
Reliability Demonstration	Calculations for planning a reliability demonstration DOE / Design Diagnostics / Sample Size and Power

<JMP Pro>

기능	기능의 내용(용도)
Reliability Block Diagram	시스템 성분 간의 신뢰도 관계를 표시하여 신뢰도 형태를 모델링. 성분의 신뢰도가 시스템의 성공, 실패에 얼마만큼 기여하는 지를 파악
Repairable Systems Simulation	Reliability Block Diagram을 기반으로 시스템 유지 관리 스케줄에 대해 그래프로 표현. Simulation을 사용하여 복잡한 시스템 동작을 조사, 이해하고 원하는 유지 관리 스케줄을 결정
Fit Model : Generalized Regression	생존 및 신뢰도 Data에 대해 변수 선택을 수행할 수 있도록 해 줌. 중단 Data Handling

JMP 신뢰성(Reliability) 관련 자료 및 학습 Source

1. JMP Homepage : https://www.jmp.com/ko_kr/applications/quality-reliability-six-sigma.html
2. 가장 많이 활용되는 신뢰성 책 : <https://www.amazon.com/Applied-Reliability-Paul-ebook/dp/B008NF85CY>
3. Webcast
 - 1) Non-Repairable(1,2,4) : Life Distribution, Fit Life by X, Recurrence Analysis
https://www.jmp.com/en_us/events/ondemand/mastering-jmp/reliability-analysis-non-repairable.html
 - 2) Repairable(5,6,7,8) : Forecast, Growth, Degradation
https://www.jmp.com/en_us/events/ondemand/mastering-jmp/reliability-analysis-for-repairablesystems.html
 - 3) Survival Data
https://www.jmp.com/en_us/events/ondemand/mastering-jmp/analyzing-survival-data.html
 - 4) Something from William Meeker
https://www.jmp.com/en_sg/events/ondemand/webcasts/by-series/best-practices-in-reliability-data-analysis.html
https://www.jmp.com/en_sg/events/ondemand/non-series/reliability-engineering-modern-methods-for-achieving-high-reliability.html
<https://community.jmp.com/t5/JMP-Blog/Bill-Meeker-on-reliability-in-the-age-of-big-data/ba-p/62497>