

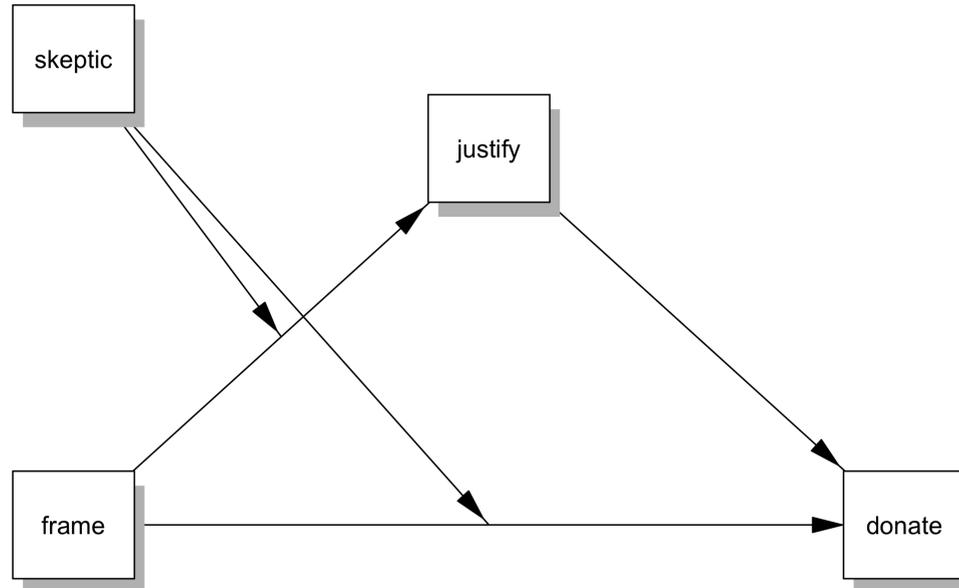
# 조건부 프로세스 분석 예제

## PROCESS macro model 8

문건웅

2019/6/1

이번 강의에서는 `processR` 을 이용한 조건부프로세스 분석의 예제로 Hayes 책에 있는 예제를 사용하여 실제 분석의 예를 들어보고자 한다.

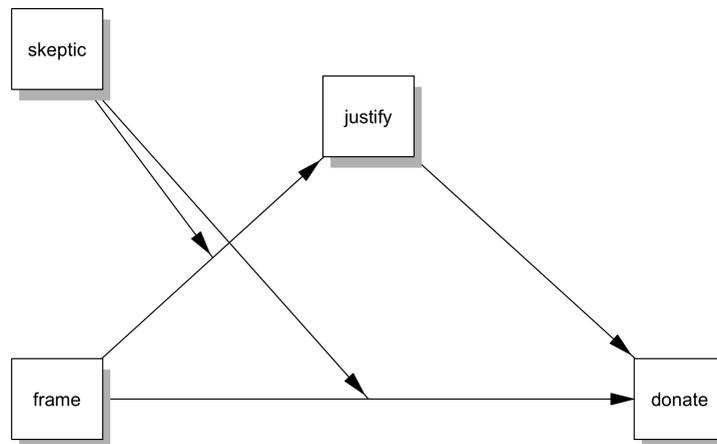


문제 1. 위의 개념적 모형을 `processR` 패키지를 이용하여 그려보아라.

## 정답 1.

```
require(processR)  
require(lavaan)
```

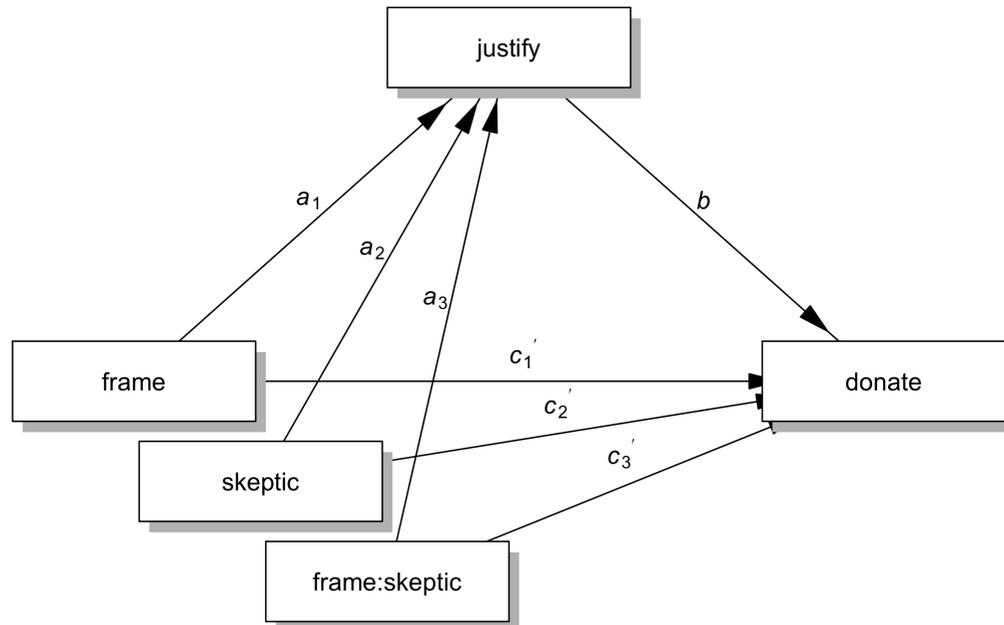
```
labels=list(X="frame",M="justify",Y="donate",W="skeptical")  
moderator=list(name="skeptical",site=list(c("a","c")))  
pmacroModel(8,labels=labels,ylim=c(0.3,1))
```



# 데이터 설명 : disaster 데이터

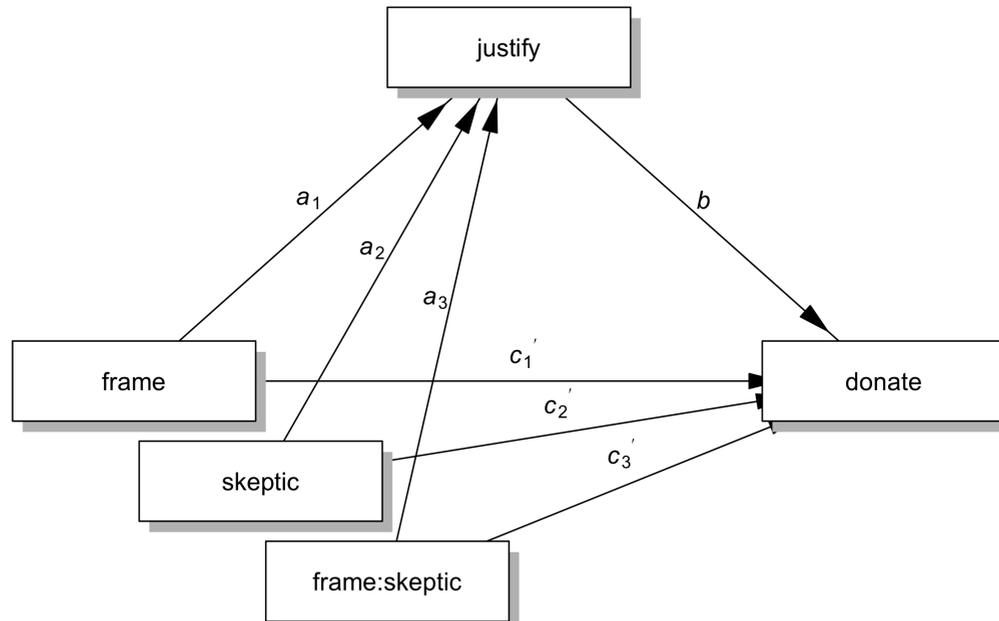
- 211명의 참가자에게 아프리카의 심한 가뭄으로 인한 기아상태에 관한 글을 읽게 하였다.
- 약 반의 참가자에게는 기후변화에 따른 가뭄에서 기인한 것이라는 정보를 주었고 (frame=1, 기후변화) 나머지 반에게는 가뭄에 기후변화와 관계있다는 정보를 주지 않았다(frame=0, 자연발생).
- 이 글을 읽은 후에 참가자들에게 피해자들에 대한 원조를 중단하는 것이 정당인지에 대한 여러 질문을 하였고 이들 질문들에 대한 반응을 모아 justify 변수에 입력하였는데 justify점수가 높을수록 피해자에 대한 원조는 정당하지 않다고 느끼는 것이다.
- 또한 기후변화가 실존하는지에 대한 질문들에 대한 대답들을 모아 skeptic(climate change skepticism, 기후변화에 대한 회의적인 태도) 변수에 기록하였는데 점수가 높을 수록 보다 회의적인 태도를 취하는 것을 뜻한다.
- 또한 희생자들에게 기꺼이 기부하겠느냐는 질문들에 대한 대답들을 모아 donate 변수에 기록하였는데 점수가 높을수록 보다 흔쾌히 기부하겠다는 뜻이다.

문제 2. 다음의 통계적 모형을 그려보아라



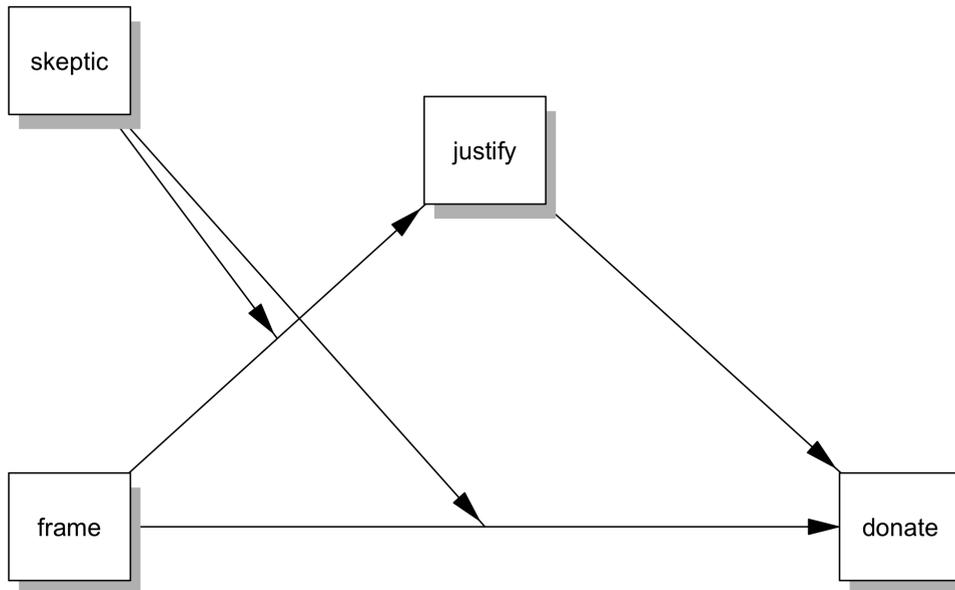
정답 2. 다음의 통계적 모형을 그려보아라

```
statisticalDiagram(8, labels=labels, radx=0.12, rady=0.06)
```



문제 3. 이 통계적 모형을 분석할 수 있는 회귀 모형을 만들어 보자.

- 매개변수인 **justify**를 종속변수로 하는 회귀모형을 만들어 **fit1**에 저장한다.
- 종속변수인 **donate**를 종속변수로 하는 회귀모형을 만들어 **fit2**에 저장한다.



정답 3.

```
eq=tripleEquation(labels=labels,moderator=moderator, mode=1)  
cat(eq)
```

```
justify~frame+skeptic+frame:skeptic  
donate~frame+skeptic+frame:skeptic+justify
```

```
fit1=lm(justify~frame+skeptic+frame:skeptic,data=disaster)  
fit2=lm(donate~frame+skeptic+frame:skeptic+justify,data=disaster)
```

문제 4. 문제 3에서 만든 회귀모형을 이용하여 다음과 같은 모형 요약 표를 그려보아라

Antecedent	Consequent									
	justify(M)					donate(Y)				
	Coef	SE	t	p	Coef	SE	t	p		
frame(X)	$a_1$	-0.562	0.218	-2.581	.011	$c'_1$	0.160	0.268	0.599	.550
skeptic(W)	$a_2$	0.105	0.038	2.756	.006	$c'_2$	-0.043	0.047	-0.907	.365
frame:skeptic(X:W)	$a_3$	0.201	0.055	3.640	<.001	$c'_3$	0.015	0.069	0.217	.829
justify(M)						$b$	-0.923	0.084	-10.981	<.001
Constant	$i_M$	2.452	0.149	16.449	<.001	$i_Y$	7.291	0.274	26.642	<.001
Observations	211					211				
R2	0.246					0.454				
Adjusted R2	0.235					0.443				
Residual SE	0.813 ( df = 207)					0.983 ( df = 206)				
F statistic	F(3,207) = 22.543, p < .001					F(4,206) = 42.816, p < .001				

정답 4. 문제 3에서 만든 회귀모형을 이용하여 다음과 같은 모형 요약 표를 그려보아라

```
eq=tripleEquation(labels=labels,moderator=moderator, mode=1)
fit=eq2fit(eq,data=disaster)
modelsSummaryTable(fit,labels=labels)
```

Antecedent	Consequent									
	justify(M)					donate(Y)				
	Coef	SE	t	p	Coef	SE	t	p		
frame(X)	$a_1$	-0.562	0.218	-2.581	.011	$c'_1$	0.160	0.268	0.599	.550
skeptic(W)	$a_2$	0.105	0.038	2.756	.006	$c'_2$	-0.043	0.047	-0.907	.365
frame:skeptic(X:W)	$a_3$	0.201	0.055	3.640	<.001	$c'_3$	0.015	0.069	0.217	.829
justify(M)						$b$	-0.923	0.084	-10.981	<.001
Constant	$i_M$	2.452	0.149	16.449	<.001	$i_Y$	7.291	0.274	26.642	<.001
Observations	211					211				
R2	0.246					0.454				
Adjusted R2	0.235					0.443				
Residual SE	0.813 ( df = 207)					0.983 ( df = 206)				
F statistic	F(3,207) = 22.543, p < .001					F(4,206) = 42.816, p < .001				

문제 5. 위의 모형을 lavaan 패키지로 분석할 수 있는 다음과 같은 lavaan syntax를 만들어 보아라. 단 조절효과를 분석하기 위해 조절변수의 16, 50, 84번째 백분위수를 사용한다.

```
justify~a1*frame+a2*skeptic+a3*frame:skeptic
donate~c1*frame+c2*skeptic+c3*frame:skeptic+b*justify
skeptic ~ skeptic.mean*1
skeptic ~~ skeptic.var*skeptic
CE.XonM :=a1+a3*2.8
indirect :=(a1+a3*2.8)*(b)
index.mod.med :=a3*b
direct :=c1+c3*2.8
total := direct + indirect
prop.mediated := indirect / total
CE.XonM.below :=a1+a3*1.592
indirect.below :=(a1+a3*1.592)*(b)
CE.XonM.above :=a1+a3*5.2
indirect.above :=(a1+a3*5.2)*(b)
direct.below:=c1+c3*1.592
direct.above:=c1+c3*5.2
total.below := direct.below + indirect.below
total.above := direct.above + indirect.above
prop.mediated.below := indirect.below / total.below
prop.mediated.above := indirect.above / total.above
```

정답 5. 위의 모형을 lavaan패키지로 분석할 수 있는 다음과 같은 lavaan syntax를 만들어 보아라. 단 조절효과를 분석하기 위해 조절변수의 16, 50, 84번째 백분위수를 사용한다.

```
model=tripleEquation(labels=labels,moderator=moderator,rangemode=2,  
                    data=disaster)
```

```
cat(model)
```

```
justify~a1*frame+a2*skeptic+a3*frame:skeptic  
donate~c1*frame+c2*skeptic+c3*frame:skeptic+b*justify  
skeptic ~ skeptic.mean*1  
skeptic ~~ skeptic.var*skeptic  
CE.XonM :=a1+a3*2.8  
indirect :=(a1+a3*2.8)*(b)  
index.mod.med :=a3*b  
direct :=c1+c3*2.8  
total := direct + indirect  
prop.mediates := indirect / total  
CE.XonM.below :=a1+a3*1.592  
indirect.below :=(a1+a3*1.592)*(b)  
CE.XonM.above :=a1+a3*5.2  
indirect.above :=(a1+a3*5.2)*(b)  
direct.below:=c1+c3*1.592  
direct.above:=c1+c3*5.2  
total.below := direct.below + indirect.below  
total.above := direct.above + indirect.above  
prop.mediates.below := indirect.below / total.below
```

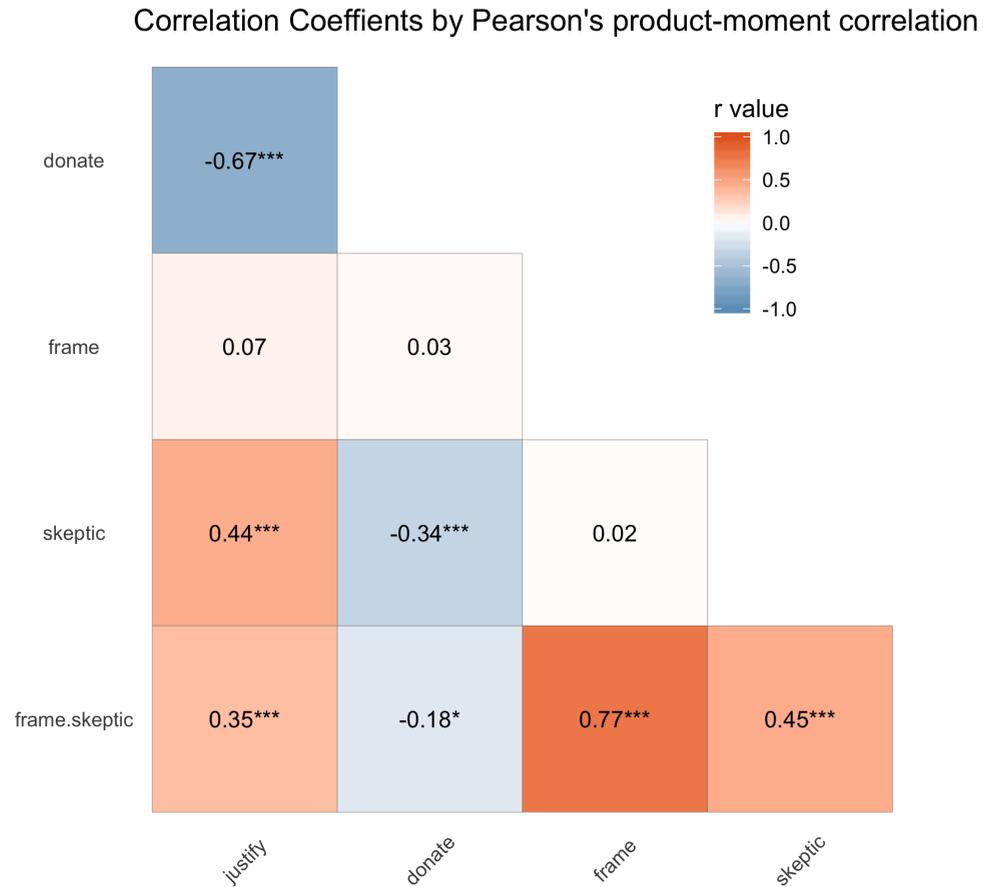
문제 6. 문제 5에서 만든 lavaan syntax를 이용하여 sem()함수를 이용하여 모형을 분석하고 분석결과를 semfit에 저장하는 R 코드를 작성하라. 단, 95% 신뢰구간을 얻기 위한 bootstrapping은 200회를 실시한다.

---

정답 6. 문제 5에서 만든 lavaan syntax를 이용하여 sem()함수를 이용하여 모형을 분석하고 분석결과를 semfit에 저장하는 R 코드를 작성하라. 단, 95% 신뢰구간을 얻기 위한 bootstrapping은 200회를 실시한다.

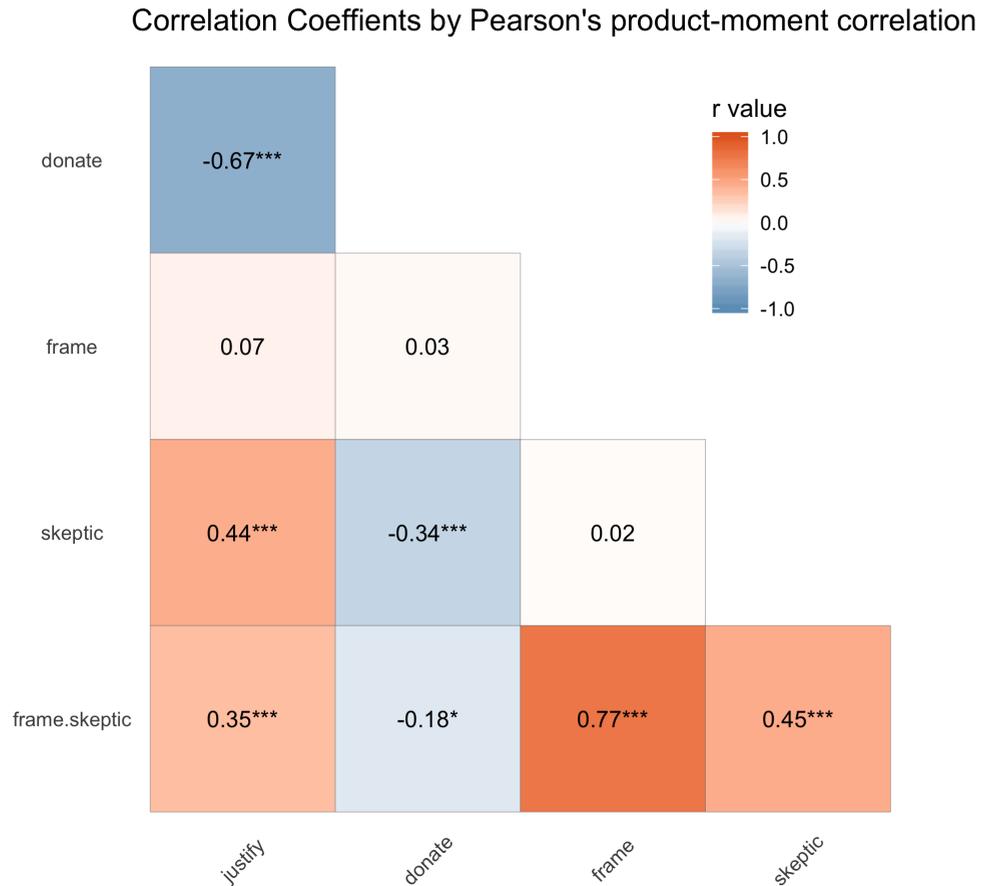
```
semfit=sem(model,data=disaster,se="boot",bootstrap=200)
```

문제 7. 위의 모형에서 변수들에 대한 상관분석을 실시하여 다음과 같은 그림을 그려라



정답 7. 위의 모형에서 변수들에 대한 상관분석을 실시하여 다음과 같은 그림을 그려라

```
corPlot(semfit)
```



문제 8. 위의 분석 결과에서 회귀분석 결과 부분을 추출하여 표로 나타내어라.

Variables	Predictors	label	B	SE	z	p	$\beta$
justify	frame	a1	-0.56	0.23	-2.41	0.016	-0.32
justify	skeptic	a2	0.11	0.04	2.41	0.016	0.24
justify	frame:skeptic	a3	0.20	0.06	3.32	0.001	0.50
donate	frame	c1	0.16	0.24	0.66	0.508	0.06
donate	skeptic	c2	-0.04	0.06	-0.75	0.455	-0.07
donate	frame:skeptic	c3	0.01	0.07	0.21	0.835	0.03
donate	justify	b	-0.92	0.08	-11.18	< 0.001	-0.64

정답 8. 위의 분석 결과에서 회귀분석 결과 부분을 추출하여 표로 나타내어라.

```
estimatesTable2(semfit)
```

Variables	Predictors	label	B	SE	z	p	$\beta$
justify	frame	a1	-0.56	0.23	-2.41	0.016	-0.32
justify	skeptic	a2	0.11	0.04	2.41	0.016	0.24
justify	frame:skeptic	a3	0.20	0.06	3.32	0.001	0.50
donate	frame	c1	0.16	0.24	0.66	0.508	0.06
donate	skeptic	c2	-0.04	0.06	-0.75	0.455	-0.07
donate	frame:skeptic	c3	0.01	0.07	0.21	0.835	0.03
donate	justify	b	-0.92	0.08	-11.18	< 0.001	-0.64

문제 9. 위의 분석 결과에서 조건부 효과 부분을 추출하여 표로 나타내어라.

Effect	Equation	estimate	95% Bootstrap CI	p
CE.XonM	$a1+a3*2.8$	0.001	(-0.243 to 0.211)	.994
indirect	$(a1+a3*2.8)*(b)$	-0.001	(-0.191 to 0.233)	.994
index.mod.med	$a3*b$	-0.186	(-0.369 to -0.082)	.003
direct	$c1+c3*2.8$	0.202	(-0.047 to 0.524)	.139
total	direct+indirect	0.201	(-0.179 to 0.529)	.259
prop.mediated	indirect/total	-0.004	(-11.943 to 1.946)	.999
CE.XonM.below	$a1+a3*1.592$	-0.242	(-0.640 to 0.028)	.121
indirect.below	$(a1+a3*1.592)*(b)$	0.223	(-0.026 to 0.592)	.142
CE.XonM.above	$a1+a3*5.2$	0.484	(0.196 to 0.844)	.002
indirect.above	$(a1+a3*5.2)*(b)$	-0.446	(-0.831 to -0.169)	.004
direct.below	$c1+c3*1.592$	0.184	(-0.084 to 0.563)	.255
direct.above	$c1+c3*5.2$	0.238	(-0.210 to 0.696)	.279
total.below	direct.below+indirect.below	0.408	(-0.034 to 0.812)	.062
total.above	direct.above+indirect.above	-0.208	(-0.642 to 0.262)	.399
prop.mediated.below	indirect.below/total.below	0.548	(0.035 to 4.574)	.526
prop.mediated.above	indirect.above/total.above	2.142	(-0.914 to 232.278)	.909

boot.ci.type = bca.simple

정답 9. 위의 분석 결과에서 조건부 효과 부분을 추출하여 표로 나타내어라.

medSummaryTable(semfit)

Effect	Equation	estimate	95% Bootstrap CI	p
CE.XonM	$a1+a3*2.8$	0.001	(-0.243 to 0.211)	.994
indirect	$(a1+a3*2.8)*(b)$	-0.001	(-0.191 to 0.233)	.994
index.mod.med	$a3*b$	-0.186	(-0.369 to -0.082)	.003
direct	$c1+c3*2.8$	0.202	(-0.047 to 0.524)	.139
total	direct+indirect	0.201	(-0.179 to 0.529)	.259
prop.mediated	indirect/total	-0.004	(-11.943 to 1.946)	.999
CE.XonM.below	$a1+a3*1.592$	-0.242	(-0.640 to 0.028)	.121
indirect.below	$(a1+a3*1.592)*(b)$	0.223	(-0.026 to 0.592)	.142
CE.XonM.above	$a1+a3*5.2$	0.484	(0.196 to 0.844)	.002
indirect.above	$(a1+a3*5.2)*(b)$	-0.446	(-0.831 to -0.169)	.004
direct.below	$c1+c3*1.592$	0.184	(-0.084 to 0.563)	.255
direct.above	$c1+c3*5.2$	0.238	(-0.210 to 0.696)	.279
total.below	direct.below+indirect.below	0.408	(-0.034 to 0.812)	.062
total.above	direct.above+indirect.above	-0.208	(-0.642 to 0.262)	.399
prop.mediated.below	indirect.below/total.below	0.548	(0.035 to 4.574)	.526
prop.mediated.above	indirect.above/total.above	2.142	(-0.914 to 232.278)	.909

boot.ci.type = bca.simple

문제 10. 문제 6의 분석결과를 이용하여 다음과 같은 조건부 직접효과, 간접효과를 요약하는 표를 그려라.

skeptical(W)	Indirect Effect (a1+a3*W)*(b)			Direct Effect c1+c3*W		
	estimate	95% Bootstrap CI	p	estimate	95% Bootstrap CI	p
1.592	0.223	(-0.026 to 0.592)	.142	0.184	(-0.084 to 0.563)	.255
2.800	-0.001	(-0.191 to 0.233)	.994	0.202	(-0.047 to 0.524)	.139
5.200	-0.446	(-0.831 to -0.169)	.004	0.238	(-0.210 to 0.696)	.279

boot.ci.type = bca.simple

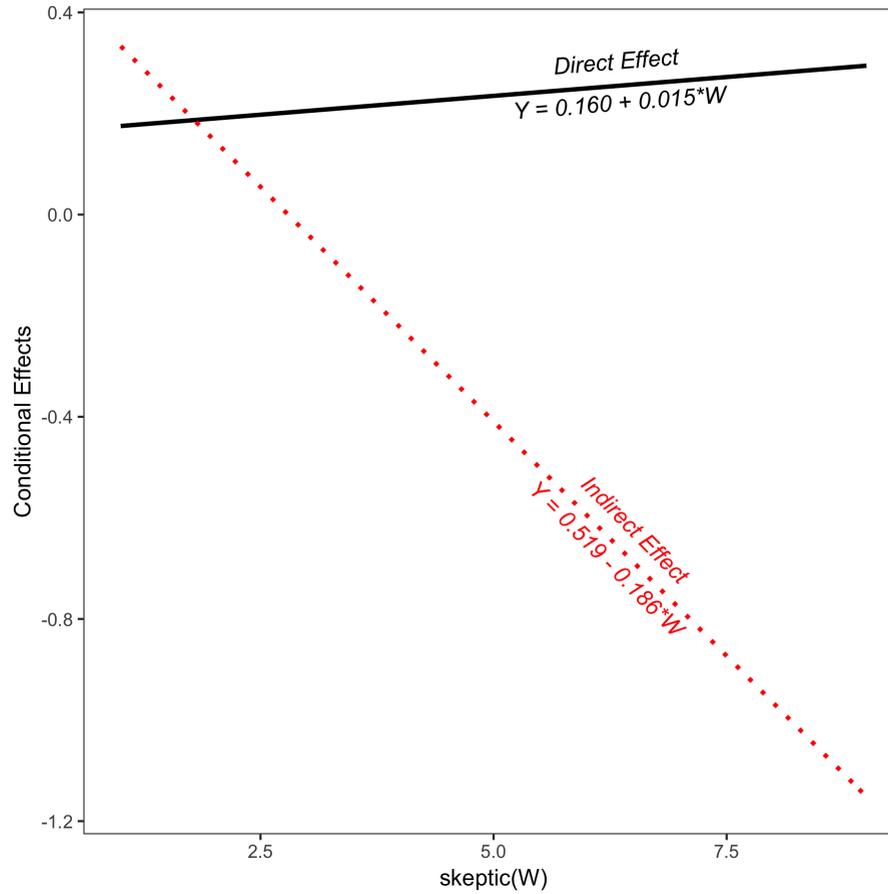
정답 10. 문제 6의 분석결과를 이용하여 다음과 같은 조건부 직접효과, 간접효과를 요약하는 표를 그려라.

```
modmedSummaryTable(semfit)
```

skeptical(W)	Indirect Effect (a1+a3*W)*(b)			Direct Effect c1+c3*W		
	estimate	95% Bootstrap CI	p	estimate	95% Bootstrap CI	p
1.592	0.223	(-0.026 to 0.592)	.142	0.184	(-0.084 to 0.563)	.255
2.800	-0.001	(-0.191 to 0.233)	.994	0.202	(-0.047 to 0.524)	.139
5.200	-0.446	(-0.831 to -0.169)	.004	0.238	(-0.210 to 0.696)	.279

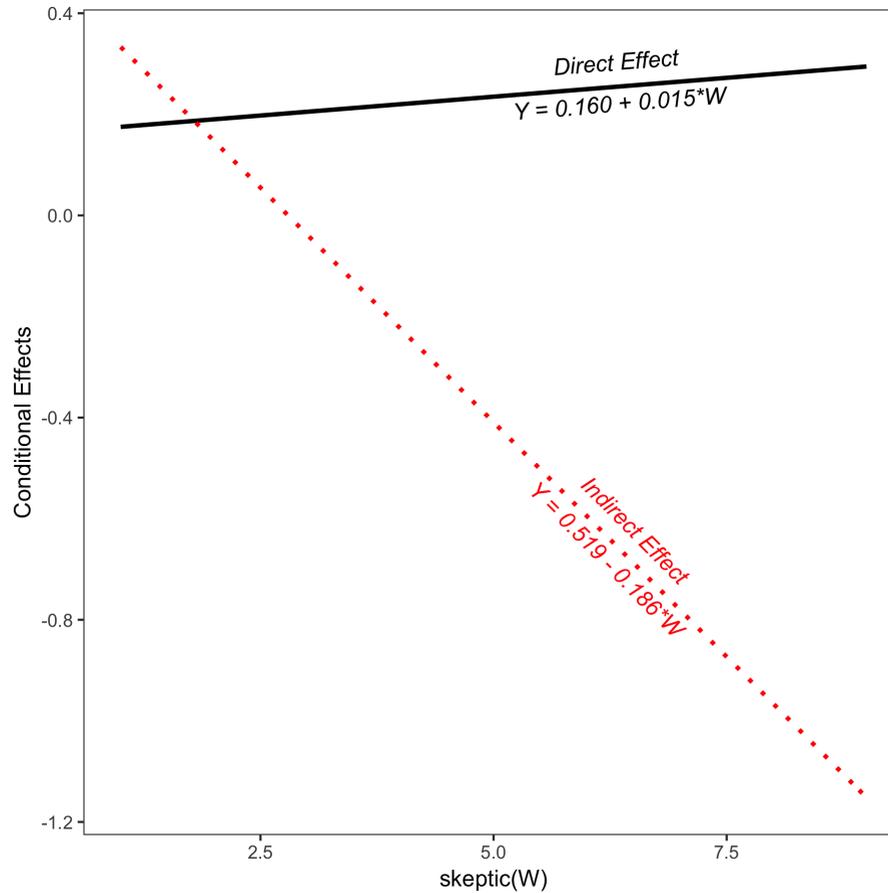
boot.ci.type = bca.simple

문제 11. 위 모형의 조건부 효과를 다음과 같은 그림으로 나타내어라

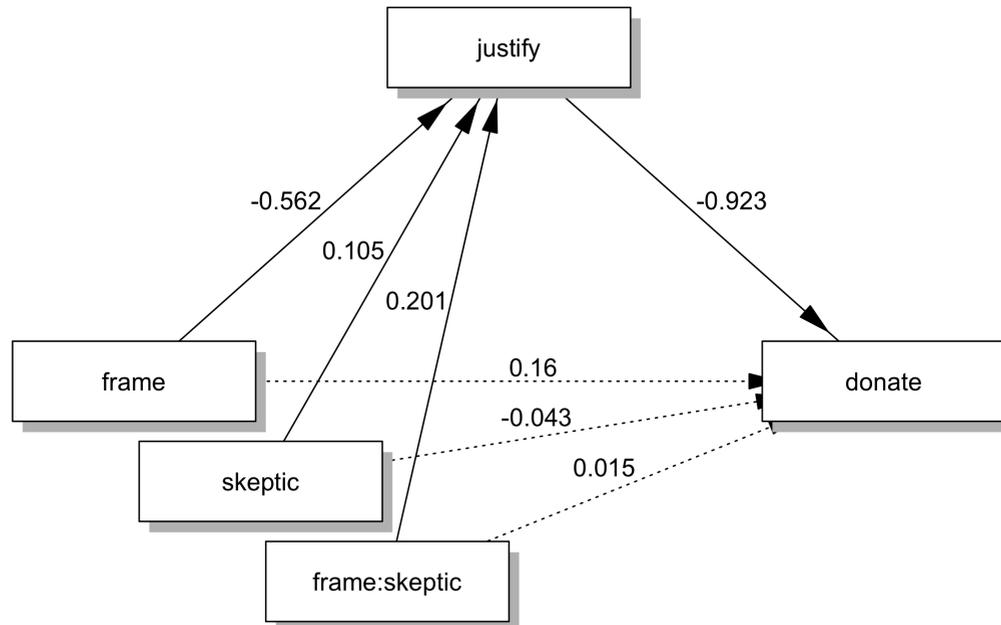


정답 11. 위 모형의 조건부 효과를 다음과 같은 그림으로 나타내어라

```
conditionalEffectPlot(semfit, data=disaster)
```

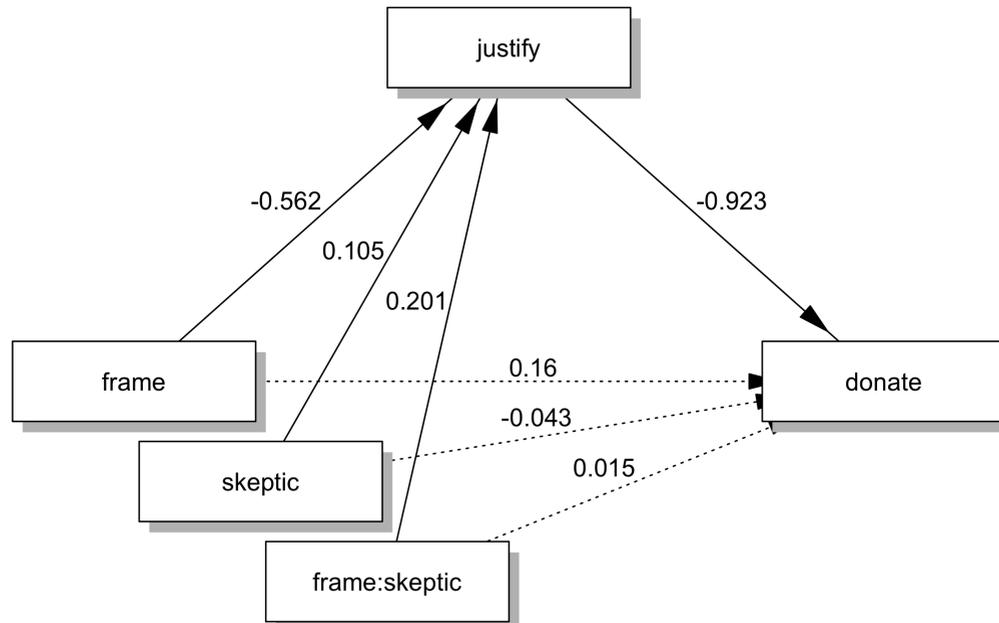


문제 12. 위의 모형을 통계적 모형에 회귀계수를 넣은 다음그림을 그려라.

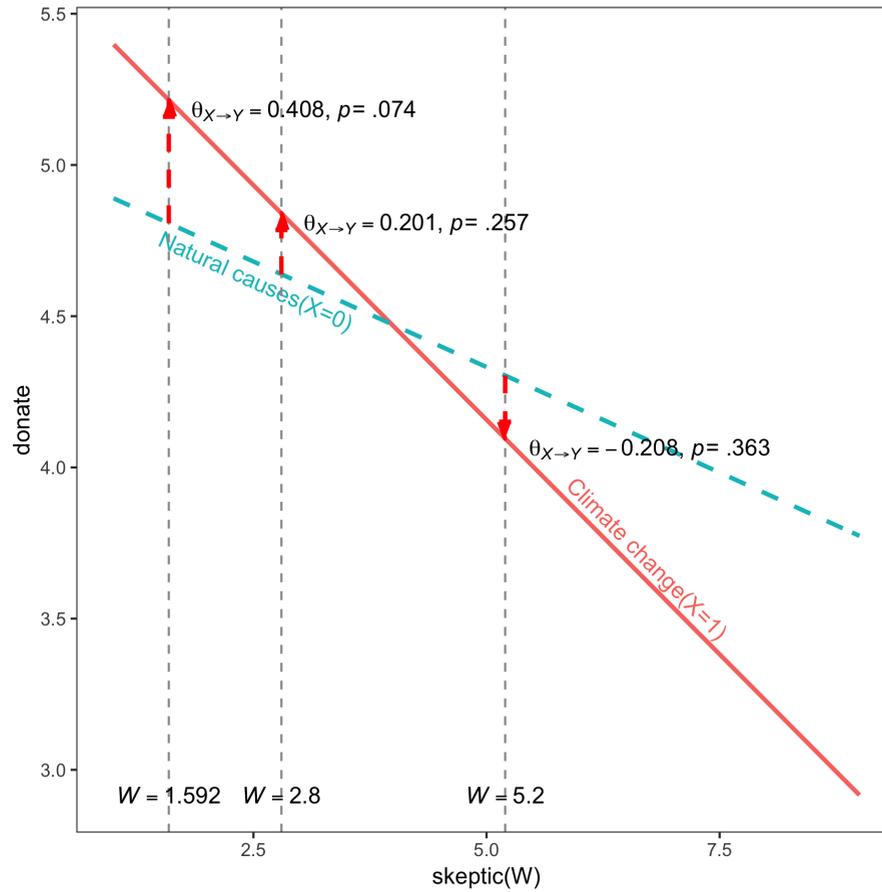


정답 12. 위의 모형을 통계적 모형에 회귀계수를 넣은 다음그림을 그려라.

```
statisticalDiagram(8, labels=labels, fit=semfit, whatLabel="est",  
radx=0.12, rady=0.06)
```

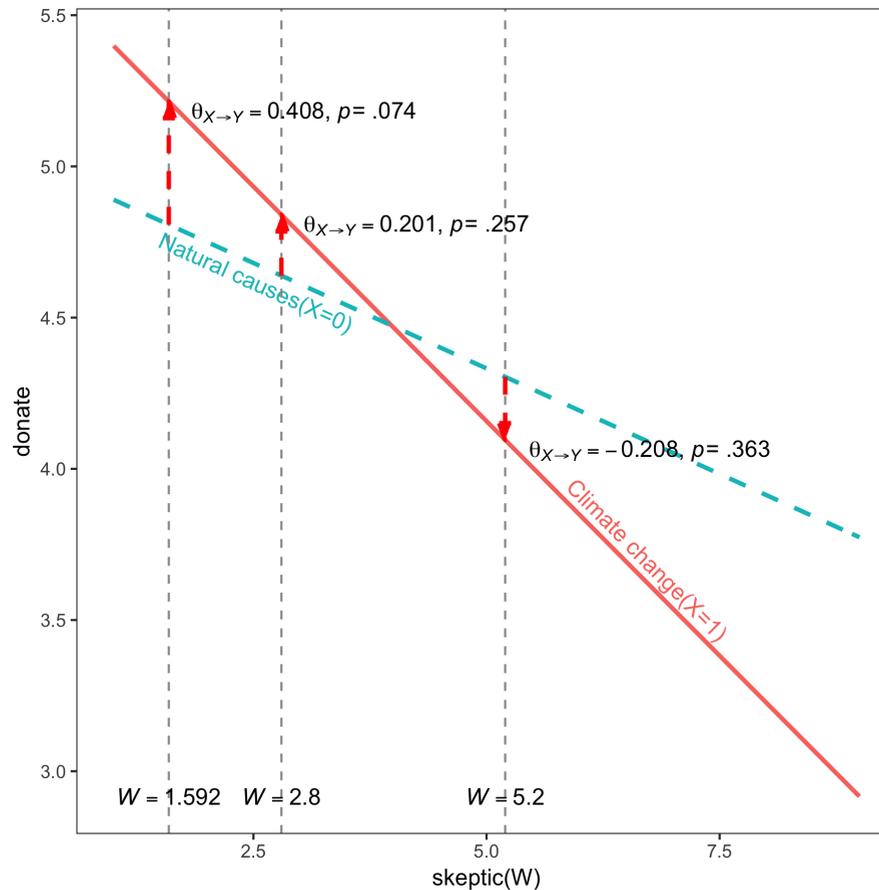


문제 13. 위의 모형에서 직접효과 모형의 회귀모형을 만들고 다음 조건부 효과 그림을 그려라.

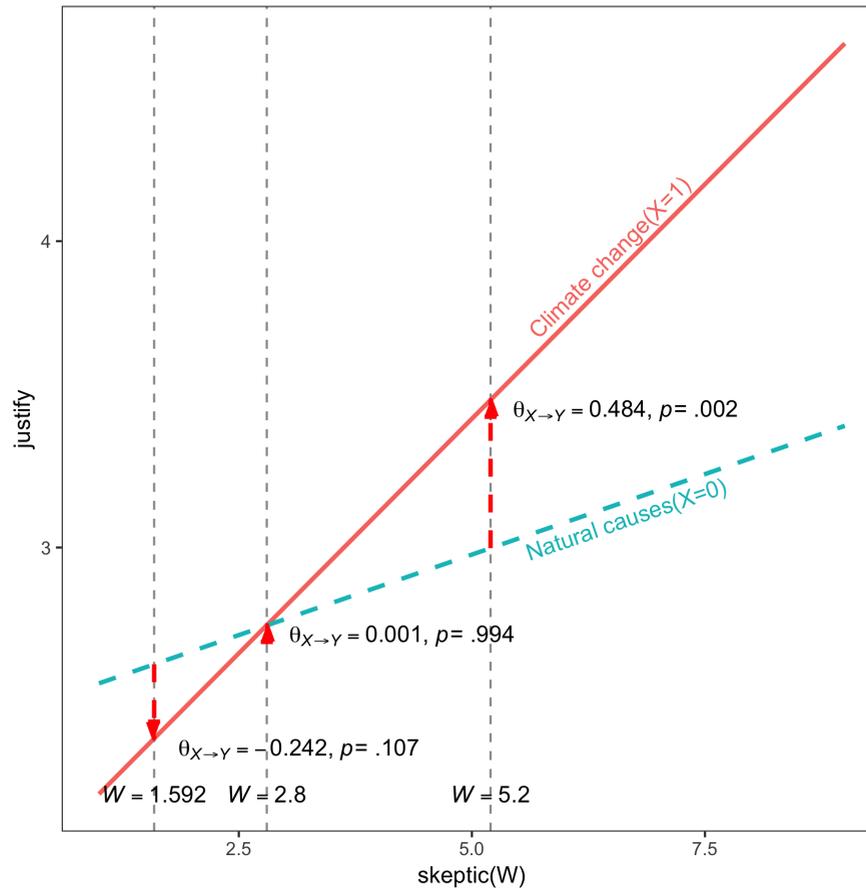


정답 13. 위의 모형에서 직접효과 모형의 회귀모형을 만들고 다음 조건부 효과 그림을 그려라.

```
fit=lm(donate~frame*skeptic,data=disaster)
condPlot(fit,rangemode=2,xpos=c(0.7,0.2),
        labels=c("Climate change(X=1)","Natural causes(X=0)"))
```

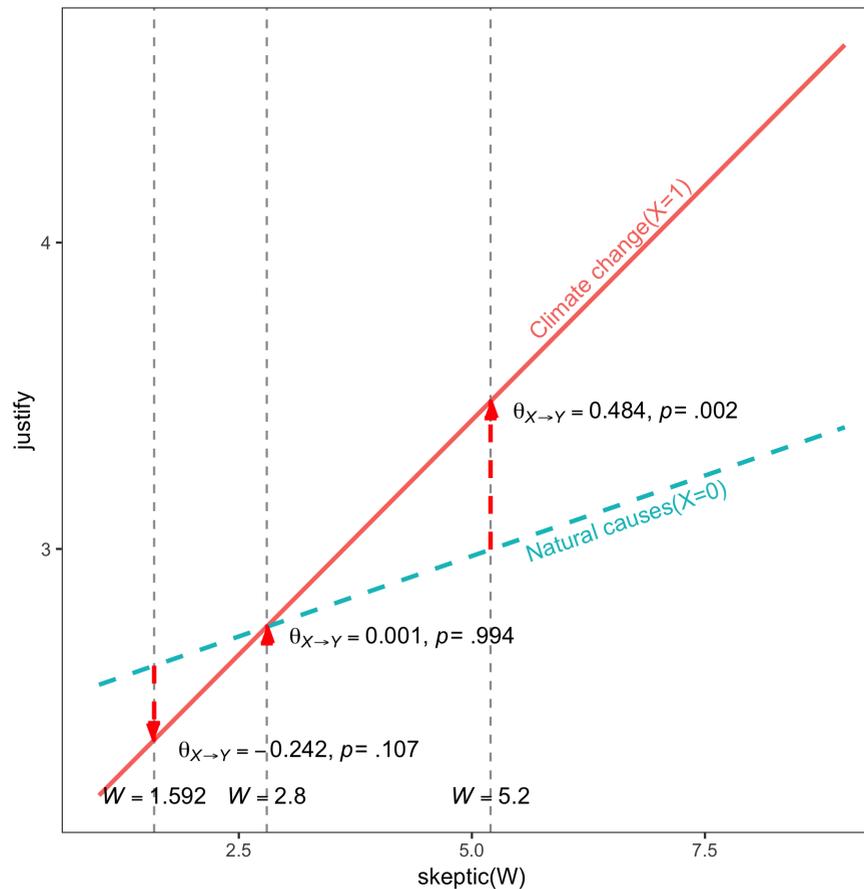


문제 14. 위의 모형에서 매개변수인 **justify**를 종속변수로 하는 회귀모형을 만들어 **fit1**에 저장하고 다음 조건부 효과 그림을 그려라.



정답 14. 위의 모형에서 매개변수인 justify를 종속변수로 하는 회귀모형을 만들어 fit1에 저장하고 다음 조건부 효과 그림을 그려라.

```
fit=lm(justify~frame*skeptic,data=disaster)
condPlot(fit,rangemode=2,xpos=0.7,
         labels=c("Climate change(X=1)","Natural causes(X=0)"))
```



문제 15. 조건부 효과의 점 추정

다음 회귀모형에서  $W = 5.2$ 일때의 조건부효과  $\theta_{X \rightarrow Y}$ 를 구하고 이 조건부효과가 0과 같은지 검정하라.

```
fit=lm(justify~frame*skeptic,data=disaster)
```

## 정답 15. 조건부 효과의 점 추정

다음 회귀모형에서  $W = 5.2$ 일때의 조건부효과  $\theta_{X \rightarrow Y}$ 를 구하고 이 조건부효과가 0과 같은지 검정하라.

```
fit1=lm(justify~frame*I(skeptic-5.2),data=disaster)
summary(fit1)
```

Call:

```
lm(formula = justify ~ frame * I(skeptic - 5.2), data = disaster)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1267	-0.5864	-0.0117	0.5084	2.5484

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	2.99796	0.10510	28.526	< 2e-16	***
frame	0.48368	0.15052	3.213	0.001521	**
I(skeptic - 5.2)	0.10508	0.03813	2.756	0.006375	**
frame:I(skeptic - 5.2)	0.20118	0.05527	3.640	0.000344	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8129 on 207 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2463, Adjusted R-squared: 0.2353

F-statistic: 22.54 on 3 and 207 DF, p-value: 1.138e-12

문제 16. 이 모형에서 Johnson-Neyman(JN) 방법에 의해 JN interval을 구하라.

JOHNSON-NEYMAN INTERVAL

When skeptic is OUTSIDE the interval [1.171, 3.934], the slope of frame is  $p < .05$ .

Note: The range of observed values of skeptic is [1.000, 9.000]

정답 16. 이 모형에서 Johnson-Neyman(JN) 방법에 의해 JN interval을 구하라.

```
jnPlot(fit,plot=FALSE)
```

JOHNSON-NEYMAN INTERVAL

When skeptic is OUTSIDE the interval [1.171, 3.934], the slope of frame is  $p < .05$ .

Note: The range of observed values of skeptic is [1.000, 9.000]

# Johnson-Neyman(JN) 방법

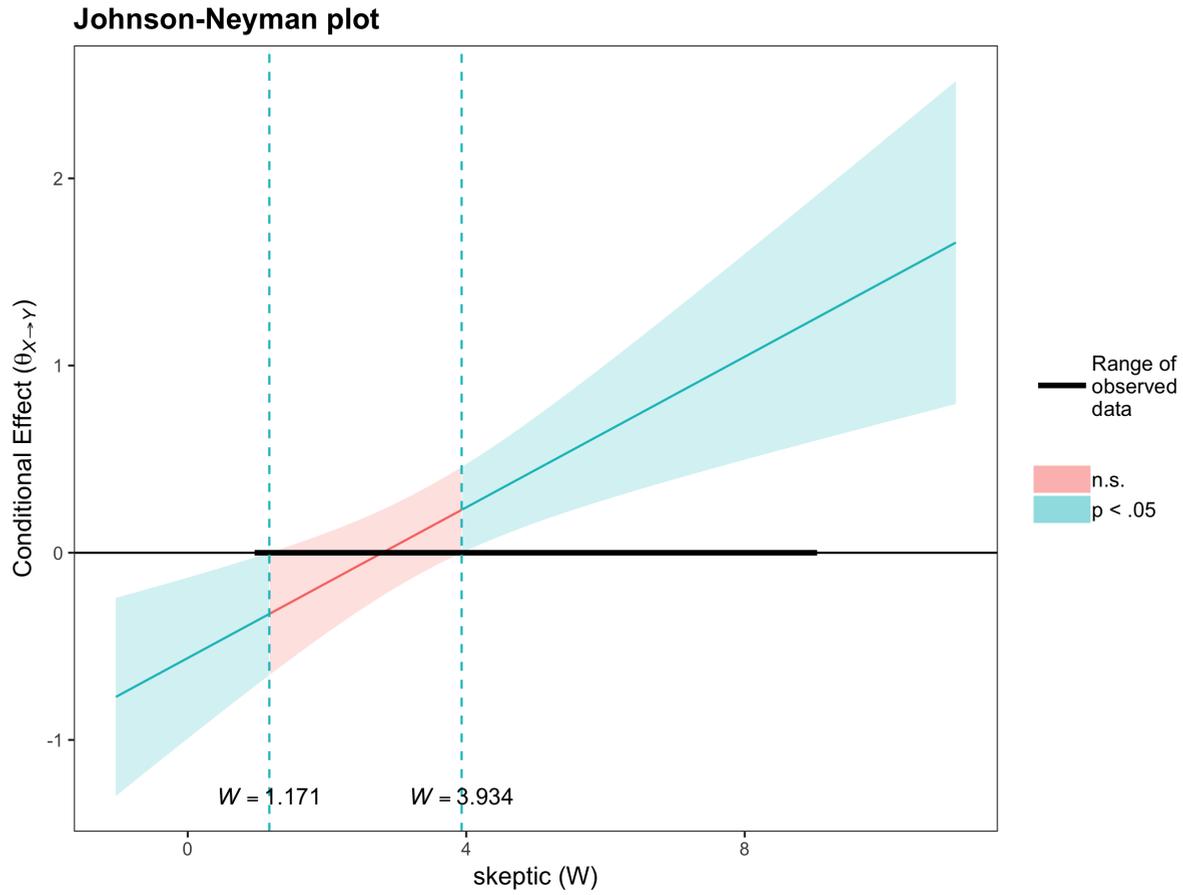
- $W$ 가 연속형변수일때만 사용할 수 있다.
- 특정값 선택방법과 순서가 반대이다.
- 특정값 선택방법에서는  $W$ 가 주어졌을때  $Y$ 에 대한  $X$ 의 조건부효과와 표준오차의 비를 계산하고  $t$ 분포를 이용해  $p$ 값을 구한 후  $p$ 값을 이용해 추론검정을 시행한다.
- JN 방법에서는 조건부효과와 표준오차의 비율이 정확하게  $t_{crit}$  값 ( $p = \alpha$ 에 해당하는  $t$  값,  $\alpha$ 는 유의수준) 이 되는  $W$ 의 값을 찾는다. 이 때

$$t_{crit} = \frac{\theta_{X \rightarrow Y|W}}{se_{\theta_{X \rightarrow Y|W}}}$$

이때  $\hat{Y} = i_Y + b_1X + b_2W + b_3XW$ 의 모형에서는 다음과 같다.

$$t_{crit} = \frac{b_1 + b_3W}{\sqrt{se_{b_1}^2 + (2W)COV_{b_1b_3} + W^2se_{b_3}^2}}$$

문제 17. 이 모형의 Johnson-Neyman Plot 을 그려라.



정답 17. 이 모형의 Johnson-Neyman Plot 을 그려라.

```
res=jnPlot(fit,plot=FALSE)
res$plot
```

