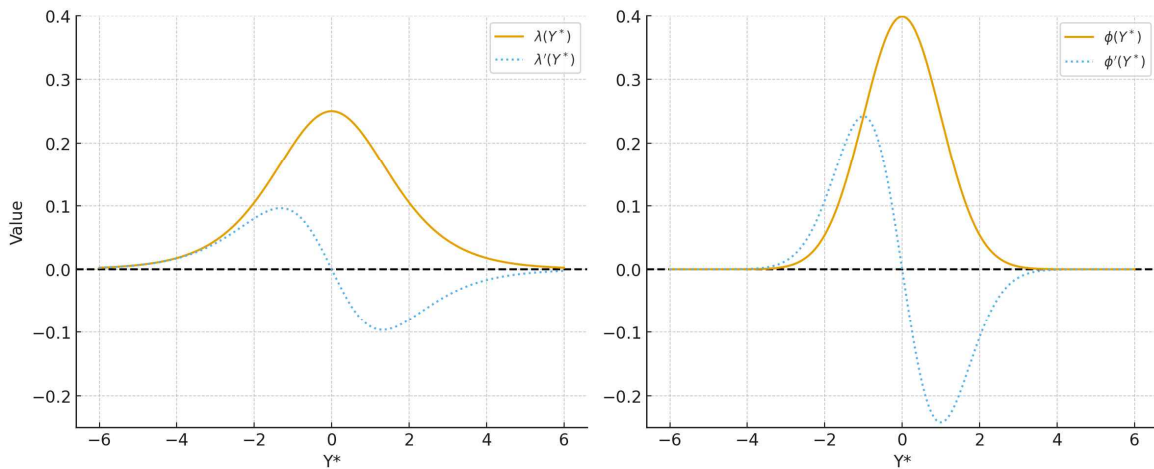


둘째, 비선형 모형에서 상호작용항의 회귀계수 b_{12} 가 가령 양(+)의 값으로 추정되었다고 할지라도, 실제로 양의 상호작용효과가 있다고 말할 수 없다. 식 (3)와 (4)에서 유도된 교차 편미분에서 확인할 수 있는 확률밀도함수 $\lambda(Y^*)$ 와 $\phi(Y^*)$ 는 반드시 양수임이 자명하나, 그 도함수인 $\lambda'(Y^*)$ 와 $\phi'(Y^*)$ 는 부호가 어느 쪽으로든 변할 수 있으므로, 직접 계산해 보기 전에는 양의 상호작용효과가 있는지 확신할 수 없기 때문이다(Online Appendix 참고).

왜 확률밀도함수 $\lambda(Y^*)$ 와 $\phi(Y^*)$ 는 반드시 양수임이 자명하나, 그 도함수인 $\lambda'(Y^*)$ 와 $\phi'(Y^*)$ 는 부호가 어느 쪽으로든 변할 수 있을까? 이는 아래 그래프를 통해서 시각적으로 확인할 수 있다.



아래 <표 3>은 X_1 의 $[-3, 3]$ 구간에서 0.5의 간격(interval)으로 상호작용효과를 살펴보고 있다. 실제로 <그림 4>처럼 -3과 -2.5의 두 구간에서는 상호작용효과가 통계적으로 유의하지 않음을 확인할 수 있다. 다만 -2 지점에서는 비록 시각적으로 두 신뢰구간이 중첩되어 있으나, 월드 검정에 따르면 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 구간 상호작용효과가 0과 다를 수 있음을 시사하고 있다. 앞서 설명하였듯 두 신뢰구간의 중첩 여부로 통계적 유의성 판정은 지나치게 보수적이므로 연구자의 주의가 필요하다(Online Appendix 참고).

예측 확률을 시각화할 때 각 지점에 걸쳐 반드시 신뢰구간을 함께 그려야 한다. 신뢰구간은 계산하기 까다롭고 그래프를 다소 지저분하게 보이게 할 수 있지만, 상호작용효과의 통계적 유의성을 판별할 때 필수적이기 때문이다. 하나의 신뢰구간은 (연구자가 감수할 용의가 있는) 귀무가설이 참이지만 이를 기각할 오류(Type I error)의 크기를 반영하며, 연구자에 따라 99%, 95%, 90% 등의 기준을 선택할 수 있다. 만일 두 예측 확률 곡선 사이에 신뢰구간이 겹쳐있지 않다면, 이는 적어도 그 구간(local)에서 X_1 의 $P(Y=1|X)$ 에 대한 효과가 X_2 에 따라 상이함을 의미한다(즉 상호작용효과가 존재한다).

반면에 만일 두 예측 확률 곡선의 신뢰구간이 서로 겹쳐있다면, 이는 무엇을 의미할까? 이때도 선불리 해당 구간에서 상호작용효과가 통계적으로 유의하지 않다고 단정할 필요는 없다. 두 신뢰구간의 중첩(overlapping) 여부로 통계적 유의성을 판정한다면, (특정 구간에서의 두 예측 확률 추정량 $\hat{Q}_1 = P(Y=1|X_2=1)$ 와 $\hat{Q}_2 = P(Y=1|X_2=0)$ 의 95% 신뢰구간을 각각 $\hat{Q}_1 \pm 1.96\widehat{SE}_1$ 과 $\hat{Q}_2 \pm 1.96\widehat{SE}_2$ 라고 표기할 때) 95% 신뢰구간을 다음과 같이 설정한 셈이기 때문이다.

$$\begin{aligned} &(\hat{Q}_1 - \hat{Q}_2) \pm 1.96(\widehat{SE}_1 + \widehat{SE}_2) \\ &(\hat{Q}_1 - \hat{Q}_2) \pm 1.96(\widehat{SE}_1 + \widehat{SE}_2) \end{aligned}$$

신뢰구간 중첩의 시각적 판단 기준에 따르면, 위 신뢰구간이 0을 포함할 때 두 추정량 사이에 차이가 없다는 귀무가설을 기각하지 못한다. 그러나 위 신뢰구간은 분산합 법칙(law of total variance)을 올바르게 고려한 아래 신뢰구간보다 반드시 크다는 점에 유의해야 한다 (Schenker and Gentleman 2001).

$$(\hat{Q}_1 - \hat{Q}_2) \pm 1.96\sqrt{(\widehat{SE}_1^2 + \widehat{SE}_2^2)}$$

즉 신뢰구간의 중첩만으로 통계적 유의성을 판단하면 지나치게 보수적인 추정을 낳게 되며, 이로 인해 기각할 수 있었던 귀무가설마저 기각하지 않게 된다. 그러므로 만일 두 신뢰구간이 겹쳐있다면 연구자가 직접 월드 검정(Wald test) 등을 수행하여 해당 구간에서 상호작용효과가 통계적으로 유의한지 재차 확인할 필요가 있다.