2. Bootstrapping for Mediation Analysis

2.1 기존의 매개효과 검정 방법

2.1.1 Baron & Kenny

Baron & Kenny의 연구는 매개변수와 조절변수를 명확하게 정의하고, 매개효과 검증의 논리를 직관적으로 이해하기 쉽게 제시했으며, 매개효과가 실제로 어떻게 검증할 수 있는지를 자세히 규명하여 매개효과 검정법으로 논문에 가장 많이 인용되고 있는 방법이다.

그러나 최근에는 이 방법이 여러 문제점이 있다고 보고 비판을 받고 있다. 매개효과의 크기를 산출할 때 그 크기가 유의한지 통계적 추론을 통한 검증이 아닌 다른 수치들을 산출하여 차례로 검증함으로써 간접적으로 매개효과에 대한 결론을 내린다. 어떤 가설을 검증할 때 오류를 저지를 가능성은 항상 존재한다. 검증해야 하는 가설의 수가 많을수록 오류가 나타날 확률은 높아질 수밖에 없는데, 다수 가설의 순차적 검정으로 인한 오류 과다로 검정력이 약하는 사실이 밝혀졌다(e.g., Fritz & MacKinnon, 2007; Hayes & Schaarkow, 2013). 또한 Baron & Kenny 검정법은 독립변수가 종속변수에 미치는 영향이 통계적으로 유의해야 한다는 가정을 기반으로 매개효과를 분석하는데 이는 사실이 아니다. 이는 매개효과 검증 방법이 통계적으로 엄밀하지 않은 것이 아닌 정확하지 않은 통계 방법이라는 비판을 받고 있다.

2.1.2 Sobel

Baron & Kenny 검증방법의 핵심적인 문제점이 매개 효과를 간접적으로 검증함으로써 발생하는 것이라면, Sobel 방법은 직접적으로 그 효과의 크기를 산출하여 검증하는 점에서 Baron & Kenny의 방법보다 진일보한 방법이라고 볼 수 있다. 비교적 간단하게 매개효과를 검증할 수 있다는 점에서 Sobel test는 연구자들에 의해 자주 사용되어왔다. 그러나 Sobel 검정 방법 또한 결함을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. Sobel 검정법으로 매개효과의 유의도를 검증할 때 그 값의 표본분포가 정규분포를 이룬다는 가정을 전제로 하고 있는데, 다수의 연구자들에 의해 매개효과 검증 시 사용되는 표본 분포가 정규분포가 아닌 대개 편향적인 분포를 보이는 것으로 밝혀졌다(e.g., Bollen & Stein, 1990; Shrout & Bolger, 2002). 따라서 Sobel 방법 또한 통계적으로 유의한 매개효과를 제대로 판단하지 못한다는 한계가 있다.

2.2 Bootstrapping

일반적으로 매개효과의 신뢰구간을 계산하는 방법은 표본추출분포가 정규분포 또는 t분포를 따른다고 가정한다. 그러나 추출된 표본들이 정규분포 또는 t분포를 따르지 않을 경우가 존재한다. 표본 추출의 분포가 대칭적이 않을 수 있는데 이 경우 정규분포 또는 t분포로 가정하여 신뢰구간을 계산하게 된다면, 올바른 신뢰구간의 근사치를 제공해 줄 수 있지만, 항상 우수한 근사치를 제공하지는 못할 것이다. 이에 대한 대안으로 제시되고 있는 bootstapping 방법은 최근에 들어서야 연구자들에게 점차 보편화되었다.

부트스트래핑 방법은 표본분포가 알려지지 않은 상태에서, 표본자료를 이용하여 경험적인 분포를 형성하여 이를 토대로 표본분포를 추정하는 통계적 기법이다. 즉, 변수의 분포나 표본분포에 대한 어떤 가정도 하지 않고 표본자료에서 표본크기가 동일한 수의 표본들을 반복적으로 무작위 복원 추출한 후, 추출된 표본들을 통해 반복 추정하여 추정 표본분포의 근사적 표준오차, 신뢰구간과 유의확률을 계산하게 된다는 점에서 매개효과를 검증하는데 강점을 가지고 있다.

부트스트래핑 방법으로 매개효과를 검증하는 절차로 두 가지 방법이 제시되고 있다. 먼저 재추출한 표본분포의 신뢰구간에 0이 포함되는지의 여부로 판단하는 방법과 검정 매개변수 효과 분해를 통해 총간접효과의 유의확률로 판단하는 방법이 있다. 신뢰구간을 계산하는 기법으로는 Percentile의 방법과 Bias-corrected 방법이 있는데, Percentile(백분위수) 방법은 // Bias-corrected 접근법은 부트스트랩 추정치 분포의 비대칭성을 더욱 엄밀하게 반영해서 신뢰구간의 상한과 하한을 결정한다(Efron & Tibishirani, 1993). 따라서 추정치의 표본분포가 비대칭적일 때는 bias-corrected의 방법이 더 정확한 결과를 얻을 수 있다.

사실 부트스트래핑 방법을 이용하여 매개효과를 검증하는 방법은 1990년대부터 일부 학자들에 의해 소개되어 왔다(Bolen & Stein, 1990). 이러한 강점에도 불구하고 부트스트래핑 방법이 보편화되지 못했던 이유는 컴퓨터를 이용하지 않고서는 엄청난 계산량을 실행하기가 어려웠으며, 복잡한 프로그래밍으로 인해 적용하는데 제약이 있었다. 그러나 최근 컴퓨터의 발달로 다양한 통계패키지를 통해 부트스트래핑을 사용하는 절차가 간소화됨으로써 여러 학문분야에서 그것의 활용도가 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 부트스트랩 사용하여 퍼지 매개모델의 통계적 유의성을 설명하였다.

3 Bootstrapping For Fuzzy Mediation, Moderated-Mediation Analysis

3.1 Fuzzy number

3.2 Fuzzy Mediation Model

3.3 Fuzzy Mediation Model for Multiple Mediation