

특집논문

공분산구조분석의 모형추정 절차: 방법론적 진단 및 처방*Model Estimation Procedures in Covariance Structure Analysis:
Methodological Diagnosis and Prescription김상욱^{a)}

Sang-Wook Kim

이 글은 공분산구조분석을 시도할 때 과연 어떠한 모형추정 절차를 따라야만 하는가 하는 방법론적 이슈와 관련한 국내 기존연구들의 문제점을 짚어내고 해법을 모색하려는 목적으로 준비되었다. 특별히 이 글에서는 구조방정식모형을 통계적으로 추정해 내는 세부적 과정과 절차에 있어서 국내 연구들이 올바른 방법론적 전형 및 기준으로부터 어떻게 그리고 얼마나 이탈되어 있는가의 관점에서 문제점을 진단하고 방법론적 처방을 제시하고자 하였다. 모형추정의 주요 단계별로 논의한 방법론적 기준 및 처방은 모두 네 가지였는데, 구체적으로 (1) 본격적인 모형추정에 앞서는 사전적 정지작업으로서의 문항분석(내적 일관성 검증 및 탐색적 요인분석), 그리고 다중공선성 검증 및 확인적 요인분석, (2) 소위 ‘2단계 접근법’으로서의 측정모형과 구조모형의 개별적·순차적 추정, (3) 구조모형의 주요 인과경로 계수를 추정함에 있어서 초기모형으로 간명모형을 선택한 후 점진적·부가적으로 경로를 설정해 나가는 보수적 추정전략, (4) 측정오차들 상호간 독립성이라는 핵심적 통계적 전제에 대한 적극적인 전방위적 검증 및 반영 등이 그것이다. 이러한 기준 및 처방에도 불구하고 대부분의 국내 연구들은 (1) 본격

* 이 논문의 완성도를 높일 수 있도록 유익한 조언을 제공해 주신 세 분의 익명의 논평자들에게 정중한 사의를 표합니다.

a) 성균관대 사회학과 교수 김상욱.

E-mail: swkim@skku.edu

적 모형추정에 앞서서 문항분석 등을 세밀하게 시도하지 않아서 사상누각의 결과를 가져오며, (2) '2단계 접근법'을 제대로 적용하지 않음으로써 '해석적 혼란'뿐 아니라 상관관계와 인과관계 상호간 '혼란'없는 열개를 적절히 보여주지 못하고, (3) 간명모형으로 시작하는 이론적·선험적 접근전략을 구사하기보다는 포화모형으로 시작해서 경험적 기준에 과도하게 집착하는 경험경도적 전략을 동원함으로써 몰(沒)이론적이고 사후소급가설화에 의존하는 경향이 있으며, (4) 측정오차들 상호간 독립성과 관련한 통계적 전제를 별도로 검증하지도 또는 아예 관심조차 보이지 않음으로써 모형추정 결과에 각종 오류를 초래하는 문제를 나타냄을 지적하였다. 여타 통계분석기법들과 차별화되는 공분산구조분석 기법 고유의 장점 그리고 최근 검증하는 활용 추세에도 불구하고 상당수의 국내 연구들은 정확한 방법론적 이해와 적용절차를 결여함으로써 이 기법의 장점을 극대화하기보다는 오히려 오·남용 가능성을 크게 경계하여야 할 상황임을 강조하였다.

주제어: 공분산구조분석, 모형추정 절차, 방법론적 전형 및 기준, 문항분석, '2단계 접근법', 보수적·이론적 vs. 경험경도적·몰이론적 전략, 측정오차들 상호간 독립성

This study tries to address methodological issues concerning what kind of estimation procedures needs to be employed in estimating causal models in the covariance structure analysis. In particular, special attention is paid to try to diagnose detailed sorts of problems prevalent in the extant literature in Korea, and also to provide a proper prescription to help avoid or rectify such problems. To be more precise, a total of four protocols or criteria are suggested to be adhered to, in sequence, in the process of model estimation: (1) as a beforehand job to prepare for the main or full-fledged estimation of causal model, detailed 'item analysis' should be conducted to check into the internal consistency and discriminant-convergent validity; (2) the so-called 'two-step approach' needs to be used to try

to estimate the measurement and structural models on a separate and sequential basis; (3) the conservative strategy needs to be used by means of adopting an over-identified, or parsimonious, model as a baseline structural model and then trying to free up some of the remaining, unspecified causal paths merely one by one based primarily on their theoretical plausibility; (4) the critical statistical assumption relating to correlated measurement errors among the measurement variables needs to be strictly tested for and incorporated into the main analysis. Despite these protocols or criteria, a substantial body of literature using the covariance structure analysis in Korea are indeed: (1) failing to conduct the item analysis carefully prior to the estimation of causal model; (2) failing to use the two-step approach appropriately; (3) failing to use the theory-driven, conservative strategy, and having tended to use, instead, the data-driven, atheoretical strategy; (4) failing to test the assumption of correlated measurement errors in estimating the structural model. Methodological and substantial ramifications stemming from these problems are discussed in further details to guard against the possibility of serious misuses or abuses of such analytic technique in Korea.

Key words: covariance structure analysis, model estimation strategies, methodological protocols and criteria, item analysis, 'two-step approach,' conservative or theory-driven vs. data-driven or atheoretical strategy, statistical assumption of correlated measurement errors among the measurement variables

이 글의 목적은 ‘공분산구조분석(covariance structure analysis)¹⁾을 시도할 때 과연 어떠한 모형추정 절차(model estimation procedures)를 따라야만 하는가?’ 하는 계량분석 이슈에 대한 방법론적 진단 및 처방을 제시하는 데에 있다.

주지하다시피 공분산구조분석은 이른바 일반선형모형(GLM: General Linear Model)이라 불리는 ‘일정한 종속변수에 대한 일단의 독립변수의 선형 결합’ 관계를 상정하는 기존의 제반 통계분석 기법들(예, *t*-검증, ANOVA, OLS 회귀 분석 등)과 비교할 때 여러 가지 장점을 보유하기 때문에 근래에 그 사용도가 급증하는 추세에 있다. 핵심적인 장점만을 중심으로 구체적으로 부연하자면: (1) 잠재변인(unobserved or latent variables)과 측정변인(observed or measurement variables) 사이의 요인구조를 여실히 반영하는 방식의 분석; (2) 복수의 내생변인²⁾을 포함하는 모형에 대한 일괄적 모형부합도(model fit statistics)³⁾ 산출; (3) 개별 내생변인에 대한 여러 외생변인들의 직·간접 영향력 분해(decomposition);

1) 공분산구조분석을 일컫는 용어는 분과학문별로 다양해서, 교육학 및 통계학에서는 구조방정식모형(structural equation modeling)이라는 용어를, 심리학에서는 공분산구조분석(covariance structure analysis)을, 사회학에서는 잠재변인을 포함하는 경로분석(path analysis with latent variables)을, 경제학에서는 연립방정식모형(simultaneous equation modeling)을 주로 사용하곤 한다. 이들과 더불어 LISREL(Linear Structural Relations)(Joreskog & Sorbom 1982)이라는 용어도 빈번히 사용되곤 하는데, 이는 수학적 모형이자 통계분석 소프트웨어를 지칭하는 것으로서 근래에 들어서는 LISREL 이외에도 EQS(Bentler 1985) 및 AMOS(Arbuckle 1997), MPLUS(Muthen & Muthen 1998) 등 소프트웨어의 사용빈도가 증가하는 추세이다. 이와 같은 다양한 용어는 단지 학문별 혹은 소프트웨어별 호칭의 차이만이 있을 뿐 궁극적으로 동일한 결과를 산출하며 우열의 차이도 거의 없다고 보아야 한다.

2) 공분산구조분석에서는 통상 복수의 종속변인이 포함된 모형을 추정하는 경우가 많으며 그 경우 어떤 종속변인은 인과관계에 있어서 종속변인과 독립변인의 속성을 동시에 보유하기 때문에 ‘독립변인’-‘종속변인’이라는 기존의 일상적 용어를 대신해서 ‘외생변인(exogenous variables)’-‘내생변인(endogenous variables)’이라는 용어를 주로 사용한다.

3) 공분산구조분석의 모형부합도에 대한 더 자세한 설명과 논의를 위해서는 금번 호(「조사연구」 17:1)에 이 글과 더불어 별도로 게재된 이기종의 글(71-83)을 참고하기 바란다.

(4) 점진적·단계적 모형수정(model modification)을 통한 통계적 전제(assumptions) 검증 및 모형부합도 제고 등을 들 수 있다. 이러한 결정적 장점으로 인해서 국내에서도 최근 들어 공분산구조분석 기법은 상당히 빈번히 그리고 급증하는 방식으로 사용되는 실정이다.

공분산구조분석의 장점을 십분 활용해서 수준 높은 연구결과물을 양산할 수만 있다면 그보다 더 좋은 학술 진흥도 결코 흔하지 않을 것이다. 그러나 아쉽게도 이제까지 국내에서 산출된 해당 연구결과물 가운데 상당수는 정확한 방법론적 이해와 적용절차를 결여한 것으로서, 공분산구조분석 본연의 장점을 극대화하기보다는 오히려 오·남용 가능성을 크게 경계하여야 할 상황이라는 것이 이 글의 주된 논지임과 동시에 시발적 문제의식이기도 하다. 여러 가지 문제점 혹은 오·남용 상황⁴⁾ 가운데 이 글에서 특별히 주목하는 것은 공분산구조분석의 모형추정 절차로서, 주어진 분석모형⁵⁾을 통계적으로 추정해 내는 세부적 과정과 절차에 있어서 국내 연구들이 올바른 방법론적 전형(protocols) 혹은 기준(criteria)으로부터 구체적으로 어떻게 그리고 어느 정도 이탈되어 있는가의 관점에서 문제점을 진단하고 방법론적 처방을 제시하고자 한다. 이러한 진단 및 처방을 제시함에 있어서 이 글은 독자의 입장에서 최대한 이해하기 쉽도록 풀어서 쓰려고 노력할 것임은 물론이다. 모든 통계분석기법이 그러하겠으나, 일상적 수준의 이해와 지식이 결코 녹록치 않은 고급통계기법의 경우에 정확한 이해 및 적용절차가 자칫 결여되거나 간과될 때 그로 인한 학술적 폐해는 해당 연구분야의 이론 및 가설에 대한 그릇된 검증, 사회현상에 대한 오도된 이해 등 이루 헤아릴 수 없을 정도임은 불문가지의 사실일 것이다.

주로 설명(explanation)을 위한 목적으로 제시되고 추정되는 공분산구조분석의 분석모형은 그 자체가 이미 해당 이론 및 가설의 총체로서 통계적 추정

4) 공분산구조분석의 주요 방법론적 쟁점에 대한 더 자세한 설명과 논의를 위해서는 금번 호(「조사연구」 17:1)에 별도로 게재된 김규성의 글(31-53)을 참고하기 바란다.

5) 이른바 ‘분석모형’(analytic model)은 ‘개념모형’(conceptual model)과 구분되는 용어로서, 여러 변인들 상호간의 인과적 관계를 단순히 개념적으로 설정·제시하는 단계의 개념모형을 넘어서서 실질적인 계량분석 및 추정을 가능케 하는 조작화 단계의 모형을 가리킨다.

을 위해서는 상당히 세심한 주의와 면밀한 접근이 필수적으로 요구되기 마련이다. 주지하듯이 모든 분석모형이 예외 없이 공분산구조분석의 대상일 수 없음은 물론이어서, 전형적인 공분산구조분석 대상 모형은 무엇보다도 (1) 복수의 측정변인들로 구성된 일단의 잠재변인들의 존재, 그리고 이들 상호간에 설정된 구조적 인과관계, (2) 측정변인과 잠재변인을 연계하는 양질의 측정속성(measurement properties)(신뢰도 및 타당도), (3) 잠재변인들 상호간의 구조적 인과관계를 뒷받침해 주는 견고한 이론의 사전적(a priori) 구비⁶⁾ 등의 요건(Joreskog & Sorbom 1982; Bentler & Chou 1987; Bollen 1989)을 두루 갖추고 있어야만 한다. 이와 같은 분석모형을 제대로 추정해 내기 위해서는 일정한 계량분석적 절차를 반드시 준수하고 합당한 접근전략을 적절히 구사하여야만 하는데, 이들을 순서대로 하나씩 구체적으로 상술해 보면 다음과 같다.

첫째, 가령 집을 한 채 짓고자 하는 비근한 예를 상정해 볼 경우에도 사전에 아무런 준비도 없이 무턱대고 시작하기보다는 지질조사 등을 비롯해서 과연 해당 부지에 건축이 가능하겠는지를 무엇보다도 먼저 검토해야만 하듯이, 공분산구조분석의 모형 추정에 있어서도 기본적인 여건을 최우선적으로 검토한 후 그 여하에 따라 적절한 준비를 서둘러야만 한다. 이와 같은 사전적 검토 작업의 핵심적 근간은 이른바 ‘문항분석(item analysis)’이라고도 통칭되곤 하는 내적일관성(internal consistency) 및 요인구조(factor structure)의 검토이다. 구체적으로 말해, 개별적 측정변인의 잠재변인에 대한 내적일관성 기여 정도는 별도의 분석과 검증을 필요로 하는 통계적 문제에 해당한다. 마찬가지로, 복수의 측정변인 및 복수의 잠재변인 사이의 경험적 관련성 또한 통계적인 문제로서, 탐색적 요인분석(EFA: Exploratory Factor Analysis)을 시도함으로써 요인구조를 점검해 보고 변별·수렴 타당도(discriminant-convergent validity)(Campbell & Fiske 1959)를 검증하는 등의 사전적 정지작업을 진행시켜야 한다.⁷⁾ 복수의 측정변인과 복수의 잠재변인에 대한 이와 같은 요인분석 및 타당

6) 공분산구조분석은 기본적으로 이론의 검증을 위한 수단이지 이론을 창조하기 위한 수단은 결코 아니라는 언명(Joreskog & Sorbom 1982)은 항상 유효한 것으로 보아야 한다.

7) 내적일관성 검증 및 변별·수렴타당도 검증은 비록 별도의 분석인 것은 사실이지만 문

도 검증은 외생변인과 내생변인별로 구분하여 별도로 실시하는 것이 하나의 관례인데, 특별히 외생변인이었을 경우에는 다중공선성(multicollinearity)까지도 더불어 검증해 보아야만 하며, 내생변인이었을 경우엔 요인구조의 최종적·궁극적 확인을 도모하기 위한 확인적 요인분석(CFA: Confirmatory Factor Analysis)까지도 부가적으로 시도하는 작업이 요구된다.⁸⁾

내적일관성 검증과 탐색적 요인분석을 포함하는 문항분석 그리고 다중공선성 검증, 확인적 요인분석 등은 본격적인 모형추정에 앞서는 기본적인 필수적인 정지작업이다. 그러나 국내 기존연구들의 상당수는 이들을 간과하거나 생략하는 등의 심각한 실수를 범하고 있다. 이러한 정지작업 본연의 목적을 상기할 때 이것이 간과 혹은 생략되었을 경우 그것이 초래하는 계량분석적 문제점은 각종 측정오차(measurement errors)가 큰 측정문항의 무분별한 도입으로 인한 측정 신뢰도 및 타당도의 저하, 잠재변인들 상호간 과도한 정도의 경험적 중복(empirical overlap)과 그로 인한 모수추정의 오류, 불명확한 요인구조의 존치 그리고 그로 인한 명확한 요인구성(factor configurations) 확보의 실패 등 다 열거할 수 없을 정도이다. 이 단계에 연이어 논의되는 추후 단계의 본격적 모형추정이 아무리 훌륭하게 설정되었다고 해도 사전적 분석과 검토가 제대로 이루어지지 않았다면 이는 마치 지질조사도 안한 채 무턱대고 기둥부터 세우는 것처럼 사상누각일 것이다.

둘째, 전술한 사전적 정지작업이 잘 마무리되어 문항이 적절히 선별되고 일

제시되는 문항(들)의 선별 과정은 서로 중요한 영향을 미치게 마련이기 때문에 연차적, 상호보완적인 방식으로 시도될 필요가 있다.

- 8) 다중공선성 및 확인적 요인분석 이외에도 일반선형모형(GLM)에 기본적으로 요구되는 통계적 가정들(예, 선형성, 가법성, 등분산성, 다변량정규분포 등) 또한 일일이 점검하고 검증하여야 함은 물론이다. 덧붙여, 확인적 요인분석(CFA)에 앞서서 탐색적 요인분석(EFA)이 필히 선행되어야만 하는 중요한 이유 가운데 하나는 확인적 요인분석에서는 변별·수렴 타당도가 별도로 검토되지 않기 때문이다. 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석이 동시다발적으로 시도될 경우 그로부터 도출된 요인별로 분산을 산출하여 요인분산이 0이 아닐 뿐더러(수렴타당도) 요인간 상관인 1보다 충분히 작음(변별타당도)을 확인하는 것 또한 중요하다. 탐색적 요인분석 및 확인적 요인분석에 대한 더 자세한 설명과 논의를 위해서는 금번 호(「조사연구」 17:1)에 별도로 게재된 김창택의 글(1-29)을 참고하기 바란다.

정한 수준의 측정속성이 확보되며 잠재변인 상호간 요인구조도 비교적 명확해진 것을 확인하였다면, 본격적인 모형추정의 첫 단계에서 가장 우선적으로 고려하여야 할 사안은 이른바 ‘2단계 접근법’(two-step approach) (Anderson & Gerbing 1988)이다. 간단히 말해, 이는 측정모형(measurement model)과 구조모형(structural model)을 애초부터 상호 분리시켜서 순차적으로 추정해야 한다는 제안이다. 측정모형과 구조모형을 가르는 핵심적 차이는 잠재변인 상호간 구조적 인과관계의 설정 여부이다. 해당 인과관계가 연구의 목적상 그대로 설정되어진 구조모형과 다르게, 측정모형에서는 그 인과관계를 의도적으로 배제시킨 상태에서 각 잠재변인과 측정변인들 사이의 관계에 주목한다.⁹⁾

측정모형과 구조모형을 별도로 그리고 순차적으로 추정하지 않은 채 양자를 동시다발적으로 추정하는 ‘1단계 접근법’(one-step approach)에 의존할 경우, “미지의 모수를 추정하기에 앞서 연구자에 의해 선형적으로 부여된 의미와 상이한 의미를 잠재변인에 그릇되게 부여”(Burt 1976: 4)하게 되는 소위 ‘해석적 혼란’(interpretational confounding)(Burt 1976)을 초래하게 될 뿐만 아니라, 그렇게 부여된 의미마저도 자칫 차후의 일련의 수정된 모형들마다 제각기 요동칠 개연성이 농후하다. 따라서 이러한 문제점을 최소화하기 위해서는 모수 추정상의 인과적 연결 제약을 인위적으로 제거시킨 측정모형을 별도로 그리고 우선적으로 추정해 볼 필요가 있는 것이다.

2단계 접근법을 사용할 경우 측정모형은 그 자체로서 변별·수렴타당도의 확인적 최종 근거로 작동하게 되어, 측정문항의 수정·보완·선택을 거친 후 양호한 수준의 타당도가 확보된 상태에서 구조모형의 구성타당도(construct validity)를 검증하는 절차로 돌입하는 것을 가능케 한다. 이론 검증을 위한 분석모형의 계량적 추정에 있어서 측정모형의 추정 결과는 여러 잠재변인들 상호간 영차상관관계(zero-order correlations)의 확보 및 제시를 위한 목적으로,

9) 여러 측정변인들이 어떻게 잠재변인을 구성하는가에 주목하는 주성분분석(principal component analysis)과 반대로 일정한 잠재변인이 어떠한 측정변인(들)에 의해 구체적으로 측정 가능하도록 정의되는가를 나타낸다는 점에서 측정모형은 수학적으로는 공통요인분석(common factor analysis)에 해당하며, 측정모형이 공분산구조분석의 한 부분이 될 때에는 그 확인적 특성으로 인해 확인적 요인분석(CFA)라고도 말할 수 있다.

그리고 구조모형의 추정 결과는 잠재변인들 상호간 함수적 구조 인과관계의 확보 및 제시를 위한 목적으로 주로 사용된다.

공분산구조분석을 시도하는 국내 기존연구들 가운데 이처럼 측정모형과 구조모형을 상호 분리해서 순차적으로 추정하고 양자를 별도로 제시하는 2단계 접근법을 제대로 활용하는 사례 또한 많지 않다. 더 큰 문제점은 비록 1단계 접근법을 쓰더라도 다만 구조적 인과관계만을 제시할 뿐 해당 분석에 마땅히 존재하였을 측정모형의 확인적 변별·수렴타당도 그리고 각 잠재변인들 상호간의 영차상관관계는 별도로 언급하거나 제시하지도 않는 우를 빈번히 범하고 있다는 사실이다. 이것이 과연 학술지의 한정된 분량제약에 따른 의도적 생략이었는지, 아니면 측정모형과 인과모형의 별도 추정의 필요성 및 논리적 근거조차도 애초부터 인지하지 못하는 비의도적 생략이었는지는 명확히 알 도리가 없다. 하지만 기존 연구의 이와 같은 문제 상황은 전술한 ‘해석적 혼란’을 야기하는 것 이외에도, 잠재변인 상호간 영차상관관계를 마땅히 제시해주지 않음으로써 상관관계와 인과관계 상호간 변화무쌍한 모습의 열개까지도 ‘혼란’없이 보여주지 못하는 치명적 결과로 이어질 것임은 두말할 나위가 없다.

셋째, 본격적인 모형추정의 시발단계인 ‘2단계 접근법’에서 측정모형이 추정된 연후에 구조모형을 추정하려 할 때 이제 심각하게 고민해야만 하는 모형추정전략으로는, 감마(γ) 및 베타(β) 등을 위시한 미지의 핵심적 인과관계 경로모수를 구체적으로 어떠한 근거와 과정을 거쳐서 추정할 것인가에 대한 결정이 있다. 일반선형모형(GLM)의 여타 분석기법들과 크게 차별화되는 공분산구조분석 고유의 결정적 장점 가운데 하나가 바로 최종모형을 일거에 추정해 내기보다는 최종모형에 다다르기까지 여러 단계에 걸쳐서 모형을 지속적·순차적으로 가다듬고(trim) 수정할(modify) 가능성을 열어놓고 있음임을 상기할 때, 초기모형에서 최종모형에 다다르기까지 여러 잠재변인들 상호간의 인과관계 경로설정(path specification)을 구체적으로 어떠한 방식으로 시도해야 할 것인가 하는 문제가 기다리고 있는 것이다. 이는 이른바 ‘모형인정’(model identification)의 문제와 직접적으로 결부되는데, 개념적으로 생각할 수 있는 3대 유형의 모형들—부정모형(under-identified model), 포화모형(saturated model), 간명모형(over-identified model)—가운데 공분산구조분석을 시도하는 연구자들로 하여금 실

제 초기모형으로 선택하도록 하는 양대 유형으로는 포화모형과 간명모형이 있다.¹⁰⁾ 주지하다시피, 포화된(saturated or just-identified) 모형은 ‘미지수 = 정보수’(자유도 = 0)이기 때문에 비록 인정은 될 수 있어도 간명함이 전혀 없으며, 간명한(over-identified) 모형은 ‘미지수 < 정보수’이기 때문에 인정도 되고 간명함까지도 지닌다.

강조하건대, 상기 두 가지 모형 가운데 초기모형으로 마땅히 선택되어야 할 것은 다름 아닌 간명모형이다. 즉, 포화모형 대신 간명모형을 초기모형으로 일단 선택해서 추정을 시도한 후 그 결과를 세심히 살펴가면서 미설정 경로를 연차적·순차적으로 연결시키고 부가적으로 추정해 내는 보수적(conservative) 추정전략(Wheaton 1987; Bollen 1989)을 필히 구사해야만 한다. 이는 곧 포화모형을 초기모형으로 선택한 연후에 기설정된 경로를 경험적 기준(즉, 발견된 계수의 크기, 방향, 통계적 유의도 등)에 의거해서 순차적으로 제거해 나가는 전략의 사용은 절대 금물임을 뜻하는데, 그 이유는 그와 같은 전략이 경험적 기준을 이론적 근거에 앞세우는 물이론적(atheoretical) 접근방식에 다르아나기 때문이다. 무릇 이론(theory)과 자료(data) 사이의 상호작용적·상호보완적 관계에서 이론 혹은 이론적 예측을 경험적 사실 혹은 발견보다 절차적으로 우선 시하는 연역방법론의 논거를 상기할 때, 포화모형을 먼저 선택한 후 경험적 근거를 바탕으로 점차적으로 간명모형에 근접해 가는 전략은 그 경험적 지향성으로 인해 물이론적일 뿐만 아니라 사후소급가설화(ex post facto hypothesizing)의 오류로부터도 결코 자유롭지 못하다(Pedhazur 1982)는 비판을 면하기 어렵다. 재차 강조하건대, 간명모형을 초기모형으로 우선 선택한 후 이론적 개연성(theoretical plausibility)을 위주로 미설정경로를 하나씩만¹¹⁾ 순차적·연차적으

10) 부정모형의 경우 미지수(혹은 자유특징수)가 주어진 정보의 수보다 오히려 더 많기 때문에 개별적 미지수가 각각 유일한 값으로 구해질 수가 없는 모형불인정 상황이 된다.

11) 미설정경로들은 ‘하나씩만’ 순차적·연차적으로 부가 추정되어야지 여러 경로들이 한꺼번에 동시다발적으로 부가 추정되어서는 절대로 안 되는데(Pedhazur 1982), 이는 공분산구조분석이 본질적으로 모든 자유모수들을 동시에 추정해 낼 뿐만 아니라 각 수정단계의 결과들이 바로 직전 단계의 극히 미세한 모형수정에 의해서도 요동하는 특성을 지니기 때문이다.

로 부가 추정해 가는 보수적인 전략을 구사해야만 하는데, 이러한 전략이야말로 경험적 사실보다는 선험적 예측을 우선시하는 이론적 접근방식에 해당하기 때문이다.¹²⁾ 간명모형에서 시작해서 점진적으로 모형을 가다듬고 수정해 가는 과정에서 기준으로 삼을 근거로는 이론적 개연성 이외에 수정지수(modification index)나 모형부합도(model fit index) 등의 경험적 기준도 있을 수가 있으나, 이들은 어디까지나 보조적 기준으로 사용되어야 할 뿐 이론적 개연성이 우선시되는 전략은 언제까지나 굳게 유지될 필요가 있다.

공분산구조분석을 시도하는 국내 기존연구들이 상기 모형추정전략 가운데 어떠한 것을 사용하는가를 유심히 살펴보면 적잖은 연구들이 포화모형으로 시작하는 접근방식을 사용하고 있다는 사실에 놀라지 않을 수가 없다. 사실상 더 문제시되기로는 어떤 접근방식을 사용했는지를 아예 언급하거나 논의하지도 않는 연구들이 상당수에 달할 뿐더러, 달랑 최종모형만을 제시하고 있기에 과연 연차적·순차적 모형수정 절차를 거치기는 하였던 것인지 아니면 단 한번만의 일시적 추정으로 최종결과를 내놓은 것인지조차도 가늠할 수 없게 하는 경우가 실로 비일비재하다. 혹자는 최종모형만 유사 혹은 동일하면 그만이지 이 문제가 뭐 그리 대단한가 하고 반문할는지 모르겠다. 또 다른 혹자는 모형부합도만 좋으면 되지 것처럼 보수적인 전략을 사용해 가면서까지 굳이 간명성을 앞세워야 할 필요가 있겠는가 하고 다시금 반문할지도 모르겠다. 재차 강조하지만, 전술한 두 가지 접근방식이 설사 결과에 있어서는 동일한 내용의 최종 모형에 도달하였다 하더라도, 포화모형으로 시작한 접근법의 문제점이 조금이나마 상쇄되지도, 간명모형으로 시작한 접근법의 온당성이 조금이라도 저하되지도 않다고 보아야 마땅한데, 그 이유는 전자의 물이론적 속성은 여전히 그대로 남아있을 수밖에 없기 때문이다. 덧붙여, 모형의 간명도와 부합도는 본시 상호배타적인 관계에 놓여 있음을 감안할 때, 설사 부합도가 일부 저하되는 한이 있더라도 간명도를 더 중시하고 굳게 유지하려는 전략 또한 줄곧 간직해야 한다는 사실도 결코 잊어서는 안 된다.

12) 구조모형의 추정에 있어서 경로설정오류(specification errors)의 가능성이 상존함을 상기할 때, 주요 통제변인들(예, 사회인구학적 변인 등)은 항상 모형에 포함되어 있을 필요가 있다.

공분산구조분석의 모형추정 절차와 관련하여 이 글에서 마지막으로 언급하고자 하는 이슈는 제반 통계적 전제들(assumptions)의 검증 및 반영에 관한 것이다. 공분산구조분석은 상당히 다양하면서도 고난도의 여러 가지 전제들을 충족시킬 것을 요구하는데, 대표적으로는 외생변인과 내생변인 간 선형성·가법성(linearity and additivity), 외생변인들 간의 다중공선성(multicollinearity), 등분산성(homoscedasticity), 다변량정규분포(multivariate normality), 측정오차들 사이의 독립 또는 상관성(correlated measurement errors) 등이 그것이다. 통계적 전제는 말 그대로 전제이기 때문에 별도의 통계적 검증을 통해 그것이 충족된다는 조건 아래 비로소 모형추정이 시작될 수 있음을 의미한다. 공분산구조분석의 여러 가지 전제들 가운데 일부는 굳이 별도의 검증을 거치기 보다는 본격적인 모형추정 전후의 여러 단계에서 충족 여부를 직·간접적으로 엿볼 수 있거나, 또는 그 여부가 중차대할 정도로 결정적인 것은 아니어서 심각하게 고민하지 않고 그대로 넘어가는 경우도 종종 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 최근 국제적으로 볼 때 크나큰 관심의 표적으로 이미 떠오른 전제는 측정오차들 간의 독립 혹은 상관성에 관한 것이다.

공분산구조분석에서는 원칙적으로 여러 측정오차들(delta, epsilon 등)이 서로 독립적이어서 공변성 혹은 상관성을 지니지 않을 것을 요구한다. 그러나 적잖은 연구자들은 주로 모형부합도를 높이려는 목적으로 자유로운 공변관계를 허용하고 설정하는 경우를 종종 볼 수가 있는데, 세밀한 고민 없이 그렇게 하는 것은 당연히 문제가 된다. 이러한 관행이 과연 왜 문제가 되는지를 세부적으로 그리고 집중적으로 논의하는 문헌들 또한 결코 적지가 않은데, 이를테면 필수적으로 고려되어야만 하는 외생·내생변인에 대한 고려를 생략하는 결과를 낳는다는 지적(Cortina 2002), 허용된 측정오차들의 공변관계가 통계적으로 유의미한 연유는 실질적인 의미가 있어서이기보다는 많은 경우 표집오차(sampling error) 때문이라는 지적(Chou & Bentler 1990), 측정오차들 상호간 공변성을 무분별하게 허용할 경우 측정모형 및 구조모형 모두에 모수추정의 편향(bias)을 초래한다는 지적(Tomarken & Waller 2003) 등이 그것이다.

사실 통계분석 소프트웨어 LISREL의 예전 버전들에서는 이 전제를 검토 또는 검증할 수단이 마땅히 없었기 때문에 그동안 어려움이 많았다. 그런데 다

행스럽게도 LISREL 8.0(Joreskog & Sorbom 1993) 이후에서부터는 이를 실제로 검증해 볼 수 있는 세부적 근거가 소프트웨어 속으로 즉각 편입되기 시작하였으며, 따라서 모형추정 과정에서 검증결과를 눈으로 일일이 확인해 가면서 필요할 때마다 독립성 전제를 완화하고 공변적 상관을 허용하는 방식으로 모형을 추정해 내는 것이 여실히 가능해졌다. 결국 작금의 시점에서 국내외적으로 볼 때 측정오차들 상호간 독립성 전제는 실로 중요하면서도 현실적으로도 구현 가능한 검증 사안으로 부상한 지 이미 오래이며, 따라서 연구자들은 이 전제를 적극적으로 다루고 해결하려는 자세를 일관되게 견지할 필요가 있다. 참고로, 독립성 전제를 완화해서 공변성을 허용하기 위한 근거 혹은 기준으로는 이론적 정당성, 측정문항의 유사성, 직전 단계에서의 수정지수(MI) 및 잔차공분산항(residual covariance terms)의 크기 등 여러 가지가 있을 수 있는데, 이 경우에도 경험적 기준보다 이론적 기준이 항시 우선시되어야 함은 물론이다.

측정오차들 상호간 독립 혹은 상관성 전제의 문제가 이처럼 중요할 뿐만 아니라 실질적으로도 다루어질 수 있는 상황에 이미 도달해있음에도 불구하고 공분산구조분석을 시도하는 국내 기존연구들의 대부분은 이에 대한 별도의 논의나 언급조차도 하지 않는 현실에 다시금 놀라지 않을 수가 없다. 극소수의 국내 연구만이 이 문제에 대한 논의나 언급을 시도하고 있는 것을 확인할 수 있는데, 이들조차도 주마간산식의 언급만을 하고 있을 뿐 예리한 논의와 심도 있는 분석결과를 내놓는 경우는 많지 않다. 추리하건대, 아마도 국내 연구자들의 상당수는 이 문제의 중요성과 필요성을 아직 제대로 인지조차 못하고 있는 것이 아닌가 하는 의구심을 떨치기 어려우며, 만일 사실이라면 해당 전제의 미충족이 필연적으로 초래하는 실질적인 방법론적 문제점은 차치하고라도 이것 하나만으로도 국내 연구자들은 국제적 수준과 기준으로부터 상당히 괴리되어 있다는 지적을 면하기 어려울 것이다.

이상에서 공분산구조분석을 시도할 때 어떠한 모형추정 절차를 준수하여야 하는가 하는 문제에 대한 방법론적 진단과 처방을 모형추정의 주요단계별로 제시하였다. 이 글에서는 특별히 국내 기존연구들의 경우 분석모형 추정의 세부적 과정과 절차에 있어서 올바른 방법론적 전형이나 규준으로부터 어떻게

그리고 얼마나 이탈되어 있는가의 관점에서 구체적 문제점을 짚어내고 해법을 제시해보려 하였다. 요약컨대, 지적된 논점은 모두 네 가지였는데, 구체적으로 (1) 본격적인 모형추정에 앞서서는 사전적 정지작업으로서의 문항분석(내적 일관성 검증 및 탐색적 요인분석), 그리고 다중공선성 및 확인적 요인분석, (2) ‘2단계 접근법’으로서의 측정모형과 구조모형의 개별적·순차적 추정, (3) 구조모형의 주요 인과경로 계수를 추정함에 있어서 초기모형으로 간명모형을 선택한 후 점진적·부가적으로 경로를 설정해 나가는 보수적 전략, (4) 측정오차들 상호간 독립성이라는 핵심적인 통계적 전제에 대한 적극적인 전방위 검증 및 반영 등이었다.

각 논점과 관련한 국내 연구들의 문제점을 간략히 요약해 보면, (1) 사전적·필수적 정지작업으로서의 문항분석 등을 본격적 모형추정에 앞서서 세밀하게 그리고 주의 깊게 시도하지 않음으로써 사상누각의 결과를 가져오며, (2) 측정모형과 구조모형을 애당초 분리해서 추정해 내는 ‘2단계 접근법’을 제대로 사용하지 않음으로써 ‘해석적 혼란’뿐 아니라 상관관계와 인과관계 상호간 ‘혼란’ 없는 열개를 적절히 보여주지 못하고, (3) 구조모형을 추정할 때에 간명모형으로 시작하는 이론적·선험적 접근전략을 구사하기보다는 포화모형으로 시작해서 경험적 기준에 과도하게 집착하는 경험경도적 전략을 사용함으로써 물이론적이고 사후소급적인 가설화에 의존하게 된다는 비판을 피하기 어려우며, (4) 측정오차들 상호간 독립성과 관련한 핵심적 통계전제를 별도로 검증하지도 또는 아예 관심조차 보이지 않음으로써 모형추정 결과에 각종 오류를 초래하게 됨을 지적하였다.

이와 같은 세부적 문제점들과 관련한 진단 및 해법의 모색보다 오히려 더 문제시되기로는 기존 국내 연구들이 마치 문제의 심각성 및 중요성에 대한 인식을 결여하기라도 하듯이 별도의 언급도, 고민도, 성찰도 하지 않는 듯한 태도로 일관하는 경향을 보인다는 지적일 것이다. 그 원인이 과연 무엇인지 - 계량분석 방법론에 대한 원숙한 이해의 부족? AMOS 등 사용자 친화적 소프트웨어의 무분별할 활용? 고급통계기법의 사용에 대한 저간의 무분별한 동경과 조건반사적 승인? - 정확히 알 길은 없다. 하지만 이와 같은 학술적 세태는 비단 이론 및 가설의 검증, 실증적 사실의 확보 등과 같은 학술연구 본연의 지향

점을 피폐화시키는 결과에 머물지 않고 국내 학술연구자들 및 학계 전반의 수준과 평가를 하향화시키는 현실적 평판으로까지 연결되지 않을까 하는 두려움을 금하기 어렵다. 고급통계기법 고유의 난이도와 중요성을 십분 감안해서 이제부터라도 모든 연구자들이 ‘제대로 학습하고 제대로 적용시키며 제대로 제시하는’ 공분산구조분석의 모형추정 절차와 전략을 올바르게 구사할 수 있으면 하는 바람이다.

참고문헌

- Anderson, J.C. and D.W. Gerbing. 1988. “Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach.” *Psychological Bulletin* 103(3): 411-423.
- Arbuckle, J.L. 1997. *AMOS User's Guideline Version 3.6*. Chicago, IL: Smallwaters.
- Bentler, P.M. 1985. *Theory and Implementation of EQS: A Structural Equations Program*. Los Angeles, CA: BMDP Statistical Software.
- Bentler, P.M. and C. Chou. 1987. “Practical Issues in Structural Modeling.” *Sociological Methods and Research* 16: 78-117.
- Bollen, K.A. 1989. *Structural Equations with Latent Variables*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Burt, R.S. 1976. “Interpretational Confounding of Unobserved Variables in Structural Equation Models.” *Sociological Methods and Research* 5: 3-52.
- Campbell, D.T. and D.W. Fiske. 1959. “Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait-Multimethod Matrix.” *Psychological Bulletin* 56: 81-105.
- Chou, C.P. and P.M. Benter. 1990. “Model Modification in Covariance Structure Modeling: A Comparison among the Likelihood Ratio, Lagrange Multiplier, and Wald Tests.” *Multivariate Behavioral Research* 25: 115-136.

- Cortina, J.M. 2002. "Big Things Have Small Beginnings: An Assortment of 'Minor' Methodological Misunderstandings." *Journal of Management* 28(3): 339-362.
- Joreskog, K.G. and D. Sorbom. 1982. *Analysis of Linear Structural Relationships by the Method of Maximum Likelihood*. Chicago, IL: National Educational Resources.
- Joreskog, K.G. and D. Sorbom. 1993. *LISREL8*. Chicago, IL: Scientific Software International.
- Muthen, L. K. and B. O. Muthen. 1998. *MPLUS User's Guide*. Los Angeles, CA: Muthen & Muthen.
- Pedhazur, E.J. 1982. *Multiple Regression in Behavioral Research: Explanation and Prediction* (2nd ed.). New York, NY: Holt, Rinehart, & Winston.
- Tormarken, A.J. and N.G. Walker. 2003. "Potential Problems with 'Well Fitting' Models." *Journal of Abnormal Psychology* 112: 578-598.
- Wheaton, B. 1987. "Assessment of Fit in Overidentified Models with Latent Variables." *Sociological Methods and Research* 16: 118-154.

<접수 2016/1/31, 수정 2016/2/17, 게재확정 2016/2/19>