

다변인 통계분석의 적용상 주의점: 분산분석과 중회귀분석을 중심으로

곽 호 완[†]

경북대학교 심리학과

최근 상업용 통계 패키지의 발달에 힘입어 다변인 통계분석에 기초한 연구들이 양산되고 있다. 다변인 분석은 단변인 통계에 비해 복잡한 연구문제를 탐색할 수 있는 장점이 있지만, 통계분석의 복잡성으로 인하여 절차상 오류들이 더러 발견된다. 더욱이, 다변인 통계분석의 수학적 기초가 복잡하여 그 원리를 이해하기 어렵고, 분석방법 및 결과 해석이 난해할 수 있으며, 다양한 분석법들이 상반된 결과를 낳아서 결과해석이 곤란해질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다변인분석 적용상의 가능한 오류와 주의점들을 기술하여 이러한 오용을 줄일 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

주요어 : 다변인 통계, 분산분석, 공분산분석, 다변인분산분석, 중회귀분석

[†] 교신저자 : 곽호완, 경북대학교 심리학과, E-mail: kwak@knu.ac.kr

다변인 통계분석(multivariate statistical analysis)이란 여러 개의 독립변수들과 여러 개의 종속변수들로 구성된 복잡한 자료를 분석하는 다양한 통계적 기법들을 일컫는다(Tabachnick & Fidell, 1989). 1980년대만 하더라도 대용량의 메인프레임 컴퓨터로만 가능하던 다변인 통계분석이 현재에 이르러 SPSS, SAS 등 여러 상업용 통계패키지들의 발달에 힘입어 손쉽게 실행 가능하게 되었다. 이 때문에 최근에 실린 학회지 논문들의 분포를 보면 예전에 비해 t 검증이나 분산분석에 기초한 논문 대신에 중회귀분석이나 요인분석, 또는 경로분석, 구조방정식 모형분석 등 다변인 통계에 기초한 논문들이 증가하고 있는 실정이다. 그런데, 다변인 통계분석의 복잡성으로 인하여 여러 논문에서 그 사용이나 적용상의 오용이 더러 눈에 띄고 있다. 따라서 본 연구에서는 다변인분석 시 일어날 수 있는 다양한 오류들을 기술하고, 이러한 오용이 줄어들 수 있도록 하는 주의점과 방안을 제시하고자 하였다.

다변인 분석법이 다양한 이유는 각 연구들마다 연구문제, 가설, 독립변수, 종속변수의 특성이 다양하고, 변수의 개수 및 성질이 다양하기 때문이다. 다변인 통계분석법은 단변인통계(univariate statistics)로는 분석할 수 없는 복잡한 연구문제들의 분석이 가능하고, 자료의 성질에 따라 다양한 분석법이 제공되기 때문이다. 그렇지만, 다변인 통계분석이 장점만 있는 것은 아니다. 단점으로는 통계분석의 수학적 기초가 복잡하여 그 원리를 이해하기 어렵고, 분석방법 및 결과 해석이 난해할 수 있으며, 다양한 분석법들이 상반된 결과를 낳아서 결과해석이 곤란해질 수 있다는 점을 들

수 있다.

다변인 통계에 사용되는 자료는 그냥 주어져 있는 것이 아니고 어떤 목적 또는 연구문제에 기초하여 측정, 수집된 것이다. 따라서 다변인 통계분석을 어떤 목적으로 수행할지를 결정한 후 자료수집(실험, 조사)을 실시하여야 한다. 왜냐하면 변수의 개수, 자료의 척도특성에 따라 다변인 분석법의 적용에 제한이 주어지기 때문이다. 즉, 어떻게 자료 수집을 할 것인가를 결정하는 것이 매우 중요하며, 이에 따라 이론의 예언, 검증, 결과의 인과적 해석이 달라질 수 있다. 통계분석은 자료를 수리적으로 재구성하여 축약된 통계치를 제공할 뿐 해석은 연구자의 몫이다.

다변인 분석과정은 항해과정이다. 즉 통계패키지의 기계적 적용이 아니라 자료에 대해 다양한 옵션, 분석방법을 적용하여 의미 있는 결과를 도출하는 예술적 과정이다. 구체적으로, 자료의 구조와 성질을 탐사한 후, 적절하고 가능한 분석법들을 선정하고, 분석결과가 연구가설 해결에 수렴하는지 확인하면서 결과 해석과 검증을 하게 된다. 부가하여, 자료구조에 대한 통계적 가정의 적합성, 분석결과와의 타당성, 기존연구 분석법 및 결과와의 관계를 대비하는 과정이 포함된다. 그런데, 많은 통계책들이 분석법간의 관련성을 무시하고, 각종 메뉴, 옵션의 사용법과 통계치의 설명에만 치중하는 요리책 방법을 기용하고 있다. 이런 연유로 인해 다변인 통계분석을 잘못 적용하거나 잘못 해석하는 사례가 생긴다고 할 수 있다.

전반적으로, 다변인 분석의 오용 예를 보면, 1) 연구가설에 맞지 않는 분석법을 선택하여

분석결과와 가설검증이 부합되지 않거나, 2) 독립변수, 측정변수의 성질(척도) 및 개수에 맞지 않는 분석법을 선택하여 부적절한 분석이 되거나, 3) 각 분석법의 기본가정과 자료의 타당도 통계치가 부합하지 않는데도 기계적으로 통계치를 해석하거나, 4) 단변인 분석으로도 충분히 적용가능한 한 자료인데도 다변인 분석을 채택하여 해석상의 불필요한 복잡성을 초래하거나, 6) 다변인 분석 후 필요한 분석적 분석 또는 추후분석을 누락하여 핵심적 연구 가설을 검증하는 과정을 누락하거나, 7) 핵심 통계치만 추출하여 해석하고, 그 분석이 타당한지를 보는 분석 타당도 통계치들을 확인하는 작업을 누락하여 자료해석의 타당성이 의심되거나, 8) 자료수집 후 분석방법 선정을 시작함으로써, 사전에 미리 계획했다면 적용할 수 있었던 분석법을 사용할 수 없게 되거나, 9) 동일한 자료에 대해 두 가지 이상의 수렴적 분석방법을 사용하는 것이 좋은 경우에도 단일분석법만을 사용하거나, 10) 분산분석 등의 모수치 분석이 가능함에도 비모수치 분석을 사용함으로써 검증력을 떨어뜨리는 경우 등이다.

다변인분석은 매우 다양하지만, 크게 네 가지 유형으로 나눌 수 있다(표 1). 첫째, 집단 또는 조건간의 차이를 검증하는 것으로서, t검증, 분산분석(ANOVA), 공분산분석(ANCOVA), 다변분산분석(MANOVA), 다변공분산분석(MANCOVA) 등의 모수치검증과, 윌콕슨 사인 검증, 만-휘트니 U검증, 크루스칼-왈리스 K-독립표본검증, 프리드만 검증 등과 같은 비모수치 검증들이 있다. 이 검증은 조건 또는 표집된 집단이 대표하는 모집단 또는 조건 모수치

들이 서로 다른지를 검증하는 것이며, 실험조건이라면 실험처치의 효과가 있는지를 검증하는 것이다. 둘째, 변수들 간의 관계성을 검증하는 기법들로서, 상관/회귀분석, 중회귀 분석, 부분상관분석, 로지스틱 회귀분석 등이 있다. 이 분석법들은 한 변수의 변량 중 다른 변수(들)에 의해 설명되는 변량을 계산하거나, 변수들의 예언력을 검증하는 기법들이다. 셋째, 집단소속 분류 기법들로서, 군집분석, 판별분석 등이 있다. 이 기법들은 사례들이나 피험자들을 동질적인 몇 개의 집단으로 나누거나, 환자집단처럼 이미 나누어진 집단들이 변수들에 의해 적합하게 판별되었는지 검증하는 기법이다. 넷째, 자료구조 축소를 위한 기법으로서, 요인분석, 경로분석, 구조방정식모형 분석 등이 있다. 이 기법은 많은 변수들의 관계성을 분석하여 핵심변수를 추출하거나, 변수들을 묶는 상위 잠재변수를 찾아내거나, 변수들 간의 인과적 구조모형을 추출하고 적합도 검증을 하는 기법들이다(김계수, 2004; 문수백 2009).

다양한 다변인 분석방법 중 어느 분석법을 사용하는 것이 적절한지를 결정하기 위해서는 연구문제(가설)와 자료의 특성 두 가지를 동시에 고려해야 한다. 즉 주요 연구문제가 무엇인가? 집단/조건의 차이를 보는 것인가, 변수간 관계성을 보는 것인가, 집단을 분류하거나 집단 정확도를 검증하는가, 또는 자료의 변수 구조를 추출 또는 축약하는 것인가 등에 따라서 선택 가능한 다변인 분석법이 제한된다. 보다 중요하게 측정변수의 개수(무, 1개, 다수)와 속성(양적 변수, 범주적 명명 변수, 이분변수, 순위변수, 빈도변수 등) 및 독립변수(예측

표 1. 연구문제, 독립변수, 종속변수 및 공변수의 특성에 따른 다변인분석 결정트리

분석목적	독립(예측)변수		종속(준거)변수		공변수	분석기법
	개수	속성	개수	속성		
집단(조건) 차이 검증	1	불연속	1	양적		t검증, 일원분산분석
	다	불연속	1	양적		요인설계 분산분석
	1	불연속	1	서열		만-휘트니 U, 크루스칼-윌리스, 윌콕슨, 프리드만 검증
	다	불연속	1	양적	O	공분산분석
	다	불연속	다	양적		다변분산분석
변수들 간 관계성	다	불연속	다	양적	O	다변공분산분석
	1	양적	1	양적		이변상관분석
	다	양적	1	양적		중회귀상관분석
	다	양적	1	양적	O	위계적 중회귀분석
	다	양적	다	양적		정준상관분석
집단소속 분류	다	양적	1	범주		로지스틱 회귀분석
	다	범주	1	빈도		카이제곱검증
	다	연속	1	범주		군집분석, 판별분석
구조/자료축소	다	양적	다	양적	X	요인분석, 경로분석 구조방정식모형

주) 변수개수에서 '1'은 한 개, '다'는 다수; 차이검증에서 불연속 변수는 양분변수(dichotomous variable)와 범주변수를 포함하며, 관계성 검증에서 양적변수도 양분변수를 포함²⁾.

변수) 개수와 속성, 그리고 공변수 유무 등을 고려하여 적절한 분석법을 선택하게 된다. 여기서 두 가지 이상의 분석법들이 필요에 따라 단계적으로 적용될 수도 있다. 이제 각 각론적 분석에서 이러한 오류와 문제점들을 나열하고 그 주의점과 해결방안을 기술할 것이다¹⁾.

일원 분산분석 분산분석(analysis of variance, ANOVA)은 t검증의 확장으로서, 둘 이상의 집단 또는 조건에 대한 평균차이검증법이다. 분산분석의 기본 가정으로 1) 종속변수는 등간 또는 비율데이터일 것, 2) 모집단이 정상분포이며, 3) 각 집단의 변량이 동질적이며, 4) 자료가 모집단으로부터 무선적이고 독립적으

1) 지면관계상 요인분석, 경로분석, 구조방정식 모형분석에 관한 논의는 추후 별도의 논문으로 미룬다. 관련된 문헌으로, Gorsuch, R. L. (1983), 문수백(2009) 및 김계수(2004)를 참고하기 바란다.

2) 범주변수를 양적분석이 가능하도록 하려면 일련의 더미 양분변수로 변환하여 여러 개의 양분변수 세트를 구성가능하다.

로 표집되어야 한다(신현정, 박태진, 도경수, 2004). 여러 조건 또는 집단차이를 검증하는 목적 때문에, 영가설이 모든 조건/집단 평균이 동일하다는 것이므로 대립가설은 이들 중 하나 또는 그 이상이 차이가 있다는 것을 보이므로, 유의한 결과가 얻어졌다고 하여도 조건간의 어떤 차이 패턴이 유의한 결과를 낳았는지 알 수 없다. 만일 가설이 있는 연구라면, 여러 개의 대립가설 중 어느 것이 채택되는지 알 수 없고, 따라서 연구초기에 설정된 연구문제/가설이 수용되는지 여부를 아직 알 수 없다. 따라서 논리적으로 전체 분산분석 후 단일 자유도 비교(single-df comparison)로 돌아오게 된다. 즉 여러 개의 대립가설 중 어느 것이 수용되는지를 보기 위해 계획비교(planned comparison)를 실시하거나, 효과의 위치(locus of effect)를 찾기 위해 사후비교(post-hoc comparison)를 하게 된다³⁾.

첫째, 종종 발견되는 치명적 오류는 유의한 분산분석 결과를 얻고도 분석적 비교를 생략하는 경우이다. 특히 가설이 있는 경우 계획비교를 통해 대립가설 수용여부를 검토해야 하며, 가설이 없는 경우에는 사후비교를 통해 효과의 위치를 찾아야 한다. 둘째, 보다 더 범

하기 쉬운 오류는 가설이 있는 경우에도 전체 분산분석 후 결과가 유의하지 않을 때 연구가 실패했다고 추후 분석을 포기하는 경우인데, 이 경우 가설에 따라 필요한 계획비교를 수행해야 한다. Keppel(1973, 1982, 1991)에 따르면 가설이 특정 조건과 조건간의 차이를 예언하는 것이라면 다른 조건들이 들어있는 전체분산분석 결과의 유의여부와 관계없이 계획비교를 할 수 있다고 하였다. 사실, 전체분산분석 결과가 유의하지 않더라도 특정 조건들간의 차이를 보는 계획비교는 유의하게 나오는 경우가 더러 있다. 결국, 처치효과를 보는 연구에 통제조건이 많이 들어가는 경우 결정적 처치조건이 통제조건과 차이가 보이더라도 전체 F검증은 유의하지 않을 수 있다는 점을 주의해야 한다.

분산분석에서 민감한 이슈 중 하나는 각 셀당 피험자수가 비동수일 경우 어떤 분석을 해야 하느냐의 문제이다. 통상 분산분석은 셀당 피험자수가 동수일 경우 변량동질성 가정이 어느 정도 깨어져도 비교적 강건한 것으로 알려져 있는데(Keppel, 1991), 비동수가 되면 변량동질성이 더 깨지기 쉽게 된다. 보다 큰 문제는 피험자 비동수를 낳게 한 요인이 무엇이나에 있고, 이에 따라 분산분석의 계산식이 달라지게 된다. 예를 들어 동수피험자를 예상하고 실험하였지만, 피험자 상실로 인해 비동수가 되었다면 각 조건수준들이 동등하게 변량에 기여하도록 하는 비가중 평균치분석(unweighted means analysis)을 사용해야 한다⁴⁾.

3) 대표적인 사후비교법으로 Dunnet, Tukey HSD, Sheffe 기법들이 있다. Dunnet 비교는 하나의 통제집단과 여러 실험조건이 있을 때 통제집단과 각 실험조건을 비교하는 기법으로서 비교의 개수는 조건수준 a-1이 되어 검증력이 상대적으로 높다. Tukey 비교는 가능한 쌍별 비교로서 가능한 비교는 $n(n-1)/2$ 개가 된다. Sheffe 비교는 조건들의 조합에 의한 복합비교(예: 조건 1+2 대 3+4+5)까지 허용하므로 가장 보수적인 (즉, 검증력이 낮은) 비교법이다.

4) 만일 피험자 비동수가 실험처치에 기인한 것이라면 무선표집과 무선할당의 가정을 위반하므로 연구자체가 잘못된 것이며 대안적 통계분석법은

반면에 비동수 피험자 셀이 각 모집단의 크기나 분포속성을 반영하는 경우에는 가중 평균치분석(weighted means analysis)을 사용해야 한다. 현재 배포된 통계패키지의 제한이나 옵션의 복잡성(예: 오차항의 수동설정) 때문에 피험자 비동수 설계에 대한 적절한 분석이 시행되기 어려운 점이 있다⁵⁾.

가설과 비교간의 관계를 잘못 이해하여 생기는 추가적 오류 또는 오용사례로, 1) 가설이 없는 연구에서 계획비교를 하여 1종오류를 증가시키거나, 2) 가설이 주어져 있는 연구에서는 계획비교를 하여야 함에도 대신 사후비교를 하여 검증력을 떨어뜨리거나, 3) 목적에 맞는 사후비교법을 선정해야 하는데, 이를 잘못 선정하는 경우, 4) 너무 많은 수의 계획비교를 수행하여 1종오차를 현저히 증가시키거나⁶⁾, 5) 독립변수 수준들이 등간적이지 않는데 추세분석을 하는 경우⁷⁾, 6) 오차변량의 동질성 검증을 누락하는 경우 등이다.⁸⁾ 마지막으로, 일원

없다.

- 5) 현재 SPSS는 기본선택으로 가중평균치 분석법을 제공한다(이주일, 2005; 박상현, 조신섭, 김성수, 2004; 성태제, 2007; 허명희, 양경숙, 2007). 가중평균 분석법은 실험자료의 처리에는 그리 적합하지 않으므로, 비가중평균분석이 더 적절하다(Keppel, 1991). 각 셀당 피험자수가 매우 많다면 비가중평균분석이건 가중평균이건 결과가 거의 같다. 비가중 평균분석 계산법은 [웹 소스: 심리통계실습실]을 참고.
- 6) 연구자들 간에 일치된 것은 아니지만, 대략 조건수 $a-1$ 개의 계획비교를 권하고 있다.
- 7) 독립변수 수준들이 등간적이지 않으면 다항식 계수를 함수식을 이용하여 재계산후 입력하여야 한다.
- 8) Levene의 오차변량의 동질성 검증을 하여 결과가

분산분석을 실시해야 할 자료를 여러 번 t검증하는 경우가 자주 발견되는데, 이는 필연적으로 1종오차를 기하급수적으로 증가시키는 문제를 낳는다. 이 경우 반드시 분산분석을 실시하고 그 후 계획비교 또는 사후비교를 하여야 한다.

요인설계 분산분석 요인설계(factorial design) 분산분석은 독립변수가 두 개 이상 투입되어 개개 변수의 주효과 및 변수들간의 상호작용 효과를 검증하는 분석이다. 이 분석법은 여러 일원 분산분석을 하나로 묶는 경제성 외에도 변수들간의 상호작용을 분석함으로써 복잡한 이론이나 모형을 검증가능하게 한다. 이 장점 때문에 종종 연구자들은 지나치게 많은 독립변수를 기용하는 경우가 있는데, 이 경우 고차상호작용들이 양산되는 경우가 있다. 3원이나 4원 상호작용은 그보다 하위 상호작용이 이론적으로 확립되어있지 않으면 설명이 거의 불가능하다. 부가적으로, 상호작용이 유의한대도 주효과 중심으로 기술하고 단순효과나 단순비교를 누락하는 경우가 있는데, 앞의 일원 분산분석에서 계획비교나 사후비교를 누락하는 경우와 동일하게 불완전한 분석이 된다. 특히 전체분산분석에서 상호작용이 유의하지 않더라도, 특정 상호작용 패턴에 대한 가설이 있으면 단순효과(simple effect) 및 단순비교(simple comparison)를 수행할 수 있는데, 이를 누락하는 경우가 자주 있다⁹⁾. 또한 각 변수의

유의하지 않아야 한다.

9) 특히 각 변수의 수준이 3개 또는 그 이상일 경우 전체분산분석에서 상호작용이 유의하지 않아도 단순비교에서 유의할 수 있다. 단순비교는

수준이 3개 또는 그 이상일 경우, 가설은 전체 상호작용 유무가 아니라 특정 수준들의 조합에 따른 상호작용 패턴을 띄게 되므로 그 가설에 맞게 조건들을 분할하여 단순비교 분석을 하여야 한다¹⁰⁾.

반복측정설계 및 혼합설계 분산분석 반복측정설계(repeated measures design) 분산분석은 피험자 당 동일한 속성의 측정치를 조건에 걸쳐 여러번 측정한 자료를 분석하는 분산분석기법이다. 반복측정설계의 기본 가정으로, 1)모집단의 정상분포가 가정되고, 2) 처치조건간 변량 동질성이 가정되며, 3) 반복측정된 변수에서 수준의 쌍들간에 상관성이 일정해야 한다(구상성 sphericity 가정). 구상성가정이 위배될 경우, 독립변수들의 수준들을 가정이 만족될 수 있는 수준들로 국한시키거나(예: 초기시행과 최종시행을 분석에 포함 않음) Geisser-Greenhouse 교정법 등을 사용해야 한다.

반복측정설계는 피험자수가 적어도 되고, 오차항이 줄어들어 검증력이 증가하는 장점이 있지만, 연습효과나 피로효과 등의 이월효과가 생기기 쉬운 단점이 있다. 만일 이월효과가 심히 우려되는 연구이면 피험자간 설계를

해야 하는데도 반복측정 설계를 하여 결과를 해석하기 곤란한 경우가 있거나, 라틴 방형 설계(Latin-Square Design)나 역평형화(counterbalancing)를 통해 이월효과를 가능한 배제 하여야 함에도 불구하고 그렇게 하지 못하는 경우가 있다¹¹⁾. 앞서 언급했듯이 피험자 당 두 개 이상의 측정치가 얻어지는 경우는 반복측정 설계 외에도 다변분산분석과 공분산분석이 있다. 다만, 다변분산분석과 공분산분석은 그 측정치들이 서로 다른 속성(예: 반응시간, 정반응율)들인데 반해 반복측정의 경우에는 동일한 측정치이며 조건수준만이 다르다. 이 때문에 종종 반복측정분산분석을 해야 하는데도 다변분산분석을 실행하는 경우가 있을 수 있다. 부가하여 반복측정 변수의 수준이 셋 이상이거나, 변수의 수가 2개 이상인 경우 계획 비교 및 단순효과분석이 필요하게 된다.

반복측정설계와 혼합설계의 적용에서 한 가지 논란의 소지가 있는 적용 예는 사전검사-사후검사-추적검사의 분석이다. 한 피험자에 대한 3회 반복 측정이 있으므로, 이 자료를 혼합설계(독립집단이 2개 이상 비교될 경우) 혹은 반복측정 설계로 분석한다. 그런데, 반복측정 설계나 혼합설계에서 반복측정 변인은 반복측정되는 수준들이 무선적으로 배치되는 것을 전제로 한다. 따라서 사전-사후-추적 검사와 같이 일정한 순서가 있는 경우는 그 가정이 위배되는 문제가 있다¹²⁾.

비교계수를 입력한다는 점에서 쌍별비교와 다르다.

10) Keppel(1982,1991)에 따르면 단순비교시 오차항은 전체분산분석에서의 오차항을 그대로 사용하도록 되어 있다. 그런데, SPSS에서 단순비교를 하려면 특정 조건 수준의 자료를 재구성하여 일원분산분석을 해야 하는데, 이 경우 오차항이 Keppel의 그것과 다르다. 제대로 하려면 두 분산분석표를 바탕으로 단순비교분석을 재계산하여야 한다.

11) 반복측정 설계에서 라틴방형이나 역평형화를 하더라도 차별적 이월효과는 제거할 수 없다.

12) 한 방법은 사전검사를 공변인으로 하여 공분산분석을 하는 방법이 있고, 다른 방법은 사전검사와의 차이점수(T점수 환산)로, 수준이 2개로

혼합설계 분산분석은 피험자간 변수와 피험자내 변수가 공존하는 자료에 대한 분산분석으로서 요인설계와 반복측정설계의 장단점을 포함한다. 일반적으로 피험자간 변인은 집단측 변인으로, 피험자내 변인은 실험변인의 효과분석 대상이 된다. 따라서 단순 주효과 분석시에 A(연령집단) x B(과제난이도)의 설계이면, A 주효과(A at b_i)보다는 B 주효과(B at a_j) 식으로 분석하는 것이 해석도 용이하고, 오차항을 별도 계산하지 않고 자료를 잘라서 분석하는 장점이 있다.¹³⁾ 부가하여, 단순 주효과와 단순비교 분석 시에 오차항을 잘못 선정하지 않도록 주의해야 한다¹⁴⁾. 구체적으로, 측변인이 피험자간 변인이고 효과변인이 피험자내 변인이면 반복측정 설계와 동일하게, 그 반대이면 요인설계와 동일한 방법을 사용하면 된다.

공분산분석 공분산분석(analysis of covariance,

ANCOVA)은 외재변수인 공변수의 효과를 회귀분석의 논리를 이용하여 통계적으로 통제된 방법으로서 분산분석과 회귀분석을 결합한 통계적 통제기법이다¹⁵⁾. 즉, 각 집단 내 회귀모형을 통하여 외재변수의 종속변수에 대한 효과를 제거한 후 남은 변량의 집단 간 차이를 분산분석에 의해 비교하는 것이다. 공분산분석에서 추가되는 가정은 회귀선 기울기의 동질성으로서, 모집단에서 공변수에 대한 종속변수의 회귀계수가 각 집단에서 동일하여야 한다는 것과, 공변수와 처치간의 독립성으로서 공변수의 값들은 처치의 영향을 받지 않아야 한다는 것이다. 공변수가 처치의 영향을 받지 않기 위한 최소한의 조건으로서 공변수는 처치 이전에 측정되어야 한다는 것이다. 만일 실험이 끝난 사후에 공변수를 측정하면 그 공변수의 측정치는 실험처치의 영향을 받을 가능성이 있으므로, 반드시 사전에 공변수를 측정한다.

그 외에도 공분산분석이 오적용되는 사례로,

- 1) 통계적 통제가 불필요한 무관한 공변수를 채택하거나,
- 2) 반복측정 변인에 대한 공분산 분석을 하거나¹⁶⁾
- 3) 공분산 분석 후 원자료

줄어진 혼합반복설계를 하는 방법이 있다. 둘 다 거의 같은 결과를 낳는다.

- 13) 물론, 연구가설에 맞게 상호작용패턴을 분석하는 방법이 가장 우선적이며, 그다음으로는 주어진 상호작용 패턴을 가장 잘 대비되게 기술할 수 있는 단순효과 분석법을 선정하는 것이 좋다.
- 14) SPSS는 옵션에서 단순효과 분석을 제공하지 않지만, 반복측정 변수의 단순효과 분석은 개별오차항(separate error term)을 사용하므로(Keppel, 1991), 집단수준 또는 조건수준별로 필요한 자료를 잘라내서 분산분석을 하면 된다. 부연할 점은 Keppel과는 다르게 Kirk(1982)는 총합 오차항(pooled error term)을 사용한다는 점이다. Kirk 식을 사용하려면 전체부분분석에서의 자료와 부분분산분석의 자료를 결합하여 재계산하여야 한다.

15) 통제에는 실험조작 또는 통제조건을 포함하는 실험적 통제와, 공변인을 투입하는 공분산분석을 사용하거나, 무선구획설계를 사용하는 통계적 통제가 있다. 가능하면 통계적 통제 보다는 실험적 통제를 사용하는 것이 더 낫다(Solso, 2008).

16) 공변수가 한 개뿐이면 피험자내 변인에 대한 공분산분석은 단순분산분석과 동일한 결과를 낳으므로 불필요하다(Keppel, 1991, Keppel & Zedeck, 1989). 그러나 SPSS 공분산분석은 피험자내 변인효과가 단순분산분석과 다른 결과를 낳는다. 피험자내 변인의 수준별 공분산분석이 가

평균을 바탕으로 결과를 해석하고 제공하는 경우 (즉, 조정평균 보고 누락)¹⁷⁾ 4) 공분산분석과 분산분석과의 결과를 비교 제시하는 것이 좋은데, 이를 누락하는 경우 등이다.

다변인 분산분석 다변인 분산분석(multivariate analysis of variance, MANOVA)은 종속변수들이 두 개 이상일 경우 종속변수들의 평균벡터에서 독립변수 수준간 차이를 검증하거나 독립변수에 따른 종속변수들의 종합된 값의 차이를 검증하는 것이다. 즉, 다변분산분석은 여러 종속변수의 선형 조합된 평균벡터가 모든 집단에서 동일하다는 영가설을 검증하는 것이다. 이 분석법은 여러 개의 단일변수 분산분석을 한번에 처리하게 해준다는 점에서 경제성이 있고, 부분에타제곱을 제공함으로써 종속변수들 중 집단/조건 간 차이를 잘 드러내는 종속변수를 찾아주는 장점이 있다. 단점으로는, 유의도 통계치만으로는 독립변수들이 개별 종속변수에 미치는 효과를 해석하는 것이 모호해질 수 있다는 점을 들 수 있다. 따라서, 다변인 분산분석 후 필요한 경우 단일 종속변수를 상대로 개별 분산분석을 할 필요가 있다.

다변인 분산분석이 오적용되는 사례를 들면, 1) 전체 유의도 결과(Wilk's Lamda)만 제공하고 각 종속변수별 부분에타제곱을 누락하거나, 2) 분석 후 주효과, 상호작용이 유의할 경우 개

별 분산분석 및 단순비교등을 하여 효과의 출처를 파악해야 함에도 누락하거나, 3) 반복측정 설계자료를 다변분산분석 처리하거나, 4) 무관한 종속변수 세트를 구성하여 다변분산분석의 장점이 부각되지 못하는 경우 등이다.

중회귀 상관분석 중회귀 상관분석(multiple regression/correlation analysis, MRC)은 여러 예언변수들(IVs)과 하나의 준거변수(DV)간 관계성을 검증하는 분석이다. 구체적으로, 준거변수를 예측하는 회귀모형을 만들고 모형의 적합성을 검증하거나, 각 예언변수들이 회귀모형에 기여하는 상대적인 비율(설명변량)을 파악하거나, 준거변수를 설명하는 회귀방정식을 산출하는 목적을 지닌다(Cohen & Cohen, 1983).

중회귀분석을 위한 자료의 조건으로 예언변수들은 연속 또는 이분변수이며 준거변수는 연속변수이어야 한다. 기본가정으로 잔차의 정상성, 선형성, 동질변량성 및 독립성을 만족시켜야 한다. 잔차(residual)란 준거변수(Y)와 예측된 준거변수(Y') 간 차이로서, 잔차는 예측된 준거변수 점수에 대해 정상분포이어야 하고(정상성), 예측된 준거변수 점수와 직선적 관계를 가져야 하며(선형성), 예측된 준거변수 점수의 잔차는 모든 예측변수에 대해 동일하여야 한다(등분산성).

중회귀분석이 단순회귀분석에 비해 여러 장점을 지니지만, 단점도 있다. 두 개 이상의 변수가 도입됨으로 인해 예언변수간의 상관성(중복성)이 문제될 수 있다. 이는 다중공선성(multicollinearity)으로 표현되는데, 다중공선성이 높으면 준거변수를 설명하는 개별변수의 변량 해석이 모호해지고 회귀계수 교가 무의미해질

능하려면 각 피험자내 처치수준에 대응하는 공변수 측정치들이 있어야 한다. 이러한 반복측정 공분산분석은 아직 SPSS에서 구현되지 않은 것 같다(SPSS v15.0).

17) 공분산분석의 결과해석은 조정평균(adjusted mean)을 바탕으로 하는 것이 옳다.

수 있다.

핵심 결과 통계치로, 1) 표준화 회귀계수(β)는 각 예언변수의 상대적 기여도를 나타내며, 2) 중상관계수(squared multiple correlation, SMC, R^2)은 준거변수의 변량에서 여러 예언변수들에 의해 종합적으로 설명되는 비율을 나타내며, 3) R^2 변화량은 위계적/단계적 중회귀분석에서 각 단계별 R^2 변화량을 나타내며 4) 부분상관(partial Correlation)은 여타변수의 효과를 통제(배제)한 가운데 특정변수와 준거변수와의 상관관을 나타내며, 준부분상관(semi-partial or part correlation)은 특정 예언변수가 준거변수에 고유하게(unique) 예언하는 정도를 보이며¹⁸⁾, 5) 분석타당도 통계치의 하나로서 내성(tolerance)이 있는데 이는 예언변수들 간의 상관관계, 즉 다중공선성 지표를 나타낸다.

동시중회귀분석(simultaneous multiple regression)은 예언변수들이 회귀식에 동시에 투입되는 것이다. 따라서 각 예언변수들은 준거변수를 설명하는 방식에서 다른 예언변수와의 공통변량을 제외하고, 고유기여도만을 설명변량으로 갖게 된다. 단계적 중회귀분석(stepwise multiple regression)은 변수들이 단계적으로 투입되는데, 그 투입되는 순서는 상관이 높은 순서를 따르며 추가설명변량이 유의할 때까지 계속된다. 위계적 중회귀분석(hierarchical multiple regression)은 투입되는 예언변수의 순서가 연구자에 의해 정해지므로 확인적 가설검증과정이다.

중회귀분석의 오용 사례로, 첫째, 부분상관과 준부분상관의 혼동을 들 수 있다. 부분상

관은 다른 예언변수가 기여하는 변량을 준거변수의 변량에서 제거한 후에 남은 변량에서 두 변수간의 상관이 차지하는 변량을 계산한 것이고, 준부분상관은 준거변수와 특정 예언변수간의 영순위(zero-order) 상관 변량 중 다른 예언변수에 의해 설명되는 변량을 제거한 것으로서 특정 예측변수의 고유한 설명량을 나타낸다¹⁹⁾. 두 개념은 유사하기는 하지만, 사용되는 목적이 약간 다르다. 다중공선성이 높을수록 그리고 투입변수의 개수가 많아질수록 준부분상관은 매우 작아지기 쉽고, 반면에 부분상관은 그만큼 작아지지 않는다. 둘째, 위계적 중회귀분석 시 변수투입의 순서를 혼동하는 경우가 있다. 변수 투입은 일반적으로 설명변량이 높은 순서로 투입되는 것이지만, 꼭 그러한 것은 아니다. 선행연구에서 잘 확립된 변수의 효과가 있을 때, 현 연구에서 흥미로운 추가 변수들을 발견했다면 그 추가변수가 준거변수를 얼마나 유의하게 추가로 설명할 수 있는지를 보고 싶을 때, 그 추가변수는 나중에 투입되어야 고유 기여도를 계산할 수 있다. 셋째, 중상관계수(R^2)은 투입 예언변수가 많아질수록 증가하지만, 너무 많은 예언변수를 사용하면 교정치를 사용해야 한다. 그럼에도 불구하고, 많은 경우 교정치 R^2 보고를

18) 변수들이 하나씩 추가 투입되는 경우, 위계적 회귀분석의 단계별 R^2 변화량은 투입변수의 준부분상관의 제곱과 정확하게 일치한다.

19) 예측변수 X_1, X_2 와 준거변수 Y 가 있을 때, Y 의 총 변량 중 X_1 에 의해서만 설명되는 부분을 a , X_2 에 의해서만 설명되는 부분을 b , X_1 과 X_2 가 서로 상관되는(즉, 설명변량을 공유하는) 부분을 c , 나머지 잔여변량부분을 d 라고 하면, X_2 효과를 배제한 가운데, Y 와 X_1 간의 부분상관계수는 $a/(a+d)$ 가 되고, 준부분상관은 $a/(a+b+c+d)$ 가 된다. 즉, 준부분상관은 항상 부분상관보다 작거나 같다.

누락하는 경우가 있다. 넷째, 다중 공선성 지표를 누락하는 경우가 있다. 다중공선성이 높으면 회귀식이나, 개별변수간의 상관성을 설명하기 힘들다. 이런 경우 고유설명량이 큰 대표변수들을 선별하여 분석할 필요가 있다 다섯째, 위계적 중회귀분석을 해야 할 경우에 단계적 중회귀분석을 하는 경우이다. 특히 연구가설이 있을 때는 위계적 중회귀 분석을 해야 한다. 여섯째, 가설이 없는 탐색적 연구라면 단계적 또는 동시적 중회귀분석을 해야 하는데도, 위계적 중회귀분석을 하는 경우가 있다. 마지막으로, 위계적 중회귀 분석에서 변수 세트의 투입이 되어야 함에도, 개별변수들만으로 투입하여 회귀모형의 설명력을 저하시키는 경우가 있다. 변수세트를 투입하더라도 부분상관분석등이 가능하므로, 개념적으로 통합될 수 있는 변수들은 각 단계에서 세트로 투입되는 것이 좋다.

결 론

통계 패키지의 발달로 빠르고 쉽게 통계분석을 할 수 있는 장점이 생겼지만, 이에 대한 반대급부로 이해와 숙지가 결여된 통계법의 적용이나 남용사례가 늘고 있다. 특히 통계분석에 대한 수학적 이해가 부족한 상태에서 SPSS, SAS, AMOS 등의 통계패키지를 사용하게 되면 결과해석이나 가설검증이 잘못된 결과로 나올 수 있다.

다변인 분석의 유의점을 종합해보면, 1) 핵심통계치의 확인 및 해석법을 숙지하는 것이 중요하며, 2) 부가해서 전반적 통계치 뿐만 아니라 분석적 통계치 및 분석타당도 통계치의

이해도 중요하다, 3) 연구문제의 속성, 자료의 수집방법, 변수의 특징을 먼저 알아야 적절한 분석방법이 선택가능하고, 4) 불필요한 자료의 정리가 중요하다(국외치 outlier, 결측치 missing data, 비신뢰자료), 5) 통계 옵션 선택에 따라 결과가 전혀 달라지므로 옵션의 이해가 중요하며, 6) 여러 분석법들 간의 수렴적, 단계적 적용이 필요하고, 7) 분석결과의 단순 기술이 아닌 연구가설과 관련짓는 연습이 요구된다.

참고문헌

[웹 소스] 심리통계실습실:

http://bh.knu.ac.kr/~kwak/psy_method/stat

- 김계수. (2004) AMOS 구조방정식 모형분석. SPSS 아카데미.
- 문수백. (2009). 구조방정식 모델링의 이해와 활용. 학지사.
- 박상현, 조신섭, 김성수. (2004). 한글 SPSS: ver. SPSS 12. 한나래.
- 성태제. (2007). SPSS/AMOS를 이용한 알기 쉬운 통계분석. 학지사.
- 신현정, 박태진, 도경수 (공역). (2004). 행동과학을 위한 통계학. 시그마프레스.
- 이주일(역). (2005). SPSS를 활용한 심리연구분석(2판). 학지사.
- 허명희, 양경숙 (2007). SPSS 다변인자료분석. 한나래.
- Cohen, J. & Cohen, P. (1983). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*. LEA.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis*. LEA.
- Keppel, G. (1973). *Design & Analysis: A researcher's*

- handbook*. Prentice-Hall, Inc.
- Keppel, G. (1982). *Design & Analysis: A researcher's handbook(2nd Ed.)*. Prentice-Hall, Inc.
- Keppel, G. (1991). *Design & Analysis: A researcher's handbook(3rd Ed.)*. Prentice-Hall, Inc.
- Keppel, G., & Zedeck, S. (1989). *Data Analysis for Research Designs*. W. H. Freeman Company.
- Kirk, R. E. (1982). *Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences*. Brooks/Cole Publishing Co.
- Solso, R. L. (2008). *Experimental Psychology: A Case Approach(8th Ed.)*. Allyn and Bacon.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (1989). *Using Multivariate Statistics*. Haper & Row, Publishers, Inc.
- 1 차원고접수 : 2010. 5. 27
수정원고접수 : 2010. 6. 18
최종게재결정 : 2010. 6. 25

Precautions in Applying Multivariate Statistics: Analysis of Variance and Multiple Regression Analysis

Ho-Wan Kwak

Department of Psychology, Kyungpook National University

Due to the recent developments in commercial statistical packages, vast amount of research articles based on multivariate statistics have been published. While the multivariate statistics have advantages over the univariate statistics in dealing with more complicated research hypothesis, abuses and misuses in its application have been frequently noticed in many researches, due to the underlying complexities. Specifically, it is difficult to understand the basic principle due to the mathematical complexities underlying in it, henceforth making the interpretation of the analysis result be difficult. Even worse, different choice of the analysis methods sometimes result in contradicting results, making the interpretation implausible. This study tried to examine the cases of misuses in the application of multivariate statistics, and to identify the problems. Finally, several precautions for reducing the incidents was proposed.

Key words : multivariate statistics, analysis of variance, analysis of covariance, multivariate analysis of variance, multiple regression analysis