

KOVARYANS ANALİZİ

(Varyans Analizi ile Karşılaştırmalı Bir İnceleme)

Şener Büyüköztürk*

Özet

Kovaryans Analizi (ANCOVA), bir araştırmada etkisi test edilen bir faktör ya da faktörlerin dışında, bağımlı değişken ile ilişkisi bulunan bir değişkenin ya da değişkenlerin istatistiksel olarak kontrol edilmesini sağlayan bir teknik olarak bilinmektedir. ANCOVA, varsayımlarının karşılanması durumunda yararlı ve güçlü bir istatistiktir. Bu çalışmada ANCOVA, bir örnek üzerinde varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırmalı olarak tanıtılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, ANCOVA'nın kullanımına ilişkin bir algoritmanın tanıtılması amaçlanmıştır. Çalışma, tek faktörlü desenlerle sınırlı tutulmuştur.

Abstract

Analysis of Covariance (ANCOVA) is known as a technique that provides a statistical control of a variable or variables related to dependent variable apart from a factor or factors under study. ANCOVA is a strong and useful statistics if its assumptions are fulfilled. In this study, it was attempted to introduce ANCOVA in comparison with the analysis of variance (ANOVA) with an example. Another purpose was to introduce an algorithm in using ANCOVA. This study was limited with one-way designs.

Giriş

Davranış bilimlerinde son yıllarda özellikle yurt dışında yapılan çalışmalarda kovaryans analizinin (ANCOVA) sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Ryan ve Hess (1991) ANCOVA'yı, koşulları sağlandığında varyans analizinin kullanıldığı araştırma desenlerinin hemen tümünde kullanılabilen güçlü bir istatistik olarak tanımlamaktadır.

* Dr. Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi Eğitim Yönetimi ve Planlaması Bölümü, Eğitim İstatistiği ve Araştırma Anabilim Dalı

Varyans analizi ile kovaryans analizi arasındaki temel fark, ANCOVA'nın, analizde bağımlı değişken ile ilişkili olan ve ANOVA deseninde belirlenen bağımsız değişkenlerden farklı olarak bir ya da daha fazla değişkenin analize katılmasına olanak sağlamasıdır (Howitt ve Cramer, 1997).

Frigon ve Laurencelle (1993), bir çok araştırmacının (ANCOVA)'nın sadece potansiyel ortak değişkene ilişkin olarak gruplararası anlamlı farkların olması durumunda kullanılmasının uygun olduğu şeklinde yanlış bir düşünceye sahip olduklarını belirtmektedir. Bu durumun araştırmacıları yanlış yöne götürdüğü ve ANCOVA'nın mantığı üzerinde karışıklığa yol açtığı ifade edilmektedir. Gerçekte, doğru bir şekilde uygulandığında ANCOVA'nın, basit ANOVA'ya göre iki temel avantajı bulunduğu söylenebilir. Bunlar ; (a) hata varyansını azaltması nedeniyle daha büyük bir istatistiksel güç sağlaması ve (b) bir deneyin başlangıcında gruplar arası farkların olduğu durumlarda deneydeki yanlılıkta bir azalma sağlamasıdır.

Bu çalışmanın amacı kovaryans analizinin kuramsal çerçevesini temel çizgileriyle sunmak; tekniğin istatistiksel gücünü uygun bir örnek üzerinde ANOVA ile karşılaştırmalı bir şekilde tartışmak ve araştırmacılara bu tekniğin uygun kullanımına ilişkin bir algoritmayı tanıtmaktır.

Kovaryans Analizi : Özellikleri ve Varsayımları

Her hangi bir deneyde bağımlı değişken sonsuz sayıda değişkenden etkilenebilir. Bu tür değişkenlerin denekler üzerindeki etkileri bir gruptan diğerine farklılık gösterebilir. Böyle bir durumda sadece gözlenen değerden yola çıkarak bulunan bağımlı değişken üzerindeki gruplararası farklar, işlem etkisinin anlamlı olup olmadığını gösterir mi? Bu sorunun yanıtı büyük bir olasılıkla "hayır"dır. Sorun, bağımlı değişkenle ilişkisi gözlenen değişken ya da değişkenlerin analize dahil edilmesiyle çözülebilir. ANCOVA böyle bir mantığa dayanmaktadır.

ANCOVA deseni faktör (bağımsız değişken) ve bağımlı değişkene ek olarak, bağımlı değişken ile ilişkisi olan, onu etkileyen ve hata kontrolü ile grupların bağımlı değişkendeki ortalamalarını ayarlamak için kullanılan başka değişkenlerin varlığını gerektirir. Söz konusu bu değişkenlere ortak değişkenler (covariates ya da concomitants) adı verilmektedir. Deneysel desen ile kontrol altına alınamayan dış etkenler, doğrusal bir regresyon yöntemi ile ortadan kaldırılabilir. ANCOVA, varyans analizi ve regresyon

analizini birlikte kullanarak deneydeki işlemin gerçek etkisini belirleyebilmektedir. Araştırmacı ANCOVA yardımıyla, bağımlı değişkene ait ortalamaları ortak değişkende gözlenen farklılığa göre ayarlamayı ve bu farklılık nedeniyle oluşan hata varyansını deneysel hatadan ayırmayı amaçlar (Ferguson ve Takane, 1989; Özden, 1981). ANCOVA ile, bağımlı değişken üzerindeki her bir gözlem için, ortak değişkene dayalı düzeltilmiş değerler üretilir.

ANCOVA, ANOVA'da olduğu gibi temelde ilgilenilen faktör ya da faktörlerin bağımlı değişken üzerinde etkilerinin olup olmadığını test eder. Ancak bunu yaparken ANOVA'dan farklı olarak, bağımlı değişken üzerinde etkisi gözlenen dış etkenlerin yol açtığı varyansı kontrol ederek sonuçta testin gücünün daha da artmasını sağlar.

Kısaca ANCOVA bir araştırmada, etkisi test edilen bağımsız değişkenin dışında, bağımlı değişken ile ilişkisi bulunan ve ortak değişken olarak isimlendirilen bir başka değişkenin ya da değişkenlerin istatistiksel olarak kontrol edilmesini sağlayan bir teknik olarak tanımlanabilir. ANCOVA'ya genellikle öntest-sontest kontrol gruplu desenlerde, deney ve kontrol grubunun sontest ölçümleri arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını test etmek için başvurulmaktadır. Burada ön test ölçümleri ortak değişken olarak tanımlanmaktadır.

Green, Salkind ve Akey (1997), bu tür bir analiz için araştırma sorusunun, ortalamalar arasındaki farklar ve değişkenler arasındaki ilişki bakımından ifade edilebileceğini belirtmektedirler. Buna göre araştırma sorusu şu iki biçimde ifadelendirilebilir :

1. Grupların bağımlı değişkene ilişkin ortalama puanları, dış etkenle ilgili olarak başlangıçta gruplararası fark olmadığı varsayıldığında, farklılık göstermekte midir?

2. İşlem öncesindeki dış etkene bağlı grup değerleri sabit tutulduğunda, uygulanan işlem ile bağımlı değişken arasında bir ilişki var mıdır?

Araştırma sorusu nasıl sorulursa sorulsun sonuçta ANCOVA, ortak değişkene göre ayarlanmış grup ortalamalarının birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini test eder.

ANCOVA deseninde denekler bağımlı değişken, bağımsız değişken-faktör ve ortak değişkene ilişkin birer değere sahiptir. Denekler, bağımsız değişkenin (faktörün) düzeyine göre iki ya da daha fazla gruba ayrılırken, diğer iki değişkene ilişkin süreklilik özelliği olan sayısal değerlere sahiptirler (Green, Salkind ve Akey, 1997).

ANCOVA, regresyon ve ANOVA'yı birleştiren bir teknik olduğu için doğal olarak her iki yaklaşımın varsayımlarının karşılanmasını gerektirir.

Frigon ve Laurencelle (1993), ANCOVA'nın şu koşullara göre kullanılmasını önermektedirler: (a) Gruplar-İçi regresyon eğimlerinin homojen olması. (b) Randomize (seçkisiz) bir desende bağımlı değişken (Y) ve ortak değişken (X) arasındaki Pearson korelasyon katsayısının $r \geq 0.3$ olması. Bu koşul, randomize olmayan desenlerde, ANCOVA'yı kullanmak için gerekli değildir. Çünkü bu durumda bağımlı değişkene ilişkin puanlar için yapılacak düzeltmeler, $r < 0.3$ ' den daha düşük korelasyon ile de elde edilebilmektedir. (c) X ve Y değişkenleri arasındaki ilişkinin doğrusal olması.

Ancak bu üç koşulun dışında analizin ANOVA ile çakışan başka varsayımları da bulunmaktadır. Green, Salkind ve Akey (1997), bunları, "bir faktöre göre oluşan grupların her biri için bağımlı değişkenin evrendeki dağılımını normal ve grupların bu değişkene ilişkin varyansları eşit ve deneklerin değişkenlerden elde ettikleri değerler birbirinden bağımsızdır" şeklinde rapor etmektedirler. Normallik sayılıtı, eşit ve makul bir büyüklükteki ($N_i \geq 15$) gruplarda ihmal edilebilir. Bu durumda varsayımın ihlali sonuçlar üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmayacaktır. Benzer durum varyansların eşitliği için de söz konusu olmakla birlikte, bu noktada araştırmacının daha tutucu olması gerektiği önerilmektedir.

Yukarıda belirtilen varsayımlardan da çıkartılacağı gibi kovaryans analizinin bir diğer sınırlılığı, ortak değişken ve bağımlı değişkenin, sürekli bir değişken ve en az aralık ölçeğinde olmasıdır.

Kullanıcının bir ANCOVA uygulaması öncesinde analizin temel varsayımı olan gruplar-İçi regresyon eğimlerinin eşitliği (tek faktörlü desenlerde regresyon doğrularının paralel olması) varsayımını test etmesi önerilmektedir. Öyle ki bu test ile eğimler homojen çıkmaz ise ANCOVA uygulamasından vazgeçilmesi önerilmektedir. Çünkü, bu varsayımın ihlali analiz sonuçlarının geçerliliğini ciddi bir şekilde tehlikeye sokar ve analiz

sonuçlarına güvenilemez (Ferguson ve Takane, 1989; Frigon ve Laurencelle, 1993; Ryan ve Hess, 1991). Regresyon eğimlerinin homojenliğini test etmek için bir F oranı kullanılır. Okuyucu bu testin uygulamasına ilişkin ayrıntılı bilgiyi, Ferguson ve Takane (1989, 401)'de ve diğer ileri istatistik kitaplarında bulabilir.

ANCOVA'da gruplar-içi regresyon eğimlerinin homojenliğinin test edilmesinden sonra grupların ayarlanmış ortalamaları arasındaki fark test edilir ve anlamlı bir fark bulunursa bu bulgu, işlemin bağımlı değişken üzerinde etkili olduğu şeklinde yorumlanır. Deneklerin faktörün ikiden fazla düzeyine atandığı bir araştırma deseninde, bağımlı değişkenin ayarlanmış ortalamaları arasında anlamlı bir farkın bulunması durumunda, farkın hangi gruplar arasında olduğuyula ilgileniliyorsa, ayarlanmış ortalama çiftleri için bir F testi uygulanır.

Öte yandan ANCOVA ile de etki genişliği indeksi (kısmi eta-kare) ve korelasyon oranı (eta-kare) hesaplanabilmektedir. Etki genişliği ve korelasyon oranı, faktörün ya da ortak değişkenin bağımlı değişken üzerinde ne derece etkili olduklarını yorumlamada kullanılır ve 0-1 arasında bir değer alır. Bu iki kat sayıdan daha sık kullanılanı korelasyon oranı, eta-kare (η^2), faktörün ya da ortak değişkenin bağımlı değişkende açıkladığı varyans oranını hesaplamada kullanılır. Eta-kare, doğrusal ilişki varsayımını gerektirmeyen bir ilişki indeksi olarak da düşünülebilir. Ancak eta-kare, iki değişken arasındaki basit bir ilişki olarak değil, tıpkı çoklu korelasyon kat sayısı (R^2) gibi incelenip yorumlanmalıdır. Bu istatistik, bağımlı değişkenin en az aralık ölçeğinde olmasını gerektirirken, onu etkileyen ve analize alınan değişkenlerin herhangi bir ölçek düzeyinde olmasına izin verir (Green, Salkind ve Akey, 1997; Ryan ve Hess, 1991). Açıklanan varyans oranını hesaplamada kullanılacak eta-kare, hangi terim (faktör, ortak değişken ya da hata) için hesaplanacak ise o terime ilişkin kareler toplamının toplam kareler toplamına bölünmesiyle kolayca hesaplanabilir. Örneğin, faktörün-grubun bağımlı değişkende açıkladığı varyans miktarını bulmak için, gruba karşılık gelen kareler toplamını toplam kareler toplamına bölmek gereklidir.

Ortak Değişkene İlişkin Gruplararası Anlamlı Farkların Bulunması

ANCOVA'nın kullanımı, Lowell ve diğerleri (1987) gibi bazı araştırmacılar tarafından gruplararası ortak değişkene ilişkin başlangıçtaki anlamlı farkların bulunmasına bağlanır. Bu mantıktan hareket eden bir araştırmacının başlangıçtaki gruplar arası farkları bulması durumunda ANCOVA'ya yöneleceği düşünüldüğünden analiz sürecine ilişkin bir sorun yoktur. Ancak, Frigon ve Laurencelle (1993) tarafından da vurguladığı gibi, bu analizin sonuçlarının anlamlı çıkmamasının, araştırmacıyı salt bu nedenle ANCOVA'yı ihmal etmeye ve onun yerine bağımlı değişken üzerinde ANOVA yapmaya yönlendirecektir. Buna bağlı olarak araştırmacının ANCOVA'nın kullanılmasının uygun olduğu bazı durumları ihmal etmesine yol açacaktır. Bunun doğal bir sonucu olarak araştırmacı, anılan durumlarda ANCOVA'nın potansiyel yararlarını elde edemeyecektir.

Çünkü, ANCOVA, yalnızca gruplararası önceden oluşan farklılığı düzeltmek ile kalmaz; bunun yanı sıra çoğu zaman, bağımlı değişkenle ortak değişken arasında doğrusal bir ilişkinin olması şartıyla, hata varyansını düşürerek istatistiksel gücü ve tahminin doğruluğunu artırır. Gerçekte bu hata varyansını düşürme, ANCOVA'nın temel avantajlarından biridir (Frigon ve Laurencelle, 1993). Böylece, ANCOVA ortak değişkene ilişkin deney gruplarının anlamlı bir şekilde farklılaşmaması durumunda dahi kullanılabilen bir tekniktir. Çünkü, ANOVA deseninde bağımlı değişken üzerinde anlamlı olmayan bir F değeri, testin istatistiksel gücündeki bir artışa bağlı olarak ANCOVA deseninde yükselerek bir olasılıkla anlamlı bir düzeye ulaşacaktır.

ANCOVA'nın kullanımına ilişkin yukarıda kısaca özetlenen görüşler, aşağıda verilen iki örnek üzerinde tartışılarak değerlendirilmeye çalışmıştır.

ANCOVA'nın kullanımı konusunda üzerinde işlemlerin ve tartışmaların yapılacağı iki örnek, Frigon ve Laurencelle (1993)'in çalışmasından alınmıştır. Her iki örnek için yapılan incelemede gruplar-İçi regresyon eğimlerinin homojen olduğu bulunmuştur. Çizelge 1'de her biri sekiz denekten oluşan dört grubun ortak değişken (X) ve bağımlı değişken (Y) ile ilgili ölçümlerine ve bazı istatistiklere yer verilmiştir. Tüm denekler için, X ve Y arasındaki korelasyon $r_{xy} = 0.74$ 'dür ($p < .0001$).

ÇİZELGE 1
BİRİNCİ ÖRNEK İÇİN DENEMELİK VERİ

Denek	Grup 1		Grup 2		Grup 3		Grup 4		
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃	X ₄	Y ₄	
1	60	8	71	8	81	9	65	7	
2	75	11	72	9	85	10	74	8	
3	53	8	66	8	84	9	80	9	
4	65	8	65	7	76	8	73	8	
5	50	6	62	6	73	7	85	10	
6	53	7	67	7	78	8	82	10	
7	51	7	72	8	73	7	78	9	
8	57	7	69	7	74	8	87	11	
\bar{X}	\bar{Y}	58	7.75	68	7.5	78	8.25	78	9.0
S _x	S _y	8.50	1.49	3.63	0.93	4.84	1.04	7.17	1.31
r _{x y}		0.90		0.81		0.94		0.97	

Deneyde dört grubun X'den aldıkları ortalama puanlarının farklılaşp farklılaşmadıkları bir yönlü ANOVA ile test edilmiş ve sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

ÇİZELGE 2
ÖRNEK 1 İÇİN X ÖLÇÜMLERİYLE İLGİLİ ANOVA SONUÇLARI

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı (SS)	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık Düzeyi (p)
Gruplararası	2200.000	3	733.333	18.3	.000
Gruplarıçi	1122.000	28	40.071		
Toplam	3322.000	31			

Çizelge 2’de grupların X ölçümlerine göre yapılan ANOVA sonucuna göre gruplararasıda anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir [$F_{(3, 28)} = 18.3, p < .0001$]. Bu durumda araştırmacı işleme ANCOVA ile devam edecektir.

Çizelge 1’de yer alan veriler için işlemin Y üzerindeki etkisinin incelendiği bir yönlü ANOVA ve X değişkeninin de analize katıldığı ANCOVA sonuçları Çizelge 3’te gösterilmiştir. Buna göre, ANOVA dikkate alındığında işlemin Y üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılrken [$F_{(3, 28)} = 2.39, p > .05$], ANCOVA sonucuna göre, işlem etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir [$F_{(3, 27)} = 22.03, p < .0001$].

ÇİZELGE 3

ÖRNEK 1 İÇİN İŞLEMİN Y ÜZERİNDEKİ ETKİSİNE İLİŞKİN ANOVA VE ANCOVA SONUÇLARI

Varyansın kaynağı	SS	df	MS	F	p	η^2
ANOVA						
İşlem	10.500	3	3.50	2.39	.0889	0.20
Hata	41.000	28	1.464			0.80
Toplam	51.500	31				1.00
ANCOVA						
Ortak değişken	34.239	1	34.239	136.73	.0001	0.59
İşlem	16.552	3	5.517	22.03	.0001	0.29
Hata (gruplarıçei)	6.761	27	0.250			0.12
Toplam	57.552	31				1.00

Yine her bir bileşenin açıkladığı varyans miktarı olarak bilinen korelasyon oranı (η^2) incelendiğinde ANOVA’da hata varyans oranı % 80 iken bu oran, ANCOVA’da % 12’ye düşmektedir. Bunun bir sonucu olarak işlem etkisinin açıkladığı varyans oranı % 20’den % 29’a yükselirken, testin gücü artmaktadır. Çünkü, ANCOVA tarafından yapılan düzeltme sonucunda

işlem etkisinin kareler ortalamasında bir miktar artış oluşmuştur. Sonuç olarak bu örnekte ANCOVA'nın hem işlem, hem hata varyansını değiştirdiği açıkça görülmektedir.

Öte yandan, Frigon ve Laurencelle'in (1993) aktardığına göre Huitema (1980), ortak değişkene ilişkin gruplar arasında gözlenen anlamlı bir farkın, bir olasılıkla deneklerin işlem gruplarına yansız olmayan atanmasını gösterebileceğini açıklamaktadır. Yazarlar, böyle bir olasılığın ve Lowell ve diğerleri (1987) tarafından önerilen mantığın birlikte düşünülmesi durumunda, ANCOVA'nın sadece yansız olmayan desenlerde kullanılan bir teknik olarak görülmesi gibi yanlış bir sonucun ortaya çıkabileceği belirtilmektedir.

Ortak Değişkene İlişkin Gruplararası Anlamlı Farkların Olmaması Durumu

Birinci örnekte grupların X değişkenine ilişkin ölçümleri arasında anlamlı bir farkın olduğu bulunmuştu. Denekler arasında başlangıçta böyle bir farklılığın olmadığı bir durum düşünülerek buna uygun bir denemelik veri seti hazırlanmış ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu veriler, Çizelge 1'de yer alan X değerleri üzerinde bazı düzeltmeler yapılarak elde edilmiştir. Örnekte, X değişkenine ilişkin tüm grupların ortalama değerleri $\bar{X}=78$ 'de eşitlenmiştir. Yeni veri seti Çizelge 4'te sunulmuş olup, X ve Y arasındaki korelasyon tüm denekler katıldığında $r_{xy} = 0.82$ 'dir ($p < .0001$).

İkinci örnekte, bağımlı değişkenle ilgili verilerde bir değişiklik yapılmadığından Çizelge 2'deki ANOVA sonuçları değişmemiştir. Bu örnekte, grupların ortak değişkene ilişkin ortalama değerleri aynı iken, Çizelge 5'te gösterildiği gibi ANCOVA'ya göre işlemin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu ortaya çıkmaktadır [$F_{(3, 27)}=13.98, p < .0001$]. İki örnek birlikte incelendiğinde, ANOVA ve ANCOVA analizlerinin her ikisinde de işlemin Y'ye olan etkisiyle ilgili varyans tahmini ($MS=3.5$) eşittir. Yani, ANCOVA'nın işlem üzerinde hiç bir etkisi yoktur. Çünkü grupların ortak değişkene ilişkin ortalaması eşittir. İki analiz arasındaki fark, ANCOVA deseninde daha küçük hata varyansının üretilmesidir. Görülebildiği gibi, hesaplanan hata varyansı ANOVA'da (Çizelge 3) toplam varyansın % 80'i iken ANCOVA'da (Çizelge 5) bu oran % 13'e düşmüştür.

ÇİZELGE 4
ÖRNEK 2 İÇİN DENEMELİK VERİ

Denek	Grup 1		Grup 2		Grup 3		Grup 4		
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃	X ₄	Y ₄	
1	80	8	81	8	81	9	65	7	
2	95	11	82	9	85	10	74	8	
3	73	8	76	8	84	9	80	9	
4	85	8	75	7	76	8	73	8	
5	70	6	72	6	73	7	85	10	
6	73	7	77	7	78	8	82	10	
7	71	7	82	8	73	7	78	9	
8	77	7	79	7	74	8	87	11	
\bar{X}	\bar{Y}	78	7.75	78	7.5	78	8.25	78	9.0
S _x	S _y	8.50	1.49	3.63	0.93	4.84	1.04	7.17	1.31
r _{x y}		0.90		0.81		0.94		0.97	

ÇİZELGE 5
ÖRNEK 2 İÇİN ANCOVA SONUCU

Varyansın kaynağı	SS	df	MS	F	p	η^2
ANCOVA						
Ortak değişken	34.239	1	34.239	136.73	.0001	0.67
İşlem	10.500	3	3.500	13.98	.0001	0.20
Hata (res _w)	6.761	27	0.250			0.13
Toplam	51.500	31				1.00

Böyle bir durumda araştırmacı, Lowell ve diğerleri (1987) tarafından önerilen yanlış mantığı izlemiş olsaydı, ANCOVA'ya başvurması gerekiyordu. Çünkü gruplar ortak değişken üzerinde farklılaşmamaktaydı. Bu durumda ANOVA'ya dayalı bir F testi sonucunda “işlem etkisinin anlamlı olmadığı” gibi yanlış bir sonuç çıkacaktı. Dolayısıyla çalışmada bağımlı değişkenle anlamlı bir ilişkisi olan bir ortak değişken belirlenmiş olmasına karşın, ANCOVA'nın kullanılmaması yüzünden onun istatistiksel gücü yükseltmesi olanağı tamamen ihmâl edilmiş olacaktır.

ANCOVA'nın Kullanımına İlişkin Bir Algoritma Önerisi

Frigon ve Laurencelle'in (1993) kovaryans analizinin kullanımına ilişkin önerdiği algoritma aşağıda verilmiştir. Araştırmacıların uygun veri seti için bu analizi kullanmayı düşünmeleri halinde aşağıda verilen aşamaları izlemeleri önerilmektedir.

1. Aşama. Gruplar-içi regresyon eğimlerinin homojenliğini test ediniz. Bu amaçla eğimlerin heterojenliği için F-testini kullanınız. Bu test istatistiksel olarak anlamlı ise 7.aşamaya, değilse 2.aşamaya gidiniz.

2. Aşama. Regresyon eğimlerinin homojenliğine ilişkin null hipotezi red edilmişse bağımlı değişken ile ortak değişken arasında bir korelasyon hesaplayınız. $r_{XY} \geq 0.3$ ise 10. aşamaya, değilse 3.aşamaya gidiniz.

3. Aşama. $r_{XY} < 0.3$ olduğunda, X ve Y arasında tanımlanabilir sistematik doğrusal bir ilişkinin olup olmadığını inceleyiniz. Bu inceleme bir istatistiksel test ile ya da saçılma diyagramı üzerinde görsel olarak yapılabilir. İlişki doğrusal ise 4.aşamaya, değilse 9.aşamaya gidiniz.

4. Aşama. Araştırmada kullanılan desen randomize bir desen ise, 5.aşamaya, değilse 6.aşamaya gidiniz.

5. Aşama. Bu durumda, ANCOVA ile testin gücünde küçük bir kazanç olacağından ortak değişkene dikkat etmeksizin bağımlı değişken üzerinde ANOVA yapınız.

6. Aşama. ANCOVA ve ANOVA'yı ayrı ayrı yapınız ve sonuçları düzeltmenin getirisini değerlendiriniz. Çünkü randomize olmayan bir çalışmada X ve Y arasındaki korelasyon düşük olsa da düzeltme önemli olabilir.

7. Aşama. X ve Y arasında tanımlanabilir sistematik doğrusal bir ilişkinin olup olmadığını inceleyiniz. Tüm gruplarda X ve Y arasındaki ilişki doğrusal ise 8. aşamaya, değilse 9. aşamaya gidiniz.

8. Aşama. Heterojen durum için Johnson-Neyman işlemini uygulayınız; ayrıntı ve uygulama için ileri istatistik konularını içeren kitaplara bakılabilir.

9. Aşama. Bu durumda Huitema'nın (1980) da belirttiği gibi doğrusal olmayan bir ANCOVA'nın yapılması daha uygun olacaktır. Alternatif olarak, araştırmacı mümkünse ortak değişken üzerindeki yakın değerlere göre denekleri yeniden gruplandırabilir (post-hoc blocking) ve karışık random bloklar deseninde ANOVA yapabilir. Üçüncü bir çözüm ise, ANCOVA'yı görmeyerek daha güçlü olabilecek bir ANOVA yapılmasıdır.

10. Aşama. ANCOVA yapınız. Bunu, analizde ikiden fazla grup var ise düzeltilmiş ortalamalar için çoklu karşılaştırma testleri izleyebilir.

Tartışma ve Öneriler

ANCOVA, gerçekte yorucu hesaplamalar gerektirmektedir, ancak bugün varsayımlarının karşılandığı desenlerde, bilgisayar ve istatistik paket programlarının yaygınlaşmasıyla kolayca uygulanabilen ve geniş kullanım alanı olan bir teknik haline gelmiştir. Frigon ve Laurencelle (1993), ANCOVA'nın tüm potansiyel yararlarının sadece doğru bir şekilde uygulanmasıyla mümkün olabileceğini açıklamaktadır.

ANCOVA'nın kullanımına ilişkin daha önce vurgulandığı üzere bazı yanlış eğilimlerin söz konusu olabilmesi, bu tür desenler için önemli bir sorundur. Bu doğrultuda ANCOVA'nın gruplar arasında bazı değişken(ler) bakımından başlangıçta var olan farkları ortadan kaldırmak ve böylece bu değişken(ler)in bağımlı değişkene olan etkilerinin gruplar için sabitlenmesini sağlamak amacıyla kullanılması önerilmektedir. Ancak alanyazında, böyle bir öneri getirilirken gruplar arasında başlangıçta bir farkın olmaması durumunda bu tekniğin kullanılmasının gerekip gerekmediği genellikle tartışılmamaktadır. Lowell ve diğerlerinin (1987) ANCOVA'yı sadece başlangıçtaki anlamlı farklar koşuluna bağlamasına uyulması durumunda, yanlış sonuçlara gidilebileceği Örnek 2 ile gösterilmiştir.

Owens ve Waxman (1994), öntest-sontest deseninde yaptıkları bir araştırmada ANCOVA'nın işlemin, bağımlı değişkene olan etkisini daha iyi değerlendirme olanağı sağladığını belirtmektedirler. Yazarlar, ANCOVA'nın, işlem düzeylerine random olarak atanan deneklerin oluşturduğu gruplar arasında başlangıçtaki farkların istatistiksel olarak kaldırılabilmesine olanak sağlaması ve önceki ölçümün sonraki ölçüm üzerindeki etkisini düşürmesi bakımından olmak üzere iki temel yarar getirdiğini bildirmektedirler. Ancak böyle bir yararın elde edilebilmesini bir olasılıkla ortak değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin düzeyine bağlayan yaklaşımlara rastlanılmaktadır. Frigon ve Laurencelle (1993), randomize desenlerde değişkenler arasındaki ilişki miktarının 0.30'a eşit ve büyük olması gerektiğini, randomize olmayan desenlerde ise bu değerden düşük olabileceğini açıklamaktadırlar. Bu soruna farklı bir yaklaşım Ryan ve Hess'de (1991) gözlenmektedir. Yazarlar ANCOVA'nın güvenilirliğini, diğer koşullar karşılandığında ortak değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin derecesine bağlamaktadır. Yazarlara göre, ilişki ne kadar büyük olursa testin gücünde, doğruluğunda o kadar bir kazanç olacaktır. Buna karşılık zayıf bir ilişkinin testin gücünde ve doğruluğunda bir düşüşe yol açabileceği vurgulanmaktadır. Bu nedenle ortak değişken ile bağımlı değişken arasında düşük bir korelasyonun tespit edilmesi durumunda bu tekniğin kullanılmamasının daha uygun olacağı belirtilmektedir. Roscoe (1975), bu iki değişken arasındaki korelasyon 0.30'dan küçük ise ANCOVA'dan elde edilecek yararın, muhtemelen ihmal edilebilir olacağını belirtmektedir. Ferguson ve Takane (1989) ise, ortak değişken ile bağımlı değişken arasındaki korelasyonun 0.40'dan düşük olması durumunda ANCOVA deseni yerine, Randomize Blok Deseninin kullanılmasını önermektedir.

Randomize olmayan araştırma desenlerinde ANCOVA'nın kullanılması halinde analiz, yanlış sonuçlar üretebilmektedir Frigon ve Laurencelle (1993), bu nedenle randomize olmayan desenlerde araştırmacının ANCOVA kullanımından kaçınması gerektiğini açıklamaktadır.

Randomize olmayan desenler için ANCOVA'nın kullanılabilirliği tartışılmaktadır. Green, Salkind ve Akey'e (1997) göre, ANCOVA'nın bu tür desenlerde kullanılması analizin yanlış sonuçlar üretmesine neden olabilmektedir. Frigon ve Laurencelle (1993) ise, randomize olmayan desenlerde ANCOVA kullanımından kaçınılmasını önermektedir. Buna göre

ANCOVA'nın kullanımı deneklerin gruplara random atandığı desenler için uygundur. Bu görüş genelde yazarlar tarafından desteklenmesine karşın, araştırmacının randomize olmayan bazı özel durumlarda, deneyde hazır gruplar kullanmak gerektiğinde, ANCOVA'nın kullanılabileceği de belirtilmektedir (Ferguson ve Takane, 1989; Howell, 1987). Örneğin, iki ayrı öğretim yönteminin etkililiğini değerlendirmek isteyen araştırmacı, bu çalışmasını kendisine verilen iki sınıfta yapmak zorunda kalabilir. Bu durumda araştırmacı kullanılan yöntemin başarıya olan gerçek etkisini açıklayabilmek amacıyla gruplar arasında genel yetenek düzeyleri bakımından başlangıçta var olan farkların, başarıya olan etkisini ortadan kaldırmak amacıyla ANCOVA'ya başvurabilir. Ancak, Pedhazur (1982), yarı deneysel ya da deneysel olmayan araştırmalarda ANCOVA'nın kullanılması durumunda, ortak değişkene dayalı düzeltmeler için kullanılacak parametrelerin tahmininin yanlı olabileceği, bunun da bağımlı değişkene ilişkin ortalama puanlarda yapılacak düzeltmeleri etkileyebileceğini belirtilerek bu tür desenlerden elde edilen sonuçların genellikle geçerli olmayacağı vurgulamaktadır.

Öte yandan ANCOVA deseninde, ortak değişkenin işlemden önce ölçülmüş olması gerekmektedir (Pedhazur, 1982). Ancak nadiren de olsa ortak değişkene ilişkin ölçümlerin, işlemden sonra elde edildiği özel bir durum söz konusu olabilir. Bu tür bir desende ortak değişken işlemden etkilenecektir. Yazar böyle bir durumda, ortak değişken için yapılacak düzeltme işlemi ile sadece dış etkenin yol açtığı varyansın değil, aynı zamanda işlemin yol açtığı bir varyansın da ortadan kaldırılması gibi bir sonuçla karşılaşılabilceğini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak ANCOVA, bilinçli bir yaklaşımla doğru kullanıldığında ANOVA desenlerine göre istatistiksel gücün artmasını sağlayan, böylece araştırmacıya önemli yararlar sağlayabilen, güçlü ve yararlı bir teknik olarak betimlenebilir.

KAYNAKLAR

- Ferguson G. A. & Takane, Y. (1989). **Statistical analysis in psychology and education**. (sixth ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
- Frigon, J.Y. & Laurencelle, L. (1993). Analysis of covariance : a proposed algorithm . **Educational and Psychological Measurement**, **53**, 1-18.
- Green, S.B., Salkind N.J. & Akey, T.M. (1997). **Using SPSS for windows : analyzing and understanding data**. New York: Printice Hall.
- Howell, D.C. (1987). **Statistical methods for psychology**. (second ed.). Boston:Duxbury Press.
- Howitt, D. & Cramer, D. (1997). **An Introduction to statistics in psychology: a complete guide for students**. London: Prentice Hall.
- Lowell, M.K., Franzen, M.K & Golden, C.J. (1987). Statistical techniques in neuropsychology IV: analysis of covariance. **The International Journal of Clinical Neuropsychology**, **IX**, 49-55.
- Owens, E. W. & Waxman, H.C. (1994). Comparing the effectiveness if computer- assisted instruction and conventional instruction in mathematics for african- american postsecondary students. **International Journal Of Media**, **21** (4), 327-326.
- Özden, H. (1981). **İstatistik kuramı ve uygulamalar**. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No 3.
- Pedhazur, E.J. (1982). **Multiple regression in behavioral research: explanation and prediction**, (second ed.). USA: Rinehart and Winston.
- Roscoe, T.J. (1975). **Fundamental research statistics for the behavioral Sciences**, (second ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ryan, J.M. & Hess, R.K. (1991). **Handbook of statistical procedures and their computer applications to education and the behavioral sciences**. New York: McMillian Publishing Company.