



Faktör Sayısının Belirlenmesinde MAP Testi, Paralel Analiz, K1 ve Yamaç Birikinti Grafiği

Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Duygu KOÇAK*, Ömay ÇOKLUK**, Murat KAYRI***

Öz: Bu araştırmada faktör sayısına karar vermede kullanılan; K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi yöntemleri ile elde edilen faktör sayılarının, yine faktör sayısı belirlemedeki etkililiklerinden dolayı, farklı örneklem büyüklüğü ve madde sayısı koşulları altında karşılaştırılması amaçlanmıştır. Analiz için kullanılacak veriler, simülasyon çalışması ile elde edilmiştir. K1 yöntemi ve Yamaç Birikinti grafiğine ilişkin analizler SPSS yardımıyla yapılmıştır.

MAP testi ve Paralel Analiz ise R yazılımındaki {psych} paketindeki mevcut komutlardan faydalanılarak yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler; Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerinin faktör sayısını belirlemede birbiri ile tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Ancak, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin ise diğer yöntemlere göre daha fazla sayıda faktör belirleme eğiliminde olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmacılara, açıklayıcı faktör analizinde faktör sayısını belirleme noktasında, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği sonuçlarına ek olarak Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerini de uygulamaları ve sonuçları birlikte değerlendirmeleri önerilebilir. Bu yolla, psikometrik ölçüm sürecinin daha rasyonel olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: K1, MAP Testi, Paralel Analiz, Yamaç Birikinti Grafiği, Yapı Geçerliği

*Öğr.Gör., Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ölçme ve Değerlendirme ABD, Adıyaman. Elektronik posta: dkocak@adiyaman.edu.tr

**Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Ölçme ve Değerlendirme Bölümü, Ankara. Elektronik posta: cokluk@education.ankara.edu.tr

***Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Muş. Elektronik posta: muratkayri@gmail.com



The Comparison of MAP Test, Parallel Analysis, K1 and Scree-Plot Methods in Terms of Assigning Factor Numbers

Abstract:This research investigated K1, Scree-Plot, Parallel Analysis and MAP tests, comparatively. To make a robust decision, these methods were compared with each other at different sample size and item numbers. The data which will be used for this research was derived from a simulation study. K1 methods and Scree-plot graphic were produced via SPSS. MAP test and Parallel Analysis were done by using R software {psych}. According to the findings of this research, Parallel Analysis and MAP test have consistent results in terms of assigning factor numbers. In other words, the findings of Parallel Analysis are similiar to MAP test in terms of assigning factor numbers. On the other hand, K1 and Scree-Plot graphic methods produced more factor numbers than Parallel Analysis and MAP test had. It is suggested to researchers that Parallel Analysis and MAP test should be used to confirm the findings of the K1 and the Scree-Plot methods. By this way, the robustness of a psychometric study can be reinforced.

Keywords: K1, Map Test, Parallel Analysis, Scree-Plot Graphic, Construct Validity

Giriş

Eğitim ve psikolojide ilgilenilen ve araştırmalara konu olan özellikler çoğunlukla psikolojik özelliklerdir. Bu özellikler “yapı” olarak adlandırılan soyut özelliklerdir dolayısıyla doğrudan gözlemlenemezler (Nunnally ve Bernstein, 1994). Yapı olarak ifade edilen psikolojik özellikler, hipotetik yani var olduğu öne sürülen özelliklerdir ve bunların bir kısmı henüz tam anlamıyla doğrulanamamaktadır. Bu nedenle, ancak kişilerin davranışlarından yola çıkarak psikolojik yapıya dair yorum yapılabilir. Psikolojik ölçmelerde yapı terimi iki anlamda kullanılır: bunlar, testler aracılığıyla gözlenen davranışlara bağlı olarak belirlenen özellikler ve özelliklere ilişkin boyutlarının adlandırılması, ikincisi ise testlerden elde edilen puanların anlamlandırılmasıdır (Urbina, 2004).

İlgilenilen soyut özelliğin gözlenmesi, yapının göstergesi olan davranışlarla somut hale getirilebilmesine dayalıdır. Yapının ölçülebilmesi Cronbach ve Meehl (1955) tarafından “ilişki ağı” olarak adlandırılan aşamalı bir yöntemle mümkündür. Bu süreçte ilk olarak, ölçülmek istenen yapının göstergesi olan davranışlar belirlenir, ölçülen yapı ile ilgili olduğu ya da olmadığı düşünülen diğer yapılar ve ardından ölçülmeye çalışılan yapıyla ilişkili olan diğer yapıların göstergesi olan davranışlar belirlenir (Murphy ve Davidshofer, 2001). Bu süreç araştırmacıları yapıların işevuruk tanımlarına ve yapının diğer yapılarla olan ilişkisini ortaya koyacak ölçütlere götürür. Yapıların işevuruk tanımları, yapıyı ölçmek için uygun ölçme aracının geliştirilmesi ve bu ölçme aracının ilgilenilen yapıyı ne düzeyde ölçtüğünü irdeleyen yapı geçerliği çalışmaları ile ilişkilendirilebilir.

Yapı geçerliği, gözlenemeyen soyut özelliklerin, göstergesi olan gözlenebilir davranışlar aracılığıyla ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların geçerliği ile ilgilidir. Yapı geçerliği, ölçme

aracının tanımlanan yapıyı doğru ölçebilme derecesini sunar. Araştırmacılar, karmaşık ilişki ağı yöntemiyle her bir yapının diğer yapılarla ilişkisini ortaya koymaktansa, ölçme aracından elde edilen puanlara göre psikolojik yapı hakkında hangi çıkarımların yapılabileceğine ve hangi koşullar altında bu çıkarımların geçerli olduğu ile ilgili çalışmalara yönelmişlerdir (Murphy ve Davidshofer, 2001). Bu bakımdan yapı geçerliği çalışmaları, bir ölçme aracının ilgili psikolojik yapıyı ya da özeliği ölçme derecesini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilir (Crocker ve Algina, 1986).

Yapı geçerliğini belirlemede farklı yöntemler kullanılabilir ve bu yöntemler aracılığıyla elde edilen sonuçlar, ölçme aracının ölçmeyi amaçladığı yapı için kanıt oluşturur. Bu yöntemlerle elde edilen kanıtların bir araya getirilmesi ile ölçme aracının ölçmeyi amaçladığı yapıyı ortaya koyup koymadığı kararlaştırılır (Atılğan, Kan ve Doğan, 2006). Yapı geçerliği çalışmaları, ilgili yapının ve yapıyı ölçmek için kullanılan ölçme aracının niteliğine – biçimine, yapıyla ilgili kuram ve bunun için daha önce yapılmış araştırmaların olup olmasına ve başka özelliklere göre çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir (Erkuş, 2003). Bu yöntemler arasında; cevaplayıcıların cevaplama süreçlerinin incelenmesi, kümeleme analizi, çoklu özellik-çoklu yöntem, uzman yargısına başvurma, iç-tutarlılığın incelenmesi, diğer ölçme araçlarıyla korelasyon, gruplararası ayrışma ve faktör analizi sayılabilir.

Faktör analizi diğer yöntemlere göre daha yaygın kullanım alanına sahiptir. Alanyazında faktör analizinin, yapı geçerliğini belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntem olduğu konusunda fikir birliği vardır (Anastasi, 1986; Atılğan ve diğ.,2006; Crocker ve Algina, 1986; Cronbach, 1990; Dancey ve Reidy, 2004; Erkuş,2003; Pedhazur ve Schmelkin, 1991; Urbina,2004). Stapleton (1997), faktör analizinin kapsamlı bir terim olduğunu ve bir grup değişken ya da objeyi temsil eden gözlenen değişkenlerin, önemli bilgiler içerdiği varsayılan, daha az sayıda faktör olarak ifade edilen hipotetik değişkenlere indirgemekle sonuçlanan bir dizi

yöntem olduğunu belirtmektedir. Faktör analizi, yapıların doğasında varolan iç bağımlılıkların oluşturduğu avantajla verilerin karmaşıklığını azaltır. Bu sayede de az sayıda faktör yardımıyla, çok sayıda orijinal gözlemden oluşan geniş veri setlerinin sunduğu bilginin neredeyse aynı sunulur (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2010).

Faktör analizi, sosyal bilimlerde ölçek geliştirme ya da uyarlama çalışmalarında, ölçeklerin farklı amaçlar ya da gruplar için kullanıldığı araştırmalarda, yapı geçerliği kanıtlarının üretilmesi, faktörlerin belirlenmesi ya da önceden belirlenen faktörlerin doğrulanıp doğrulanmadığının test edilmesi için kullanılır. Faktör analizinde elde edilen faktörler ve bilgiler, sonraki çalışmalar için geçerlik ve güvenilirliğe, ölçme aracından elde edilecek puanların anlamlandırılmasında önemli bir yol göstericidir (Çokluk ve diğ., 2010). Daniel (1988), faktör analizinin, yapının göstergesi olan değişkenler arasındaki kovaryans yapısına dayanarak yapıları ortaya koyanyani göstergesi olan değişkenler arasındaki ilişkilerden yola çıkarak, faktör olarak tanımlanan daha az sayıda gizil değişkene indirgemeyi amaçlayan istatistiksel bir yöntem olduğunu ifade etmiştir (Akt.Stapleton, 1997). Bu anlamda da bir değişken azaltma / indirgeme yöntemi olduğu ifade edilebilir.

Floyd ve Widaman (1995), faktör analizinin açıklama ve değişken azaltma gibi iki temel amaca sahip olduğunu belirtmiştir. Bu yaklaşımlar faktör analizinin amacına bağlı olarak, açımlayıcı (keşfedici) ve doğrulayıcı faktör analizi şeklinde sınıflandırılabilir. Açımlayıcı faktör analizi, yapıyı tanımlayan değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koyarak daha az sayıya değişkene indirgemeyi ve teori üretmeyi amaçlarken; doğrulayıcı faktör analizi, yapıya dair daha önce tanımlanan faktörlere ve bunlar arasındaki ilişkiye dair oluşturulan bir hipotezin sınanmasını amaçlar (Kline, 1994; Stevens, 1996; Tabachncik ve Fidel, 2001).

Açımlayıcı faktör analizi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar (faktörlerin açıkladıkları varyans oranları, maddelerin faktör yük değerleri, binişik maddeler vb.)

bulunmakla birlikte, analizin en öncelikli ve kritik aşamasının “faktör sayısına karar verilmesi” olduğu belirtilebilir (Fabrigar, Wegener, MacCallum ve Strahan, 1999; Hensonve Roberts, 2006; Hayton, Allen ve Scarpello, 2004; O’Connor, 2000; Fava ve Velicer, 1992; Zwick ve Velicer, 1986). Faktör sayısını belirleme kararı, analitik yöntemin seçimi ve döndürme türünün belirlenmesi gibi kararlardan çok daha önemlidir; çünkü açımlayıcı faktör analizinin gücü, önemli faktörleri önemsiz olanlardan ayırabilmesi ile doğrudan ilişkilidir. Faktör sayısının olması gerekenden daha az yada çok belirlenmesi, sonuçları etkileyen önemli hatalara yol açar. Bu nedenle açımlayıcı faktör analizinde, faktör sayısının belirlenmesi probleminin önemsenmesi gerekmektedir (Comrey ve Lee, 1992; Gorsuch, 1983; Harman, 1976).

Spearman’ın faktör analizi yöntemini geliştirmesinden bu yana faktör sayısını belirlemede pek çok yöntem önerilmiştir. Örneğin özdeğeri 1’in üzerinde olan faktörlerin önemli faktörler olarak belirlenmesi (K1 yöntemi ya da Kaiser- Guttman kuralı olarak da bilinir) ve Yamaç Birikinti grafiğinin incelenmesi en yaygın olarak kullanılan yöntemler olmakla birlikte son yıllarda Paralel Analiz, Minimum Average Partial (MAP) testi gibi faktör sayısını belirlemede doğru sonuçlar veren diğer başka yöntemler de sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır (Fabrigar ve diğ.,1999; Ford, MacCallum, ve Tait, 1986; Wang ve Weng, 2002; Weng, 1995).

K1 Yöntemi

Özdeğerin 1’in üzerinde olması, Kaiser tarafından geliştirilen ve K1 olarak adlandırılan yöntemdir. “Tipik kök” ya da “gizil kök” olarak isimlendirilen ve “ λ ” (lambda) sembolize edilen özdeğer kavramı, bir faktör ile p kadar değişken arasındaki ilişkiyi yani faktör yüklerinin kareleri toplamını ifade eder. Faktörün özdeğeri, faktör ile yapıyı tanımlayan değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir. Kaiser (1960) tarafından geliştirilen bu yöntem; ilk olarak Kuder Richardson tarafından geliştirilen ve KR-20 olarak bilinen, daha sonra Cronbach tarafından alfa (α) katsayısı

olarak genellenen ve puanların güvenilirliğini hesaplamak için kullanılan formülü esas alan bir yöntemdir. Formül; toplam puanların güvenilirliğini, maddeler arasındaki iç tutarlılık katsayısından hesaplar. Faktörün belirlenebilmesi için karşılığındaki bileşik puanların (corresponding composite scores) güvenilir olması gerekir. En azından, iç tutarlılık açısından pozitif güvenilirliği olmalıdır. Lambda (λ)<1.0 olduğu durumlarda, güvenilirlik negatif çıkacak ve dolayısıyla bileşen olarak belirlenemeyecektir (Cliff, 1988). Bu yöntem olması gerekenden daha fazla sayıda faktör belirlenmesine neden olmasına karşın, uygulamadaki kolaylığı nedeniyle araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntem olmuştur. Kaiser, 1959 yılında Amerikan Psikologlar Birliği (APA) üyeleri ile yapılan bir toplantıda, bu yöntemin faktör sayısı problemi için en iyi yöntem olduğunu belirtmiştir.

Yamaç-Birikinti Grafiği Yöntemi (ScreePlot)

Cattell (1966) tarafından geliştirilen Yamaç Birikinti grafiği yöntemi, açılımlı faktör analizinde faktör sayısına karar verme noktasında baskın faktörleri belirlemeye yönelik bir grafikdir. Grafikte Y eksenini özdeğerin büyüklüğünü, X eksenini ise bileşen sayısını gösterir. Grafikte Y ekseninden X eksenine doğru eğimli bir iniş söz konusudur. Bu iniş eğilimi, faktörlerin toplam varyansa olan katkıları doğrultusunda kırılmalarla gösterilir ve bir noktadan sonra grafiğin eğiminde önemli bir düşüş yaşanarak düz bir şekil alır. Bu yöntemde göre grafikte eğitimin azaldığı kırılma noktasından sonraki faktörlerin varyansa katkıları önemsenmeyecek büyüklüktedir. Bu nedenle kırılma noktasına kadar olan bileşen sayısı faktör sayısı olarak belirlenir (Gorsuch, 1983). Velicer (1976) bu yöntemin araştırmacının bakış açısına göre değişebilen subjektif bir yöntem olduğunu, bu nedenle de diğer yöntemlere yardımcı bir yöntem olarak kullanması gerektiğini önermiştir.

Horn'un Paralel Analiz Yöntemi

Paralel analiz, faktör sayısını belirlemek için rastgele veri üretilmesine dayalı bir yöntemdir. Monte Carlo simülasyon yöntemi ile gerçek veri setine paralel olacak şekilde rastgele veri üretilir ve paralel verinin beklenen özdeğeri hesaplanır. Paralel olarak üretilen veriye ait özdeğer ile gerçek veri setinde kestirilen özdeğerler karşılaştırılır ve paralel veriye ait özdeğerin gerçek veri setindeki özdeğerden büyük olduğu nokta anlamlı faktör sayısı olarak belirlenir (Ledesma ve Mora, 2007).

Horn (1965), evren düzeyinde p kadar değişkene ait bir korelasyon matrisinin özdeğerlerinin 1 olabileceğini, ancak üretilen örneklerde başlangıçtaki özdeğerlerin 1, daha sonra gelen özdeğerlerin örneklem hatasının matrise eklenmesi nedeniyle 1'in altında olacağını ifade eder. Buna bağlı olarak da gerçek veriye paralel olarak üretilen matrisle karşılaştırıldığında daha yüksek özdeğer veren bileşen ya da faktörler, önemli faktörler olarak belirlenir (Zwick ve Velicer, 1986). Normal dağılım gösteren bir evrenden seçkisiz olarak N büyüklüğünde m kadar veri seti çekilirse ve m değişkenleri birbiri ile bağıntılı ise, $m \times m$ korelasyon matrisinin birim matrise yakın olması beklenir (Horn,1965).

Paralel analiz (Horn,1965), evrene ait korelasyon matrisini temel alarak özdeğeri 1'in üzerinde olan faktörlerin önemli faktör olarak belirlendiği K1 yönteminin, örneklem matrisine dayalı bir uyarlamasıdır. Horn (1965), 1'den büyük özdeğer yönteminde faktör sayısı belirlenirken, korelasyon matrislerinin özdeğerlerindeki örneklem hatasının etkilerinin dikkate alınması gerektiğini savunmaktadır. Çünkü bu yöntemde sayıca sınırlı örneklem (küçük örneklem) kullanıldığında, örneklem hatası korelasyon matrisine bir sıra olarak eklenir ve bu nedenle de yöntem olması gerekenden daha fazla sayıda faktör belirlenmesine neden olur. Bunun için rastgele olarak elde edilen korelasyon matrislerinin, gerçek verideki korelasyon matrisleri ile

karşılaştırılması önerilmektedir. Rastgele olarak seçilen veri setlerinden elde edilen korelasyon matrislerinin ortalama özdeğerleri, söz konusu örneklem hatasının etkilerini içermekte ve yansıtmaktadır (Weng ve Cheng, 2005).

Velicer'in MAP Testi

Faktör sayısını belirlemede kullanılan bir diğer yöntem de Velicer (1976) tarafından geliştirilen "En küçük ortalamalı kısmi korelasyon" olarak adlandırılan MAP (Minimum Average Partial) testidir. Analizin istatistiksel temelinde; bir grup bileşene ait korelasyon matrisi genel varyansı taşıdığı durumda bileşenler oluşur. Matris hata varyansını yansıttığı noktadan sonra ortaya çıkan bileşenler ise yapıyı yansıtmayacaktır. Bileşenlere ait kısmi korelasyon matrisi, hata matrisinin birim matrise en çok benzediği noktada en küçük değerini alır. Bu nedenle bu noktaya kadar oluşan bileşenlerin yapıyı oluşturan bileşenler olduğuna karar verilerek bu bileşenlerin sayısı faktör sayısı olarak belirlenir (O'Connor, 2000).

Velicer (1976), yöntemin gerçekçi ve hatasız olduğunu, herhangi bir kovaryans matrisine uygulanabileceğini ve birden fazla değişkenin yük verdiği bileşenlerin faktör olarak belirlenebileceği mantığına uygun olduğunu ifade etmektedir. Bu yöntemde göre her bileşen için korelasyon matrisinden genel varyans ayrıldıkça MAP kriteri düşmeye devam eder. Genel varyansın tamamen ayrıldığı noktada ilave bileşenlerin çıkarılması hata varyansının da ayrılmasına ve bu da MAP kriterinin değerinin yükselmesine sebep olur. Böylece MAP kriteri, genel varyans ile hata varyansının ayrıldığı ve sadece genel varyansı kapsayan faktörlerin faktör sayısı olarak belirlenmesine olanak sağlayan bir kesme noktası sunar.

Bu yöntemde tek tek her bir bileşen dışarıda tutularak kalan bileşenlerin kısmi korelasyonları hesaplanır ve karelerinin ortalaması alınır. En düşük kısmi korelasyon ortalaması değerine ulaşıldığı nokta, faktör sayısına karar verilen noktadır. Analizin arka planında bileşenlere

ilişkin korelasyon matrisi oluşturulur ve ardından ilk basamakta birinci bileşen matristen ayrılır. Geriye kalan bileşenlerin kısmi korelasyonları belirlenip kareleri alınarak ortalamaları hesaplanır. Sonraki adımda ilk iki bileşen korelasyon matrisinden çıkar ve kalanlara ait kısmi korelasyonların karelerinin ortalaması alınır. Aynı adımlar bileşen sayısının bir eksiği (k-1) kadar tekrarlanır. Bu basamaklarda elde edilen kısmi korelasyon ortalamalarının kareleri hesaplanarak sıralanır. Bu sıralama içinde en düşük kısmi korelasyon ortalamasının basamak numarasının yapıyı tanımlayan faktör sayısını belirlediği kararla varılır (Velicer, 1976; Velicer, Eaton ve Fava, 2000; O'Connor, 2000; Watkins, 2006; Garrido ve diğ., 2011).

Alanyazında faktör sayısını belirleme yöntemlerinin incelendiği çalışmaların çoğunlukla simülatif verilerle yapıldığı (Tucker, Koopman ve Linn, 1969; Humphreys ve Montenelli,1975; Linn,1968; Zwick ve Velicer,1986), bununla birlikte daha az sayıda da olsa gerçek veri kullanılarak yapılan bazı çalışmaların olduğu da görülmektedir (Lee ve Comrey,1979; Revelle ve Rocklin,1979). Birçok çalışmada K1 kuralının doğru faktör sayısını tespit etmede yetersiz olduğu ve olması gerekenden daha fazla sayıda faktör belirlediği sonucuna ulaşılmıştır (Horn, 1965; Linn, 1968; Silverstein, 1977, 1987; Hayton ve diğ., 2004; Zwick ve Velicer, 1986). Yamaç Birikinti grafiğinin kullanıldığı çalışmalarda da yöntemin yetersiz olduğuna ve yine olması gerekenden daha fazla faktör sayısının belirlendiğine dikkat çekilmiştir (Hayton ve diğ.,2004; Zwick ve Velicer,1986, Fabrigar ve diğ., 1999; Ford ve diğ., 1986). Paralel Analiz'in etkililiğinin diğer yöntemlerle karşılaştırılarak incelendiği çalışmalarda ise, bu yöntemin faktör sayısı belirlemede uygun sonuçlar ürettiği, olması gereken sayıda faktör belirlediği vurgulanmıştır (Silverstein,1977, 1987; Zwick ve Velicer, 1986; Humphreys ve Montanelli, 1975; Dinno, 2009, 2010; Crawford ve diğ.,2010; Revelle, 2007). MAP testi ile ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar, Paralel Analiz'de olduğu gibi, MAP testinin boyut sayısını doğru olarak belirlemeyi sağladığını ortaya koymuştur (Zwick ve Velicer, 1986; O'Connor, 2000; Revelle, 2007; Garrido, Abad ve

Ponsoda, 2011). Ayrıca bu yöntemlerin yanı sıra farklı bir takım araştırmalarda, örneklem büyüklüğü ve madde sayısının faktör analizi sonuçlarında ve boyut sayısında etkili olduğu belirtilmiştir (MacCallum, Widaman, Zhang ve Hong, 1999; MacCallum, Widaman, Preacher ve Hong, 2001; Osborne, Costello, 2004, 2005; Hogarty ve diğ.,2005; Winter, Dodou ve Wieringa, 2009).

Yukarıdaki tartışmalarda da görüldüğü gibi, yapılan araştırmalar Paralel Analiz ve MAP testinin faktör sayısını belirlemede etkili bir yöntem olduğunu, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin ise olması gerekenden fazla sayıda faktör sayısı belirlenmesine neden olduğunu ortaya koymuştur. Alanyazındaki birçok araştırmada uygulamadaki kolaylıkları nedeniyle, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı ve genellikle bu yöntemlerle belirlenen faktör sayılarının temel alındığına sıklıkla rastlamak mümkündür. Ancak, bu yöntemlerin faktör sayısının fazla belirlenmesine neden olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, faktör sayısına ilişkin verilen kararların doğruluğunu destekleyecek ek kanıtlar üretilmesine ihtiyaç olduğu gerçeği açıkça gündeme gelmektedir. Faktör sayısı belirlemedeki doğrulukları birçok araştırma bulgusu ile desteklenen, buna karşılık kullanımı yaygın olmayan Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerinin faktör sayısı belirlemedeki etkililiklerinin farklı örneklem büyüklüğü ve madde sayıları altında, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi bu araştırmanın problemi oluşturmaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada açıklayıcı faktör analizinde faktör sayısını belirlemede kullanılan K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi yönteminden elde edilen faktör sayıları karşılaştırılarak tutarlılıkları incelenmiştir. Bu yönüyle araştırmanın temel araştırma modeli ile uyumlu olduğu düşünülmektedir.

Verilerin Üretilmesi ve Analizi

Analiz için kullanılacak veriler simülasyon çalışması ile elde edilmiştir. Veri simülasyonu için R yazılımında yer alan {psych} paketindeki “sim.poly.ideal.npn(...)” komutu kullanılmıştır.

K1 yöntemi ve Yamaç Birikinti grafiğine ilişkin analizler SPSS yardımıyla yapılmıştır. MAP testi ve Paralel Analiz ise R yazılımındaki {psych} paketindeki mevcut komutlardan faydalanılarak yapılmıştır. O'Connor'ın (2000) syntax dosyası kullanılarak SPSS'de yapılan Paralel Analiz ve MAP testi sonuçları ile R'da yapılan analiz sonuçları arasında fark olmadığı belirlendiğinden (Liu, Zumbo ve Wu, 2011) R yazılımı tercih edilmiştir.

Faktör analizi sürecinde örneklem büyüklüğünün ne olması gerektiği ile ilgili farklı görüşler vardır. Comrey ve Lee (1992), faktör analizinde, örneklem büyüklüğü için 200'ün orta, 300'ün iyi, 500'ün çok iyi ve 1000'in mükemmel olacağını ifade etmiştir. Gorsuch (1983), 50'nin altındaki örneklem küçüğü, 200'ün üzerindeki örneklem büyüklüğü ise büyük olarak tanımlamıştır. Cattell (1978), faktör analizi için 200 veya 250 kişilik örneklem büyüklüğünün yeterli olabileceğini, ancak iyi sonuçlar elde etmek için örneklem büyüklüğünün 500 olması gerektiğini belirtmiştir. Tabachnick ve Fidell (2007) ise faktör analizi için en az 300 kişilik örneklem büyüklüğünün yeterli olacağını ifade etmiştir. Bu tartışmalar doğrultusunda bu çalışmada üretilen veriler 200, 300, 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü ile sınırlandırılmıştır.

Madde sayısına karar verirken ise, eğitim ve psikoloji alanında kullanılan ölçeklerdeki madde sayıları göz önüne alınmış ve veri üretiminde madde sayılarının 15 ve 30 olacak şekilde sınırlandırılması uygun bulunmuştur.

Bulgular

Bu bölümde K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi sonuçlarına ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bu yöntemler ile belirlenen faktör sayılarını karşılaştırmak için öncelikle farklı örneklem büyüklükleri ve madde sayıları koşulları altında, üretilen verilerin faktörleştirmeye uygunluğunu test etmek üzere KaiserMayerOlkin değerleri ve Bartlett Küresellik Testi sonuçları incelenmiş ve Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Üretilen Verilere İlişkin KMO ve Bartlett Küresellik Testi Sonuçları

Örnekleme Büyükükleri (n)	Madde Sayısı					
	15 Madde			30 Madde		
	KMO	χ^2	P	KMO	χ^2	P
200	.818	702.437	.000	.877	2106.574	.000
300	.816	1004.292	.000	.905	3136.108	.000
500	.853	1637.273	.000	.930	4829.360	.000
1000	.811	3172.516	.000	.937	9045.739	.000

Tablo 1 incelendiğinde, tüm yöntemler ve tüm koşullarda elde edilen KMO değerlerinin .8 ile .9 arasında değiştiği görülmektedir. KMO değerinin bu aralığı, faktörleşme için iyi olarak yorumlanır (Şencan, 2005; Tavşancıl, 2005), tüm Bartlett Küresellik Testi sonuçlarının da manidar olduğu görülmektedir ($p<.01$). Bu sonuçlar üretilen verilerin faktör çıkartmaya uygun olduğunu göstermektedir. Bundan sonraki bulguların sunumunda, farklı örneklem büyüklüklerinde K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi sonucunda elde edilen faktör sayıları

sunulmuştur. Analiz sonuçlarının sunumunda önce 15 maddelik veri setlerine ilişkin bulgulara, ardından 30 maddelik veri setlerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 2’de 15 maddelik veri setlerinde K1 Yöntemi ile belirlenen özdeğerler ve dolayısıyla faktör sayıları yer almaktadır.

Örneklem Büyüklikleri (n)	Özdeğerler				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
200	3.920	2.194	1.452	0.971	0.870
300	3.800	2.141	1.447	0.956	0.866
500	3.909	2.214	1.284	0.864	0.816
1000	3.811	2.284	1.282	0.881	0.775

Tablo 2 incelendiğinde, özdeğerin 1’den büyük olduğu faktör sayısının tüm örneklem büyüklüklerinde üç olduğu görülmektedir. Dördüncü faktöre geçildiği anda, özdeğerler de 1’in altına düşmektedir. Dolayısıyla K1 yönteminin tüm örneklem büyüklüklerinde üç faktörlü yapıya işaret ettiği belirtilebilir. Horn (1965) tarafından faktör sayısına karar vermenin bir yolu olarak önerilen Paralel Analiz, temel alınan bir veriye (bu veri seti gerçek ya da simülatif olabilir) ilişkin özdeğerler ile bu veriye paralel olarak üretilmiş verinin özdeğerlerinin karşılaştırılmasına dayalıdır. Paralel Analiz’de rastgele üretilen veri setinde belirlenen faktörlerin özdeğerleri, temel alınan asıl veri setindeki faktörlerin özdeğerleri ile karşılaştırılır. Bu süreçte temel alınan asıl veri setinden elde edilen faktörlerden kaç tanesinin, bu veriye paralel olarak üretilen veri setinden daha yüksek özdeğere sahip olduğuna odaklanılır ve buna bağlı olarak faktör sayısına karar verilir. Paralel olarak üretilen verideki özdeğerin, temel alınan asıl veri setindeki özdeğerden yüksek

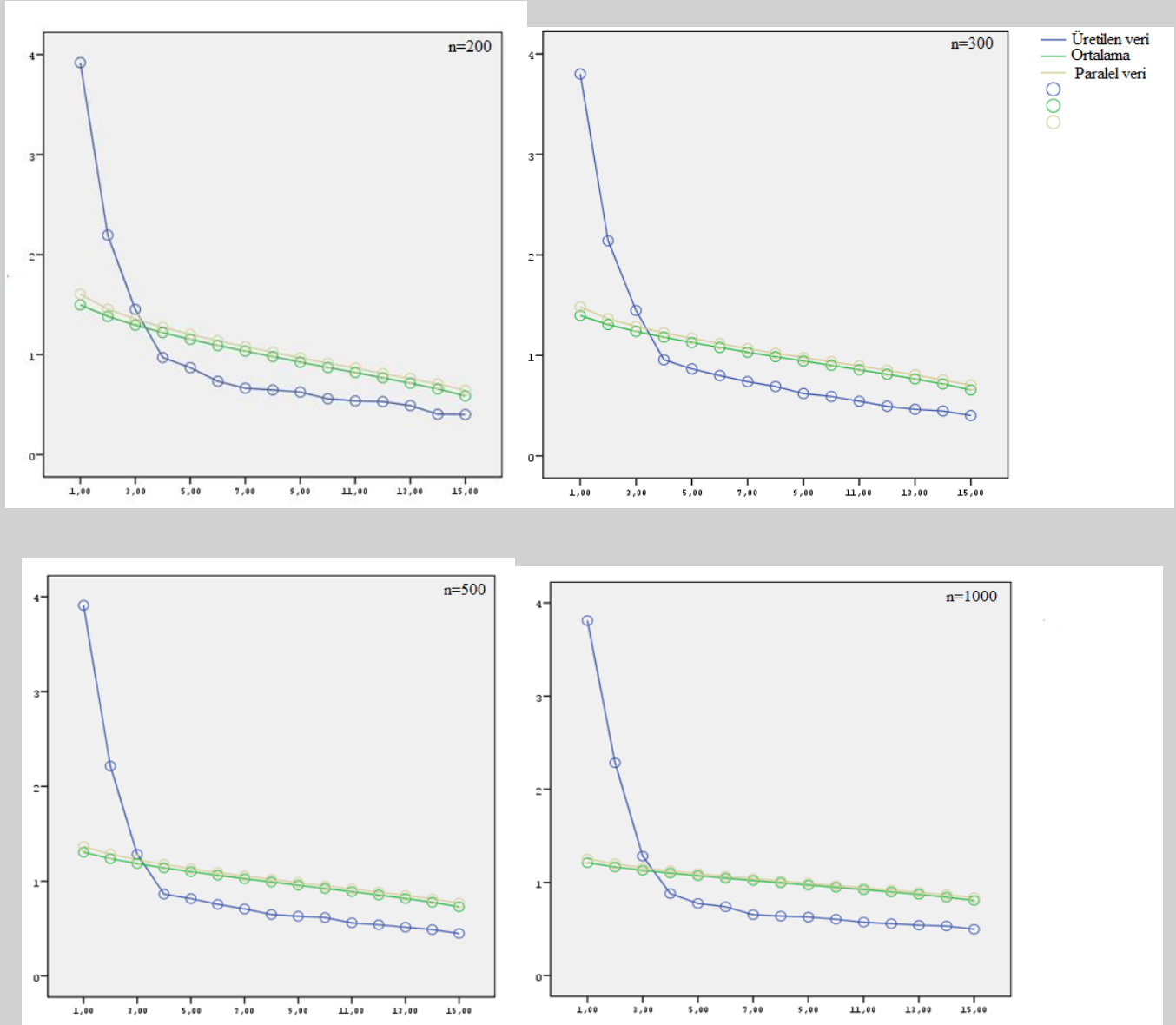
olduğu noktadaki faktör sayısı anlamlı olarak kabul edilir.Tablo 3’de 15 maddelik veri setinde Paralel Analiz yöntemi ile belirlenen özdeğerler ve dolayısıyla faktör sayıları yer almaktadır.

Tablo 3: Paralel Analiz Yöntemi ile Belirlenen Özdeğerler ve Faktör Sayıları(15 Maddelik Veri Seti)

Örnekleme Büyüklikleri (n)	Özdeğer	Faktörler				
		Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
200	Temel veri	13.919	2.194	1.452	0.971	0.870
	Paralel Veri	1.604	1.454	1.356	1.272	1.202
300	Temel veri	3.800	2.141	1.447	0.956	0.865
	Paralel Veri	1.483	1.363	1.289	1.223	1.169
500	Temel veri	3.909	2.213	1.283	0.864	0.815
	Paralel Veri	1.365	1.285	1.226	1.176	1.131
1000	Temel veri	3.816	2.284	1.281	0.880	0.774
	Paralel Veri	1.253	1.198	1.156	1.123	1.094

Tablo 3 incelendiğinde, 15 maddelik tüm veri setlerinde Paralel Analiz yönteminin üç faktörlü yapıya işaret ettiği görülmektedir. Çünkü 4. faktörden itibaren temel veriye paralel olarak üretilen veri setlerinde özdeğerler, temel veri setinin özdeğerlerinden daha yüksektir. Bu da yukarıda da değinildiği üzere, bu nokta anlamlı faktör sayısına karar verilen noktadır.

Şekil 1'de 15 maddelik veri setlerine ait Yamaç Birikinti ve Paralel Analiz grafikleri sunulmaktadır. Aşağıda sunulan Yamaç Birikinti grafikleri, Paralel Analiz sonucu üretilen grafikler ile bir arada sunulmuştur.



Şekil 1: 15 maddelik veri setlerine ait Yamaç Birikinti ve Paralel Analiz grafikleri

Şekil 1'de sunulan Yamaç Birikinti grafikleri ve Paralel Analizlere ait grafikler karşılaştırılarak incelendiğinde,15 maddelik veri setlerinde tüm örneklem büyüklüklerinde üç faktörlü yapının gözlemlendiği görülmektedir.

MAP kriteri,ortalama kısmi korelasyonların karesi olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemde her bileşen için genel varyans korelasyon matrisinden ayrıldıkça, MAP kriteri düşer. Genel varyansın tamamen ayrıldığı noktada ilave bileşenlerin çıkarılması hata varyansının da ayrılmasına ve bu da MAP kriterinin değerinin yükselmesine sebep olur. Böylece MAP kriteri genel varyans ve hata varyansının ayrıldığı ve sadece genel varyansı kapsayan faktörlerin faktör sayısı olarak belirlendiği bir kesme noktası sağlar. Tablo 4’de,15 maddelik veri setinde MAP testi kriterleri ve dolayısıyla belirlenen faktör sayıları sunulmaktadır.

Tablo 4: MAP Testi Kriterleri ve Faktör Sayıları (15 Maddelik Veri Seti)

Örneklem Büyüklikleri (n)	MAP Kriterleri				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
200	.0582	.0285	.0229	.0233	.0297
300	.0538	.0262	.0216	.0228	.0303
500	.0563	.0256	.0174	.0204	.0291
1000	.0541	.0263	.0169	.0197	.0274

Tablo 4 incelendiğinde, tüm örneklem büyüklüklerinde üçüncü basamakta en küçük MAP kriterine ulaşıldığı görülmektedir. Yani MAP testi tüm örneklemelerde üç faktörlü yapı belirlemiştir.

Sonuç olarak 15 madde ve farklı örneklem büyüklüklerinde üretilen veri setlerinde; K1, Yamaç Birikinti, Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerinin tutarlı sonuç verdiği görülmektedir. Tüm yöntemler, faktör sayısının üç olduğuna işaret etmektedir. Bu durum Zwick ve Velicer’in (1986), boyut belirlemede kullanılan beş yöntemi (Paralel Analiz, en küçük ortalamalı kısmi

korelasyon yöntemi, Yamaç Birikinti grafiği, Bartlett Ki-Kare testi, 1'den büyük öz değer) farklı örneklem büyüklüğü, değişken ve bileşen sayısı koşulları altında inceledikleri ve değişken sayısı azaldıkça, bu yöntemlerin kestirdikleri faktör sayılarının uyum gösterdiği bulgusu ile tutarlıdır. Ayrıca Zwick ve Velicer (1986), çıkartılacak faktör sayısı ile değişken sayısı arasında doğrusal bir orantı olduğunu ve değişken sayısı arttıkça, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin daha fazla sayıda faktör belirleme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Kaiser (1960), K1 yöntemi ile belirlenen faktör sayısının korelasyon matrisindeki değişken sayısının 1/3, 1/5 veya 1/6'sı kadar olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada da 15 maddelik veri setlerinde K1 yöntemi ile belirlenen üç faktörlü yapının, değişken sayının 1/5'i kadar olduğu görülmektedir ve Kaiser'in açıklamaları ile tutarlıdır.

Bundan sonraki bölümde 30 maddelik veri setine ilişkin bulgular sunulmaktadır. Tablo 5'de 30 maddelik veri setlerinde K1 yöntemi ile belirlenen özdeğerler ve dolayısıyla faktör sayıları yer almaktadır.

Tablo 5: K1 Yöntemi ile Belirlenen Özdeğerler ve Faktör Sayıları (30 Maddelik Veri Seti)

Örneklem Büyüklikleri (n)	Özdeğerler							
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Faktör 6	Faktör 7	Faktör 8
200	7.116	3.990	2.072	1.445	1.144	1.025	0.915	0.875
300	7.281	4.101	2.171	1.088	0.996	0.936	0.889	0.849
500	7.267	4.037	1.959	1.176	0.933	0.837	0.791	0.772
1000	7.088	3.842	1.994	1.201	0.857	0.808	0.793	0.743

Tablo 5 incelendiğinde, özdeğerin 1'den büyük olduğu faktör sayısının 200 örneklem büyüklüğünde altı, 300, 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ise dört faktörlü yapılara işaret ettiği görülmektedir.

Tablo 6'da 30 maddelik veri setinde Paralel Analiz yöntemi ile belirlenen özdeğerler ve dolayısıyla faktör sayıları yer almaktadır.

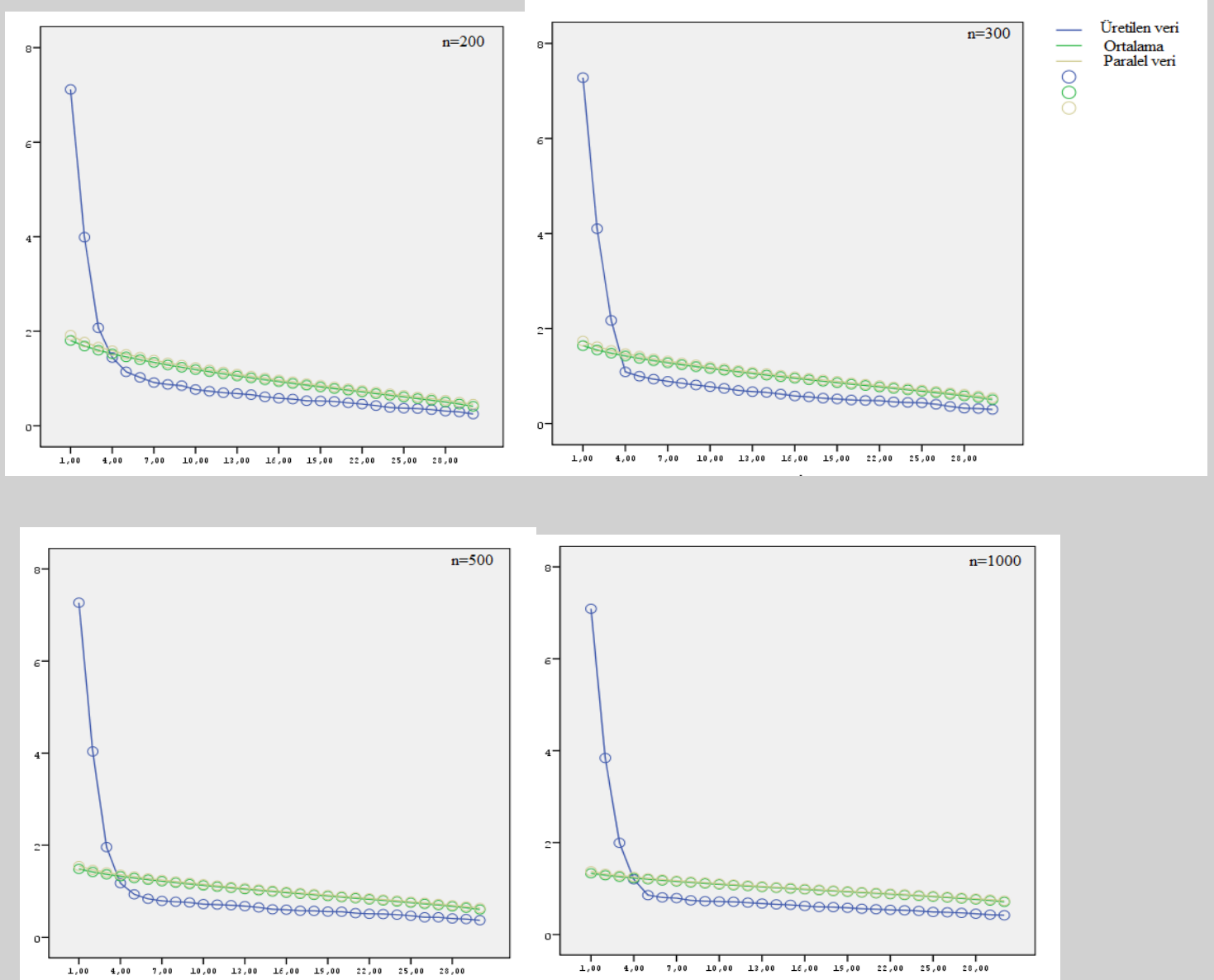
Tablo 6: Paralel Analiz Yöntemi ile Belirlenen Özdeğerler ve Faktör Sayıları(30 Maddelik Veri Seti)

Örneklem Büyüklikleri (n)	Özdeğer	Faktör				
		Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
200	Temel Veri	7.116	3.989	2.672	1.445	1.143
	Paralel Veri	1.918	1.770	1.664	1.589	1.512
300	Temel Veri	7.280	4.101	2.170	1.087	0.995
	Paralel Veri	1.736	1.620	1.540	1.472	1.418
500	Temel Veri	7.266	4.036	1.959	1.176	0.933
	Paralel Veri	1.548	1.463	1.407	1.359	1.320
1000	Temel Veri	7.088	3.842	1.994	1.201	0.856
	Paralel Veri	1.376	1.320	1.285	1.253	1.226

Tablo 6 incelendiğinde, 30 maddelik tüm veri setlerinde Paralel Analiz yönteminin üç faktörlü yapıya işaret ettiği görülmektedir. Çünkü 4. faktörden itibaren temel veriye paralel olarak

üretilen veri setlerinde özdeğerler, temel veri setinin özdeğerlerinden daha yüksektir. Bu nokta anlamlı faktör sayısına karar verilen noktadır.

Şekil 2’de 30 maddelik veri setlerine ait Yamaç Birikinti ve Paralel Analiz grafikleri sunulmaktadır. Aşağıda sunulan Yamaç Birikinti grafikleri, Paralel Analiz sonucu üretilen grafikler ile bir arada sunulmuştur.



Şekil 2: 30 maddelik veri setlerine ait Yamaç Birikinti ve Paralel Analiz grafikleri

Şekil 2’de sunulan Yamaç Birikinti grafikleri ve Paralel Analizlere ait grafikler karşılaştırılarak incelendiğinde, örneklem büyüklüğü 200 olduğunda beş, 300, 500 ve 1000 olduğunda ise dört faktörlü bir yapıya işaret ettikleri görülmektedir. Bu sonuç K1 yöntemi ile belirlenen faktör sayısı ile uyumludur.

Tablo 7’de,30 maddelik veri setinde MAP testi kriterleri ve dolayısıyla belirlenen faktör sayıları sunulmaktadır.

Tablo 7: MAP Testi Kriterleri ve Faktör Sayıları(30 Maddelik Veri Seti)

Örnekleme Büyüklikleri (n)	MAP Kriterleri				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
200	.0273	.0132	.0110	.0116	.0121
300	.2820	.0125	.0081	.0093	.0109
500	.0252	.0095	.0067	.0074	.0088
1000	.0223	.0089	.0061	.0065	.0080

Tablo 7 incelendiğinde, tüm örneklem büyüklüklerinde üçüncü basamakta en küçük MAP kriterine ulaşıldığı görülmektedir. MAP kriteri, bir diğer deyişle kısmi korelasyonların karelerinin ortalamasının 3.aşamada en düşük değere ulaştığı, dolayısıyla faktör sayısının üç olduğuna işaret ettiği görülmektedir.

Sonuç olarak 30 madde ve farklı örneklem büyüklüklerinde üretilen veri setlerinde K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi yöntemleri ile belirlenen faktör sayıları karşılaştırıldığında MAP testi ve Paralel Analiz yöntemlerinin tutarlı sonuçlar verdiği, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin de kendi aralarında uyumlu ancak, diğer iki yönteme göre

daha fazla sayıda faktör belirlediği görülmüştür. Bu bulgu, daha önce de değinilen K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin daha fazla faktör üretmeye eğilimli olduğuna yönelik eleştiriler ile tutarlıdır (Horn,1965; Linn,1968; Silverstein,1977, 1987; Hayton ve diğ., 2004; Zwick ve Velicer, 1986; Humphreys ve Montanelli, 1975; Revelle, 2007; Crawfordve diğ., 2010).

Tartışma

Faktör sayısını belirleme, açımlayıcı faktör analizinin en kritik aşamasıdır (Fabrigar ve diğ., 2009; Hayton ve diğ., 2004; Henson ve Roberts, 2006; O'Connor, 2000; Fava ve Velicer, 1992; Zwick ve Velicer, 1986). Faktör sayısını belirlemede kesin ölçütlerin olmaması, bu kararın önemini ve riskini artırmaktadır. Olması gerekenden daha az veya çok sayıda faktör belirlemek sonuçları etkileyen ciddi hatalara sebep olur. Faktör sayısını az olarak belirlemek; faktörlerin birbiri ile birleşmesine ve değişkenlerin yanlış faktörlere yüklenmesine neden olur (Fava ve Velicer,1996; Wood, Tataryn ve Gorsuch, 1996). Faktör sayısının fazla belirlenmesi ise, önemli faktörlerin yanısıra önemsiz değişkenlerin yer aldığı faktörlerin oluşmasına, faktörlerde bölünmelere ve yorumlama güçlüğüne ortaya çıkmasına sebep olur (Fava ve Velicer, 1992; Lee ve Comrey,1979; Hayton ve diğ.,2004). Bu riskler göz önünde bulundurularak faktör sayısını doğru olarak belirlemek için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Beauducel (2001), Frutcher'ın 1954 yılında 25 farklı faktör sayısı belirleme yöntemden söz ettiğini aktarmıştır.

Bu araştırmada faktör sayısına karar vermede kullanılan; K1, Yamaç Birikinti grafiği, Paralel Analiz ve MAP testi yöntemleri ile elde edilen faktör sayılarının, yine faktör sayısı belirlemedeki etkililiklerinden dolayı, farklı örneklem büyüklüğü ve madde sayısı koşulları altında karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Faktör sayısının kararlaştırılması, genellikle faktör analizinin önemli ancak güçlük yaşanabilen bir aşamasını oluşturmaktadır. Bu nedenle de faktör sayısını belirleme ya da faktör

sayısına ilişkin verilen kararları destekleyecek ek kanıtlar üretilmesine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenle bu araştırmadan elde edilen bulguların açıklayıcı faktör analizi uygulamalarında faktör sayısı belirleme aşamasında araştırmacılara ve diğer uygulayıcılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerinin faktör sayısını belirlemede birbiri ile tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. K1 ve Yamaç Birikinti grafiği yöntemlerinin ise diğer iki yönteme göre daha fazla sayıda faktör belirleme eğiliminde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç alanyazındaki diğer çalışma sonuçları ile de tutarlılık göstermektedir. Araştırmacılara, açıklayıcı faktör analizinde faktör sayısını belirleme noktasında, K1 ve Yamaç Birikinti grafiği sonuçlarına ek olarak Paralel Analiz ve MAP testi yöntemlerini de uygulamaları ve sonuçları birlikte değerlendirmeleri önerilebilir.

Makalenin Bilimdeki Konumu

Eğitim Bilimleri / Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme, Eğitim İstatistiği

Makalenin Bilimdeki Özgünlüğü

Faktör analizi eğitim bilimlerinde ve psikoloji alanında ölçek geliştirme çalışmalarında sıklıkla kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Faktör analizinde faktör sayısına karar verme aşaması önemli ve kritik bir basamaktır. Ölçülen yapıyı tanımlayacak doğru sayıda önemli faktöre karar vermek gerekmektedir. Uygulamadaki kolaylıkları nedeniyle faktör sayısını belirlemek için yaygın olarak kullanılan yamaç birikinti grafiği ve özdeğer yöntemlerinin bazı sınırlılıklarının olması faktör sayısına karar verirken farklı yöntemlerle desteklenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Makalede faktör sayısı belirleme yöntemlerinin farklı örneklem büyüklüğü ve madde sayısı



koşullarında etkililiğini ortaya koyulmuştur. Araştırmacılara çalışmalarında yol göstereceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Anastasi, A. (1968). *Psychological testin* .London: The Macmillian Company, New York Collier-Macmillan Limited.
- Atılgan, H., Kan, A. ve Doğan N. (2006). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Baykul, Y. (2000). *Eğitimde ve psikolojide ölçme*. Ankara: ÖSYM Yayınları.
- Beauducel A. (2001). Problems with paralel analysis in data sets with oblique simple structure. *Methods of Psychological Research Online*, 6(2), 141-157.
- Cattell, R. B. (1978). *The scientific use of factor analysis in behavioral and life sciences*. New York: Plenum.
- Cliff, N. (1988). The eigenvalues-greater-than-one rule and the reliability of components. *Psychological Bulletin*, 103(2), 276-279.
- Crawford, A. V.,Green, B. S., Levy, R., Lo, W. J., Scott, L.,... Svetina, D. (2010). Evaluation of paralel analysis methods for determining the number of factors. *Educational and Psychological Measurements*, 70(6), 885-901.
- Crawford, C. B. & Koopman, P. (1979). Inter-rater reliability of scree test and mean square ratio test of number of factors. *Perceptual & Motor Skills*, 49, 223-226
- Crocker, L., & Algina, J. (1986) *Introduction to classical and modern test theory*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers: Philadelphia.



- Cronbach, L.J. (1990). *Essentials of psychological testing*. New York: HarperCollins.
- Comrey, A. L. & Lee, H. B. (1992). *A firstcourse in factor analysis*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Comrey, A. L., & Lee, H. B.(1973). *A first course in factor analysis*. New York: Academic Press.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve Lisrel uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi.
- Dancey C. & Reidy J. (2004). *Statistics without maths for psychology: Using SPSS for Windows*. London: Prentice Hall.
- Dinno, A. (2009). Exploring the sensitivity of Horn's paralel analysis to the distributional form of random data. *Multivariate Behavioral Research*, 44, 362-388.
- Dinno, A. (2010). *Gently clarifying the application of Horn's paralel analysis to principal component analysis versus factor analysis*. http://doyenne.com/Software/files/PA_for_PCA_vs_FA.pdf
- Erkuş A. (2003). *Psikometri üzerine yazılar*. Ankara: Türk Psikologlar Derneği Yayınları.
- Fabrigar, L. R.,Wegener, D. T., MacCallum, R. C. & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299.
- Fava, J. L. & Velicer, W. F. (1992). The effects of over extraction on factor and component analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 27, 387-415.
- Floyd, F. J. & Widaman, K. F. (1995). Factor analysis in the development and refinement of clinical assessment in struments. *Psychological Assessment*, 7(3), 286-299.

- Ford, J. K., MacCallum, R. C. & Tait, M. (1986). The applications of exploratory factor analysis in applied psychology: A critical review and analysis. *Personnel Psychology*, 39, 291-314.
- Garrido, L. E., Abad, F. J. & Ponsoda, V. (2011). Performance of Velicer's minimum average partial factor retention method with categorical variables. *Educational and Psychological Measurements*, 71(6), 551-570.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis*. Philadelphia: Saunders.
- Gorsuch, R. L. (1997). Exploratory factor analysis: Its role in item analysis. *Journal of Personality Assessment*, 68(3), 532-560.
- Harman, H.H. (1967). *Modern Factor Analysis*. Chicago. The University of Chicago Press.
- Hayton, J. C., Allen, D. G & Scarpello, V. (2004). Factor retention decisions in exploratory factor analysis: A tutorial on parallel analysis. *Organizational Research Methods*, 7(2), 191-205.
- Henson, R. K. & Roberts, J. K. (2006). Use of exploratory factor analysis in published research: Common errors and some comment on improved practice. *Educational and Psychological Measurement*, 66(3), 393-416.
- Humphreys, L. G & Montanelli, R. G. Jr. (1975). An investigation of the parallel analysis criterion for determining the number of common factors. *Multivariate Behavioral Research*, 10, 193-205.
- Humphreys, L. G. & Ilgen, D. (1969). Note on a criterion for the number of common factors. *Educational and Psychological Measurement*, 29, 571-578.

- Hogarty, K. Y., Hines, C. V., Kromrey, J. D., Ferron, J. M. & Mumford, K. R. (2005). The quality of factor solutions in exploratory factor analysis: The influence of sample size, communality and over determination. *Educational and Psychological Measurement*, 65(2), 202-226.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185.
- Kaiser, H. F. (1960). The applications of electronic computer to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. New York: Routledge.
- Ledesma, D. R. & Mora, P. V. (2007). Determining the number of factors to retain in EFA: An easy-to-use computer program for carrying out parallel analysis. *Practica Assessment, Research and Evaluation*, 12 (2).
- Lee, H. B. & Comrey, A. L. (1979). Distortions in a commonly used factor analytic procedure. *Multivariate Behavioral Research*, 14(3), 301-321
- Linn, R. L. (1968). A Monte Carlo approach to the number of factor problem. *Psychometrika*, 33, 37-71.
- Liu, Y., Zumbo, B. D. & Wu, A. D. (2011). A demonstration of impact of outliers on the decisions about the number of factors in exploratory factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*.
- MacCallum, R.C., Widaman, K. F., Zhang, S. & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, 4(1), 84-99.



- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Preacher, K. J. & Hong, S. (2001). Sample size in factor analysis: The role of model error. *Multivariate Behavioral Research*, 36(4), 611-637.
- Murphy, K. R. & Davidshofer, C. O. (2001). *Psychological testing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Nunnally, J. C. & Bernstein, I. H. (1994) *Psychometric theory*. New York, NY: McGraw-Hill, Inc.
- O'Connor, B. P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using paralel analysis and Velicer's) MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 32(3), 396-402.
- Osborne, J. W. & Anna B. C. (2004). Sample size and subject to item ratio in principal components analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 9(11).
- Osborne, J. W. & Anna B. C. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 10(7).
- Pedhazur, E. & Schmelkin, L. P. (1991). *Measurement, design and analysis: An in the grated approach*.
- Revelle, W. & Rocklin, T. (1979). Very simple structure: An alternative procedure for estimating the optimal number of interpretable factors. *Multivariate Behavioral Research*, 14(3), 403-414
- Revelle, W. (2007). *Determining the number of factors: the example of the NEO-PI-R*. <http://personality-project.org/r/book/numberoffactors.pdf>.

- Stapleton, C.D. (1997). Basic concepts and procedures of confirmatory factor analysis. *Paper Presented at the Annual Meeting of the South west Educational Research Association. Austin, January.*
- Stewens, J. (1996). *Applied multivariate statistics for the social science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Silverstein, A. B. (1977). Comparison of two criteria for determining the number of factors. *Psychological Reports*, 41, 387-390.
- Silverstein, A. B. (1987). Note on the paralel analysis criterion for determining the number of common factor or principal components. *Psychological Reports*, 61, 351-354.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve Davranışsal Ölçümlerde Güvenilirlik ve Geçerlilik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B.G. & Fidel, L.S. (2007). *Using multivariate statistics*. MA: Allyn& Bacon, Inc.
- Tavşancıl, E. (2005). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. (2. Baskı). Ankara; Nobel Yayınları.
- Tucker, L.R., Koopman, R. F. & Linn, R. L. (1969). Evaluation of factor analytic research procedures by means of simulated correlationmatrices. *Psychometrika*, 34(4),421-459.
- Urbina S. (2004). *Essentials of psychological testing*. John Wiley and Sons.
- Uyar, S. (2012). Açımlayıcı Faktör Analizinde Boyut Sayısını Belirlemede Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.) Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara.



- Velicer, W. F., Eaton, C. A. & Fava, J. L. (2000). Construct explication through factor or component analysis: A review and evaluation of alternative procedures for determining the number of factors or components. *Problems and solutions in human assessment*, 41-71.
- Velicer, W. F. (1976). Determining the number of components from the matrix of partial correlations. *Psychometrika*, 41(3), 321-327
- Watkins, M. W. (2006). Determining paralel analysis criteria. *Journal of Applied Statistical Methods*, 5(2), 344-346
- Weng, L.J. & Cheng, C.P. (2005). Parallel analysis with unidimensional binary data. *Educational and Psychological Measurements*, 75(5), 697-716.
- Winter, J.C.F., Dodou, D. & Wieringa, P. A. (2009). Exploratory factor analysis with small sample sizes. *Multivariate Behavioral Research*, 25, 147-181.
- Wood, J M., Tataryn, D. J. & Gorsuch, R.L. (1996). Effects of under- and over extraction on principal axis factor analysis with varimax rotation. *Psychological Methods*, 1(4), 354-365.
- Zwick, W. R. & Velicer, W. F. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99(3), 432-442.