



Güvenirlilik Katsayılarının Kayıp Veri Atama Yöntemlerine Göre İncelenmesi*

Investigation of Reliability Coefficients According to Missing Data Imputation Methods

Çiğdem AKIN ARIKAN**, Sümeyra SOYSAL***

• *Geliş Tarihi:* 28.02.2017 • *Kabul Tarihi:* 04.06.2017 • *Yayın Tarihi:* 08.01.2018

ÖZ: Bu çalışmanın amacı, güvenirlilik katsayı kestirimlerinin kayıp veri atama yöntemlerine göre örneklem büyüklüğü, kategori sayısı ve kayıp veri oranları koşulları altında incelenmesidir. Bu doğrultuda örneklem büyüklüğü 500 ve 5000 olacak şekilde 20 maddeden oluşan tek boyutlu iki veri seti üretilmiştir. Üretilen bu tam veri setlerinde tümüyle seçkisiz kayıp koşulu altında %5, %10, %20 ve %30 oranlarında silme işlemi gerçekleştirilmiştir. Silme işleminden sonra kayıp veri atama yöntemlerinden sıfır, regresyon, ortalama ve çoklu atama yöntemleri ile değer ataması yapılmıştır. Güvenirlilik katsayıları olarak ise Cronbach α , Standartlaştırılmış α , Armor'un θ , Guttman λ_4 , Guttman λ_5 , Guttman λ_6 ve McDonald'ın ω güvenirlilik katsayıları kullanılmıştır ve elde edilen kestirimler tam veri üzerinden elde edilen kestirimler ile karşılaştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda, kayıp veri atama yöntemine bağlı olarak kayıp veriye daha dayanıklı olan tek bir katsayının olmadığı görülmüştür. Araştırmada ele alınan güvenirlilik katsayılarına ilişkin yapılacak analizlerde araştırmacılara kayıp veri ile baş etme yöntemi olarak çoklu atama ve regresyon atama yöntemlerinin kullanımı fakat sıfır atama yönteminin kullanılmaması önerilmiştir.

Anahtar sözcükler: Güvenirlilik katsayıları, kayıp veri, kayıp veri atama teknikleri

ABSTRACT: The purpose of this study is to examine the reliability coefficient estimates under the conditions of sample size, number of categories and missing data rates according to the methods of missing data imputation. Within this context, the data sets were generated 20 number of items for sample size 500 and 5000 respectively. The full data sets were deleted under missing completely at random condition by five, ten, twenty and thirty percent. After deleting data sets, missing data techniques 0, mean, regression and multiple imputation were carried out on incomplete data sets. Reliability coefficients which used this study were Cronbach α , standardized α , Armor's θ , Guttman λ_4 , Guttman λ_5 , Guttman λ_6 and McDonald's ω , and the reliability estimations were compared with the full data sets of the reliability estimations. Results show that there was not a single coefficient which was more reliable based on missing data imputation methods. It is suggested that the researcher should use multiple assignment and regression assignment methods, but not the zero imputation method, as missing data imputation methods in the analysis of the reliability coefficients discussed in the research.

Keywords: Reliability coefficients, missing data, missing data imputation techniques

1. GİRİŞ

Başarı testi, tutum ölçeği, anket gibi ölçme aracı uygulamalarında katılımcılar doğru cevabı bilmeme, verilen sürede maddeye ulaşamama, cevap vermekten kaçınma, yanlışlıkla soruyu atlama ya da yanlış cevapların doğru cevabı silmesi gibi sebeplerle maddeleri boş bırakabilirler. Bazen de araştırmacılar dikkatsizlik nedeniyle verileri eksik kaydedebilirler. Bu nedenlerden dolayı veri toplama sürecinde, kayıp veri problemi araştırmacıların sıklıkla karşılaştığı problemlerden biridir (Cool, 2000; Pigott, 2001; Rubin 1976; Tabachnick ve Fidell, 2001). Özellikle büyük örneklemelerde yürütülen çalışmalarda tam veri setlerinin elde edilmesi oldukça zordur (Cool, 2000). Araştırmacılar kayıp veri sorununu çözmek için bazen kayıp

* Bu çalışma, 01-03 Eylül 2016 tarihleri arasında Antalya, Türkiye'de düzenlenen V. Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

** Arş. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ankara, Türkiye, akincgdm@gmail.com (ORCID: 0000-0001-5255-8792)

*** Arş. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ankara, Türkiye, sumeyrasoysal@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-7304-1722)

veriye neden olan gözlemleri veri grubundan çıkarma yoluna gitmektedir. Bu durum örneklem büyüklüğünü etkilediğinden istatistiksel analizlerin gücünün azalmasına neden olmaktadır (Alpar, 2011; Cool, 2000). Bu nedenle kayıp veri sorununu çözmek için ya veriye yeni gözlemler eklenir ya da kayıp veriler çeşitli istatistiksel yaklaşımlarla kestirilir ve elde edilen değerler kayıp veriler yerine kullanılır (Kalaycı, 2006; Alpar, 2011). Ayrıca araştırmacının kayıp verinin varlığında kayıp verinin bir yapı oluşturup oluşturmadığını incelemesi gerekir ve bunun için genellikle;

- Kayıp verilerin gözlemlere rastgele dağılıp dağılmadığı ve bir yapı oluşturup oluşturmadığı
- Kayıp verinin ne kadar olduğu sorularına yanıt aranır (Alpar, 2011).

Kayıp veri sorunuyla karşılaşıldığında yapılacak ilk adım kayıp verinin mekanizmasının belirlenmesidir. Kayıp veri yapısı Little ve Rubin (2002) tarafından üç grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar; tamamen rastlantısal (MCAR), rastlantısal (MAR) ve rastlantısal olmayan (MNAR)'dır. Tamamen rastlantısal olan kayıp verilerde (MCAR), verideki değerlerin kayıp olma olasılığı, veri setinde yer alan diğer değişkenlerle (Fitzmaurice, Kenward, Molenberghs, Verbeke ve Tsiatis, 2015) ve değişkenin kendisiyle ilişkili değildir (Acock, 2005; Enders, 2010) ve kayıp veri olma durumu rastlantısaldır (Fitzmaurice ve ark., 2015). Rastlantısal kayıp verilerde (MAR), verideki değerlerin kayıp olma olasılığı, veri setinde yer alan diğer değişkenlere bağılıyken, değişkenin kendisine bağılı değildir (Allison, 2009; Baraldi ve Enders, 2010; Enders, 2010; Fitzmaurice ve ark., 2015). Aslında bu örüntünün ismi her ne kadar rastlantısal kayıp örüntüsü olsa da, tümüyle rastlantısal değildir ve kayıp verinin veri setindeki diğer değişkenlerle ilişkili olduğu sistematik bir kayıp veri mekanizması vardır (Baraldi ve Enders, 2010; Enders, 2010). Tamamen rastlantısal kayıp veri örüntüsünde kayıp olma durumu tamamen veri setinden ilişkisiz olduğu için rastlantısal kayıp veri örüntüsünden daha kısıtlayıcıdır (Enders, 2010; Fitzmaurice ve ark., 2015). Rastlantısal olmayan kayıp verilerde (MNAR) ise bir verinin kayıp olma olasılığı, diğer değişkenler kontrol altında alındıktan sonra bile kayıp verinin yer aldığı değişkene bağılıdır (Allison, 2009; Enders, 2010; Little ve Rubin, 2002).

Kayıp veri sorunuyla karşılaşıldığında yapılacak ikinci adım ise kayıp veri oranının belirlenmesidir. Büyük örneklerde verinin %5 veya daha azı rastlantısal olarak kayıp ise çok ciddi sorunlar ortaya çıkmamakta ve kayıp verilerin çözümünde kullanılan yöntemler benzer sonuçlar vermektedir. Fakat küçük ve orta büyüklükteki örneklerde veri setindeki kayıp veri oranı fazla ise bu durum daha ciddi sorunlara yol açmaktadır (Tabachnick ve Fidell, 2001). Rastlantısal olmayan kayıp veriler sonuçların genellenebilirliğini etkilediğinden kayıp veri oranları az olsa dahi, tamamen rastlantısal kayıp verilere oranla daha önemli sorunlara sebep olmaktadır.

Psikometri alanında yurt içi ve yurt dışında yapılmış çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda kayıp verinin etkisini inceleyen araştırmalarda bir artış olduğu dikkat çekmekte ve kayıp veri etkisinin birçok istatistiksel yöntem üzerinde incelendiği görülmektedir. Bu bağlamda, yapısal eşitlik modelleri (Çüm, ve Gelbal, 2015; Davison ve Long, 2009; Shin., Yuan ve Lu, 2008; Song ve Lee, 2008), değişen madde fonksiyonu (Furlow, Fouladi, Gagne ve Whittaker, 2006; Garrett, 2009), hiyerarşik lineer modeller (Gibson ve Olejnik, 2003; StClair, 2011), boylamsal çalışmalar (Baraldi ve Enders, 2010; Graham, Taylor, Olchowski ve Cumsille, 2006), açımlayıcı ve doğrulayıcı faktör analiz (Chen, Wang ve Chen, 2012; Köse, 2014; Weaver ve Maxwell, 2014) gibi alanlardaki çalışmalar örnek gösterilebilir.

Alanyazın incelendiğinde ölçme araçlarının psikometrik özellikleri üzerinde kayıp verilerin etkisini inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların birinde,

Akbaş ve Tavşancıl (2015) liste bazında silme, benzer tepki örüntüsüne dayalı atama, stokastik regresyonla değer atama, beklenti – maksimizasyon algoritması ve çoklu değer atama tekniklerinin geçerlik ve güvenirlilik üzerindeki etkisini iki kategorili verilere dayalı olarak incelemiştir. Bu çalışmada, güvenirliliğe ilişkin incelemeler, Cronbach α , McDonald ω ve ağırlıklandırılmış ω kestirimleri; geçerliğe ilişkin incelemeler ise temel bileşenler analizi kapsamında açıklanan toplam varyans oranları ve D^2 istatistiği, doğrulayıcı faktör analizi kapsamında model – veri uyumuna ilişkin indeks değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, araştırma sonucunda beklenti-maksimizasyon algoritması ve çoklu değer atama tekniklerinin genel olarak yüksek performans gösterdiğini belirtirken, liste bazında silme tekniğinin kullanımını önermemişlerdir. Şahin Kürşad (2014) çalışmasında 9 atama yöntemi kullanarak MCAR kayıp yapısı altında kayıp veri oranının ve örneklem büyüklüğünün betimsel istatistik, geçerlik ve güvenirlilik üzerindeki etkisini araştırmış ve güvenirlilik katsayısı olarak α belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre koşulların çoğunda en yanlı kestirimlere liste bazında silme yöntemiyle ulaşıldığı; en yansız kestirimlerin ise çoklu atama, beklenti maksimizasyonu ve regresyon ataması yöntemleri ile elde edildiği belirtilmiştir. Weaver ve Maxwell (2014) çalışmalarında kayıp içeren verilerde açımlayıcı faktör analizi ve güvenirliliğin hesaplanmasında bir SPSS uygulama örneği göstermişlerdir ve güvenirlilik kestirimlerinde α katsayısı kullanılmıştır. Cuesta Izquierdo ve Fonseca Pedrero (2014) çalışmalarında farklı kayıp veri yapıları altında α kestirimlerini incelemiştir. Nartgün (2015) kayıp veri sorununun çözümünde kullanılan liste bazında silme, seri ortalaması, yakın noktaların ortalaması, çoklu atama, regresyon ataması yöntemlerini tamamiyle rastlantısal kayıp mekanizması, normal dağılım, tek boyutlu yapı, farklı örneklem büyüklükleri ve farklı kayıp veri oranları koşulları altında karşılaştırmıştır. Karşılaştırmalar araştırmada kullanılan ölçeğin psikometrik nitelikleri (öz değer; açıklanan varyans; Cronbach Alfa) ve ölçek puanlarından hesaplanan istatistikler üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Kayıp verilerin ölçme sonuçlarının ortalaması, çarpıklığı, basıklığı, ayırt ediciliği, güvenirliliği ve geçerliği gibi istatistikleri nasıl ve ne düzeyde etkilediği konusunda daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu ihtiyaca bağlı olarak kayıp verinin, ölçme sonuçlarında bulunması gereken en önemli özelliklerden biri olan güvenirlilik üzerindeki etkisi bu çalışmanın temel amacıdır.

Kayıp verilerin istatistiksel yöntemler üzerindeki etkisini doğrudan gözleyebilmek için kayıp veri matrisleri ile çalışmak gerekir. Fakat birçok istatistiksel yöntem kayıp verilere duyarlıdır ve kayıp veri varlığında hesaplama yapamamaktadır. Güvenirlilik kestirimlerinde de benzer sorunla karşılaşmaktadır. Kayıp veri varlığında, güvenirlilik kestirimleri için silme yöntemlerinin örnekleme küçülteceği ve istatistiksel kestirimlerde yanlı sonuçlara neden olacağı (Cool, 2000) için kayıp veri sorunun çözümünde atama yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Alan yazında ölçme araçlarından elde edilen ölçümlerin güvenirliliğini belirlemeye yönelik farklı ölçme modelleri için birçok katsayı ve indeks önerilmektedir (Osborn, 2000). Bu ölçme yapıları en genel tanımıyla şu şekilde tanımlanabilir: Bir ölçme aracından elde edilen puanların faktör analizi sonucunda, maddelere ilişkin faktör yükleri eşit ise bu tür maddeler paralel (Spearman, 1904), eşdeğer (Novick, Lewis, 1967) ya da eşbiçimli (Traub, 1994); maddelere ilişkin faktör yükleri eşit değil ise bu tür maddeler konjenerik (Jöreskog, 1971) olarak adlandırılır. Kayıp veri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde en sık Cronbach Alfa, bazı çalışmalarda ise omega güvenirlilik katsayısının kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca kayıp veri konusunda yapılan güvenirlilik katsayılarının kullanıldığı çalışmalarda veri yapılarının genellikle iki kategorili olduğu ve çok kategorili ya da dereceleme tipi madde yapılarını kullanan çalışmaların (Carpita ve Manisera, 2011; Kürşat Şahin, 2014) sınırlı olduğu görülmüştür. Belirlenen bu ihtiyaç bağlamında, farklı güvenirlilik katsayılarının, örneklem büyüklüğü, kategori sayısı ve kayıp veri oranı değişkenlerine bağlı olarak, hangi atama yöntemi ile daha az hatalı kestirimler yapılacağı

araştırılmıştır. Çalışma hem farklı güvenilirlik katsayılarının kayıp veri atama yöntemlerindeki performansını incelemesi hem de çok kategorili verileri kullanması bakımından diğer çalışmalardan farklılaştığından alanyazına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ile elde edilen güvenilirlik kestirimlerinin kayıp veri oranı ve kayıp veri atama yöntemlerinde ne kadar doğru sonuçlar verdiği ve hangi atama yöntemi ile hangi güvenilirlik katsayısının kayıp verilere daha dayanıklı olduğuna ilişkin kanıtlar ortaya çıkarılabilir.

Bu amaçla tamamen rastlantısal kayıp veriler (MCAR) içeren çok kategorili testlerde, farklı kayıp atama yöntemleri kullanılarak kestirilen güvenilirlik katsayılarının değişimi incelenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda araştırma problemi şu şekilde oluşturulmuştur:

Tamamen rastlantısal kayıp veri varlığında, Cronbach α , Standartlaştırılmış α , Armor'un θ , Guttman λ_4 , Guttman λ_5 , Guttman λ_6 ve McDonald'ın ω güvenilirlik katsayılarının araştırma kapsamında ele alınan kayıp veri atama yöntemlerine bağlı kestirimleri örneklem büyüklüğü, kategori sayısı ve kayıp veri oranına göre nasıl değişmektedir?

Araştırma kapsamında ele alınan güvenilirlik katsayıları farklı ölçme modellerine dayalı geliştirilmiş olmasına rağmen bu katsayıların konjenerik çok kategorili yapılardaki davranışları kayıp veri analizi kapsamında incelenmek istenmiştir. Alan yazında konjenerik ölçmeler için en küçük yanlılık McDonald'ın ω katsayısına ait olduğu için bu tür ölçme yapılarının güvenilirlik analizlerinde ω katsayısının kullanımı önerilir (Zinbarg, Revelle, Yovel ve Li, 2005). Hunt (2013) çalışmasında λ_4 katsayısının konjenerik ölçme yapılarında yansız kestirimler sağlayabileceğini göstermiştir. Guttman (1945) λ_4 katsayısının eş değerli ölçme yapısı ve tek boyutlu olma varsayımı gerektirmediğinden bu katsayının kullanımını önerirken Hunt (2013) çalışmasında λ_4 katsayısının konjenerik ölçme yapılarında yansız kestirimler sağlayabileceğini göstermiştir. Bu iki katsayı ile birlikte literatürde çok sık kullanılan ve raporlanan Alfa katsayısı, Armor'un θ , Guttman λ_5 ve Guttman λ_6 katsayılarının performansı incelenmek istenmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Türü

Bu araştırma, farklı kayıp veri baş etme tekniklerinin güvenilirlik katsayıları üzerindeki etkilerini simülatif veri setleri kullanarak incelediğinden temel araştırma niteliğindedir.

2.2. Araştırmanın Koşulları

Bu çalışmada örneklem büyüklüğü, kategori sayısı, kayıp veri oranı ve kayıp veri atama yöntemleri değişkenleri ele alınmıştır. Ele alınan değişkenlere ilişkin koşullar ve faktörler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada yer alan simülasyon koşulları

Koşullar	Faktörler
Örneklem Büyüklüğü	2 (500-5000)
Kategori Sayısı	2 (3-5)
Kayıp Veri Oranı	4 (%5-%10-%20-%30)
Kayıp Veri Atama Yöntemleri	4 (ortalama-sıfır atama-çoklu atama-regresyon)

Harwell, Stone, Hsu ve Kirisci (1996) monte carlo simülasyon çalışmaları için optimal koşulları belirleme, mevcut programları inceleme ve simülasyon çalışmalarının kavramsallaştırılmasının önemini açıklama konusundaki çalışmalarında, simülasyon çalışmalarında en az 25 replikasyon kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yine, alan yazın incelendiğinde, Sayın'ın (2014) 20 tekrar, Koğar (2014) ve Çakıcı Eser'in (2015) 25 tekrar,

Uyar (2015) ve Avcu (2016)'nun 50 tekrar ile çalışmalarını yürüttükleri görülmüştür. Bu çalışmada ise kayıp veri oranına bağlı olarak 30 replikasyon yapılmış ve Tablo 1'de belirtilen koşullara göre $(2 \times 2 \times 4 \times 4) \times 30$ olmak üzere toplam 1920 veri seti elde edilmiştir.

Alan yazında, güvenirlilik katsayıları, özellikle Cronbach Alpha, üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ideal örneklem büyüklüğü ile ilgili farklı önerilerin bulunduğu görülmüştür. Nunnally ve Bernstein (1994) 300 örneklem büyüklüğünü küçük olarak tanımlarken, Charter (1999) 400 örneklem büyüklüğünün yeterli olduğunu belirtirken, Yurdugül (2008) 300 örneklem büyüklüğünün yeterli ve 500 örneklem büyüklüğünün en kesin sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, güvenirlilik kestirimleri için önerilen 500 örneklem büyüklüğü ve geniş ölçekli test uygulamaları da göz önünde bulundurularak 5000 örneklem büyüklüğü ele alınmıştır. Test uzunluğu ise, ülkemizde uygulanan geniş ölçekli test uygulamalarından biri olan TEOG (Temel Eğitime Geçiş Sınavı) sınavındaki alt testler dikkate alınarak belirlenmiş ve 20 madde olarak sabit ele alınmıştır.

Rastlantısal, rastlantısal olmayan ve tamamıyla rastlantısal kayıp veri mekanizması olmak üzere üç kayıp veri yapısından tamamıyla rastlantısal kayıp veri mekanizması(MCAR) koşul olarak ele alınmıştır. Tamamıyla rastlantısal kayıp veri mekanizması altında ve %5, %10, %20 ve %30 kayıp veri oranları belirlenmiştir. Tamamen rastlantısal kayıp veri oranlarında %5 ve altı ihmal edilebilir düzeyde (Tabachnick ve Fidell, 2001) olduğu belirtildiğinden, %5 kayıp veri oranı başlangıç noktası olarak belirlenmiştir. %10, %20 ve %30 kayıp veri oranları ise düşük, orta ve yüksek düzey olarak adlandırılmıştır. Kayıp veri atama yöntemlerinden ise ortalama, sıfır, çoklu ve regresyon atama yöntemleri kullanılmıştır.

2.3. Verilerin Üretilmesi ve Silinmesi

Bu araştırma kapsamında tam veri setlerinin üretilmesinde Wingen 3 (Han, 2014) programı kullanılmıştır. Bu program ile araştırmanın amacı doğrultusunda 500 ve 5000 kişilik örneklem için 20 maddelik tek boyutlu 3 ve beş kategorili veri setleri Kısmi Puanlama Modeline (partial credit model) uygun olarak üretilmiştir. Kısmi puan modelindeki tek parametre, madde güçlük parametresi olan b parametresidir. b parametresi ve yetenek parametresi (θ) $N(0,1)$ normal dağılımdan simüle edilmiştir. Oluşturulan veri setlerinin tek boyutlu olup olmadığını belirlemek için Factor 10.5 programı ile açımlayıcı faktör analizi yapılmıştır. Açımlayıcı faktör analizi sonuçları incelendiğinde, uyum indekslerinin yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca birinci özdeğer ve açıklanan varyans değerleri, veri setlerinin tek boyutlu olduğunu desteklemiştir. 500 ve 5000 örneklem için üretilen tam veri setlerinin ölçme modelini belirlemek için madde ortalamaları, madde varyansları ve faktör yükleri incelenmiş ve elde edilen değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bu da veri setlerinin konjonerik ölçme modeline uygun olduğu anlamına gelmektedir.

Her bir tam veri setinden R programında yazılan kodlarla tamamen rastlantısal kayıp veri (MCAR) yapısında olacak şekilde % 5, %10, %20 ve %30 kayıp veri oranına sahip veriler oluşturulmuştur. Tamamen rastlantısal kayıp veri yapısı için R programında, satır=birey (m) ve sütun=madde (n) çarpımına dayalı ve 0-1 arasında değerler alan bir matris oluşturulmuştur. Bu matriste kayıp veri oranına karşılık gelen olasılık değerlerinin $m \times n$ yapısındaki ana veri setinde karşılık gelen değerleri kayıp veri olarak tanımlanmış ve veri kümesinden silinmiştir. Oluşturulan bu veriler SPSS 21 programı yardımıyla Little MCAR Testi ile analiz edilmiş ve kayıp verilere sahip veri setlerinin yapısının MCAR olduğu doğrulanmıştır. Daha sonra elde edilen veriler çalışmada ele alınan kayıp atama yöntemleri kullanılarak yeniden tam veri setlerine dönüştürülmüştür. Kayıp veri atama yöntemleri için R programında yer alan paketler kullanılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan çoklu atama yöntemi için *mi* (Su, Goodrich ve Kropko, 2015), ortalama atama için *HotDeckImputation* (Joenssen, 2015), regresyon atama için *mice* (van Buuren ve Groothuis-Oudshoorn, 2015) kullanılmıştır. Sıfır atama için ise R

programında araştırmacılar tarafından yazılan kod ile atamalar yapılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan kayıp veri atama yöntemleriyle ilgili kısa bilgiler sunulmuştur.

Ortalama Yerleştirme: Kayıp verilerle başa çıkmada sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir (Hair, Black, Babin, Anderson ve Tatham, 2006; Little ve Rubin, 2002). Bu yöntemde var olan veriden kayıp değere sahip değişkenlerle ilgili ortalamalar hesaplanır ve kayıp değerler yerine elde edilen ortalama değer konur (Hair ve ark., 2006; Little ve Rubin, 2002; Tabachnick ve Fidell, 2001). Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. İlki, kayıp değer yerine ortalama değer atandığından değişkenin varyansı azalmakta, ikincisi ortalama değer atandığından değişkenlerin gerçek dağılımı bozulmakta ve son olarak değişkenin diğer değişkenlerle korelasyonu düşmektedir (Hair ve ark., 2006). Bu yöntemin avantajı ise kolay uygulanabilir olmasıdır. Ortalama değer olarak, madde ortalaması, birey ortalaması, yakın değerlerin ortalaması ya da toplam puan ortalaması gibi farklı yöntemlerle belirlenebilir. Bu çalışmada kayıp veri atama yöntemi olarak madde ortalaması kullanılmıştır.

Regresyon: Bu yöntemde kayıp verilerin değerlerini kestirmek için veri setindeki diğer değişkenlerle ilişkisine dayalı olarak regresyon analizi kullanılır (Hair ve ark., 2006). Kayıp veriye sahip değişken bağımlı değişken, verideki diğer değişkenler bağımsız değişken olarak regresyon eşitliğinde kullanılır. Tam veriye sahip bireyler eşitliği oluşturur ve bu eşitlik kayıp değerleri tahmin etmekte kullanılır (Tabachnick ve Fidell, 2001; Hair ve ark., 2006). Alpar (2011), bu yöntemin özellikle kayıp verinin orta düzeyde olduğu ve yaygın bir dağılım gösterdiği durumlarda kullanılmasını önermektedir. Regresyon yönteminin dezavantajı, kayıp değerler verideki diğer değerlerden kestirildiğinden, gerçek değerlerinden daha yakın değerler almasıdır (Tabachnick ve Fidell, 2001). Ayrıca bağımsız değişkenler bağımlı değişkeninin iyi birer kestiricisi olmalı ve değişkenler arasındaki ilişki yeterli olmalıdır (Tabachnick ve Fidell, 2001; Alpar, 2011). Eğer bağımsız değişkenler iyi birer kestirici değillerse ortalama atama ile regresyon sonuçları aynı çıkar (Tabachnick ve Fidell, 2001). Araştırma kapsamında *mice* R paketinde yer alan kodlara göre çok kategorili lojistik regresyona dayalı atama yapılmıştır.

Çoklu Atama: Bu yöntem Rubin (1987) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde iki veya daha fazla atama yönteminin birlikte kullanılmasıyla kayıp veri kestirilir. Dolayısıyla, bu yöntem karma bir kestirim değeri elde etmeyi amaçlar. Genellikle bu değer, iki ya da daha fazla yöntemle elde edilmiş kestirim değerlerinin ortalamasıdır (Alpar, 2011). Bu yöntemde ilk basamak lojistik regresyondur. Kayıp veriye sahip olan değişken, kayıp veriye sahip olan ve olmayan verilerle iki kategorili bağımlı değişkeni oluşturur. Daha sonra araştırmacı tarafından veride yer alan değişkenler içerisinde bağımsız değişkenler belirlenir ve regresyon eşitliği yazılır. Tam veriye sahip gözlemlerden rastgele bir örneklem seçilerek kayıp veriye sahip değişkenin dağılımı belirlenir, daha sonra ise kayıp veriye sahip değişkenin dağılımından m tane rastgele örneklem seçilir ve bu veri setleri için değişkene ait kayıp veriler kestirilir. m veri için ayrı ayrı istatistiksel analiz yapılır ve ortalama değerler rapor edilir. m sayısının kaç olması gerektiği hakkında Rubin (1996) 5 örneklemin ama bazı durumlarda 3 örneklemin bile yeterli olabileceğini belirtmiştir. En önemli avantajı ise kayıp verinin rastlantısal olup olmaması ile ilgili varsayımı olmamasıdır. Çoklu atama yöntemi, kayıp veri ile baş etmede en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Tabachnick ve Fidell, 2001). Araştırma kapsamında, *mi* R paketinde yer alan kodlara göre Bayesyan yaklaşıma dayalı eşitleme yöntemi ile atama yapılmış ve örneklem sayısı (m) olarak 5 kullanılmıştır.

Kayıp veri atama yöntemleriyle elde edilen veri setlerine ilişkin güvenilirlik katsayıları da yine R programı paketleriyle çözümlenmiştir. Guttman katsayıları ve Omega katsayısı *psych* (Revelle, 2015), Alpha ve standartlaştırılmış alpha katsayısı için *cocron* (Diedenhofen, 2016) paketleri kullanılmıştır. Armor güvenilirlik katsayısı için ise öncelikle *psych* paketi aracılığıyla polikorik korelasyona dayalı temel bileşenler analizi yapılmıştır. Daha sonra temel bileşenler

analizinden elde edilen en yüksek özdeğer ile Armor güvenirlilik katsayısı araştırmacılar tarafından yazılan R kodu ile hesaplanmıştır.

2.4. Çalışmada Ele Alınan Güvenirlilik Katsayıları

Cronbach Alpha ve Guttman Katsayıları:

Guttman'ın (1945) çalışmasında tek bir uygulama ile bir testin güvenirliliğinin kestirilmesinin mümkün olmadığını ancak güvenirlilik katsayısının en düşük alt sınırının elde edilebileceğini öne sürmüş ve bu bağlamda güvenirliliğin alt sınırını kestiren altı (6) katsayı önermiştir. Bu katsayılardan λ_3 , λ_4 , λ_5 ve λ_6 , bu araştırmanın güvenirlilik kestirimlerinde kullanılmıştır.

Cronbach α katsayısı (Lambda 3 - λ_3): Gutman (1945), orta düzeyli bir alt sınır katsayısı olarak tanımlamaktadır (an intermediate lower bound). Kuder ve Richarson'ın 1937 yılındaki çalışmalarında test güvenirliliğini hesaplayabilmek için önerdikleri formülden yola çıkarak testin toplam varyansı ve madde varyanslarına dayalı olarak geliştirilmiştir. Cronbach (1951) çalışmasında bu katsayının paralel ve eşdeğer ölçmelerde gerçek güvenirliliğe eşit olduğunu gösterdiğinde λ_3 'e aynı zamanda Guttman-Cronbach α katsayısı da denilmektedir. Eşitlikte yer alan k madde sayısı, σ_t^2 testin toplam varyansı ve σ_i^2 madde varyansı olmak üzere;

$$\lambda_3 = \alpha = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2}\right) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Lambda 4 (λ_4): Guttman (1945) iki yarıların en düşük sınırı olarak adlandırmaktadır (split-half lower bound). Bu katsayı düzeltilmiş iki yarı güvenirlilik katsayısına benzer ve korelasyon hesaplamaya gerek olmadığından düzeltilmiş iki yarı güvenirlilikten daha kolay hesaplanır. λ_4 hesaplanırken testin nasıl iki yarıya bölüldüğü önemli değildir ve geleneksel yöntemdeki iki yarının varyanslarının eşit olması varsayımı da bulunmamaktadır. Eğer iki yarının varyansları eşit olursa bu katsayı düzeltilmiş iki yarı güvenirliliğe (Spermann Brown iki yarı güvenirliliği) eşit olur (Guttman, 1945). σ_x^2 testin toplam varyansı ve σ_b^2 , σ_a^2 ise her bir yarıdan elde edilen varyans olmak üzere;

$$\lambda_4 = 2\left(1 - \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{\sigma_x^2}\right) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Lambda 5 (λ_5): Guttman (1945), bu katsayısı en iyi kovaryans matrisine dayalı en düşük alt sınır olarak tanımlamaktadır. Bir testteki j maddesi ile geri kalan maddelerle kovaryanslarının kareleri toplamı hesaplanır. Bu toplamın en büyüğü ile katsayısı hesaplanır. σ_t^2 testin toplam varyansı, σ_i^2 madde varyansı ve Γ_2 kovaryanslarının kareleri toplamının en büyüğü olmak üzere;

$$\lambda_5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2 - 2\sqrt{\Gamma_2}}{\sigma_t^2} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Lambda 6 (λ_6): Guttman (1945), bu katsayısı çoklu korelasyona dayalı en düşük sınır olarak tanımlamaktadır. Bir testteki j maddesinin geri kalan maddeler üzerine çoklu lineer regresyonundan elde edilen kestirimlerinin hata varyansından hesaplanan bir güvenirlilik katsayısıdır. σ_t^2 testin toplam varyansı ve $\bar{\epsilon}_i^2$ hata varyanslarının ortalaması olmak üzere;

$$\lambda_6 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \bar{\epsilon}_i^2}{\sigma_t^2}\right) \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Standartlaştırılmış α : Genelleştirilmiş Spearman-Brown formülü olarak da bilinmektedir. Toplam test puanı standartlaştırılmış madde puanlarından elde ediliyorsa güvenilirlik kestirimde standartlaştırılmış α 'nın kullanımının daha uygun olduğu belirtilir. Maddeler arası korelasyonların ortalamasına dayalı olarak hesaplanır. Eğer madde cevapları standartlaştırılmış puanlara dönüştürülmeden kullanılırsa bu katsayı normal α 'dan daha yüksek kestirim yapmaktadır (Furr ve Bacharac, 2014). n madde sayısı ve ρ_{ij} maddeler arası korelasyonu göstermek üzere;

$$std\alpha = n(1 - n/(n + \sum \sum \rho_{ij}))/n(n - 1) \quad (\text{Eşitlik 5})$$

McDonald'ın ω Katsayısı: Konjenerik ölçmeler için McDonald tarafından ω katsayısı geliştirilmiştir. ω katsayısı faktör yükleri ve tekil varyans gibi faktör modelinin kolaylıkla hesaplanabilen terimlerine dayanan bir güvenilirlik katsayısıdır (McDonald, 1999). ω , tüm ölçmelerde α 'ya eşit ya da büyük çıkmaktadır (Bacon, Sauer ve Young, 1995'den akt. Yurdugül, 2006). λ_i tekil varyans ve ψ_i faktör yüklerini göstermek üzere;

$$\omega = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + (\sum \psi_i)^2} \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Armor'un θ Katsayısı: Armor (1974) güvenilirlik katsayısının aynı örtük yapıyı ölçen paralel maddelere dayalı olmasının bir sınırlılık olduğunu dile getirmiş ve faktör ölçekleme olarak adlandırdığı yöntemeye dayalı bir güvenilirlik katsayısı önermiştir. Bu katsayı temel bileşenler analizinden elde edilen en büyük özdeğer (δ) kullanılarak hesaplanır. Maksimize edilmiş bir Alfa katsayısıdır ve eğer maddeler faktör yüklerine göre ağırlıklandırılırsa α 'ya eşit olur (Armor, 1974). k madde sayısı ve δ temel bileşenler analizinden elde edilen en büyük özdeğeri göstermek üzere;

$$\Theta = \left(\frac{k}{k-1}\right) \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) \quad (\text{Eşitlik 7})$$

Araştırma kapsamında üretilen tam veri setlerinden elde edilen sonuçlar, kayıp veri atama yöntemleriyle yeniden tamamlanmış veri setlerinden elde edilen sonuçların ortalaması ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca daha doğru değerlendirmeler yapabilmek için hata istatistiklerinden gerçek parametre değeri ile kestirilen parametre değerleri arasındaki farkın kareleri toplamının tekrar sayısına oranının karekökünü gösteren (RMSE) değeri hesaplanmıştır. RMSE, toplam hata olarak da adlandırılır. RMSE'ye ait formül Eşitlik 8'de aşağıda verilmiştir.

$$RMSE(\tau_j) = \sqrt{\sum (\tau_j^* - \tau_j)^2 / R} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

τ_j : j parametresinin gerçek değeri

τ_j^* : j parametresinin kestirilen değeri

R: tekrar sayısı

3. BULGULAR

Bu bölümde güvenirlilik katsayılarının her bir örneklem büyüklüğü değişkenine göre elde edilen kestirimlerine ait bulgulara yer verilmiştir. Her bir örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranı, kayıp veri atama yöntemi ve seçenek sayısına ilişkin değerler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

500 örneklem için güvenirlilik katsayılarına ilişkin kayıp veri oranı, kayıp veri atama yöntemi ve seçenek sayısı değişkenlerine göre elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: 500 örneklem için elde edilen güvenirlilik katsayıları

Kayıp Veri Oranı	Atama Yöntemleri	Güvenirlilik Katsayıları													
		Kategori Sayısı=3							Kategori Sayısı=5						
		ω	Std. α	α	λ_4	λ_5	λ_6	θ	ω	Std. α	α	λ_4	λ_5	λ_6	θ
5%	0 Atama	,91	,86	,86	,89	,83	,86	,90	,94	,93	,93	,94	,91	,93	,94
	Regresyon	,92	,88	,88	,91	,85	,88	,92	,96	,95	,95	,96	,93	,95	,96
	O.A	,92	,88	,88	,90	,84	,88	,92	,95	,94	,94	,95	,92	,94	,95
	Ç.A	,92	,88	,88	,91	,85	,88	,92	,96	,95	,95	,96	,93	,95	,96
10%	0 Atama	,89	,84	,84	,88	,80	,84	,89	,93	,91	,91	,93	,88	,91	,92
	Regresyon	,92	,88	,88	,91	,85	,88	,92	,96	,95	,95	,96	,93	,95	,96
	O.A	,91	,87	,87	,90	,83	,87	,90	,95	,94	,94	,95	,92	,94	,95
	Ç.A	,92	,88	,88	,91	,85	,88	,92	,96	,95	,95	,96	,93	,95	,96
20%	0 Atama	,86	,80	,80	,84	,75	,80	,86	,89	,86	,86	,89	,82	,86	,88
	Regresyon	,92	,88	,88	,92	,84	,88	,92	,96	,94	,94	,96	,92	,95	,95
	O.A	,89	,85	,85	,88	,81	,85	,89	,94	,92	,92	,94	,90	,92	,93
	Ç.A	,92	,88	,88	,92	,83	,88	,92	,96	,94	,94	,96	,92	,95	,95
30%	0 Atama	,83	,75	,74	,81	,69	,76	,82	,84	,81	,81	,85	,76	,81	,84
	Regresyon	,92	,88	,88	,92	,83	,88	,92	,95	,94	,94	,96	,92	,94	,95
	O.A	,88	,82	,82	,86	,78	,82	,87	,92	,91	,91	,93	,88	,91	,92
	Ç.A	,92	,88	,88	,92	,82	,88	,92	,95	,94	,94	,96	,92	,94	,95
Tam veri		,92	,88	,88	,91	,85	,88	,92	,96	,95	,95	,96	,93	,95	,96

O.A: Ortalama Atama; Ç.A.: Çoklu Atama

Tablo 2 incelendiğinde, üç kategorili tam veri seti için elde edilen güvenirlilik katsayılarından en yüksek değeri ,92 ile ω ile θ katsayılarının ve en düşük değeri ise ,85 ile λ_5 katsayısının aldığı görülmektedir. Tam veri ile atama yöntemlerinden elde edilen güvenirlilik kestirimleri karşılaştırıldığında; ω , Std. α , α , λ_6 ve θ katsayıları %5 kayıp veri oranında regresyon, ortalama ve çoklu atama yöntemlerine ait kestirimlerinin eşit; diğer kayıp veri oranlarında ise regresyon ve çoklu atama yöntemlerine ait kestirimlerinin eşit, sıfır ve ortalama atama yöntemlerine ait kestirimlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. λ_4 katsayısının kayıp veri oranının %5 ve %10 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, kayıp veri oranının %20 ve %30 olduğu durumda tam veriden daha yüksek ve diğer koşullarda ise tam veriden daha düşük kestirildiği görülmektedir. λ_5 katsayısı ise kayıp veri oranının %5 ve %10 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, diğer koşullarda tam veriden daha düşük elde edilmiştir. Kayıp veri oranının bütün koşullarında, bütün güvenirlilik katsayılarının 0 atama yönteminden elde edilen kestirimlerinin diğer atama yöntemlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bütün koşullarda ω , θ ve λ_4 katsayılarının diğer güvenirlilik katsayılarına göre daha yüksek kestirildiği görülmektedir.

Beş kategorili tam veri seti için elde edilen güvenirlilik katsayılarından en yüksek değeri ,96 ile ω , λ_4 ve θ katsayıları ve en düşük değeri ise ,93 ile λ_5 katsayısının olduğu görülmektedir. Beş kategorili tam veriden kestirilen güvenirlilik katsayıları, üç kategoriliden kestirilenlere göre

birbirlerine daha yakın değerler almıştır. Tablo 2’deki tüm koşullar dikkate alındığında, beş kategorili veriye ait güvenilirlik katsayılarının üç kategoriye ait olanlara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. ω ve λ_6 katsayıları kayıp veri oranının %5, %10 ve %20 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yönteminin kullanıldığı koşulda tam veriden kestirilen katsayılar ile eşit, diğer koşullarda ise daha düşük kestirilmiştir. Std. α , α , θ ve λ_5 katsayılarının kayıp veri oranının % 5 ve % 10 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yöntemlerine ait kestirimlerinin tam veri setinden elde edilen ile eşit, diğer koşullarda ise tam veriye göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bütün kayıp veri oranlarında, λ_4 katsayısı regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit kestirilmiştir.

Tablo 2’nin tamamı dikkate alındığında, kayıp veri oranının bütün koşullarında, bütün güvenilirlik katsayılarının 0 atama yönteminden elde edilen kestirimlerinin diğer atama yöntemlerinden elde edilenlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bütün kayıp veri oranlarında, λ_5 hariç diğer tüm güvenilirlik katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirimlerinin eşit olduğu görülmektedir. Bütün koşullarda en düşük kestirilen katsayı ise λ_5 katsayısıdır. Ayrıca bütün koşullarda α ve Std. α katsayıları aynı kestirilmiştir.

5000 örneklem için güvenilirlik katsayılarına ilişkin kayıp veri oranı, kayıp veri atama yöntemi ve seçenek sayısı kombinasyonlarından elde edilen değerler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: 5000 örneklem için ele alınan koşullara göre kestirilen güvenilirlik katsayıları

Kayıp Veri Oranı	Atama Yöntemleri	Güvenirlik Katsayıları													
		Seçenek Sayısı=3							Seçenek Sayısı=5						
		ω	Std. α	α	λ_4	λ_5	λ_6	θ	ω	Std. α	α	λ_4	λ_5	λ_6	θ
5%	0 Atama	,91	,86	,87	,87	,85	,86	,90	,94	,92	,92	,93	,91	,92	,94
	Regresyon	,92	,89	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
	O.A	,92	,88	,88	,89	,86	,87	,89	,95	,94	,94	,94	,92	,94	,95
	Ç.A	,92	,89	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
10%	0 Atama	,89	,84	,84	,85	,83	,84	,89	,94	,92	,92	,93	,91	,92	,94
	Regresyon	,92	,89	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
	O.A	,91	,87	,87	,88	,85	,86	,89	,95	,93	,93	,94	,92	,93	,94
	Ç.A	,92	,89	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
20%	0 Atama	,86	,80	,79	,81	,78	,79	,85	,92	,90	,90	,91	,89	,90	,92
	Regresyon	,92	,88	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
	O.A	,89	,85	,85	,86	,83	,84	,87	,93	,92	,92	,92	,90	,92	,93
	Ç.A	,92	,88	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
30%	0 Atama	,82	,75	,74	,77	,72	,74	,81	,92	,90	,90	,91	,89	,90	,92
	Regresyon	,92	,88	,89	,90	,86	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
	O.A	,88	,82	,82	,84	,81	,82	,87	,92	,90	,90	,91	,89	,90	,92
	Ç.A	,92	,88	,89	,90	,86	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95
Tam veri		,93	,89	,89	,90	,87	,88	,92	,96	,94	,94	,95	,93	,94	,95

Tablo 3 incelendiğinde, üç kategorili tam veri seti için elde edilen güvenilirlik katsayılarından en yüksek değeri ,93 ile ω katsayısı ve en düşük değeri ise ,87 ile λ_5 katsayısının aldığı görülmektedir. Tam veri ile atama yöntemlerinden elde edilen güvenilirlik kestirimleri karşılaştırıldığında; α , λ_4 , λ_6 ve θ katsayıları bütün kayıp veri oranlarında regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, diğer yöntemlerde ise tam veriden daha düşük kestirilmiştir. ω katsayısının bütün kayıp veri oranı ve atama yöntemlerinden elde edilen kestirimlerinin tam veriden daha düşük olduğu, ancak çoklu ve regresyon atama yöntemlerinde tam veriye çok yakın kestirim yaptığı görülmektedir. Std. α katsayısı ise kayıp veri oranının %5 ve %10 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit kestirilmiş, diğer durumlarda ise tam veriden daha düşük kestirilmiştir. λ_5 katsayısı, %5, %10 ve %20 kayıp

veri oranlarında regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, % 30 kayıp veri oranında regresyon atama yönteminde tam veri ile eşit ve diğer durumlarda ise tam veriden daha düşük kestirilmiştir. Kayıp veri oranının bütün koşullarında, bütün güvenirlilik katsayılarının 0 atama yönteminden elde edilen kestirimlerinin diğer atama yöntemlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bütün koşullarda ω ve daha sonra θ katsayısının diğer güvenirlilik katsayılarına göre daha yüksek kestirildiği görülmektedir.

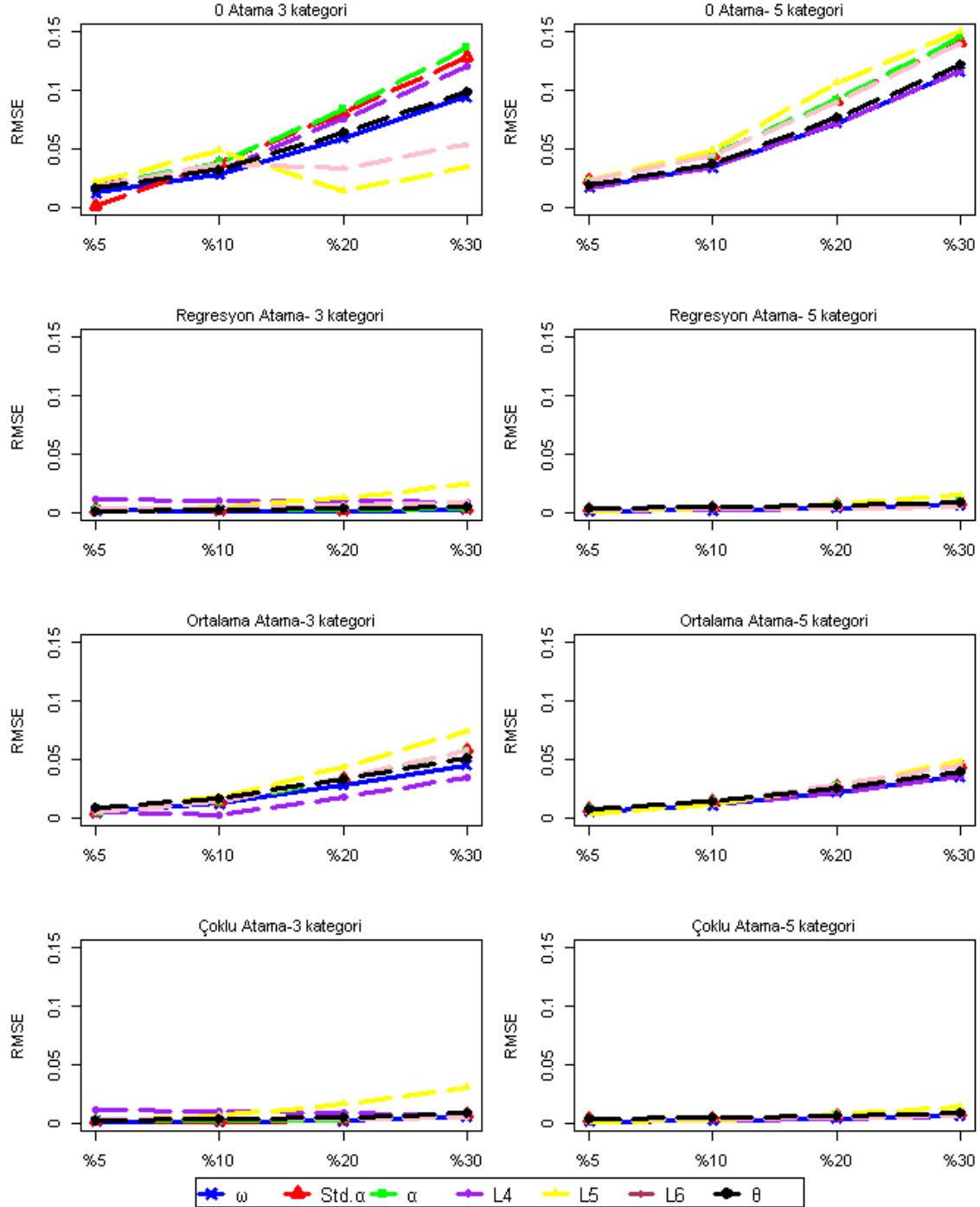
Beş kategorili tam veri seti için elde edilen güvenirlilik katsayılarından en yüksek değeri ,96 ile ω katsayısı ve en düşük değeri ise ,93 ile $\lambda 5$ katsayısının aldığı görülmektedir. Beş kategorili tam veriden kestirilen güvenirlilik katsayılarının birbirlerine daha yakın değerler aldığı ve beş kategorili veriye ait güvenirlilik katsayılarının üç kategoriliye göre daha yüksek kestirildiği görülmektedir. Std. α , θ , α ve $\lambda 6$ güvenirlilik katsayıları kayıp veri oranının %5 olduğu durumda ortalama, regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, diğer kayıp veri oranlarında regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile eşit, diğer durumlarda ise tam veriden daha düşük kestirilmiştir. ω , $\lambda 4$, $\lambda 5$ ve $\lambda 6$ katsayılarının bütün kayıp veri oranlarında regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirimlerinin tam veri kestirimleri ile eşit ve diğer koşullarda ise tam veriden daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 3'ün tamamı dikkate alındığında, kayıp veri oranının bütün koşullarında, bütün güvenirlilik katsayılarının 0 atama yönteminden elde edilen kestirimlerinin diğer atama yöntemlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bütün kayıp veri oranlarında, bütün güvenirlilik katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirimlerinin tam veri ile eşit olduğu görülmektedir. Bütün koşullarda en düşük kestirilen katsayı ise $\lambda 5$ katsayısıdır.

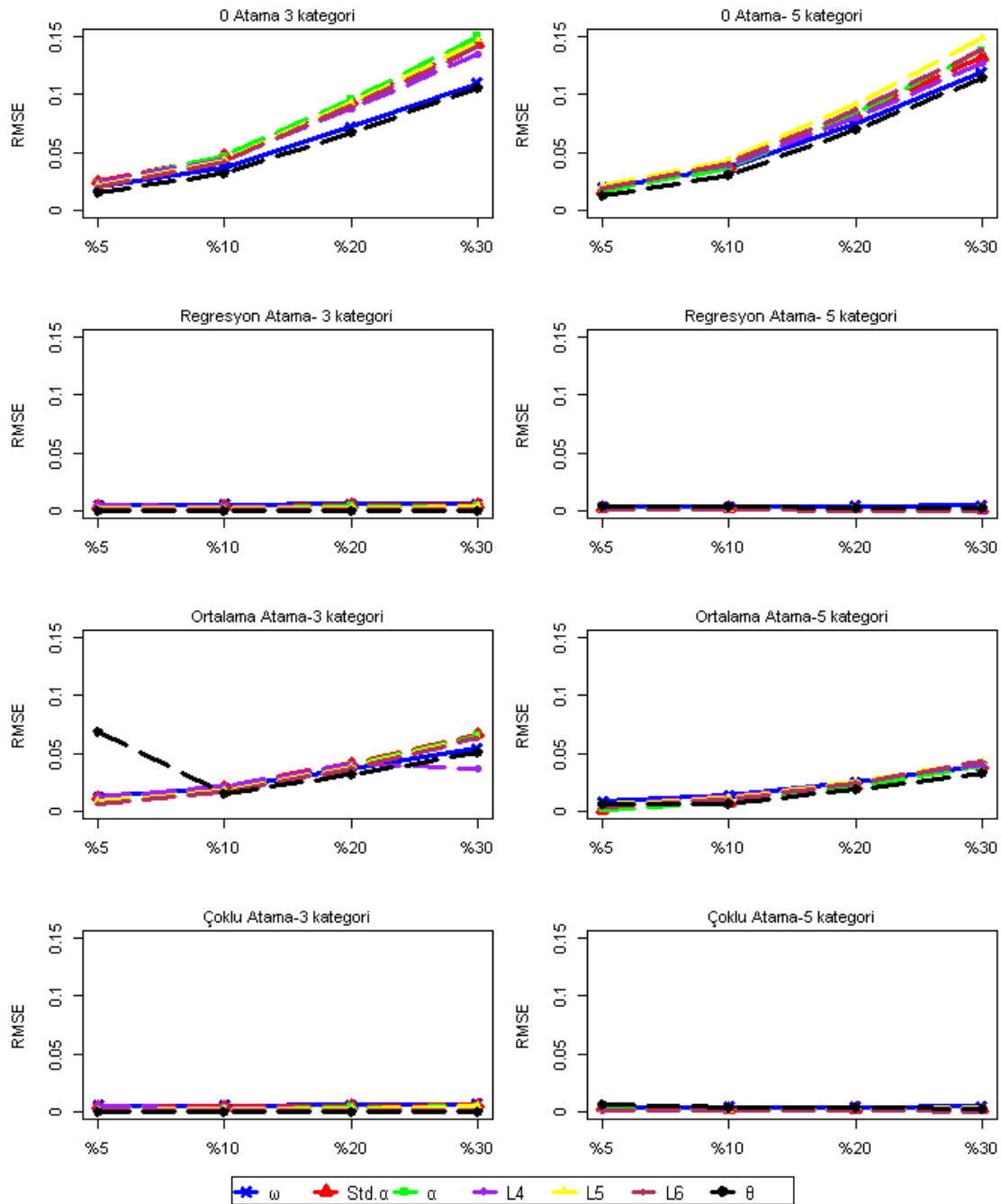
Şekil 1'de 500 örneklem için araştırmada ele alınan yedi güvenirlilik katsayısının her bir atama yöntemine göre üç ve beş kategorili veri setleri için hesaplanan RMSE değerleri gösterilmektedir. Şekil 1'e göre, her bir katsayının regresyon ve çoklu atama yöntemlerine göre elde edilen ortalama hata değerlerinin sıfıra oldukça yakın olduğu ve hataların kayıp veri oranı ve kategori sayısından önemli düzeyde etkilenmediği görülmektedir. Şekilde yer alan grafiklerde en dikkat çeken sonuçların ortalama ve özellikle sıfır atama yönteminde ortaya çıktığı söylenebilir. Bütün katsayılar için ortalama atama yönteminde kayıp veri oranı arttıkça hataların arttığı; kategori sayısının artışı ile katsayılardan elde edilen hataların birbirine daha yakınlaştığı görülmektedir. Üç kategorili verilerde, $\lambda 5$ ve $\lambda 6$ katsayıları hariç diğer katsayıların sıfır atama yöntemine göre elde edilen ortalama hatalarının kayıp veri oranı arttıkça arttığı görülmektedir. Yine bu koşulda, $\lambda 5$ ve $\lambda 6$ katsayılarına ait hataları kayıp veri oranına göre değişken davranış gösterirken, beş kategorili verilerde her iki katsayı için hatalar ile kayıp veri oranı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu söylenebilir. Bütün koşullar göz önüne alındığında tüm kayıp veri oranlarında bütün katsayılar için en fazla hatanın sıfır atama yönteminden elde edildiği görülmektedir. Yine koşulların tamamı göz önüne alındığında kategori sayısı artışı ile katsayıların kestirim hatalarının birbirine yakınlaştığı ama hataların üç kategoriden elde edilenlere göre çok fazla değişmediği görülmektedir.

Şekil 2'de 5000 örneklem için araştırmada ele alınan yedi güvenirlilik katsayısının her bir atama yöntemine göre üç ve beş kategorili veri setleri için hesaplanan RMSE değerleri gösterilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde bütün katsayılar için en yüksek hataların sırasıyla sıfır atama ve ortalama atama yöntemlerinden elde edildiği görülmektedir. Bütün katsayıların sıfır atama yönteminden elde edilen sonuçları için kayıp veri oranının bütün koşullarında kategori sayısı artışı ile katsayıların kestirim hatalarının birbirine yakınlaştığı görülmektedir. Ayrıca her iki kategori için de hatalar ile kayıp veri oranı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu ama üç kategori verilerde %20 ve %30 kayıp veri oranlarında güvenirlilik katsayı kestirim hataları arasındaki farkın belirginleştiği söylenebilir. Her bir katsayının regresyon ve çoklu atama yöntemlerine göre elde edilen ortalama hata değerlerinin sıfıra oldukça yakın olduğu ve

hataların kayıp veri oranı ve kategori sayısından önemli düzeyde etkilenmediği görülmektedir. θ katsayısının ortalama atama yönteminde %5 kayıp veri oranındaki kestirim hataları hariç, kayıp veri oranı arttıkça kestirim hatalarının arttığı ama kategori sayısı artışı ile kestirim hatalarının azaldığı görülmektedir. Ortalama atama yönteminde üç kategorili veride kayıp veri oranı arttıkça kestirim hataları arasında gözlenen farkın beş kategoriliye göre daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil. 500 örneklem için elde edilen RMSE değerleri



Şekil 2: 5000 örneklem için elde edilen RMSE değerleri

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada, güvenirlilik katsayılarının kestirimleri farklı kayıp veri oranı, kategori sayısı, örneklem büyüklüğü ve kayıp veri atama yöntemlerinde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Tam veri setleri ele alındığında araştırmaya dahil olan bütün koşullarda güvenirlilik katsayılarından McDonald'ın ω katsayısının en yüksek, λ_5 katsayısının ise en düşük değeri ürettiği görülmüştür. Alan yazında, konjenerik ölçmeler için en yansız güvenirlilik katsayısı olarak kabul edilen ω ile diğer katsayılar karşılaştırıldığında, 500 örneklem büyüklüğü

koşulunda üç kategorili veriler için $\lambda_5 < \lambda_6 = \text{Std. } \alpha = \alpha < \lambda_4 < \omega = \theta$; beş kategorili veriler için $\lambda_5 < \lambda_6 = \text{Std. } \alpha = \alpha < \lambda_4 = \omega = \theta$ eşitsizlikleri elde edilmiştir. 5000 örneklem büyüklüğü koşulunda ise üç kategorili veriler için $\lambda_5 < \lambda_6 < \text{Std. } \alpha = \alpha < \lambda_4 < \theta < \omega$; beş kategorili veriler için $\lambda_5 < \lambda_6 = \text{Std. } \alpha = \alpha < \lambda_4 = \theta < \omega$ eşitsizlikleri elde edilmiştir. Ayrıca bu örneklem büyüklüğü koşulunun beş kategorili veri setlerinde λ_4 katsayısı da ω katsayısı ile aynı değeri üretmiştir. Yurdugül (2006) çalışmasında konjenerik çok kategorili veriler için $\alpha = \theta < \omega$ sonucunu bulurken bu çalışmada 500 örneklem büyüklüğü koşulunda her iki kategori için ω ve θ katsayıları eşit bulunmuştur. Benton (2015) α ve λ_4 katsayılarını karşılaştırdığı çalışmasında, λ_4 katsayısının güvenilirliği α katsayısından daha büyük kestirdiğini ve madde sayısı/ örneklem büyüklüğü oranına bağlı olarak λ_4 katsayısının aldığı sınır değerler olduğunu göstermiştir. Tam veri setlerinden elde edilen sonuçlar ile bu araştırmanın sonuçlarının benzer olduğu söylenebilir.

Her iki örneklem için beş kategorili tam veriden kestirilen güvenilirlik katsayılarının üç kategorili tam veriye göre birbirlerine daha yakın değerler aldığı ve beş kategorili veriye ait güvenilirlik katsayılarının üç kategoriliye göre daha yüksek değerler ürettiği tespit edilmiştir. Kategori sayısının güvenilirlik kestirimlerini etkilediğine dair birçok çalışma bulunmakla birlikte bu çalışmaların Cronbach α katsayısı ile sınırlı olduğu görülmektedir. Kategori sayısı arttıkça Cronbach α güvenilirlik kestiriminin arttığını belirten çalışmalar (Lozano, Garcia-Cueto ve Muniz,2008; Bandolas ve Enders,1996; Preston ve Colman,2000) ile bu araştırmanın Cronbach α ile ilgili sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

Örneklem büyüklüğü 500 iken üç kategorili veri setlerinde, %5 ve %10 kayıp veri oranlarında tüm güvenilirlik katsayılarının; %20 ve %30 kayıp veri oranlarında ise λ_4 ve λ_5 hariç diğer tüm katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirim ortalamalarının tam veriden elde edilen kestirimlerle aynı olduğu görülmüştür. Yine aynı koşullar altında, tüm katsayıların sıfır atama yöntemi ile elde edilen kestirimlerinin bütün kayıp veri oranlarında tam veriden daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca ω , Std. α , α , λ_6 ve θ katsayılarının ortalama atama yöntemi ile elde edilen kestirimlerinin yalnızca %5 kayıp veri oranında tam veri ile aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı örneklem büyüklüğünün beş kategorili veri setlerinde %5 ve %10 kayıp veri oranlarında tüm güvenilirlik katsayılarının; %20 kayıp veri oranında ω , λ_4 , λ_6 katsayılarının ve %30 kayıp veri oranında ise yalnızca λ_4 katsayısının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veri ile aynı kestirimler yaptığı bulunmuştur.

Örneklem büyüklüğü 5000 iken üç kategorili veri setlerinde, %5, %10 ve %20 kayıp veri oranlarında ω hariç diğer tüm güvenilirlik katsayıları; %30 kayıp veri oranlarında ise ω ve Std α hariç diğer tüm katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirim ortalamalarının tam veriden elde edilen kestirimlerle aynı olduğu görülmüştür. Aynı örneklem büyüklüğünün beş kategorili veri setlerinin bütün kayıp veri oranlarında, tüm katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerine ait kestirimlerinin tam veri ile aynı olduğu bulunmuştur. Aynı koşullar altında, yalnızca %5 kayıp veri oranında Std. α , α , λ_6 ve θ katsayılarının ortalama atama yöntemi ile kestirimleri tam veri ile aynıdır. Ancak örneklem sayısının 5000 ve kategori sayısının 3 olduğu durumda McDonald'ın ω katsayısı bütün kayıp veri oranı ve atama yöntemlerinde tam veriye göre daha düşük kestirilmiş, λ_4 katsayısının ise kategori sayısının 3 ve örneklem sayısı 500 iken kayıp veri oranının % 20 ve %30 olduğu durumda regresyon ve çoklu atama yöntemlerinde tam veriye göre daha yüksek kestirimler elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Güvenirlik katsayılarına ait RMSE değerleri incelendiğinde, bütün kayıp veri atama yöntemlerinde her iki örneklem için kategori sayısı arttığında hataların minimal düzeyde azaldığı bulunmuştur. Her iki kategori sayısı ve örneklem büyüklüğü koşulları için kayıp veri oranı arttıkça bütün katsayıların kestirim hatalarında en belirgin artışın ilk olarak 0 atamada, ikinci olarak ortalama atama yönteminden elde edildiği görülmüştür.

Duhachek, Coughlan ve Iacobucci (2005) örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, boyutluluk ve maddeler arası korelasyona göre Cronbach α güvenirlilik katsayısını ve bu katsayıya ait standart hatayı incelemiş, α katsayısının örneklem arttıkça arttığını bulmuştur. Fakat bu çalışmada tam veriden elde edilen güvenirlilik katsayısı kestirimlerinin örneklem büyüklüğü değiştikçe çok farklılaşmadığı ve birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Bunun nedenlerinden biri 500 örneklemin 20 maddelik bir veri için yeterli olması ve yeterli örneklem büyüklüğünden dolayı örneklem büyüklüğünün artmasının kestirimleri çok fazla etkilememesi olduğu söylenebilir.

Kayıp veri oranının tam veriye oranı arttıkça istatistiksel kestirimlerin hatalarında bir artış olduğu araştırmalarda sıklıkla ortaya çıkan bir durumdur. Fakat bu çalışmada ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri bütün güvenirlilik katsayılarının regresyon ve çoklu atama yöntemlerinden elde edilen kestirimlerinin araştırmada ele alınan tüm koşullarda kayıp veri oranından etkilenmediğidir. Ayrıca, kayıp veri atama yöntemleri açısından yapılan incelemede; bütün güvenirlilik katsayıları için tam veri ile benzer/aynı kestirimlerin yine çoklu atama ve regresyon atama yönteminden elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Kürşat Şahin (2014) çalışmasında Cronbach α katsayı kestirimlerinde yaklaşık değer atama yöntemlerinin kayıp veri oranının düşük olduğu durumlarda genel olarak tam veri setlerinden elde edilen değerlere yakın veya aynı değerleri verdiği ve tam veri setlerinden elde edilen değerlere çok yakın değer veren yöntemlerin beklenti maksimizasyonu, regresyon ataması ve çoklu atama yöntemlerinin olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ortalama atama, regresyon atama ve çoklu atama yöntemleri için elde edilen sonuçlar ile Kürşat Şahin'in (2014) çalışmasının bulgularının benzer olduğu söylenebilir. Ayrıca, alanyazın incelendiğinde, rastlantısal kayıp veri yapılarında kayıp veri atama yöntemlerinin etkililiğine ilişkin farklı alan ve konularda yapılan çalışmalarda da en az hatalı istatistiksel kestirimlerin sırasıyla çoklu atama ve regresyon atama yöntemlerinden elde edildiği görülmektedir (Alkan, Cengiz ve Alkan, 2013; Çüm ve Gelbal,2015; Demir,2013; Finch, 2008; Kürşat Şahin, 2014; Meeyai, 2016; Nartgün, 2015; Shrive, Stuart, Quan ve Gali,2006).

Araştırmanın bütün koşullarında ve özellikle kayıp veri oranı arttıkça bütün güvenirlilik katsayıları için en yanlış kestirimlerin 0 atama yönteminden elde edildiği görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, hem benzer hem de farklı alanlardaki kayıp verileri yanlış cevap olarak kabul etmenin uygun olmadığını rapor eden çalışmaları (Custer, Sharairi ve Swift, 2012; De Ayala, Plake ve Impara, 2001; Demir, 2013; Finch, 2008) desteklemektedir.

Ortalama atama yöntemi düşük kayıp veri olanlarında daha az hatalı kestirim yapmakla birlikte bu çalışmada en hatalı kestirimlerin elde edildiği sıfır atamadan sonraki ikinci yöntemdir. Bu çalışmada tüm koşullar dikkate alındığında bütün güvenirlilik katsayıları için ortalama atama yönteminin yalnızca % 5 kayıp veri oranında tam veri ile benzer/aynı kestirimler yaptığı diğer koşullarda ise kayıp veri oranı arttıkça tam veriye göre daha düşük kestirimler yaptığı ortaya çıkmıştır. Alanyazında ortalama atama için benzer sonuçların elde edildiği çalışmalar, bu sonuç ile desteklenmiştir (Enders,2004; Engels ve Diehr, 2003; Hawthorne, ve Elliott, 2005; Shrive ve ark., 2006)

Güvenirlilik katsayı kestirimlerinde, örneklem büyüklüğü ve kayıp veri oranı değişkenlerine bağlı olarak, kayıp veriyi tanımlarken hangi atama yöntemi ile daha az hatalı kestirimler yapılacağına araştırıldığı bu çalışmanın sonucunda, kayıp veri atama yöntemine bağlı olarak kayıp veriye daha dayanıklı olan tek bir katsayının olmadığı görülmüştür. Bütün katsayılar için regresyon ve çoklu atama yöntemlerinin tüm koşullarda en yanlış ve 0 atama yönteminin ise en yanlış sonuçlar verdiği bulunmuştur. Buna bağlı olarak, tamamen rastlantısal kayıp veri varlığında, Cronbach α , Standartlaştırılmış α , Armor'un θ , Guttman λ_4 , Guttman λ_5 , Guttman λ_6 ve McDonald'ın ω güvenirlilik katsayılarına ilişkin yapılacak analizlerde araştırmacılara kayıp veri ile baş etme yöntemi olarak çoklu atama ve regresyon atama yöntemlerinin kullanımı fakat sıfır atama yönteminin kullanılmaması önerilebilir. Bu çalışma

çok kategorili veriler ile yürütülmüştür. Mevcut analizler iki kategorili veriler için tekrarlanabileceği gibi araştırmada incelenen koşulların farklı düzeyleri için de incelenebilir. Konjenerik ölçme yapıları üzerine yapılan bu çalışma farklı ölçme yapıları için tekrarlanabilir.

Araştırmada tam verilere ait güvenilirlik kestirimlerine göre λ_4 ve θ katsayısının birçok koşulda hem birbirleri hem de ω katsayısı ile birbirine benzer/eşit kestirimler yaptığı bulunmuştur. Buna bağlı olarak bu iki katsayısının konjenerik yapılardaki performansına yönelik daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Ayrıca λ_6 katsayısının hem tam veri hem de kayıp veri atama yöntemleri açısından performansının Std. α ve α katsayıları ile benzer/aynı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, λ_6 katsayısının, α ve diğer güvenilirlik katsayıları ile ilişkisinin özellikle farklı ölçme yapıları açısından daha fazla incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Acock, A.C. (2005). Working with missing values. *Journal of Marriage and Family*, 67, 1012-1028.<http://dx.doi.org/10.1111/j.1741-3737.2005.00191.x>
- Akbaş, U. ve Tavşancıl, E. (2015). Farklı örneklem büyüklüklerinde ve kayıp veri örüntülerinde ölçeklerin psikometrik özelliklerinin kayıp veri baş etme teknikleri ile incelenmesi. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 6 (1), 38-57.
- Alkan, N., Terzi, Y., Cengiz, M. A., ve Alkan, B. B. (2013). Comparison of Missing Data Analysis Methods in Cox Proportional Hazard Models. *Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics*, 5(2).<http://www.turkiyeklinikleri.com/pdf/?pdf=fb5f04d7e103018f55e576345d797579>
- Alpar, R. (2011). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler*, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Allison, P.D. (2009). *Missing data (Sage university paper series on quantitative applications in the social sciences, 72-89)*. London: Sage Publication.
- Armor, D. J. (1973). Theta reliability and factor scaling. *Sociological methodology*, 1974 (5),1.<https://www.jstor.org/stable/pdf/270831.pdf>
- Avcu, A. (2016). *Çok boyutlu karma-format testlerin ölçeklenmesini etkileyen faktörlerin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara).
- Bandalos, D.L., & Enders, C.K. (1996). The effect of nonnormality and number of response categories on reliability. *Applied Measurement in Education*, 9, 151-160.
https://www.researchgate.net/publication/238397031_The_Effects_of_Nonnormality_and_Number_of_Response_Categories_on_Reliability
- Baraldi, A.N.& Enders, C.K. (2010). An introduction to modern missing data analysis. *Journal of School Psychology*, 48, 5-37.<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsp.2009.10.001>
- Benton, T. (2015). An empirical assessment of Guttman's Lambda 4 reliability coefficient. In *Quantitative Psychology Research* (pp. 301-310). Springer International Publishing.
<http://www.cambridgeassessment.org.uk/Images/141299-an-empirical-assessment-of-guttman-s-lambda-4-reliability-coefficient.pdf>
- Carpita, M., & Manisera, M. (2011). On the imputation of missing data in surveys with Likert-type scales. *Journal of Classification*, 28(1), 93-112.
http://hbanaszak.mjr.uw.edu.pl/TempTxt/CarpitaManisera_2011_On%20the%20Imputation%20of%20Missing%20Data%20in%20Surveys%20with%20Likert-type%20Scales.pdf
- Charter, R. A. (1999). Sample Size Requirements for Precise Estimates of Reliability, Generalizability, and Validity Coefficients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 21, 559-566.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/jcen.21.4.559.889>
- Chen, S. F., Wang, S., & Chen, C. Y. (2012). A simulation study using EFA and CFA programs based the impact of missing data on test dimensionality. *Expert Systems with Applications*, 39(4), 4026-4031.<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.085>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
http://kttm.hoasen.edu.vn/sites/default/files/2011/12/22/cronbach_1951_coefficient_alpha.pdf

- Cool, A. L. (2000). *A review of methods for dealing with missing data*. Paper presented at Annual Meeting of the Southwest Educational Research Association, Dallas. Abstract retrieved from <http://ericae.net/ft/tamu/cool1.pdf>
- Cuesta Izquierdo, M.& Fonseca Pedrero, E. (2014). Estimating the reliability coefficient of tests in presence of missing values. *Psicothema*, 26 (4), 516-523. <http://www.psicothema.com/pdf/4223.pdf>
- Custer, M., Sharairi, S.& Swift, D. (2012). *A Comparison of scoring options for omitted and not-reached items through the recovery of IRT parameter when utilizing the Rasch model and joint maximum likelihood estimation*. In Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education, Vancouver, CA. Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED531171.pdf>
- Çakıcı Eser, D. (2015). *Çok boyutlu madde tepki kuramının farklı modellerinden çeşitli koşullar altında kestirilen parametrelerin incelenmesi*. (Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Çüm, S.,&Gelbal, S. (2015). Kayıp Veriler Yerine Yaklaşık Değer Atamada Kullanılan Farklı Yöntemlerin Model Veri Uyumu Üzerindeki Etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(35), 87-111.
- De Ayala, R. J.,Plake, B. S., & Impara, J. C. (2001). The impact of omitted responses on the accuracy of ability estimation in item response theory. *Journal of Educational Measurement*, 38, 213–234. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-3984.2001.tb01124.x/epdf>
- Enders, C. K. (2004). The impact of missing data on sample reliability estimates: Implications for reliability reporting practices. *Educational and Psychological Measurement*, 64(3), 419-436. <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0013164403261050>
- Demir, E. (2013). Kayıp verilerin varlığında çoktan seçmeli testlerde madde ve test parametrelerinin kestirilmesi: SBS örneği. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 48-68.
- Diedenhofen, B. (2016). Package “cocron”, <https://cran.r-project.org/web/packages/cocron/cocron.pdf>.
- Duhackek, A.,Coughlan, A.T., & Iacobucci, D. (2005). Results on the Standard error of the coefficient alpha index of reliability. *Marketing Science* 24(2), pp. 294–301. <http://dx.doi.org/10.1287/mksc.1040.0097>
- Enders, C.K. (2010). *Applied missing data analysis*. USA: The Guilford Press.
- Engels, J. M.,& Diehr, P. (2003). Imputation of missing longitudinal data: a comparison of methods. *Journal of clinical epidemiology*, 56(10), 968-976. [http://dx.doi.org/10.1016/S0895-4356\(03\)00170-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0895-4356(03)00170-7)
- Finch, H. (2008). Estimation of item response theory parameters in the presence of missing data. *Journal of Educational Measurement*, 45(3), 225-245. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-3984.2008.00062.x/epdf>
- Fitzmaurice, G., Kenward, M.G., Molenberghs, G., Verbeke, G. & Tsiatis, A. (2015). Missing Data: Introduction and Statistical Preliminaries. Molenberghs, G., Fitzmaurice, G., Kenward, M.G., Tsiatis, A., Verbeke, G (Eds.). *Handbook of Missing Data Methodology* (ss.3-19) Chapman Chapman & Hall/CRC.
- Furlow, C. F., Fouladi, R. T., Gagne, P., & Whittaker, T. A. (2006). A Monte Carlo study of the impact of missing data and differential item functioning on theta estimates from two polytomous rasch family models. *Journal of Applied Measurement*, 8(4), 388-403. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18250525>
- Furr, R. M. & Bacharach, V. R. (2014). *Psychometrics: an introduction* (2nd ed.). California: SAGE.
- Garrett, P. L. (2009). *A monte carlo study investigating missing data, differential item functioning and effect size*. (Doctoral Dissertation, College of Education, Atlanta, Georgia). Retrieved from http://scholarworks.gsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=eps_diss
- Gibson, N. M., & Olejnik, S. (2003). Treatment of missing data at the second level of hierarchical linear models. *Educational and Psychological Measurement*, 63(2), 204-238. <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0013164402250987>
- Graham, J. W., Taylor, B. J., Olchowski, A. E.& Cumsille, P. E. (2006). Planned missing data designs in psychological research. *Psychological Methods*, 11, 323-343. <http://dx.doi.org/10.1037/1082-989X.11.4.323>
- Guttman, L. (1945). A basis for analyzing test-retest reliability. *Psychometrika*, 1, 255- 282. <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5883ab5196b7e48f8676b7bb&assetKey=AS%3A453037987766272%401485024081402>
- Hair, F.J., Black, C.W., Babin, J.B., Anderson, E.R. & Tatham, L.R. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.) Pearson Prentice Hall, New Jersey.

- Han, K. T. (2014). *WinGen3: Windows software that generates IRT parameters and item responses [computer program]*. Amherst, MA: University of Massachusetts, School of Education. Şubat 2016 tarihinde <https://www.umass.edu/remf/software/simcata/wingen/downloadsF.html> adresinden indirilmiştir.
- Harwell, M., Stone, C. A., Hsu, T. C., & Kirisci, L. (1996). Monte Carlo studies in item response theory. *Applied Psychological Measurement*, 20(2), 101-125.
<http://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/119086/1/v20n2p101.pdf>
- Hawthorne, G., & Elliott, P. (2005). Imputing cross-sectional missing data: comparison of common techniques. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 39(7), 583-590.
<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1080/j.1440-1614.2005.01630.x>
- Hunt, T. (2013). Covariance Maximized Lambda 4: An Introduction of a Low-Biased Reliability Coefficient. <http://mstat.test.utah.edu/degree-options/Covariance%20Maximized%20Lambda%204.pdf>.
- Joenssen, D.W. (2015). Package “Hot DeckImputation”,
<https://cran.r-project.org/web/packages/HotDeckImputation/HotDeckImputation.pdf>.
- Jöreskog, K. G. (1971). Statistical analysis of congeneric tests. *Psychometrika*, 36, 109-133
http://download.springer.com/static/pdf/409/art%253A10.1007%252FBF02291393.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2FBF02291393&token2=exp=1493727822~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F409%2Fart%25253A10.1007%25252FBF02291393.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252FBF02291393*~hmac=3c9ed5ab794bb0068afa5f9b9951999a453a117d55d5003381e8be2e031319f5
- Kalaycı, Ş. (2006). SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Koğar, H. (2014). *Madde tepki kuramının farklı uygulamalarından elde edilen parametrelerin ve model uyumlarının örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu açısından karşılaştırılması*. (Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Köse, İ. A. (2014). The effect of missing data handling methods on goodness of fit indices in confirmatory factor analysis. *Educational Research and Reviews*, 9, 208-215.
<http://www.academicjournals.org/journal/ERR/article-full-text-pdf/6899B1244070>
- Little R. J. A. & Rubin D. R. (2002). *Statistical analysis with missing data*, (2th ed.), Wiley, New York.
- Lozano, L. M., García-Cueto, E., & Muñoz, J. (2008). Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. *Methodology*, 4(2), 73-79.
https://www.researchgate.net/publication/236979916_Effect_of_the_Number_of_Response_Categories_on_the_Reliability_and_Validity_of_Rating_Scales
- McDonald, R.P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Hillsdale: Erlbaum.
- Meeyai, S. (2016). Logistic Regression with Missing Data: A Comparison of Handling Methods, and Effects of Percent Missing Values. *Journal of Traffic and Logistics Engineering Vol*, 4(2), 128-134.
<http://www.jtle.net/uploadfile/2016/1108/20161108041850649.pdf>
- Nartgün, Z. (2015). Kayıp veri sorununun çözümünde kullanılan farklı yöntemlerin farklı kayıp veri koşulları altında ölçeklerin psikometrik nitelikleri ve ölçme sonuçları bağlamında karşılaştırılması. *International Online Journal of Educational Sciences*, 7(4), 252-265.
- Novick, M. R. & Lewis, C. (1967). Coefficient alpha and the reliability of composite measurements. *Psychometrika*, 32, 1-13.
http://download.springer.com/static/pdf/923/art%253A10.1007%252FBF02289400.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2FBF02289400&token2=exp=1493729590~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F923%2Fart%25253A10.1007%25252FBF02289400.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252FBF02289400*~hmac=b3d4d1ecc8163110ab24651436a8d6816239d5c7192b4e919b5b1c2c4eb7d60f
- Nunnally, J.C. & Bernstein, I.H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). Neew York: McGraw-Hill.
- Osburn, H. G. (2000). Coefficient alpha and related internal consistency reliability coefficients. *Psychological Methods*, 5, 343-355.
http://hbanaszak.mjr.uw.edu.pl/TempTxt/Osburn_2000_Coefficient%20alpha%20and%20related%20internal%20consistency%20reliability%20coefficients.pdf
- Pigott, T. D. (2001). A review of methods for missing data. *Educational research and evaluation*, 7(4), 353-383.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.495.8973&rep=rep1&type=pdf>

- Preston, C.C. & Colman, A.M. (2000). Optimal number of response categories in rating scales: reliability, validity, discriminating power, and respondent preferences. *Acta Psychologica*, 104, 1-15. <https://www2.le.ac.uk/departments/npb/people/amc/articles-pdfs/optinumb.pdf>
- Revelle, W. (2015). Package “psych”, <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/psych.pdf>.
- Rubin, D.B. (1976). Inference and missing data. *Biometrika*, 63(3), 581-592. <http://qwone.com/~jason/trg/papers/rubin-missing-76.pdf>
- Rubin, D. (1996). Multiple imputation after 18+ years. *Journal of the American Statistical Association*, 91, 473-489. <http://yaroslavvb.com/papers/rubin-imputation.pdf>
- Sayın, A. (2014). *Klasik test kuramı ve madde tepki kuramına göre kestirilen parametrelerle sınırlandırılan yapısal eşitlik modellerinin uyum indekslerinin karşılaştırılması*. (Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Shin, T., Davison, M. L. & Long, J. D. (2009). Effects of missing data methods in structural equation modeling with nonnormal longitudinal data. *Structural Equation Modeling*, 16, 70-98. <http://dx.doi.org/10.1080/10705510802569918>
- Shrive, F. M., Stuart, H., Quan, H., & Ghali, W. A. (2006). Dealing with missing data in a multi-question depression scale: a comparison of imputation methods. *BMC medical research methodology*, 6(1), 57. <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-6-57>
- Song, X. Y. & Lee, S. Y. (2008). A Bayesian approach for analyzing hierarchical data with missing outcomes through structural equation models. *Structural Equation Modeling*, 15, 272-300. <http://dx.doi.org/10.1080/10705510801922472>
- Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, 15, 72-101. <http://webspaceship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Spearman%201904%20-%20The%20Proof%20and%20Measurement%20of%20Association%20between%20Two%20Things.pdf>
- St. Clair, S. W. (2011). Missing data treatments at the second level of hierarchical linear models. (Doctoral Dissertation. University of North Texas, Denton, USA). <http://search.proquest.com/docview/1012365033>
- Su, Y.S., Goodrich, B. & Kropko, J. (2015). Package “mi”. <https://cran.r-project.org/web/packages/mi/mi.pdf>
- Şahin Kürşad, M. (2014). *Sıklıkla kullanılan kayıp veri yöntemlerinin betimsel istatistik, güvenirlik ve geçerlik açısından karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu) <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2001). *Using multivariate statistics* (4th ed.), Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Traub, E. R. (1994). *Reliability for the social sciences: Theory and Applications*. Measurement methods for the social sciences. Sage Publications, 1994.
- Uyar, Ş. (2015). *Gözlenen gruplara ve örtük sınıflara göre belirlenen değişen madde fonksiyonunun karşılaştırılması*, (Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Van Buuren, S. & Groothuis-Oudshoorn, K. (2015), Package “mice”. <https://cran.r-project.org/web/packages/mice/mice.pdf>
- Weaver, B. & Maxwell, H. (2014). Exploratory factor analysis and reliability analysis with missing data: A simple method for SPSS users. *The Quantitative Methods for Psychology*, 10 (2), 143-152. https://www.researchgate.net/profile/Bruce_Weaver/publication/260292479_Exploratory_Factor_Analysis_and_Reliability_Analysis_with_Missing_Data_A_Simple_Method_for_SPSS_Users/links/5404ad150cf2c48563b0f2ee.pdf
- Yuan, K. H. & Lu, L. (2008). SEM with missing data and unknown population distributions using two-stage ML: Theory and its application. *Multivariate Behavioral Research*, 43, 621-652. <http://dx.doi.org/10.1080/00273170802490699>
- Yurdugül, H. (2006). The comparison of reliability coefficients in parallel, tau-equivalent, and congeneric measurements. *Ankara University, Journal of Faculty of Educational Sciences*, 39(1), 15-37. https://www.researchgate.net/profile/Halil_Yurduguel/publication/237341588_The_Comparison_of_Reliability_Coefficients_in_Parallel_Tau-Equivalent_and_Congeneric_Measurements/links/0deec52cdd58d272fd000000.pdf

Yurdugül, H. (2008). Minimum sample size for cronbach's coefficient alpha: a monte-carlo study. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35, 397-405. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/87597>

Zinbarg, R. E., Revelle, W., Yovel, I. & Li, W. (2005). Cronbach's a, Revelle's b and McDonald's w: their relations with each other and two alternative conceptualizations of reliability. *Psychometrika*, 70(1), 1-11.

Extended Abstract

The missing data is one of the problems that researchers commonly encounter in data analysis in all types of research. It is quite difficult to obtain full data sets especially in large samples. In order to solve the problem of missing data, researchers sometimes prefer to exclude missing observations from the data set, in which case the sample size can be significantly reduced. This affects the reliability of the research and causes the statistical analysis to reduce its power. Therefore, to solve the problem of missing data, either new observations are added to the data or missing data are estimated by various statistical approaches and the obtained values are used instead of missing data. The first step to be taken when a missing data problem is encountered is to determine the structure of the missing data. The missing data structure is classified in three groups. These are missing at completely at random (MCAR), completely at random (MAR) and missing not completely random (MNAR). The probability that an item is missing is unrelated to either the observed or the unobserved data in MCAR. The probability that an item is missing may be related to the observed data but is unrelated to the unobserved data in MAR. The probability that an item is missing is related to the (unknown) value of the unobserved data even after conditioning on the observed data. The second step to be taken when a missing data problem is encountered is to determine the missing data rate. In large samples, if 5% or less of the data is randomly missing, very serious problems do not occur and the methods used to solve the missing data give similar results. However, if the data rate in the data set is high in small and medium sized samples, it causes more serious problems. Since MNAR data mechanism affects the generalizability of the results, even if the data rates are low, they cause more serious problems than completely random loss results.

Generally, in the literature, the effect of missing data assignment methods on the Cronbach α coefficient under various conditions such as missing data rate and sample size was examined with two categorical data. In this study, estimations of different reliability coefficients with Cronbach α coefficient were examined with multiple categorical data according to missing data assignment methods. Depending on the sample size, the number of categories and the loss data rate variables, it has been investigated which assignment method would yield less false reliability coefficient estimates. It was thought that the study could contribute to the literature because it differed from other studies in that it examined different reliability coefficients and used multi-categorical data. For this purpose, in this study, we investigated the variation of the reliability coefficients estimated by using different missing data assignment methods in multi-category tests with MCAR mechanism.

For this research, Wingen3 program was used to generate complete data sets. By this program, one-dimensional 3 and 5 categorical data sets with 20 items were simulated for 500 and 5000 samples. From each generated complete data set, the codes written in the R program were simulated with the missing data rates of 5%, 10%, 20% and 30% under MCAR mechanism. It was confirmed by Little MCAR Test that the structure of the missing data of these data was MCAR. Missing data sets were converted back to full data sets using missing assignment methods by the packages in the R program.

When all data sets were considered, it was seen that McDonald's ω coefficient estimations were the highest and λ_5 coefficient estimations were the lowest in all the conditions included in the study. It is seen that the reliability coefficient estimations of 5 categorical data sets were closer to each other and higher than those of 3 categorical data sets. In terms of the technique of coping with lost data, for all reliability coefficients, the lowest estimates for the full data sets were obtained at 0 assignment and the close/same estimates for the full data sets were obtained with multiple assignment and regression assignment.

It is a frequent occurrence in research that estimation bias increases as the proportion of missing data in the full data increases. However, one of the most important consequences of this study is that regression and multiple assignment method were not affected by the missing data rate in all the conditions studied in the research. In the literature, it is seen that the least bias statistical estimations are obtained from multiple

assignment and regression assignment methods respectively in different areas and studies on the effectiveness of missing data assignment methods in random missing mechanism.

When the RMSE values were examined, it was found that the errors were minimally reduced when the number of categories increased for both samples in all missing data assignment methods. As the missing ratio for both category numbers and sample size conditions increased, the most significant increase in estimation errors was found to be obtained first at 0 assignment and secondly from the mean assignment. For 3 categorical data, errors of λ_5 and λ_6 reliability coefficients according to the missing data rate showed an irregular relationship in 500 sample whereas a positive linear relationship in 5000 sample.

In this paper, we investigated how to make less erroneous estimation with which assignment method depends on sample size and loss data rate variables in the reliability coefficient estimates. Regression and multiple assignment methods were found to be most unbiased in all conditions and 0 assignment method gave the most erroneous results. Therefore, to researchers, in the case of completely random missing data mechanism, use of assignment and regression assignment methods, but not the use of zero assignment method can be suggested in the analysis of Cronbach α , Standardized α , Armor's θ , Guttman λ_4 , Guttman λ_5 , Guttman λ_6 and McDonald's ω reliability coefficients. This study was conducted with multiple categorical data. Current analyzes can be repeated for two categorical data as well as for different levels of investigated conditions.