



# HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Programı

KAYIP VERİYLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİNİN DEĞİŞEN MADDE  
FONKSİYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Pelin TAMCI

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2018



Liderlik, araştırma, inovasyon, kaliteli eğitim ve değişim ile

*Daha ileriye... En İyiyeye...*



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Programı

KAYIP VERİYLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİNİN DEĞİŞEN MADDE  
FONKSİYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF TECHNIQUES OF HANDLING MISSING  
DATA ON DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING

Pelin TAMCI

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2018

## Kabul ve Onay

Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼đ¼ne,

Pelin TAMCI'nın hazırladığı "Kayıp Veriyle Başa ıkma Y¼ntemlerinin Değişen Madde Fonksiyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma j¼rimiz tarafından **Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

J¼ri Başkanı

Dr. Öğr. Üyesi Funda  
NALBANTOĞLU YILMAZ



İmza

J¼ri Üyesi (Danışman)

Prof. Dr. H¼lya KELECİOĞLU



İmza

J¼ri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi K¼bra ATALAY  
KABASAKAL



İmza

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisans¼st¼ Eğitim, Öğretim ve Sınav Y¼netmeliđi'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki j¼ri üyeleri tarafından 18 / 06 / 2018 tarihinde uygun gör¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulunca ..... / ..... / ..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Ekber şAHİN  
Eğitim Bilimleri Enstit¼s¼ M¼d¼r¼

## Öz

Bu araştırmada sıfır atama (SA), çoklu değer atama (ÇDA) ve beklenti maksimizasyonu (BM) yöntemlerinin farklı koşullar altında değişen madde fonksiyonu (DMF) üzerindeki etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Bu üç yöntemin etkisi I. tip hata ve güç oranlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada incelenen koşullar; örneklem büyüklüğü (450 ve 900 kişi), odak-referans grup oranı (150/300, 225/225, 350/550, 450/450), DMF düzeyi (A, B ve C) ve kayıp veri oranı (%10, %20 ve %30) dır. Araştırmada kullanılan veri setleri, PISA 2012 matematik testi sonuçlarından elde edilen tam veri setinden tamamen rastgele kayıp (TRK) mekanizması altında veri silinerek elde edilmiştir. Kayıp verili veri setlerine SA, ÇDA ve BM yöntemleriyle veri ataması yapılmıştır. Veri setlerine SIBTEST yöntemiyle DMF analizi yapılmıştır. I. tip hata açasından SA yöntemi %30 kayıp veri durumunda diğer kayıp veri oranlarına göre, A ve B düzeyinde DMF için C düzeyindeki DMF'ye göre daha iyi performans sergilemiştir. İncelenen tüm koşullar açasından ÇDA yöntemi I. tip hata açasından iyi sonuçlar vermiştir. BM yöntemi A düzeyinde DMF koşulunda, B ve C düzeyinde DMF'ye göre daha iyi performans göstermiştir. SA yönteminin %10 kayıp veri durumunda, %20 ve %30 oranlarına göre daha kabul edilebilir güç oranlarına sahip olduğu gözlenmiştir. BM ve ÇDA yöntemlerinin güç oranlarının %30 kayıp veri oranı ve A düzeyinde DMF koşullarının her biri için incelenen diğer koşullara göre daha kötü performans sergilediği görölmüştür.

**Anahtar sözcükler:** kayıp veri, değişen madde fonksiyonu, SIBTEST, SA, ÇDA, BM

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the impacts of zero imputation (ZI), multiple imputation (MI), expectation maximization (EM) on differential item functioning under different conditions. The impacts of these three methods were evaluated with regard to type I error rate and power rate. The conditions investigated in this study are sample size (450 and 900), focal-reference group rate (150/300, 225/225, 350/550, 450/450), DIF level (A, B and C) and missing data rate (%10, %20 and %30). Data sets used in this study are generated under missing completely at random (MCAR) mechanism deleting data from complete data set taken from PISA 2012 maths test. Using ZI, MI and EM methods data imputation has been done to data sets. DIF analysis has been made through SIBTEST method on data sets. In terms of type I error rates, ZI performs better at %30 missing data rate than the other rates and ZI performs better at A and B DIF levels than C DIF level; MI performs well for all the conditions which are examined and EM performs better at A DIF level condition than B and C DIF levels. It has been noticed that ZI has more acceptable power rates at % 10 missing rate condition than it has %20 and %30 missing data rates. It has been observed that the power rates of both EM and MI perform worse at %30 missing data rate condition as well as A DIF level condition than all the other conditions examined.

**Keywords:** missing data, differential item functioning, SIBTEST, ZI, MI, EM

## Teşekkür

Yüksek lisans ders ve tez dönemi boyunca değerli fikirleri ve yorumlarıyla bana yol gösteren, desteği ve anlayışıyla yanımda olan çok değerli tez danışmanım ve hocam Prof. Dr. Hülya KELECİOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli görüş ve önerileriyle tezimin son halini almasını sağlayan Dr. Öğretim Üyesi Kübra ATALAY KABASAKAL ve Dr. Öğretim Üyesi Funda NALBANTOĞLU YILMAZ'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana kattıklarından dolayı Prof. Dr. Selahattin GELBAL'a, tez sürecinde değerli yorumlarını ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Ömür Kaya KALKAN'a ve Arş. Gör. Haydar KARAMAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, bana olan inançlarından güç aldığım, en büyük destekçilerim annem Eda TAMCI'ya, babam Aytekin TAMCI'ya ve abim Ertan TAMCI'ya sonsuz teşekkür ederim.

## İçindekiler

Öz.....	ii
Abstract.....	iii
Teşekkür.....	iv
Tablolar Dizini.....	vii
Şekiller Dizini.....	ix
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.....	x
Bölüm 1 Giriş.....	1
Problem Durumu.....	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	4
Araştırma Problemi.....	5
Alt problemler.....	6
Sınırlılıklar.....	6
Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar.....	7
Araştırmanın Kuramsal Temeli.....	7
Değişen Madde Fonksiyonu ile İlgili Kuramsal Çerçeve.....	7
Kayıp Veri ile İlgili Kuramsal Çerçeve.....	11
İlgili Araştırmalar.....	21
Bölüm 3 Yöntem.....	26
Araştırmanın Yöntemi.....	26
Çalışma Grubu.....	26
Veri Toplama Araçları.....	27
Araştırmada Ele Alınan Koşullar.....	28
Verilerin İşlenmesi ve Çözümlemesi.....	28
Bölüm 4 Bulgular ve Yorumlar.....	33
Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular.....	34
İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular.....	36
Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular.....	39

Bölüm 5 Sonuç, Tartışma ve Öneriler .....	48
Tartışma.....	48
Sonuç.....	50
Öneriler.....	51
Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Öneriler.....	51
Araştırmacılar İçin Öneriler.....	52
Kaynaklar .....	54
EK-A: Sibtest Sonuçları .....	60
EK-B: Etik Komisyonu Onay Bildirimi.....	74
EK-C: Etik Beyanı.....	75
EK-Ç: Yüksek Lisans Tez Çalışması Orijinallik Raporu.....	76
EK-D: Thesis Originality Report.....	77
EK-E: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı.....	78

## Tablolar Dizini

Tablo 1 DMF Yöntemlerinin Gruplandırılması .....	9
Tablo 2 SIBTEST ile Elde Edilen $\beta$ Değerleri İçin Kabul Edilen DMF Düzeyleri ...	11
Tablo 3 TRK, RK ve ROK Mekanizmalarına Göre Oluşturulmuş İş Performansı Puanları.....	15
Tablo 4 Çalışma Grubuna Dahil Edilen Ülkelerle İlgili Bilgiler.....	27
Tablo 5 Çalışma Gruplarına Ait İstatistikler.....	27
Tablo 6 DMF Belirlemede I. Tip Hata ve Güç.....	29
Tablo 7 KMO ve Bartlett Testi Sonuçları.....	30
Tablo 8 Paralel Analizden Elde Edilen Açıklanan Varyans Yüzdeleri.....	30
Tablo 9 Tam Veri Setindeki SIBTEST Analizi Sonucunda DMF Gösteren ve Göstermeyen Madde Sayıları.....	33
Tablo 10 SA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları.....	34
Tablo 11 SA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları.....	35
Tablo 12 ÇDA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları.....	37
Tablo 13 ÇDA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları.....	38
Tablo 14 BM Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları.....	39
Tablo 15 BM Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları.....	40
Tablo 16 Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerine Göre I. Tip Hata Oranlarının Ortalama Değerleri.....	41
Tablo 17 I. Tip Hata Oranlarına Ait ANOVA Sonuçları.....	42
Tablo 18 Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin I. Tip Hata Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları.....	43
Tablo 19 DMF Düzeylerinin I. Tip Hata Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları.....	44
Tablo 20 Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerine Göre Güç Oranlarının Ortalama Değerleri.....	44
Tablo 21 Güç Oranlarına Ait ANOVA Sonuçları.....	45

Tablo 22 <i>Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları</i> .....	46
Tablo 23 <i>DMF Düzeylerinin Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları</i> .....	46
Tablo 24 <i>Kayıp Veri Oranlarının Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları</i> ...	47



## Şekiller Dizini

Şekil 1. TBDMF gösteren madde grafiği.....	8
Şekil 2. TBODMF gösteren madde grafiği.....	8
Şekil 3. Yamaç-eğim grafiği.....	32



## Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

**AİFOÜ:** Anadili İngilizceden Farklı Olan Ülkeler

**AİOÜ:** Anadili İngilizce Olan Ülkeler

**BM:** Beklenti Maksimizasyonu

**ÇDA:** Çoklu Değer Atama

**DMF:** Değişen Madde Fonksiyonu

**LR:** Lojistik Regresyon

**MH:** Mantel-Haenszel

**MKE:** Madde Karakteristik Eğrisi

**PISA:** Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı

**RK:** Rastgele Kayıp

**ROK:** Rastgele Olmayan Kayıp

**SA:** Sıfır Atama

**SIBTEST:** Simultaneous Item Bias Test

**TBDMF:** Tek Biçimli Değişen Madde Fonksiyonu

**TBODMF:** Tek Biçimli Olmayan Değişen Madde Fonksiyonu

**TRK:** Tamamen Rastgele Kayıp

## Bölüm 1

### Giriş

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı ve önemi, araştırma problemi, alt problemler ve sınırlılıklar başlıklarına yer verilmiştir.

#### Problem Durumu

Eğitim ve psikoloji alanlarında ölçülmesi amaçlanan değişkenler genellikle doğrudan gözlenemeyen örtük özelliklerdir. Örtük özellikler doğrudan gözlemlenemedikleri için onları işaret eden, onlarla ilişkili olduğu düşünülen diğer gözlenen değişkenler yardımıyla bu özelliklere yönelik çıkarım ve yorumlar yapılabilmektedir. Örtük özelliklerin ölçülmesi amacıyla kullanılacak olan testlerin geliştirilmesi, uygulanması, testlerden elde edilen sonuçların çeşitli yöntemlerle analiz edilmesi ve yorumlanması özenle tasarlanması ve gerçekleştirilmesi gereken süreçlerdir (Turgut & Baykul, 2011).

Test sonuçları genellikle kişisel, sosyal, politik sonuçları olan önemli kararların alınmasında büyük bir etkiye sahiptir. O nedenle bu kararların alınmasında kullanılacak olan testlerden geçerli sonuçlar elde etmek oldukça önemlidir (Clauser & Mazor, 1998).

Güvenilir ve geçerli bir test geliştirme sürecinde dikkat edilmesi gereken hususlardan biri madde yanlılığıdır. Madde yanlılığı, testi alan bir grubun testin ölçmeyi amaçladığı özellik dışındaki bazı nedenlerden dolayı maddeyi doğru cevaplama olasılığının, aynı yetenek düzeyindeki diğer gruptan daha düşük olması durumunda ortaya çıkar (Zumbo, 1999). Yanlı bir maddenin doğru cevaplandırılması testle ölçülen özellik dışında başka özelliklere bağlı olduğu için yanlı maddelerin bulunduğu test sonuçları hatalı kararların verilmesine sebep olmaktadır.

Madde yanlılığını tespit etme süreci, değişen madde fonksiyonu (DMF) incelemesiyle başlar. DMF, madde yanlılığını araştırmak için kullanılan bir indekstir. Maddenin DMF göstermesi farklı gruptaki cevaplayıcıların ölçülen özellik üzerinden eşlendikten sonra maddeyi doğru cevaplama olasılıklarının farklılaşması durumunda ortaya çıkmaktadır. Ancak bir maddenin DMF'li olması maddenin yanlı olduğunu söyleyebilmek için tek başına yeterli değildir. Gruplar arasındaki maddeyi doğru yanıtlama olasılığı farklılığının, yanlılıktan mı yoksa farklı gruptaki

cevaplayıcıların ölçülen özellik açısından gerçekten farklı olmalarından mı kaynaklandığına dikkat edilmelidir (Camili & Shepard, 1994; Clauser & Mazor, 1998).

Test güvenilirliğine ve geçerliğine karşı tehdit oluşturan, test sonuçlarından yanlış çıkarımlar yapılarak hatalı kararlar verilmesine sebep olabilecek bir diğer faktör kayıp verilerdir (Garrett, 2009). Psikolojik ölçmelerin temel amacı test maddelerine verilen cevaplardan yani gözlenen verilerden, gözlenemeyen gizil özelliklerle ilgili çıkarımlar yapmaktır. Bu süreçte bazı maddelerin cevaplayıcılar tarafından atlanması yani maddeyle ilgili gözlenen bir verinin elde edilememesi, ölçülmesi amaçlanan gizil özelliklerle ilgili çıkarım yapılmasını zorlaştırmaktadır (Hohensinn & Kubinger, 2011).

Cevaplayıcıların bir maddeyi yanıtlamamasına sebep olabilecek durumlar De Ayala, Plake ve Impara (2001) tarafından üç sınıfa ayrılmıştır:

1. Bireye uyarlanabilir (adaptive) testlerin doğası gereği her öğrenci farklı madde gruplarını görmekte ve maddeler farklı sayıdaki farklı öğrenciler tarafından cevaplanabilmektedir. Ayrıca farklı kitapçıkların olduğu uygulamalarda kitapçıklar arasında ortak olarak kullanılmayan maddeler de bireylerin belirli bir kısmı tarafından cevaplanabilmektedir. Bu şekilde ortaya çıkan kayıp veriler 'uygulanmamış (not administered)' şeklinde kodlanmaktadır.
2. Hız testleri gibi, bireylerin maddeleri yanıtlarken harcadıkları sürenin önem kazandığı durumlarda, testi bitirebilmek için yeterli vakti kalmayan cevaplayıcıların yanıtlayamadığı maddeler olabilmektedir. 'Erişilmemiş (not reached)' olarak kodlanan bu maddeler, cevaplayıcıların test maddelerini verilen sırada yanıtladıkları varsayımı altında, genellikle testin son kısımlarında gözlenmektedir.
3. Bireylerin yeterli süreleri olsa dahi, yanıtı bilmemekten veya başka nedenlerden dolayı kasıtlı olarak cevaplamadığı maddeler olabilmektedir. Bu maddeler de 'atlanmış (omitted)' olarak adlandırılmaktadır.

Kayıp veri problemi neredeyse bütün istatistiksel analiz yöntemlerinde sorun olmaktadır. Kayıp veriyle başa çıkmada uygun olmayan bir yöntemin kullanılması

parametre kestirimlerinde, standart hatada, test istatistiklerinde yanlılığa ve eldeki verinin verimsiz kullanılması gibi problemlere sebep olabilmektedir (Allison, 2003).

Standart istatistik metotları tam veri seti üzerinde analiz yapacak şekilde geliştirilmiştir (Little ve Rubin, 2002). Yaygın olarak kullanılan DMF belirleme yöntemlerinden Mantel-Haenszel (MH), lojistik regresyon (LR) ve eş zamanlı yanlılık testi (SIBTEST) yöntemleri de kayıp veriyle başa çıkacak şekilde tasarlanmamıştır (Banks, 2015).

DMF belirleme gibi pek çok istatistiksel sürecin düzgün işleyip, doğru sonuçlar verebilmesi için analizde kullanılacak olan veri seti üzerinde bazı incelemeler yapılmalıdır. Bu incelemeler sonucu veri setindeki kayıp veri oranının ve kayıp veri mekanizmasının tespit edilmesi gerekmektedir. Çünkü kayıp verilerin veri seti içindeki miktarı ve rastgele dağılıp-dağılmadıkları, kullanılacak olan kayıp veriyle başa çıkma yönteminin seçilmesinde belirleyici olmaktadır. O nedenle DMF analizine başlamadan önce kayıp veri sorunun uygun kayıp veriyle başa çıkma yöntemi kullanılarak giderilmesi gerekmektedir.

### **PISA (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı / Programme for International Student Assessment)**

PISA, ülkelerin eğitim sistemlerini değerlendirmek amacıyla 15 yaş grubu öğrencilerin bilgi ve becerilerini ölçen, 3 yılda bir, OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) tarafından gerçekleştirilen uluslararası bir eğitim araştırmasıdır (MEB, 2013). PISA ile zorunlu eğitim döneminin sonuna gelmiş bireylerin modern topluma tam katılım sağlayabilmeleri için özellikle matematik, okuma ve fen alanlarında gerekli olan bilgi ve becerilere ne ölçüde sahip oldukları değerlendirilmektedir. Bu uygulama ile ülkeler eğitim politikalarını değerlendirebilme, diğer ülkelerdeki ve diğer ülkelerdeki farklı demografik alt gruplarda bulunan öğrencilerin performanslarını takip edebilme, sonuçlara göre hızla gelişen eğitim sistemlerine sahip ülkelerin hangi yöntemlere başvurduğunu araştırabilme gibi pek çok imkana sahip olabilmektedirler (OECD, 2013).

PISA uygulamasında kullanılan ölçme araçları, öğrencilerin akademik performanslarını ölçmeyi amaçlayan bilişsel testler ile öğrenciyi bir bütün olarak değerlendirmeyi amaçlayan öğrenci, veli ve okul anketleridir (MEB, 2015).

PISA farklı dillere, farklı kùltùrlere ve farklı okul sistemlerine sahip pek çok ùlkede uygulanmaktadır. PISA ile hedeflenen değerlendirmelerin yapılabilmesi amacıyla farklı özelliklere sahip ùlkeler için tam anlamıyla birbirine eşit olan test takımları geliştirilmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır (OECD,2010).

Uluslararası düzeyde önemli sonuçları olan ve farklı kùltùrlere uygulanan PISA'da, maddelerin yanlılık göstermemesi, elde edilen sonuçların güvenilir ve geçerli olması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle maddelerin yanlılığını incelemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar DMF analizlerini de kapsamaktadır. Ancak her araştırma sürecinde olduğu gibi PISA'daki test maddelerinde de kayıp veriler gözlenmektedir ve kayıp veri problemi DMF sonuçlarını etkileyebilmektedir. O nedenle PISA'da kullanılan test maddelerinin DMF analizi yapılırken kayıp veri problemine dikkat edilmesi ve uygun yöntemlerin uygulanması gerekmektedir.

### **Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Sınıflarda öğretmenler tarafından uygulanan testler, ùlke çapında uygulanan ulusal testler veya büyük ölçekli uluslararası testler gibi küçük veya büyük çaptaki tüm testlerin öğrenciler, veliler, öğretmenler ve politikacılar için önemi çok büyüktür. Testlerin öğrenciler, öğretmenler ve aileler için kişisel ve sosyal alanlarda önemli çıktıları olduğu gibi, politikacılar için de ùlkelerin eğitim politikalarıyla ilgili dikkate almaları gereken yönlendirici özelliğe sahip çıktıları vardır ve bu çıktılar üzerinden pek çok karar alınmaktadır. O nedenle testlerden elde edilecek sonuçların güvenilir ve geçerli olması, hem bireyler hem de ùlkeler bazında alınacak kararların isabetliliğini ciddi derecede etkilemektedir.

Test sonuçlarının güvenilir ve geçerli olup olmadığını incelemek amacıyla pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri de madde yanlılığını inceleme çalışmasıdır. Madde yanlılığını inceleme süreci maddelerin DMF'li olup olmadığını incelemekle başlamaktadır.

Tam veri setleri üzerinde kullanılabilen şekilde geliştirilen istatistiksel metotların doğru sonuçlar verebilmeleri için kayıp veri içeren veri setlerinin uygun yöntemlerle tam veri setlerine dönüştürülmesi büyük öneme sahiptir. Pek çok istatistiksel süreçte olduğu gibi maddelerin DMF açısından incelendiği bu analiz süreci de veri setindeki kayıp verilerden etkilenmektedir. Tam olmayan bir veri

setindeki kayıp verileri ele alırken kullanılabilir pek çok yöntem vardır. Ancak bu yöntemler içinden tercih edilecek olan bazıları, maddenin gerçekte DMF'ye sahipken DMF yokmuş gibi görünmesine ya da DMF'li olmamasına rağmen DMF'li gibi gözükmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle DMF'li maddelerin doğru şekilde tespit edilebilmesi için veri setindeki kayıp veri probleminin uygun kayıp veriyle başa çıkma yönteminin kullanılarak çözülmesi gerekmektedir.

DMF belirleme yöntemlerinin pek çoğu tam veri setleri için geliştirilmiştir ve geliştirilen yazılımlar, eksik veri ile analiz yapmamaktadır. Bu yöntemlerden biri de DMF belirleme çalışmalarında etkili olarak kullanılan SIBTEST'tir. SIBTEST ile DMF analizi yapabilmek için araştırmacıların kayıp verilere çözüm bulması gerekmektedir. Araştırmacıların yaygın olarak kullandığı yöntemler, kayıp veriye 0 atama (iki kategorili veriler için) ya da veri silmedir. Ancak bu yöntemler analizlerin sonuçlarını etkileyebilir ve hatalı kararlar verilmesine yol açabilir. Maddeler ve test hakkında doğru kararlar verebilmek için kayıp verilerin incelenmesi, veriye uygun atama yöntemlerinin yapılması ya da silinmesi gerekmektedir. Bu araştırma kayıp veri atama yöntemlerinden sıfır atama (SA), çoklu değer atama (ÇDA) ve beklenti maksimizasyonu (BM) yöntemlerinin SIBTEST ile DMF belirlemeye etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Yöntemlerin etkisi örneklem büyüklüğü, odak/referans grubu oranları, kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre tam veriden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak incelenecektir. Böylece kayıp veri olması durumunda hangi yöntemin daha doğru sonuç verdiği belirlenebilecek ve maddeler hakkında doğru kararlar verilebilecektir.

Bu çalışmada PISA 2012 uygulamasındaki test verileri kullanılarak DMF belirleme sürecinde kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri incelenmiştir. PISA, uygulamaya katılan tüm ülkeler için önem taşıyan bir sınavdır. Pek çok ülke PISA sonuçlarına göre eğitim politikalarını gözden geçirmektedir. Bu nedenle PISA sonuçlarının geçerliği de tüm ülkeler için önem taşımaktadır. Bu amaçla kayıp verinin DMF'ye etkisi PISA verileri kullanılarak incelenmiştir.

### **Araştırma Problemi**

PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere SA, ÇDA ve BM yöntemleriyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları

örneklem büyüklüğüne, odak/referans grubu oranlarına, DMF düzeylerine ve kayıp veri oranlarına göre nasıl değişmektedir?

**Alt problemler.** 1. PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere SA yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları örneklem büyüklüğüne, odak/referans grubu oranlarına, DMF düzeylerine ve kayıp veri oranlarına göre nasıl değişmektedir?

2. PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere ÇDA yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları örneklem büyüklüğüne, odak/referans grubu oranlarına, DMF düzeylerine ve kayıp veri oranlarına göre nasıl değişmektedir?

3. PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere BM yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları örneklem büyüklüğüne, odak/referans grubu oranlarına, DMF düzeylerine ve kayıp veri oranlarına göre nasıl değişmektedir?

### **Sınırlılıklar**

Bu araştırma DMF belirleme yöntemlerinden SIBTEST, kayıp veri mekanizmalarından TRK veri türü ve PISA 2012'de ABD, Birleşik Krallık, Slovakya, İzlanda, Fransa, Çekya ve Danimarka'da 4. kitapçığı alan öğrencilerle sınırlıdır.

## Bölüm 2

### Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

#### Araştırmanın Kuramsal Temeli

Araştırmanın kuramsal temeli iki başlık altında incelenmiştir. İlk olarak DMF, sonrasında ise kayıp veri hakkında detaylı bilgi verilmiştir

**Değişen madde fonksiyonu ile ilgili kuramsal çerçeve.** Madde yanlılığı, testin amacına uygun olmayan test maddeleri ve test koşulları nedeniyle aynı yetenek düzeyine sahip iki grubun bir maddeyi doğru yanıtlama olasılığının farklı olmasıdır. Madde yanlılığından söz edebilmek için maddenin DMF'li olması gerekli ama yeterli olmayan bir şarttır (Zumbo, 1999).

Testle ölçülmesi amaçlanan özellik açısından aynı yetenek düzeyinde bulunan farklı gruplardaki bireylerin, maddeyi doğru yanıtlama olasılıklarının farklı olması o maddenin DMF'li olduğunu göstermektedir (Hambleton, Swaminathan & Rogers, 1991). Angoff (1993)'e göre DMF, ölçülen özellik açısından gruplar arasında var olan yetenek farklılıklarının kontrol altına alınmasından sonra maddenin farklı gruplar için farklı istatistiksel özelliklere sahip olmasıdır.

DMF'li maddeler, aynı yetenek düzeyinde olan alt gruplarda farklı madde fonksiyonları göstermektedirler. Ortaya çıkan farklı madde fonksiyonlarının alt gruplar arasındaki gerçek farklılığı gösteren madde etkisinden mi yoksa madde yanlılığından mı ortaya çıktığını incelemek önemlidir. Madde etkisi, alt gruplar arasında ölçülen yetenek açısından gerçekten farklılık olması durumudur. Eğer ortaya çıkan farklı madde fonksiyonları alt gruplar arasındaki yetenek farklılığından değil de ölçme aracından kaynaklanıyorsa madde yanlılığından söz edilebilir. O nedenle maddelerin farklı fonksiyonlar göstermelerinin sebebinin araştırılması gerekir (Camili & Shepard, 1994; Gök, Kelecioğlu & Doğan; 2010).

DMF incelemelerinde bireyler referans ve odak grup şeklinde ikiye ayrılır. DMF incelemesi yapılan maddenin madde karakteristik eğrisi (MKE), referans ve odak grubunda yer alan bireylerin aynı maddeye verdikleri cevapların karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Bu iki gruba ait MKE'lerinin farklı olması, aynı yetenek düzeyindeki referans ve odak grubu bireylerinin maddeyi doğru cevaplama

olasılıklarının birbirinden farklı olduğuna işaret etmektedir (Camilli & Shepard, 1994).

DMF, tek biçimli DMF (TBDMF) ve tek biçimli olmayan DMF (TBODMF) olarak adlandırılan iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır (Mellenbergh,1982). TBDMF, aynı yetenek düzeyindeki iki grubun MKE'lerinin kesişmediği durumlarda görülür. Bu durumda madde bütün yetenek aralığı boyunca hep aynı gruba avantaj sağlamaktadır (Camilli & Shepard, 1994; Ellis & Raju, 2003).



Şekil 1. TBDMF gösteren madde grafiği. (Zumbo, 1999)

TBODMF, aynı yetenek düzeyindeki iki grubun MKE'lerinin farklı olduğu ancak bu iki MKE'nin belirli bir yetenek düzeyi noktasında kesiştiği durumlarda görülür. Bu durumda madde tüm yetenek aralığı boyunca hep aynı gruba avantaj sağlamamaktadır (Camilli & Shepard, 1994; Ellis & Raju, 2003).



Şekil 2. TBODMF gösteren madde grafiği. (Zumbo, 1999)

**Değişen madde fonksiyonu belirleme yöntemleri.** DMF incelemesinde tercih edilebilecek pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler için yapılmış farklı gruplandırmalar vardır. İki kategorili maddeler için kullanılan DMF yöntemleri, gözlenen puan ve örtük puan yaklaşımı olarak ikiye ayrılabilir (Millsap & Everson, 1993). Bu iki yaklaşım arasındaki temel fark, gözlenen puana dayalı yöntemlerde eşleştirme puanı olarak gözlenen puan kullanılırken örtük puan yaklaşımında bireyin gerçek puanından elde edilen örtük puanın kullanılmasıdır (Potenza & Dorans, 1995). MH (Holland & Thayer,1988) ve LR (Swaminathan & Rogers, 1990) yöntemleri gözlenen puan yaklaşımına örnek olarak verilebilir. Lord'un ki-kare testi (Lord,1980), Raju'nun alan ölçümleri (Raju, 1988), SIBTEST (Shealy & Stout, 1993) ve olabilirlik oranı (Thissen, Steinberg & Wainer,1993) yöntemleri de örtük puan yaklaşımına örnek olarak verilebilir. Wiberg, (2007)'ye göre DMF yöntemlerinin gruplanması Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1

**DMF Yöntemlerinin Gruplandırılması**

Yöntem	Par/ Non-p	Gözlenen/Örtük	Madde Puanı	T/B	TBDMF/TBODMF
Mantel-Haenszel	Non-p	Gözlenen	İ/Ç	T/B	TBDMF
Standartlaştırma	Non-p	Gözlenen	İ	B	TBDMF
Ki-Kare Yöntemleri	Non-p	Gözlenen	İ	T	TBDMF
SIBTEST	Non-p	Örtük	İ/Ç	T/B	TBDMF/TBODMF
Lojistik Regresyon	Par	Gözlenen	İ/Ç	T/B	TBDMF/TBODMF
Olabilirlik Oran Testi	Par	Gözlenen/Örtük	İ/Ç	T/B	TBDMF/TBODMF
Olasılık Farkı İndeksleri	Par	Örtük	İ	B	TBDMF/TBODMF
b parametre indeksi	Par	Örtük	İ	B	TBDMF/TBODMF
Genel MTK-LR	Par	Örtük	İ/Ç	T/B	TBDMF/TBODMF
MTK LR	Par	Örtük	İ/Ç	T	TBDMF/TBODMF
MTK yöntemleri	Par	Örtük	İ/Ç	T/B	TBDMF/TBODMF
Lord'un ki-kare testi	Par	Örtük	İ	T	TBDMF/TBODMF
Log lineer modeller	Par	Gözlenen	İ/Ç	T	TBDMF/TBODMF
Karma etki modelleri	Par	Örtük	İ/Ç	T	TBDMF/TBODMF

Non-p: Non parametrik, Par: Parametrik, İ: İki kategorili madde, Ç: Çok kategorili madde, T: Manidarlık testi, B: DMF büyüklüğü

Aşağıda bu yöntemlerden en sık kullanılan MH, LR ve bu çalışmada kullanılan SIBTEST yöntemi açıklanacaktır.

**MH yöntemi.** MH yöntemi, 1959 yılında Mantel ve Haenszel tarafından geliştirilmiş ve 1988 yılında Holland ve Thayer tarafından DMF çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (Camilli & Shepard,1994). TBDMF'yi belirlemek için

kullanılan MH, yetenek düzeyi kontrol altına alındıktan sonra grup üyeliği ile test performansı arasında anlamlı bir ilişki yoktur hipotezini  $X^2$  testiyle test etmektedir. Yöntem uygulanırken toplam test puanlarına göre aynı yetenek düzeyinde olan odak ve referans grubundaki bireylerin maddeyi doğru yanıtlayabilme olasılığı karşılaştırılır (Narayanan & Swaminathan, 1996; Gierl, Khaliq & Boughton, 1999).

*LR yöntemi.* LR, hem TBDMF hem de TBODMF'yi belirleyebilen, maddeye verilen cevapların (0,1) bağımlı değişken; grup değişkeni (1=referans grup, 2=odak grup şeklinde), toplam puanı ve grup ile toplam puan etkileşimini bağımsız değişkenler olarak alan bir yöntemdir. Bu yönetime göre; maddeye verilen cevap ile toplam puan arasındaki etkileşim TBDMF hakkında, grup ile toplam puan arasındaki etkileşim ise TBODMF hakkında bilgi vermektedir (Swaminathan & Rogers, 1990; Zumbo, 1999).

*SIBTEST yöntemi.* SIBTEST, nonparametrik bir yöntemdir. SIBTEST ile kestirilen DMF'nin miktarının 0'dan farklı olup olmadığı istatistiksel olarak test edilir. Hem DMF'yi hem de değişen test fonksiyonunu dikkate alan, TBDMF'yi ve TBODMF'yi belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Diğer yöntemler gibi SIBTEST de aynı yetenek düzeyine sahip referans ve odak grup bireylerinin madde üzerindeki performans farklılıklarını değerlendirmektedir. SIBTEST'in temel özelliği, aynı yetenek düzeyine sahip farklı gruplardaki bireyleri eşlerken regresyona dayalı bir düzeltme metodu kullanmasıdır. Bu düzeltme 1. tip hatayı kontrol altına almaktadır (Bolt, 2000; Shealy & Stout, 1993). SIBTEST'in aynı anda iki ya da daha fazla madde üzerinde analiz yapabilmesi, madde kümeleri üzerinde bu yöntemle yapılan DMF analizlerini daha etkili kılmaktadır ( Douglas, Roussos & Stout, 1996).

SIBTEST analizindeki değerlendirme tekrarlı bir süreçtir. Süreç ilk olarak eşleştirme kriteri olarak kullanılacak puana tüm maddelerin dahil edilmesiyle başlar. Daha sonra DMF gösteren maddeler eşleştirme kriterinden çıkarılır ve son eşleme kriteri için kullanılacak DMF'siz maddelerin doğru şekilde tespit edilebilmesine kadar devam eder. Bu şekilde elde sorunsuz maddelerden oluşan geçerli bir alt test ile DMF'li olduğu düşünülen maddelerden oluşan şüpheli bir alt test olur. Geçerli alt testten elde edilen puanlar şüpheli alt testteki maddelerin DMF'li olup olmadığını incelerken eşleştirme kriteri olarak kullanılır (Bolt, 2000; Clauser & Mazor, 1998).

$\Theta$  geçerli alt testin ölçmeyi amaçladığı yeteneği göstermek üzere, grup farklılıkları aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$B(\theta) = P_r(\theta) - P_o(\theta)$$

$P_r(\theta)$  : Referans grubundaki bireylerin maddeyi doğru cevaplama olasılığı

$P_o(\theta)$  : Odak grubundaki bireylerin maddeyi doğru cevaplama olasılığı

DMF miktarını gösteren  $\beta$  indeksini elde etmek için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$\beta = \int B(\theta)f_o(\theta)d\theta$$

$f_o(\theta)$  : Odak grubun  $\theta$  yetenek düzeyi için yoğunluk fonksiyonu

Roussos & Stout (1996)'a göre  $\beta$  düzeylerinin işaret ettiği DMF düzeyleri Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2

*SIBTEST ile Elde Edilen  $\beta$  Değerleri İçin Kabul Edilen DMF Düzeyleri*

<i>DMF Düzeyi</i>	<i>Değer</i>
A Düzeyi (Göz ardı edilebilir)	$ \beta  < 0.059$
B Düzeyi (Orta Düzey)	$0.059 \leq  \beta  \leq 0.088$
C Düzeyi (Üst Düzey)	$ \beta  \geq 0.088$

**Kayıp veri ile ilgili kuramsal çerçeve.** Kayıp veriyle ilgili kuramsal çerçeve kayıp veri problemi, kayıp veri mekanizmaları ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri başlıkları altında incelenmiştir.

**Kayıp veri problemi.** Ölçme işlemleri sonucunda, çoğunlukla sayısal ifadelerle gösterilen, üzerinde çeşitli analizler yapılmasına imkân veren ölçme sonuçları ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar, satırları gözlemleri (bireyleri), sütunları ise ölçülen değişkenleri temsil eden veri matrisleri üzerinde gösterilmektedir. Veri matrisi üzerinde, hedeflenen ölçmeye yönelik, bazı gözlemler için bazı değişkenlerin bulunmaması kayıp veri problemini ortaya çıkarmaktadır (Allison, 2002; Little & Rubin, 2002; Hohensinn & Kubinger, 2011). Basit şekilde açıklanacak olursa kayıp veri, toplanması planlanan veriyle toplanan veri arasındaki farklılıktır (Longford, 2005).

Kayıp verinin ortaya çıkmasında pek çok sebep etkili olabilmektedir. McKnight P. McKnight K., Sidani & Figueredo (2007) bu sebepleri (1) çalışmaya katılanlarla ilgili, (2) çalışmanın tasarımıyla ilgili ve (3) katılımcılarla çalışmanın tasarımı arasındaki etkileşimle ilgili olmak üzere üç gruba ayırmışlardır. Örneğin; bazı katılımcılar bir ankette kendilerine rahatsız edici gelen bazı maddeleri cevaplamaması (katılımcılarla ilgili), çalışma katılımcının vaktini çok fazla alıyor olması (tasarımla ilgili) ya da çalışmanın külfetli/ağır kısımları nedeniyle yanıtlayıcının bıkkınlık ve isteksizliğe kapılıp cevaplamayı tamamlamaması (katılımcı ve tasarım özellikleriyle ilgili) gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Bilgi açısından eksilerek daralmış bir veri setinden elde edilen kestirimlerin etkililiği azalmaktadır. Bu veri setleri üzerinde tam veri setlerine yönelik geliştirilmiş standart analiz yöntemleri kullanılmamakta, maddeleri cevaplayan bireylerin cevaplamayanlardan sistematik olarak farklı olması nedeniyle ortaya çıkması muhtemel yanlılık sorunları ve cevaplanmamış kısımlara ait net sonuçlar bilinmemekte ve bu yanlılıklar giderilememektedir. Bu gibi problemler kayıp veri nedeniyle ortaya çıkması beklenen sorunlardır (Rubin, 1987).

Peng vd., (2007)'a göre kayıp verinin yarattığı en ciddi sorun istatistiksel bir modelin kullanılmasıyla elde edilecek olan tahminlere yanlılığın karışmasıdır. Örneğin maddelerin tamamını yanıtlamayan cevaplayıcılar tümünü yanıtlayan cevaplayıcılarla karşılaştırıldığında farklı cevaplama profiline sahip olabilirler. O nedenle tüm maddeleri yanıtlayan cevaplayıcılardan oluşan örneklem, artık evreni temsil etmemektedir. Eğer araştırmacı bu örneklem üzerinden sonuçlar çıkarırsa, bu sonuçların yanlılık içermesi muhtemeldir.

Kayıp veri, bilgi kayıplarına ve istatistiksel analizlerin gücünde eksilmelere neden olmaktadır. Bir ya da birkaç değişkende kayıp verisi olduğu gözlenen cevaplayıcıları analiz dışı bırakmak, kullanılan istatistiğin gücünün azalmasına ve asıl örneklemle elde edilen standart hata miktarından daha büyük standart hatanın oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca kayıp veri problemi yüzünden pek çok değerli kaynak boşa harcanmaktadır. Çalışmayı tamamlamadan ayrılan ve kayıp veriye sebep olan cevaplayıcılar için harcanan zaman ve maddi kaynaklar ziyan olmaktadır. Boşa harcanan bu kaynaklar özellikle boylamsal araştırmaları, büyük ölçekli ölçme uygulamalarını, önemli sonuçları olan çalışmaları ve hassas konularla ilgili sorular içeren anketleri etkilemektedir. Araştırmacıların daha yüksek cevaplama

oranlarına ulaşmak ve tüm cevaplayıcı profillerini elde etmek için kayıp verisi olan cevaplayıcılara ulaşması, fazladan zaman ve kaynak harcamalarına neden olmaktadır (Peng vd., 2007).

**Kayıp veri mekanizmaları.** Kayıp veri mekanizması, ölçülen değişkenlerle kayıp veri olasılığı arasındaki olası ilişkileri tanımlayan bir kavramdır. Kayıp veri mekanizması, kayıp veri için nedensel bir tanımlama sunmamasına rağmen, gözlenen ve kayıp veriler arasındaki matematiksel ilişkileri (örneğin, bir ankette eğitim seviyesiyle kayıp veri eğilimi arasında sistematik bir ilişki olması gibi) ortaya koyabilmektedir (Enders, 2010). Kayıp veri mekanizması, kayıp verilerin ve kayıp veri içeren değişkenlerin temel özelliklerini incelemede ve bu inceleme sonucu çıkan bulgular ışığında kullanılacak olan kayıp veriyle başa çıkma yönteminin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Demir, 2013).

Kayıp veri mekanizmaları için Little & Rubin (2002) tarafından yapılan sınıflandırma literatürdeki farklı sınıflandırmalar arasında en kabul görmüş olanıdır. Bu sınıflandırmaya göre kayıp veri mekanizması *tamamen rastgele kayıp - TRK (missing completely at random)*, *rastgele kayıp - RK (missing at random)* ve *rastgele olmayan kayıp - ROK (not missing at random)* olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

TRK, bir Y değişkeninde kayıp veri görülmesi olasılığının, veri setindeki diğer değişkenlerle ve Y değişkeninin kendisiyle ilişkisiz olduğunu ifade etmektedir. Tüm değişkenleri için bu varsayımı sağlayan bir veri setinde sadece gözlenen verilerin oluşturduğu örneklem, üzerinde çalışılması planlanan tam veri setinin rastgele seçilmiş bir örnekleme olarak düşünülebilmektedir. TRK diğer mekanizmalara göre daha kısıtlı bir koşuldur, çünkü bu mekanizmada kayıplılığın veriyle hiçbir ilişkisi olmadığı varsayılmaktadır (Allison, 2002; Enders, 2010).

X gözlenen, Y kayıp veri içeren değişken olmak üzere TRK mekanizmasının formül olarak gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$P(Y \text{ kayıp} | X, Y) = P(Y \text{ kayıp})$$

Örneğin bu formülde Y değişkeni suç işlemeyi, X değişkeni öğrenim durumunu gösteriyorsa TRK'ya göre suç işleme değişkeninde kayıp veri görülme olasılığının ne öğrenim durumuyla ne de suç işlemeye bir ilişkisi yoktur (Allison, 2003).

TRK, bir değişkende kayıp veri görölme olasılığı ile başka bir değişkende kayıp veri görölme olasılığının ilişkilendirilmesine de imkan vermektedir. Örneğın bir çalışmada yaşını bildirmeyi reddeden katılımcılar her durumda gelirlerini de bildirmeyi reddediyorsa burada hala TRK'dan söz edilebilmektedir. Ancak gelirini bildirmeyen katılımcıların yaşı, bildirenlerden daha küçükse TRK varsayımı artık geçerli olmayabilmektedir. Bu durumu test etmek için örneklem, gelirini bildirenler ve bildirmeyenler olmak üzere ikiye ayrılabilir ve bu iki grubun yaşlarının ortalaması arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenebilir. Eğer iki grubun yaş ortalaması arasında anlamlı bir fark yoksa gözlenen değişkenle kayıp veri içeren değişken arasında sistematik bir farklılık olmadığı ve verilerin *rastgele gözlenen* (*observed at random*) olduğu söylenmektedir. Veri setinin bu testi geçmesi TRK varsayımının sağlandığını söylemek için tek başına yeterli değildir. Bunun yanı sıra hala bir değişkendeki kayıp veri görölme olasılığı ile bu değişkene ait değerler arasında hiçbir ilişki olmadığının da kanıtlanması gerekmektedir (Allison, 2002).

RK, bir Y değişkeninde kayıp veri görölmesi olasılığının, veri setindeki diğer değişkenler ilişkili olduğunu ancak Y değişkeninin kendisiyle ilişkili olmadığını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle analizdeki diğer değişkenler kontrol altına alındıktan sonra Y değişkeninde kayıp veri görölme olasılığının Y değeri ile ilişkisiz olmasıdır. Bu varsayım TRK'ya göre daha zayıf olan bir varsayımdır (Allison, 2002; Enders, 2010).

X gözlenen, Y kayıp veri içeren değişken olmak üzere RK mekanizmasının formül olarak gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$P(Y \text{ kayıp} \mid X, Y) = P(Y \text{ kayıp} \mid X)$$

Örneğın bu formülde yine Y değişkeni suç işlemeyi, X değişkeni öğrenim durumunu temsil etsin. RK'ya göre suç işleme değişkeninde kayıp veri görölme olasılığıyla öğrenim durumu arasında bir ilişki vardır. Ancak öğrenim durumunun her seviyesi için öğrenim durumunda kayıp veri görölme olasılığının öğrenim durumuyla bir ilişkisi yoktur. Yani RK'ya göre kayıp veri olasılığı gözlenemeyen değişkenlerden değil de gözlenen değişkenlerden kaynaklanmaktadır. Eğer veri TRK varsayımını sağlıyorsa RK varsayımını da sağlamaktadır (Allison, 2003).

RK varsayımının sağlanıp sağlanmadığını test etmek mümkün değildir. Çünkü kayıp veriye ait değerler bilinmemekte ve kayıp verisi olan değerler ile

olmayan değerlerin, ilgili değişken açısından sistematik olarak farklılaşıp farklılaşmadığı kontrol edilememektedir. Örneğin düşük okuma becerisine sahip İspanyol öğrenciler okuma becerisini ölçen bir testte diğer öğrencilerden daha fazla kayıp veriye sahip olsun. Bu durum RK varsayımıyla çelişmektedir. Çünkü etnik köken kontrol altına alındıktan sonra bile okuma becerisiyle kayıp veri olasılığı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Araştırmacının ise bu ilişkinin varlığını ya da yokluğunu gözlenemeyen okuma becerisi puanlarını bilmeden tespit etmesi mümkün değildir (Allison, 2002; Enders, 2010).

ROK, bir Y değişkeninde kayıp veri görülme olasılığının, veri setindeki diğer değişkenler kontrol altına alındıktan sonra bile Y değişkeninin kendisiyle ilişkili olmasını ifade etmektedir (Enders, 2010).

X gözlenen, Y kayıp veri içeren değişken olmak üzere ROK mekanizmasının formül olarak gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$P(Y \text{ kayıp} \mid X, Y) = P(Y \text{ kayıp} \mid Y)$$

Örneğin Y değişkeninin suç işlemeyi, X değişkeninin öğrenim durumunu temsil ettiği bu formülde ROK'a göre suç işleme değişkeninde kayıp veri görülme olasılığıyla suç işleme durumu arasında bir ilişki bulunmaktadır. RK mekanizmasında olduğu gibi ROK mekanizmasında da değişkenlere ait kayıp değerlerin bilinmemesi nedeniyle bu varsayımın istatistiksel olarak kanıtlanması mümkün değildir (Enders, 2010).

Enders (2010) kayıp veri mekanizmalarını açıklarken 20 işçinin işe alım sürecinde girdikleri zeka testinden aldıkları puanlarından (IQ) ve 6 aylık deneme süresindeki iş performansı puanlarından oluşan tam bir veri setinden TRK, RK ve ROK mekanizmalarına göre silme işlemi yapmış ve Tablo 3 üzerinden verdiği örneklerle bu mekanizmaları açıklamıştır.

Tablo 3

*TRK, RK ve ROK Mekanizmalarına Göre Oluşturulmuş İş Performansı Puanları*

<i>İş Performansı Puanlaması</i>				
<i>IQ</i>	<i>Tam</i>	<i>TRK</i>	<i>RK</i>	<i>ROK</i>
78	9	-	-	9
84	13	13	-	13
84	10	-	-	10
85	8	8	-	-
87	7	7	-	-
91	7	7	7	-

92	9	9	9	9
94	9	9	9	9
94	11	11	11	11
96	7	-	7	-
99	7	7	7	-
105	10	10	10	10
105	11	11	11	11
106	15	15	15	15
108	10	10	10	10
112	10	-	10	10
113	12	12	12	12
115	14	14	14	14
118	16	16	16	16
134	12	-	12	12

Tablo 3'te TRK sütunu incelendiğinde iş performansı puanlarında görülen kayıp verilerin zeka puanı ve iş performansı puanlarının düşük ya da yüksek olmasıyla bir ilişkisi olmadığı görülmektedir. RK sütunu incelendiğinde iş performansı puanlarında görülen kayıp verilerin zeka puanı düşük olan bireylerde zeka puanı yüksek olanlara göre daha fazla olduğu, yani iş performansı puanında görülen kayıp verinin zeka puanı ile ilişkisi olduğu ancak iş performansı puanının düşük ya da yüksek olmasıyla bir ilişkisinin olmadığı görülmektedir. ROK sütunu incelendiğindeyse iş performansı puanında görülen kayıp verilerin iş performansı puanlarıyla ilişkili olduğu görülmektedir. Çünkü iş performansı puanı düşük olan bireylerin bu değişkendeki kayıp veri miktarı, iş performansı yüksek olan bireylere göre daha fazladır.

Kayıp veri mekanizmasının RK olduğu ve kayıp veri sürecine ait parametrelerle kestirilecek parametreler arasında bir ilişkinin olmadığı durumlarda kayıp veri mekanizmasının *ihmal edilebilir (ignorable)* olduğu söylenebilmektedir. İhmal edilebilirlik temelde kestirim sürecinde kayıp veri mekanizmasının modellenmeye ihtiyacı olmaması anlamına gelmektedir. Kayıp veri mekanizmasının RK olmadığı durumlarda kayıp veri mekanizmasının *ihmal edilemez (nonignorable)* olduğu söylenmektedir. Böyle bir durumda isabetli parametre kestirimleri elde edebilmek için kayıp veri mekanizmasının modellenmesi gerekmektedir (Allison, 2002).

**Kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri.** Araştırmalar esnasında katılımcılar her maddeyi cevaplamaları, boş bırakmamaları konusunda uyarılırlar da hemen hemen her araştırmada kayıp veri problemiyle karşılaşmaktadır. Muhtemelen bu sorunla başa çıkabilmenin en iyi yolu cevap örüntüsünde kayıp veriler olan katılımcılara tekrar ulaşmaktır (follow - up). Bu şekilde kayıp veriler gözlenen

değerlere dönüşmekte ve istatistiksel analizler herhangi bir sorunla karşılaşılmadan ve yanlı sonuçlar elde etme riski ortadan kalkmış bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak bu araştırmaların çoğunda katılımcıların kimliğinin bilinmemesi, finansal veya diğer konulardaki sınırlılıklar nedeniyle kayıp verisi olduğu gözlenen bireylere ulaşmak çoğunlukla mümkün olmamaktadır. O nedenle araştırmacıların kayıp veri problemiyle nasıl başa çıkacağı konusunda bir karar vermesi gerekmektedir (Van Ginkel vd., 2010).

Literatür incelendiğinde liste bazında silme, çift bazında silme, sıfır atama (SA), aritmetik ortalama atama, regresyon arama, Stochastic regresyon atama, Hot-Deck atama, ortalama değer atama, çoklu değer atama (ÇDA), beklenti maksimizasyonu (BM) gibi pek çok kayıp veriyle başa çıkma yönteminin olduğu görülmektedir (Enders, 2010). Bu kısımda bu çalışmada kullanılan yöntemlerle ilgili açıklamalar yer almaktadır.

*Sıfır atama (SA / Zero imputation).* Uygulanması en kolay atama yöntemi olan SA'da kayıp verilerin yerine 0 değeri atanmaktadır. Bu yöntem veriyle ilgili hiçbir bilgiyi kullanmadan uygulanmaktadır (Gan, Liew & Yan, 2006).

Sosyal bilimlerde ve psikometri alanındaki çalışmalarda sıklıkla kullanılan bu yöntemde 0 değeri, ölçülen değişkenle ilgili başarısız olma durumunu temsil edebilmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için 0'ın, gözlemde alınabilecek olası değerler arasında olması gerekmektedir. Eğer kayıp veri hep başarısız bir sonucun göstergesiye, SA'nın uygulanması analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilemeyecektir (McKnight vd., 2007).

SA başarı testlerinde ve iki kategorili cevapların olduğu durumlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Hız testlerinde zaman yetmediği için maddeyi göremeyenlerin veya maddeleri boş bırakanların oluşturduğu kayıp verilere de 0 atanmaktadır. Bu durumda boş bırakılan maddelerin yanlış olarak kabul edilmesi ve 0 atanması uygun bulunmaktadır. Likert tipi ölçeklerde ve ikiden fazla cevap kategorisi olan durumlarda bu yöntemin uygulanması genellikle doğru değildir. Çünkü böyle durumlarda kişinin, 0 ile gösterilen en uç değere sahip olan cevabı verdiğini varsaymak için elde geçerli bir sebep bulunmamaktadır. Örneğin; "Mutlu bir insan olduğumu düşünüyorum" şeklindeki olumlu " Genellikle mutsuzum" gibi olumsuz ifadelerden oluşan bir madde grubunda kayıp veriler için SA yönteminin

kullanılması hatalı sonuçların çıkmasına neden olabilmektedir. O nedenle bu yöntem kullanılmadan önce 0 değerinin veri seti için nasıl bir anlam taşıdığına dikkat edilmesi gerekmektedir (McKnight vd.,2007).

*Beklenti maksimizasyonu (BM / Expectation maximization)*. Dempster, Laird & Rubin (1977) tarafından önerilen BM, kayıp verilerin yerine beklenen değerlerin atandığı, sonrasında kovaryans matrisi ve ortalama vektörünün kestirildiği, B-adımı (beklenti) ve M-adımı (maksimizasyon) olmak üzere iki aşamadan oluşan tekrarlı bir en çok olabilirlik yöntemidir (Enders, 2003; Enders, 2010; McLachlan & Krishnan, 2008). BM sürecinde gerçekleşen tekrarlı işlemlerin ardından elde edilen son kovaryans matrisi kullanılarak kayıp verilerin yerine atama yapılır ve tam veri seti elde edilir (Enders, 2001).

B-adımında, gözlenen veriler ve eldeki parametre kestirimleri kullanılarak kayıp verinin olasılık fonksiyonu için beklenen değer hesaplanır (Birinci B-adımında liste bazında silme veya çift bazında silme yöntemi kullanılarak elde edilen korelasyon matrisleri ve ortalamalar kullanılır. Sonraki B-adımlarında ise bir önceki M-adımından elde edilen parametreler kullanılır). Bu aşamada, beklenen kayıp veri değerlerini elde etmek için, mevcut korelasyon matrisine ve diğer değişkenlerdeki gözlenen verilere dayalı regresyon denklemlerinin kullanıldığı, bir dizi regresyon ataması yapılmaktadır. M-adımında, bir önceki B-adımından elde edilmiş beklenti değerleri maksimize edilir ve güncellenmiş parametreler elde edilir. Elde edilen yeni parametreler bir sonraki B-adımında gözlenen verilerle birleştirilir ve ikinci M-adımında maksimize edilecek beklenti değerleri oluşturulur. Bu iki adım arasındaki tekrarlama bazı yakınsaklık kriterleri karşılanana kadar, yani elde edilen parametreler arasındaki fark önemsiz olana kadar devam eder (Peugh & Enders, 2004; Newman, 2003).

Allison (2003)'a göre, çoklu normallik ve RK varsayımları altında BM adımları aşağıdaki gibidir:

1. Ortalamalar ve kovaryans matrisi için başlangıç değerleri seçilir.
2. X değişkeni için kayıp veri gözleniyorsa, X'in diğer değişkenler üzerindeki doğrusal regresyonunu hesaplamak için eldeki mevcut parametreler kullanılır ve bu işlem her bir kayıp veri örüntüsü ayrı ayrı yapılır.

3. X değişkenindeki kayıp verilerin yerine atama yapmak için, kurulan doğrusal regresyon denklemleri kullanılır.
4. Kayıp verilerin hepsi için veri atama işlemleri bittikten sonra, varyans ve kovaryanslar için düzeltmeler yapılarak ortalamalar ve kovaryans matrisleri tekrar hesaplanır.
5. Yakınsaklık sağlanana kadar 2-4 adımları tekrarlanır.

BM yanlılık içermeyen, etkili parametre kestirimleri yapmaktadır. Özellikle açımlayıcı faktör analizi, alfa katsayısı analizi gibi hipotez testinin önemli olmadığı analizlerde oldukça etkili bir yöntemdir. Ancak BM'nin en büyük dezavantajı, parametre kestirimi esnasında standart hata ve güven aralığı gibi değerleri hesaplamamasıdır. Bu nedenle, parametre kestirimleri çok güçlü olsa bile, BM ile elde edilen kestirimlerle hipotez testi yapmak mümkün değildir. BM'nin bu dezavantajını gideren ve BM'ye benzer olan yöntem çoklu değer atamadır (Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003; Schlomer, Bauman & Card, 2010). Bilgisayar programları yardımıyla uygulanan bu yöntem tekrarlı bir süreci içermesine rağmen, eğer veri setinde çok fazla kayıp veri ve değişken yoksa kısa sürede uygulanabilmektedir (Acock, 2005).

*Çoklu değer atama (ÇDA / Multiple imputation)*. ÇDA, BM'nin uzantısı olan, sürecin 5-10 defa tekrarlanmasını içeren bir yöntemdir (Olinsky, Chen & Harlow, 2003). Rubin (1987) tarafından geliştirilmiş olan ÇDA her bir kayıp verinin yerine, olası değerlerin dağılımını temsil eden iki ya da daha fazla değerin atanmasıyla gerçekleşen bir tekniktir (Rubin, 1987). m adet atamanın yapıldığı bir ÇDA sürecinde ortaya çıkan çeşitlilik, kayıp verilerin kestirildiği gözlenen değerlerdeki belirsizliği yansıtmaktadır. Değer atamaları yapıldıktan sonra, tam veri setlerine yönelik geliştirilmiş yöntemlerle analiz edilebilecek m adet tam veri elde edilmektedir. Eldeki m veri setinin her biri üzerinde özdeş analizler yapıldıktan sonra elde edilen kestirimler ve standart hatalar belirli kurallara göre birleştirilir ve tek bir tam veri setine ulaşılır (Schafer & Olsen, 1998).

ÇDA sürecindeki analizler; atama aşaması, analiz aşaması ve birleştirme aşaması olmak üzere üç adımda gerçekleşmektedir. Tekrarlı bir süreç olan atama aşamasında, kayıp veriler için farklı kestirimleri içeren pek çok sayıda veri seti oluşturulur (örn: m=20). Analiz aşamasında elde edilen veri setleri üzerinde analizler

yapılmaktadır. Bu adımda elde tam veri seti olması halinde yapılacak olan analizlerin aynısı, her bir veri seti için bir kere olmak üzere toplamda m kere uygulanmaktadır. Bu işlemlerin sonucunda elde edilen parametre kestirimlerini ve standart hataları tek bir değerde toplayabilmek için yapılan işlemler birleştirme aşamasını oluşturmaktadır. Birleştirilmiş parametre kestirimi elde edilen m adet kestirimin aritmetik ortalaması alınarak elde edilmektedir. Elde edilen standart hataları birleştirmek ise aynı mantığa dayanan ancak biraz daha karmaşık olan bir süreçtir (Enders, 2010).

ÇDA yönteminde, gözlenen verilerden yola çıkılarak kayıp verilerin yordandığı, tekrarlı lojistik regresyon işlemlerine dayandığı için korelasyon katsayısının olduğundan çok büyük çıkması ihtimali bulunmaktadır. Örneğin kayıp veriye sahip X değişkeni için Y üzerinden yordanarak ÇDA yöntemiyle değerler atansın ve X, Y'nin tam bir lineer fonksiyonu olsun. Bu durumda iki değişken arasındaki korelasyon 1 çıkacaktır. Bu durumun önüne geçmek için atanan veriler arasında seçkisiz değişkenlik sağlanmalıdır (Allison, 2003).

ÇDA diğer yöntemlerin aksine, analizler esnasında kayıp veriyle ilgili belirsizliği göz önüne aldığı için standart hatalardaki yanlılığı azaltmaktadır (Van Ginkel vd., 2010). Kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerinin pek çoğu kayıp veri mekanizmasına duyarlı iken bu yöntemin RK ve ROK mekanizmalarında dahi başarılı olduğu ve oldukça isabetli kestirimler yaptığı görülmüştür. ÇDA, pek çok araştırmacı tarafından kayıp veriyle başa çıkma açısından çok başarılı görülmesine, diğer yöntemlere göre avantajlar sunmasına rağmen bazı sosyal bilimciler tarafından sorunlu görülen yanları da bulunmaktadır. Şöyle ki, ÇDA kayıp veriler için isabetli kestirimler yapmaktadır ancak sosyal bilimlerdeki araştırmalarda her zaman elde edilemeyecek büyüklükte örneklemelere ihtiyaç duymaktadır. Bu yöntemin tekrarlı bir süreç olması ve birkaç adımdan oluşmasından dolayı, bu alanda uzman olmayan pek çok araştırmacı süreç içerisinde hata yapma ihtimalleri olduğu için bu yöntemden uzak durmaktadır. Ayrıca yöntem uygulanırken bir atama modeli seçilmesi gerekmektedir. Bu alanda tecrübeli olmayan araştırmacıların doğru seçimi yapamaması da bu yöntemin sonuçlarını etkileyecektir. ÇDA üzerine geliştirilen yazılımlar bu sürecin karmaşıklığını azaltmakta ve araştırmacıların önyargılarını azaltmaktadır (McKnight vd., 2007).

## İlgili Araştırmalar

Bu bölümde, kayıp veri durumunda DMF'nin incelenmesiyle ilgili yurt içinde ve yurt dışında yapılan araştırmalar incelenmiş ve tarihlerine göre sıralanarak verilmiştir.

Rousseau, Bertrand & Boiteau (2004), ABD ve Japonya'da uygulanan uluslararası bir matematik sınavından elde edilen gerçek veri üzerinde çalışmıştır. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak SA, erişilemeyen, LR ve ÇDA, DMF belirlemek amacıyla MH, LR ve telafi edici olmayan DMF yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak erişilemeyen yönteminin kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri arasında, MH yönteminin de DMF belirleme yöntemleri arasında en tutarlı sonuçları verdiği bulunmuştur (akt. Finch, 2011a).

Banks & Walker (2006), iki kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada RK ve ROK mekanizmaları altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak liste bazında silme ve SA, DMF belirlemek amacıyla SIBTEST yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda RK mekanizması altında SA yöntemi uygulandığında I. tip hatanın arttığı, ROK mekanizması altında I. tip hata oranlarının büyük ölçüde azaldığı görülmüştür. Güç değerlerinin ise SA ve liste bazında silme yöntemlerinin her ikisi için de, TBDMF'nun odak gruba karşı arttığına arttığı, maddelerin zorluğu arttıkça azaldığı bulunmuştur. Liste bazında silme uygulandıktan sonra elde edilen I. tip hata oranları ve güç değerleri tam veri setine daha benzer olduğu için liste bazında silme yönteminin kullanılması önerilmiştir (akt. Banks, 2015).

Rousseau, Bertrand & Boiteau (2006), iki kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada TRK mekanizması altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak SA, ÇDA ve erişilemeyen, DMF belirlemek amacıyla MH, LR ve telafi edici olmayan DMF yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan tüm kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri için telafi edici olmayan DMF'nin DMF'li olmayan maddeleri DMF'li ve DMF'li maddeleri DMF'li tespit etme oranları yüksek çıkmıştır. LR yöntemi için bu iki oran daha düşük bulunmuştur. MH yöntemi uygulandığında her koşulda DMF'li olmayan maddelerin DMF'li tespit edilme oranı %0 olmuştur. MH yönteminin DMF'li

maddeleri DMF'li tespit etme oranı diğer iki DMF yöntemine göre daha düşük çıkmıştır (akt. Banks, 2015).

Rupp, Choi & Ferne (2006), Kanada'da uygulanan okuma başarısını ölçen bir testten elde edilen gerçek veriyi kullanmıştır. DMF belirleme yöntemi olarak MH, LR ve SIBTEST, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak liste bazında silme, SA ve tepki fonksiyonuna göre atama kullanılmıştır. Çalışma sonucunda liste bazında silme yöntemiyle daha düşük DMF belirleme oranları elde edildiği ve sonuçlar üzerinde madde güçlük ve ayırt edicilik düzeylerinin etkisi olduğu görülmüştür (akt. Finch, 2011a).

Sedivy, Zhang & Traxel (2006), çok kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada TRK mekanizması altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak liste bazında silme ve en düşük değeri atama, DMF belirlemek amacıyla Poly-SIBTEST ve ordinal lojistik regresyon yöntemi kullanılmıştır. I. tip hata oranları her iki DMF yöntemi ve kullanılan tüm kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri için tam veri setiyle benzer bulunmuştur. Her iki DMF yöntemi için de en düşük değeri atama yöntemiyle elde edilen güç oranları, liste bazında silme yöntemi kullanıldığında elde edilen güç oranlarından daha yüksek çıkmıştır (akt. Banks, 2015).

Falenchuk & Herbert (2009) iki kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada ROK mekanizması altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak liste bazında silme, çift bazında silme ve SA, DMF belirlemek amacıyla MH yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda eşleştirme kriteri olarak kullanılan toplam puan ve orantı puanı yöntemlerinin her ikisi için de SA ve liste bazında silme yöntemlerinin hatalı DMF tespit ettiğini bulunmuştur. Çift bazında silme yönteminin ise eşleme kriteri olarak toplam puanı kullanılması durumunda hatalı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre, eşleme kriteri olarak orantı puanı ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak çift bazında silme yönteminin kullanıldığı kombinasyon önerilmiştir (akt. Banks, 2015).

Garrett (2009) çok kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada TRK mekanizması altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak ÇDA ve ortalama değeri atama, DMF belirlemek amacıyla MH ve ordinal lojistik regresyon yöntemi kullanılmıştır. Her iki DMF belirleme yöntemi kullanıldığında da kayıp veriyle

başa çıkmada ortalama değer atama yöntemi kullanıldığında elde edilen I. tip hata oranı ÇDA'dan daha fazla olmuştur. Hem I. tip hata üzerindeki kontrolünün daha iyi olması hem de güç değerlerinin daha yüksek olması nedeniyle ÇDA'nın kullanılması önerilmiştir.

Robitzsch & Rupp (2009) iki kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada TRK, RK ve ROK mekanizmaları altında, kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak liste bazında silme, SA, çift yönlü atama, düzeltilmiş çift yönlü atama ve zincirleme denklemlerle çoklu atama, DMF belirlemek amacıyla MH ve LR kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda RK mekanizması altında sadece SA yönteminin ortalamadan daha yüksek DMF kestirimi yaptığı, ROK mekanizması altında SA haricindeki diğer yöntemlerin ortalamadan daha düşük DMF kestirimi yaptıkları bulunmuştur. SA yönteminin kullanımını konusunda dikkatli olunması önerilmiş ve analiz sonuçlarının kullanılan DMF belirleme yöntemlerine göre farklılaşmadığı görülmüştür.

Emenogu, Falenchuk & Childs (2010) iki kategorili biçimindeki, hem gerçek veri hem de simülasyon verisi üzerinde çalışmışlardır. Gerçek veriyle yaptıkları 1. çalışmada büyük ölçekli iki sınavı analiz etmişler, 2. çalışmada simülasyon verisi kullanmışlardır. Her iki çalışmada da kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri olarak çift bazında silme, liste bazında silme, SA, DMF belirlemek amacıyla MH yöntemi ve eşleştirme kriteri olarak toplam puan ve orantı puanı kullanılmıştır. Her iki çalışmada da 6 koşul için DMF'li madde durumları karşılaştırılmıştır. 1. çalışmada 6 koşuldan elde edilen sonuçlar için korelasyon katsayıları incelenmiştir. Bütün korelasyon katsayıları pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ( $p < .01$ ) çıkmıştır. Simülasyon verisiyle yapılan 2. çalışmada 6 koşuldan elde edilen sonuçlar için korelasyon katsayıları incelendiğinde her iki eşleştirme kriteri için de liste bazında silme yöntemi diğer koşullarla istatistiksel olarak anlamlı korelasyon göstermemiştir. Sadece çift bazında silme yöntemiyle elde edilen sonuçların tam veri setinden elde edilen sonuçlarla istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gösterdiği görülmüştür. İki çalışmanın sonucunda veri setinde az miktarda kayıp veri olması durumunda kullanılan kayıp veriyle başa çıkma yönteminin fark etmeyeceği bulunmuştur. Veri setinde çok miktarda kayıp veri bulunması durumunda kullanılan eşleştirme kriterinin ne olduğu fark etmeksizin SA yönteminin hatalı sonuçlara yol açtığı görülmüştür. Eşleştirme kriteri olarak toplam puan kullanıldığında çift bazında silme

yöntemi de hatalı sonuçlar vermiştir. Ancak eşleştirme kriteri olarak orantı puanı kullanıldığında çift bazında silme yönteminin iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Liste bazında silme yönteminin MH yöntemi için kullanılacak olan veri setini çok küçülttüğü ve bu durumun analizin gücünü düşürdüğü görülmüştür. Bu sonuçlara göre çalışmanın sonucunda kayıp veriyle başa çıkmak için çift bazında silme yönteminin ve MH'de kullanılacak eşleştirme kriterinin orantı puanı olarak seçilmesinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

Finch (2011a) ÇDA yöntemini liste bazında silme ve SA yöntemiyle karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada iki kategorili simülasyon verisi, DMF belirleme yöntemleri olarak da MH, LR ve SIBTEST kullanılmıştır. TRK, RK ve ROK mekanizmalarının her birine uygun olacak şekilde veri setleri üretilmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan DMF belirleme yöntemi fark etmeksizin SA yönteminin, özellikle RK mekanizması altında, diğer yöntemlere göre daha hatalı sonuçlar ürettiği bulunmuştur. Tüm koşullar için liste bazında silme ve ÇDA yöntemleri uygulandığında elde edilen sonuçların birbirleriyle ve tam veri setiyle benzer olduğu görülmüştür.

Finch (2011b) kayıp verinin TBODMF belirlemedeki etkisini incelemeyi amaçladığı çalışmada iki kategorili simülasyon verisi üzerinde çalışmıştır. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak SA, liste bazında silme, ÇDA ve stochastic regresyon atama, DMF belirlemek için tek biçimli olmayan SIBTEST, madde tepki kuramına dayalı olabilirlik oran testi ve LR yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda TRK ve ROK mekanizmaları altında SA yönteminin TBODMF belirlerken I. tip hatayı artırmadığı görülmüştür. Koşulların çoğu için tam veri setinden elde edilen sonuçlara en benzer sonuçların liste bazında silme yöntemi uygulandığında elde edildiği bulunmuştur. Çalışmada kullanılan veri atama yöntemleri karşılaştırıldığında ÇDA'nın stochastic regresyon atama yöntemine göre daha tercih edilebilir bir yöntem olduğu gözlenmiştir.

Selvi & Alıcı (2018) 2016 yılında Mersin Üniversitesi tarafından yapılan yabancı dil sınavının bir alt testinden elde edilen iki kategorili gerçek veriyi kullanmıştır. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemi olarak BM ve regresyon atama, DMF belirlemek için MH, klasik test kuramına dayalı standartlaştırılmış yöntem, madde tepki kuramına dayalı olabilirlik oran testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda DMF gösteren madde sayısının kullanılan DMF yöntemine göre farklılaştığı ve klasik test

kuramına dayalı DMF yönteminin madde tepki kuramına dayalı yöntemle göre daha uyumlu olduğu bulunmuştur. Kullanılan kayıp veriyle başa çıkma yönteminin DMF'li olarak belirlenen maddeleri farklılaştırdığı ve bu farkın MH yöntemi uygulandığında istatistiksel olarak anlamlı bir düzeye ulaştığı görülmüştür.



## **Bölüm 3**

### **Yöntem**

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları, araştırmada ele alınan koşullar, verilerin işlenmesi ve çözümlenmesi başlıklarına yer verilmiştir.

#### **Araştırmanın Yöntemi**

Bu araştırma, farklı koşullar altında kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerinin DMF üzerindeki etkisini incelemeye yönelik bir çalışmadır. Bu amaçla, bazı özellikleri bakımından birbirinden farklılaşan tam veri setleri üzerinde DMF analizi yapılarak karşılaştırmada kullanılacak referans sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen tam veri setlerinden farklı oranlarda kayıp veri içeren veri setleri üretilmiştir ve bu veri setleri üzerinde çeşitli kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri uygulanmıştır. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen veri setleri üzerinde de DMF analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar referans sonuçlarla karşılaştırılarak I. tip hata ve güç oranları hesaplanmıştır. Böylece referans sonuçlara en yakın sonuçların elde edilmesini sağlayan kayıp veriyle başa çıkma yönteminin tespit edilmesi planlanmıştır. Belirli özellikler açısından birbirlerinden farklılaşan veri setlerinden ve aynı veri setinden farklı koşullar altında elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkileri ve bağlantıları birbirleriyle karşılaştırarak inceleyen bu çalışma ilişkisel araştırma türündedir (Büyüköztürk vd., 2016).

#### **Çalışma Grubu**

Araştırmanın amacına uygun çalışma gruplarını belirlemek amacıyla PISA 2012 uygulamasına katılan ülkeler, DMF analizlerinde odak ve referans grubu belirlemede kriter olarak kullanılacak olan anadili İngilizce olup olmama durumuna göre incelenmiştir. İnceleme sonucunda Tablo 4'teki verilere göre matematik başarı sıralaması ve uygulamaya katılan öğrenci sayısı bakımlarından birbirine yakın olan ülkeler tespit edilmiştir. Buna göre anadili İngilizce olan ülkeleri (AİÖÜ) temsilen ABD ve Birleşik Krallık, anadili İngilizceden farklı olan ülkeleri (AİFOÜ) temsilen Slovakya, İzlanda, Fransa, Çekya ve Danimarka seçilmiştir.

Tablo 4

*Çalışma Grubuna Dahil Edilen Ülkelerle İlgili Bilgiler*

Ülke	PISA 2012'ye Katılan Öğrenci Sayısı	PISA 2012 Matematik Okuryazarlığı Sırası	Ana Dil
ABD	4953	36	İngilizce
Birleşik Krallık	12239	26	İngilizce
Çekya	5327	24	İngilizce Değil
Danimarka	7481	22	İngilizce Değil
Fransa	4613	25	İngilizce Değil
İzlanda	3508	27	İngilizce Değil
Slovakya	4650	35	İngilizce Değil

4 numaralı kitapçığı alan ve matematik testinde kayıp veri gözlenmeyen öğrencilerin oluşturduğu 566'sı AİÖÜ'den ve 513'ü AİFOÜ'den olan bir grup elde edilmiştir. Elde edilen bu iki gruptan, aralarında  $\frac{1}{2}$  oranı olacak şekilde örneklem büyüklüklerine ve odak-referans gruplarının eşit ve eşit olmadığı koşullarına sahip olan çalışma grupları oluşturulmuştur. Bu aşamalarda SPSS 15 paket programı kullanılmış ve Tablo 5'te belirtilen 4 farklı çalışma grubu oluşturulmuştur.

Tablo 5

*Çalışma Gruplarına Ait İstatistikler*

Çalışma Grubu	AİÖÜ Sayısı	AİFOÜ Sayısı	Toplam
Çalışma Grubu 1	550	350	900
Çalışma Grubu 2	450	450	900
Çalışma Grubu 3	225	225	450
Çalışma Grubu 4	300	150	450

**Veri Toplama Araçları**

Bu çalışmada OECD tarafından gerçekleştirilen PISA 2012 uygulamasına ait veriler kullanılmış ve veriler OECD'nin resmi sitesinden temin edilmiştir.

**PISA.** PISA, OECD tarafından, 15 yaş grubundaki öğrencilere, 3 yıl arayla uygulanan uluslararası bir eğitim araştırmasıdır. Her PISA uygulamasında "Matematik Okuryazarlığı", "Fen Okuryazarlığı" ve "Okuma Becerileri" alanlarından biri üzerinde odaklanılmaktadır. Bu alanları ölçmek amacıyla geliştirilmiş başarı testleri 13 kitapçık üzerinden sunulmaktadır (OECD,2013).

PISA 2012’de ‘Matematik Okuryazarlığı’ alanı ön plana çıktığından tüm kitapçıklar matematik dersi özelinde incelenmiştir. “Matematik Okuryazarlığını” ölçen başarı testlerinden, uygulanmamış (N/A ve 7 kodlu) ve kısmi puanlamaya (partial credit) tabi tutulan maddeler çıkarıldığında en fazla madde sayısına 4 numaralı kitapçığın sahip olduğu görülmüştür. O nedenle bu çalışmada PISA 2012 uygulamasında 4 numaralı kitapçıkta yer alan “Matematik Okuryazarlığı” testinden uygulanmamış ve kısmi puanlamaya tabi tutulan maddeler çıkarıldığında kalan 34 madde için elde edilen veriler kullanılmıştır.

### **Araştırmada Ele Alınan Koşullar**

Araştırmada örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı, DMF düzeyi, kayıp veri oranı ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemi koşullarına göre SIBTEST ile elde edilen DMF sonuçlarının I. tip hatası ve gücü incelenmiştir.

Örneklem büyüklüğü: Araştırmada örneklem büyüklüğü 900 ve 450 olacak şekilde iki koşul oluşturulmuştur.

Odak - referans grup oranı: 150/350, 225/225, 450/450, 350/550 olacak şekilde dört koşul oluşturulmuştur.

DMF düzeyi: A, B ve C olacak şekilde üç koşul oluşturulmuştur.

Kayıp veri oranı: %10, %20 ve %30 olacak şekilde üç koşul oluşturulmuştur.

Kayıp veriyle başa çıkma yöntemi: SA, ÇDA ve BM olacak şekilde üç koşul oluşturulmuştur.

### **Verilerin İşlenmesi ve Çözülmesi**

Verilerin işlenmesi ve çözümlenmesi aşamasında sırasıyla aşağıdaki basamaklar izlenmiştir.

1. Doğru cevapları temsilen 1, yanlış cevapları temsilen 0 atanarak eldeki veri seti 1-0 biçimine dönüştürülmüştür.
2. DMF analizlerine geçmeden önce tek boyutluluğun kontrolü amacıyla faktör analizi yapılmıştır.
3. Eldeki veri setinden  $f_1=350$ ,  $r_1=550$ ;  $f_2=450$ ,  $r_2=450$ ;  $f_3=225$ ,  $r_3=225$ ;  $f_4=150$ ,  $r_4=300$  olacak şekilde rastgele 4 veri seti elde edilmiştir.

4. Elde edilen 4 veri seti üzerinde SIBTEST yöntemiyle DMF analizi yapılmıştır. Bu veri setlerinden elde edilen değerler referans olarak alınmıştır.
5. Eldeki her bir veri seti için TRK yapısında %10, %20 ve %30 oranlarında kayıp veri oluşturularak 12 adet veri seti elde edilmiştir.
6. Elde edilen 12 farklı veri setine SA, ÇDA ve BM yöntemleri uygulanarak kayıp veri problemi giderilen 36 veri seti elde edilmiştir.
7. Elde edilen 36 veri seti üzerinde SIBTEST yöntemiyle DMF analizi yapılmıştır.
8. 7. adımda elde edilen sonuçlar 4. adımda elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve I. tip hata ile güç oranları hesaplanmıştır.

I. tip hata, gerçekte doğru olan yokluk (null) hipotezinin, hipotez testi sonucunda reddedilmesi durumunda ortaya çıkan hatadır. DMF belirleme çalışmalarında I. tip hata, gerçekte DMF'li olmayan maddenin test sonucunda DMF'li olarak belirlenmesidir. Bu çalışmada I. tip hata oranı için ölçüt değer olarak 0.05 alınmış ve 0.05'in altındaki hata oranları kabul edilebilirdir yorumu yapılmıştır.

Testin gücü, gerçekte yanlış olan yokluk (null) hipotezinin, hipotez testi sonucunda reddedilmesi durumunda ortaya çıkan değerdir. DMF belirleme çalışmalarında güç, gerçekte DMF'li olan maddenin test sonucunda da DMF'li olarak belirlenmesidir. Bu çalışmada güç oranı için ölçüt değer olarak 0.80 alınmış ve 0.80'in üzerindeki güç oranları kabul edilebilirdir yorumu yapılmıştır.

Tablo 6

*DMF Belirlemede I. Tip Hata ve Güç*

		<i>Hipotez Testi Sonucunda Verilen Karar</i>	
		$H_0$ reddedildi "DMF var"	$H_0$ kabul edildi "DMF yok"
<i>Gerçek</i>	$H_0$ doğru "DMF yok"	I. tip hata	Doğru karar
	$H_0$ yanlış "DMF var"	Doğru karar (DMF belirleme gücü)	II. tip hata

**Faktör analizi.** DMF analizine geçilmeden önce verilerin tek boyutluluğunun incelenmesi bu sürecin önemli bir aşamasıdır (Dorans & Holland, 1993). Bu

çalışmada verilerin tek boyutluluk varsayımını sağlayıp sağlamadığını incelemek için FACTOR 10.3.01 XP programı kullanılarak faktör analizi yapılmıştır.

Faktör analizi yapılmadan önce, verinin faktör analizine uygunluğunu incelemek amacıyla Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı ve Bartlett küresellik testi değerleri kontrol edilmiştir.

Tablo 7

*KMO ve Bartlett Testi Sonuçları*

Test		Katsayı
KMO		.939
	Ki-kare	6077.690
Bartlett Küresellik Testi	Sd	561
	p	.000

Tablo 7'ye göre test sonucunda elde edilen KMO katsayısı 0.939'dur ve Bartlett testinden elde edilen ki-kare istatistiği anlamlı bulunmuştur ( $X^2 = 6077.690$ ,  $p < .01$ ). Verinin faktör analizine uygun olduğunu söyleyebilmek için KMO katsayısının 0.5'ten büyük, Bartlett küresellik testinden elde edilen değer de istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir (Field, 2009). Bu durumda eldeki verinin faktör analizine uygun olduğu söylenebilir.

Verinin boyut sayısını incelemek amacıyla tetrakorik korelasyon matrisi kullanılarak açımlayıcı faktör analizi yapılmıştır. Boyut sayısını belirlemek için paralel analiz yöntemi ve yamaç eğim grafiği kullanılmıştır. Horn (1965) tarafından geliştirilen paralel analiz yönteminde gerçek veriyle aynı sayıda değişkene ve gözleme sahip olan bir ya da daha fazla sayıda tesadüfi veri seti üretilir. Faktör sayısı belirlenirken gerçek veriden elde edilen öz değerlerle, tesadüfi veriden elde edilen öz değerler karşılaştırılır. Gerçek veriden elde edilen öz değerler, tesadüfi veriden elde edilen öz değerden büyük olduğu durumlar dikkate alınarak faktör sayısı belirlenir (O'Connor, 2000).

Tablo 8

*Paralel Analizden Elde Edilen Açıklanan Varyans Yüzdeleri*

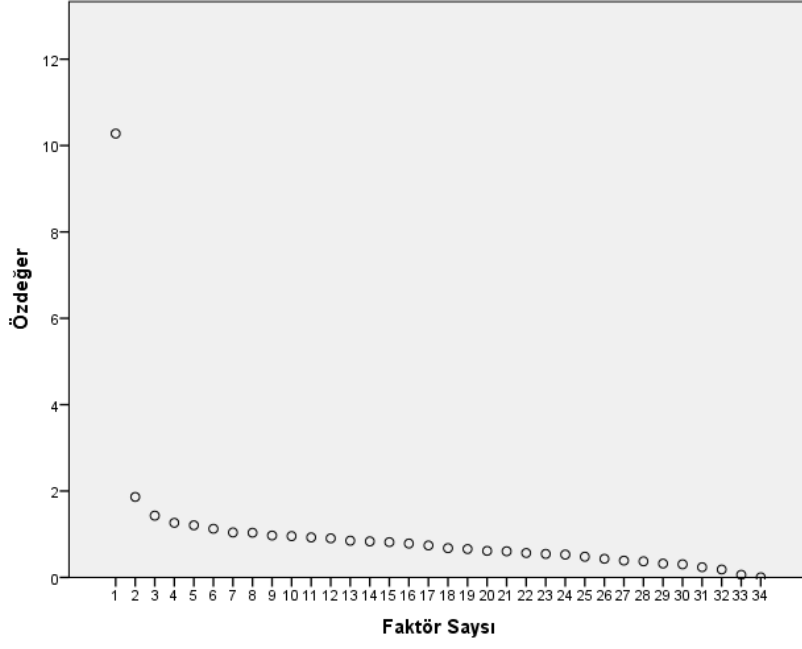
No	Açıklanan Varyans Yüzdeleri		
	Gerçek Veri	Tesadüfi Veri	Tesadüfi Verinin 95. Yüzdelik Dilimi
1	30.6	6.0	6.6
2	5.6	5.6	6.1
3	4.3	5.3	5.7

4	3.8	5.1	5.4
5	3.6	4.8	5.1
6	3.3	4.6	4.9
7	3.1	4.5	4.7
8	3.1	4.3	4.5
9	2.9	4.2	4.4
10	2.9	4.0	4.2
11	2.8	3.9	4.0
12	2.7	3.7	3.9
13	2.5	3.6	3.7
14	2.5	3.4	3.6
15	2.4	3.3	3.4
16	2.3	3.2	3.3
17	2.2	3.0	3.1
18	2.0	2.9	3.0
19	2.0	2.7	2.9
20	1.8	2.6	2.8
21	1.7	2.4	2.6
22	1.7	2.3	2.5
23	1.6	2.1	2.3
24	1.5	2.0	2.2
25	1.3	1.9	2.1
26	1.2	1.7	1.9
27	1.1	1.5	1.8
28	1.0	1.4	1.6
29	0.9	1.2	1.5
30	0.8	1.0	1.3
31	0.6	0.8	1.1
32	0.2	0.6	0.9
33	0.0	0.4	0.6
34	0.0	0.0	0.0

---

Tablo 8'e göre ilk satırdaki gerçek veriye ait açıklanan ortak varyans yüzdesinin tesadüfi verinin açıkladığı varyans yüzdesinden büyük olduğu, ancak ikinci varyans yüzdesinden itibaren eşit ve küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda boyut sayısının 1 olduğu görülmektedir.

Boyut sayısını belirlemek amacıyla Şekil 3'te verilen yamaç-eğim grafiği de incelenmiştir.



Şekil 3. Yamaç – eğim grafiği.

Şekil 3 incelendiğinde birinci özdeğerden sonra keskin bir düşüşün olması da verilerin tek boyutluluğunu desteklemektedir.

## Bölüm 4

### Bulgular ve Yorumlar

Bu bölümde, alt problemlerin sırasına göre verilmiş araştırma bulguları ve bu bulgularla ilgili yorumlar yer almaktadır.

Alt problemlerle ilgili analizlere başlamadan önce, tam veri setinden farklı örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranlarına sahip veriler SIBTEST ile analiz edilmiştir. Tam veri setinden elde edilen SIBTEST sonuçları Ek-1’de verilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar tam veri setinden %10, %20 ve %30 oranlarında silinerek oluşturulan kayıp verilere SA, ÇDA ve BM yöntemleriyle veri atandıktan sonra elde edilen DMF sonuçlarının I. tip hata ve güç oranlarının elde edilmesinde referans olarak alınmıştır.

Tablo 9’da tam veri setinin SIBTEST ile analizi sonucunda DMF gösteren ve göstermeyen madde sayıları, örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranları (O/R) ve DMF düzeylerine göre verilmiştir.

Tablo 9

*Tam Veri Setindeki SIBTEST Analizi Sonucunda DMF Gösteren ve Göstermeyen Madde Sayıları*

Örneklem Büyüklüğü	O/R	Düzye	DMF Gösteren Madde Sayısı	DMF Göstermeyen Madde Sayısı
900	350/550	A	2	
		B	5	
		C	4	23
		Toplam	11	
450	450/450	A	2	
		B	3	
		C	6	23
		Toplam	11	
450	150/300	A	0	
		B	1	
		C	4	29
		Toplam	5	
450	225/225	A	0	
		B	2	
		C	5	27
		Toplam	7	

## Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

*PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere SA yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları, örneklem büyüklüğüne, kayıp veri oranlarına ve odak/referans grubu oranlarına göre nasıl değişmektedir?*

Birinci alt probleme cevap bulabilmek için ilk aşamada 900 ve 450 örneklem büyüklüklerindeki tam veri setlerine SIBTEST ile DMF analizi yapılmıştır. İkinci aşamada tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) veri silinerek kayıp veriler oluşturulmuş ve sonrasında bu verilere SA yöntemi ile değer atanmıştır. SA yöntemi ile değer atanan verilere de SIBTEST ile DMF analizi uygulanmıştır. SA yöntemi ile atama yapılan veriden elde edilen SIBTEST sonuçları Ek-2 ve Ek-3'te verilmiştir.

Tablo 10'da SA yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre I. tip hata oranları verilmektedir.

Tablo 10

*SA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları*

Örneklem	O/R	Düzye	%10	%20	%30
900	350/550	A	.00	.00	.04
		B	.04	.04	.04
		C	.04	.00	.00
	450/450	A	.00	.00	.00
		B	.04	.00	.04
		C	.00	.00	.00
450	225/225	A	.00	.00	.00
		B	.00	.00	.00
		C	.00	.04	.04
	150/300	A	.00	.03	.00
		B	.00	.03	.00
		C	.07	.07	.03

Tablo 10 genel olarak incelendiğinde SA yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen I. tip hata oranları iki koşul için kritik değer

olan 0.05'ten büyük, diğer durumlarda bu değer altında olduğu görülmektedir. 36 koşuldaki 21'inin I. tip hata oranı 0 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.04 arasında değişmektedir. Bu örneklem büyüklüğü için elde edilen I. tip hata oranları O/R grup oranına, kayıp veri oranına ve DMF düzeyine göre çok farklılaşmayıp birbirine yakın değerler almıştır. Bu örneklem büyüklüğü için farklı koşullara göre elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.04 arasında değişen değerler olmak üzere, 0.05'ten küçük çıkmıştır.

450 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.07 arasında değişmektedir. Bu örnekte, 150/300 O/R grup oranı, C düzeyinde DMF, %10 ve %20 kayıp veri oranı koşulların hatası 0.05'ten büyük, diğer koşulların hatası 0.05'ten küçük çıkmıştır.

Tablo 11'de SA yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre güç oranları verilmiştir.

Tablo 11

*SA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları*

Örneklem	O/R	Düzye	%10	%20	%30
900	350/550	A	.00	.00	.00
		B	.20	.40	.20
		C	1.00	.00	.25
	450/450	A	.00	.00	.00
		B	1.00	.33	.33
		C	.83	.33	.33
450	225/225	A	-	-	-
		B	.00	.00	.00
		C	.40	.40	.20
	150/300	A	-	-	-
		B	.00	.00	.00
		C	1.00	.25	.75

\*Tam veride bu düzeyde DMF'li madde yoktur.

Tablo 11 genel olarak incelendiğinde SA yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen güç oranları 4 koşul için kritik değer olan

0.80'den büyük, diğer durumlarda bu değerin altında olduğu görülmektedir. 30 koşuldan 3'ünün güç oranı 1 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları üç koşul için 0.80'den büyük değerler almıştır. O/R grup oranı 350/550 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur. O/R grup oranı 450/450 olduğu durumda güç oranları, B ve C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında çıkmıştır.

450 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları bir koşul için 0.80'den büyük değer almıştır. O/R grup oranı 225/225 olduğu durumda güç oranları tüm DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur. O/R grup oranı 150/300 olduğu durumda güç oranları C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur.

## **İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular**

*PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere ÇDA yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları, örneklem büyüklüğüne, kayıp veri oranına ve odak/referans grubu oranlarına göre nasıl değişmektedir?*

İkinci alt probleme cevap bulabilmek için ilk aşamada 900 ve 450 örneklem büyüklüklerindeki tam veri setlerine SIBTEST ile DMF analizi yapılmıştır. İkinci aşamada tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) veri silinerek kayıp veriler oluşturulmuş ve sonrasında bu verilere ÇDA yöntemi ile değer atanmıştır. ÇDA yöntemi ile değer atanan verilere de SIBTEST ile DMF analizi uygulanmıştır. ÇDA yöntemi ile atama yapılan veriden elde edilen SIBTEST sonuçları Ek-4 ve Ek-5'te verilmiştir.

Tablo 12'de ÇDA yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre I. tip hata oranları verilmektedir.

Tablo 12

*ÇDA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları*

Örneklem	O/R	Düzye	%10	%20	%30
900	350/550	A	.00	.00	.00
		B	.04	.00	.00
		C	.00	.00	.00
	450/450	A	.00	.00	.00
		B	.00	.00	.00
		C	.00	.00	.00
450	225/225	A	.00	.00	.00
		B	.00	.04	.00
		C	.04	.00	.00
	150/300	A	.00	.00	.00
		B	.00	.03	.00
		C	.00	.00	.00

Tablo 12 genel olarak incelendiğinde ÇDA yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen I. tip hata oranlarının tüm koşullar için kritik değer olan 0.05'ten küçük değerler aldığı görülmektedir. 36 koşuldaki 32'sinin I. tip hata oranı 0 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.04 arasında değişmektedir. Bu değerler O/R grup oranına, kayıp veri oranına ve DMF düzeyine göre çok farklılaşmayıp 350/550 O/R grup oranı, B düzeyinde DMF, % 10 kayıp veri koşulu dışında 0 değerini almıştır. Bu örneklem büyüklüğü için farklı koşullara göre elde edilen I. tip hata oranlarının neredeyse tamamı 0'dır.

450 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.04 arasında değişmektedir ve çoğu 0 değerini almıştır. Bu örneklem büyüklüğü için O/R grup oranı 225/225, DMF düzeyi C, kayıp veri oranı %10 ve O/R grup oranı 225/225, DMF düzeyi B, kayıp veri oranı %20 için I. tip hata oranları 0.04'tür. O/R grup oranı 150/300, DMF düzeyi B, kayıp veri oranı %20 koşulu için I. tip hata oranı 0.03'tür. Bu üç koşul dışındaki tüm I. tip hata oranları 0'dır.

Tablo 13'te ÇDA yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre güç oranları verilmiştir.

Tablo 13

*ÇDA Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları*

Örneklem	O/R	Düzyey	%10	%20	%30
900	350/550	A	.00	.50	.00
		B	.40	.60	.60
		C	1.00	.50	.25
	450/450	A	.00	.00	.00
		B	.00	.33	.00
		C	.67	.83	.00
450	225/225	A	-	-	-
		B	.00	.50	.00
		C	.40	1.00	.40
	150/300	A	-	-	-
		B	.00	1.00	.00
		C	1.00	.50	.25

\*Tam veride bu düzeyde DMF'li madde yoktur.

Tablo 13 genel olarak incelendiğinde ÇDA yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen güç oranlarınının 5 koşul için kritik değer olan 0.80'den büyük, diğer durumlarda bu değerinin altında olduğu görülmektedir. 36 koşuldaki 4'ünün güç değeri 1 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları iki koşul için 0.80'den büyük değerler almıştır. O/R grup oranı 350/550 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp veri durumunda; O/R grup oranı 450/450 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %20 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur.

450 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları üç koşul için 0.80'den büyük değer almıştır. O/R grup oranı 225/225 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %20 kayıp veri durumunda; O/R grup oranı 150/300 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp

veri durumunda ve B düzeyinde DMF gösteren maddeler için %20 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur.

### Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

*PISA 2012 matematik testinde tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) silinerek oluşturulan kayıp verilere BM yöntemiyle veri atanmasıyla belirlenen DMF sonuçlarından elde edilen I. tip hata ve güç oranları, örneklem büyüklüğüne, kayıp veri oranına ve odak/referans grubu oranlarına göre nasıl değişmektedir?*

Üçüncü alt probleme cevap bulabilmek için ilk aşamada 900 ve 450 örneklem büyüklüklerindeki tam veri setlerine SIBTEST ile DMF analizi yapılmıştır. İkinci aşamada tam veri setlerinden farklı oranlarda (%10, %20, %30) veri silinerek kayıp veriler oluşturulmuş ve sonrasında bu verilere BM yöntemi ile değer atanmıştır. BM yöntemi ile değer atanan verilere de SIBTEST ile DMF analizi uygulanmıştır. BM yöntemi ile atama yapılan veriden elde edilen SIBTEST sonuçları Ek-5 ve Ek-6'da verilmiştir.

Tablo 14'te BM yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranı ve DMF düzeylerine göre I. tip hata oranları verilmektedir.

Tablo 14

*BM Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre I. Tip Hata Oranları*

Örneklem	O/R	Düzyey	%10	%20	%30
900	350/550	A	.00	.00	.00
		B	.09	.04	.00
		C	.00	.00	.00
	450/450	A	.00	.04	.00
		B	.00	.00	.00
		C	.00	.00	.00
450	225/225	A	.00	.00	.00
		B	.00	.04	.00
		C	.04	.07	.00
	150/300	A	.00	.00	.03
		B	.07	.03	.03
		C	.00	.00	.00

Tablo 14 genel olarak incelendiğinde BM yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen I. tip hata oranlarının üç koşul için kritik değer olan 0.05'ten büyük, diğer durumlarda bu değer altında olduğu görülmektedir. 36 koşuldan 26'sının I. tip hata oranı 0 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.09 arasında değişmektedir. Bu örneklem için elde edilen I. tip hata oranları O/R grup oranına, kayıp veri oranına ve DMF düzeyine göre çok farklılaşmayıp 350/550 O/R grup oranı, B düzeyinde DMF, % 10 kayıp veri koşulu dışında 0.05'ten küçük değerler almıştır. Bu örneklem büyüklüğü için farklı koşullara göre elde edilen I. tip hata oranları üç koşul dışında 0'dır.

450 kişilik örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 0.00-0.07 arasında değişmektedir. Bu örneklem için elde edilen I. tip hata oranları 225/225 O/R grup oranı, C düzeyinde DMF, %20 kayıp veri ve 150/300 O/R grup oranı, B düzeyinde DMF, %10 kayıp veri koşulları dışında 0.05'ten küçük değerler almıştır.

Tablo 15'te BM yöntemi ile atama yapılan dört veri setinin örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranları ve DMF düzeylerine göre güç oranları verilmiştir.

Tablo 15

***BM Yöntemi ile Değer Atanan Veri Setlerinin Örneklem Büyüklüğü, O/R Grup Oranı, Kayıp Veri Oranı ve DMF Düzeyine Göre Güç Oranları***

<i>Örneklem</i>	<i>O/R</i>	<i>Düzye</i>	<i>%10</i>	<i>%20</i>	<i>%30</i>
900	350/550	A	.50	.50	.00
		B	.60	.20	.20
		C	1.00	.50	.25
	450/450	A	.50	.00	.00
		B	.00	.00	.33
		C	.67	.67	.00
450	225/225	A	-	-	-
		B	.50	.50	.00
		C	.60	1.00	.40
	150/300	A	-	-	-
		B	.00	1.00	.00
		C	.75	.75	.50

\*Tam veride bu düzeyde DMF'li madde yoktur.

Tablo 15 genel olarak incelendiğinde BM yöntemi uygulandıktan sonra yapılan DMF analizlerinden elde edilen güç değerlerinin 3 koşul için kritik değer olan 0.80'den büyük, diğer durumlarda bu değer in altında olduğu görülmektedir. 36 koşuldan 3'ünün güç değeri 1 çıkmıştır.

900 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları bir koşul için 0.80'den büyük değer almıştır. O/R grup oranı 350/550 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %10 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0,80'in altında bulunmuştur.

450 kişilik örneklem için elde edilen güç oranları 0.00-1 arasında değişmektedir. Bu örneklem için farklı koşullara göre elde edilen güç oranları iki koşul için 0.80'den büyük değer almıştır. O/R grup oranı 225/225 olduğu durumda C düzeyinde DMF gösteren maddeler için %20 kayıp veri durumunda ve O/R grup oranı 150/300 olduğu durumda B düzeyinde DMF gösteren maddeler için %20 kayıp veri durumunda 0.80'in üzerinde, diğer DMF düzeyleri ve kayıp veri oranları için 0.80'in altında bulunmuştur.

SA, ÇDA ve BM yöntemlerinin uygulanmasının ardından SIBTEST ile yapılan DMF analizleri sonuçlarına ait I. tip hata oranlarının ortalama değerleri, örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranı ve DMF düzeylerine göre Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16

*Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerine Göre I. Tip Hata Oranlarının Ortalama Değerleri*

Koşullar	Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemleri		
	SA	ÇDA	BM
Örneklem Büyüklüğü			
900	.02	.002	.01
450	.02	.01	.02
O/R Grup Oranı			
350/550	.02	.004	.01
450/450	.01	.00	.004
225/225	.01	.01	.02
150/300	.03	.003	.02
Kayıp Veri Oranı			
%10	.02	.01	.02
%20	.02	.01	.02

%30	.02	.00	.005
DMF Düzeyleri			
A	.01	.00	.006
B	.02	.01	.03
C	.02	.003	.01
Ortalama	.02	.01	.02

Tablo 16 genel olarak incelendiğinde her bir koşul için elde edilen ortalama I. tip hata oranlarının hepsinin kritik değer olan 0.05'ten küçük olduğu görülmektedir.

Tablo 16'ya göre en düşük ortalama hata oranının (0.01) ÇDA yönteminde olduğu, en yüksek ortalama hata oranının (0.02) ise SA ve BM yöntemlerinde olduğu görülmektedir. SA yönteminde en düşük ortalama hata oranı (0.01) O/R grup oranı 450/450 ve 225/225, DMF düzeyi A olduğunda görülürken, en yüksek ortalama hata oranı (0.03) O/R grup oranı 150/300, DMF düzeyi C olduğunda çıkmıştır. ÇDA yönteminde en düşük ortalama hata oranı (0) O/R grup oranı 450/450, kayıp veri oranı %30, DMF düzeyi A olduğunda görülürken, örneklem büyüklüğü 450, O/R grup oranı 225/255, kayıp veri oranı %10 ve %20, DMF düzeyi B olduğunda en yüksek ortalama hata oranı (0.01) görülmüştür. BM yönteminde en düşük ortalama hata oranı (0.004) O/R grup oranı 450/450 olduğunda görülürken, en yüksek ortalama hata oranı (0.03) DMF düzeyi B olduğunda görülmüştür.

Tablo 17'de kayıp veriyle başa çıkma yöntemi, örneklem büyüklüğü, DMF düzeyi, kayıp veri oranı ve bunların ikili etkileşimlerinin I. tip hata oranlarına ait ANOVA sonuçları verilmiştir.

Tablo 17

*I. Tip Hata Oranlarına Ait ANOVA Sonuçları*

<i>Etki Kaynağı**</i>	<i>sd</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>kısmi <math>\eta^2</math></i>
Örneklem Büyüklüğü	1	1.49	.226	.00
DMF Düzeyi	2	4.92	.010*	.00
Kayıp Veri Oranı	2	1.45	.241	.00
Yöntem	2	4.07	.021*	.00
Örneklem Büyüklüğü*DMF Düzeyi	2	4.69	.012*	.00
Örneklem Büyüklüğü* Kayıp Veri Oranı	2	1.92	.153	.00
Örneklem Büyüklüğü*Yöntem	2	.24	.787	.00
DMF Düzeyi*Kayıp Veri Oranı	4	.94	.444	.00
DMF Düzeyi*Yöntem	4	1.17	.331	.00
Kayıp Veri Oranı*Yöntem	4	.40	.809	.00

\*p&lt;.05

\*\*Odak-referans grup oranı çoklu bağlantı gösterdiği için analizlere dahil edilememiştir.

Tablo 17'ye göre DMF düzeyleri arasında I. tip hata oranları açısından anlamlı fark olduğu bulunmuştur. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri arasında I. tip hata oranları açısından manidar bir fark olduğu görülmektedir. Ancak DMF düzeyleri ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerine ait etki büyüklüklerinin çok küçük olduğu da görülmektedir. Etki kaynaklarının ikili etkileşimleri incelendiğinde, örneklem büyüklüğü ve DMF düzeyinin ortak etkileşiminin I. tip hata oranları açısından anlamlı fark yarattığı görülmektedir. Ve bu ikili etkileşime ait etki büyüklüğü çok küçüktür.

ANOVA sonucunda I. tip hata oranları açısından yöntem için görülen farkın hangi kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri arasında olduğunu tespit etmek için LSD testi ile Post-Hoc analizi yapılmıştır. Tablo 18'de I. tip hata oranlarına göre SA, ÇDA ve BM yöntemleri için Post-Hoc sonuçları verilmiştir.

Tablo 18

*Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin I. Tip Hata Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları*

Yöntem	Yöntem	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
SA	ÇDA	.0122	.00446	.007*
	BM	.0031	.00446	.495
ÇDA	BM	-.0092	.00446	.043*

\*p&lt;.05

Tablo 18'deki sonuçlara göre SA yönteminin I. tip hata oranının ÇDA yönteminin I. tip hata oranından, BM yönteminin I. tip hata oranının ÇDA yönteminin I. tip hata oranından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir.

ANOVA sonucunda I. tip hata oranları açısından DMF düzeyi için görülen farkın hangi DMF düzeyleri arasında olduğunu tespit etmek için LSD testi ile Post-Hoc analizi yapılmıştır. Tablo 19'da I. tip hata oranlarına göre A, B ve C DMF düzeyleri için Post-Hoc sonuçları verilmiştir.

Tablo 19

*DMF Düzeylerinin I. Tip Hata Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları*

<i>DMF Düzeyi</i>	<i>DMF Düzeyi</i>	<i>Ortalama Farkı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>p</i>
A	B	-.0139	.00446	.003*
	C	-.0083	.00446	.065
B	C	.0056	.00446	.216

\*p&lt;.05

Tablo 19'daki sonuçlara göre B düzeyindeki DMF'nin I. tip hata oranının A düzeyindeki DMF'nin I. tip hata oranından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 20

*Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerine Göre Güç Oranlarının Ortalama Değerleri*

<i>Koşullar</i>	<i>Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemleri</i>		
	<i>SA</i>	<i>ÇDA</i>	<i>BM</i>
Örnekleme Büyüklüğü			
900	.29	.32	.33
450	.25	.42	.5
O/R Grup Oranı			
350/550	.23	.43	.42
450/450	.35	.2	.24
225/225	.17	.38	.5
150/300	.33	.46	.5
Kayıp Veri Oranı			
%10	.44	.35	.51
%20	.17	.58	.51
%30	.21	.15	.17
DMF Düzeyleri			
A	.00	.08	.25
B	.21	.29	.28
C	.48	.57	.59
Ortalama	.26	.35	.40

Tablo 20 genel olarak incelendiğinde her bir koşul için elde edilen ortalama güç oranlarının hepsinin kritik değer olan 0.80'den küçük olduğu görülmektedir.

Tablo 20'ye göre en düşük ortalama güç oranının (0.26) SA yönteminde olduğu, en yüksek ortalama güç değerinin (0.40) ise BM yönteminde olduğu görülmektedir. SA yönteminde en düşük ortalama güç oranı (0) DMF düzeyi A olduğunda görülürken, en yüksek ortalama güç değeri (0.48) DMF düzeyi C olduğunda çıkmıştır. ÇDA yönteminde en düşük ortalama güç değeri (0.08) DMF

düzeyi A olduğunda görülürken, kayıp veri oranı %20 olduğunda en yüksek ortalama güç değeri (0.58) görülmüştür. BM yönteminde en düşük ortalama güç değeri (0.17) kayıp veri oranı %30 olduğunda görülürken, en yüksek ortalama güç değeri (0.59) DMF düzeyi C olduğunda görülmüştür.

Tablo 21’de kayıp veriyle başa çıkma yöntemi, örneklem büyüklüğü, DMF düzeyi, kayıp veri oranı ve bunların ikili etkileşimlerinin güç oranlarına ait ANOVA sonuçları verilmiştir.

Tablo 21

**Güç Oranlarına Ait ANOVA Sonuçları**

<i>Etki Kaynağı**</i>	<i>sd</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>kısmi <math>\eta^2</math></i>
Örneklem Büyüklüğü	1	.14	.709	.00
DMF Düzeyi	2	23.26	.000*	.41
Kayıp Veri Oranı	2	8.48	.001*	.20
Yöntem	2	4.24	.019*	.11
Örneklem Büyüklüğü*Kayıp Veri Oranı	2	4.56	.014*	.12
Örneklem Büyüklüğü*Yöntem	2	2.69	.076	.08
DMF Düzeyi*Kayıp Veri Oranı	4	3.38	.014*	.17
DMF Düzeyi*Yöntem	4	.98	.425	.06
Kayıp Veri Oranı*Yöntem	4	3.87	.007*	.19
Hata	66			

\*p<.05

\*\* Odak-referans grup oranı çoklu bağlantı gösterdiği için analizlere dahil edilememiştir

\*\*\*Örneklem Büyüklüğü\*DMF Düzeyi, çoklu bağlantı gösterdiği için analizlere dahil edilememiştir.

Tablo 21’e göre DMF düzeyleri arasında güç oranları açısından anlamlı fark olduğu bulunmuştur. Ayrıca DMF düzeylerine ait etki büyüklüğünün de büyük olduğu görülmektedir. Kayıp veri oranları arasında güç oranları açısından anlamlı düzeyde fark çıkmıştır. Ayrıca kayıp veri oranlarına ait etki büyüklüğünün de büyük olduğu görülmektedir. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri arasında güç oranları açısından manidar bir fark olduğu görülmektedir. Kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerine ait etki büyüklüğünün orta düzeyde olduğu görülmektedir. Etki kaynaklarının ikili etkileşimleri incelendiğinde, örneklem büyüklüğü ve kayıp veri oranı, DMF düzeyi ve kayıp veri oranı, kayıp veri oranı ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerinin ortak etkileşiminin güç oranları açısından anlamlı fark yarattığı görülmektedir. Bu ikili etkileşimlere ait etki büyüklükleri incelendiğinde örneklem büyüklüğü ve kayıp veri oranı etkileşimine ait etki büyüklüğünün orta, DMF düzeyi ve kayıp veri oranı, kayıp

veri oranı ve kayıp veriyle başa çıkma yöntemlerinin ortak etkileşimine ait etki büyüklüklerinin büyük olduğu görülmektedir.

ANOVA sonucunda güç oranları açısından yöntem için görülen farkın hangi kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri arasında olduğunu tespit etmek için LSD testiyle Post-Hoc analizi yapılmıştır. Tablo 22’de güç oranlarına göre SA, ÇDA ve BM yöntemleri için Post-Hoc sonuçları verilmiştir.

Tablo 22

*Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları*

Yöntem	Yöntem	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
SA	ÇDA	-.0843	.06087	.171
	BM	-.1240	.06087	.046*
ÇDA	BM	-.0397	.06087	.517

\*p<.05

Tablo 22’deki sonuçlara göre BM yönteminin güç oranının, SA yönteminin güç oranından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir.

ANOVA sonucunda güç oranları açısından DMF düzeyleri için görülen farkın hangi düzeyler arasında olduğunu tespit etmek için LSD testiyle Post-Hoc analizi yapılmıştır. Tablo 23’te güç oranlarına göre A, B ve C DMF düzeyleri için Post-Hoc sonuçları verilmiştir.

Tablo 23

*DMF Düzeylerinin Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları*

DMF Düzeyi	DMF Düzeyi	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
A	B	-.1450	.06806	.037*
	C	-.4342	.06806	.000*
B	C	-.2892	.05557	.000*

\*p<.05

Tablo 23’teki sonuçlara göre B düzeyindeki DMF’nin güç oranı A düzeyindeki DMF’den, C düzeyindeki DMF’nin güç oranı A düzeyindeki DMF’den, C düzeyindeki DMF’nin güç oranı B düzeyindeki DMF’den anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır.

ANOVA sonucunda güç oranları açısından kayıp veri oranları için görülen farkın hangi kayıp veri oranları arasında olduğunu tespit etmek için LSD testi ile

Post-Hoc analizi yapılmıştır. Tablo 24'te güç oranlarına göre %10, %20 ve %30 kayıp veri oranları için Post-Hoc sonuçları verilmiştir.

Tablo 24

*Kayıp Veri Oranlarının Güç Oranlarına Ait Post-Hoc Analizi Sonuçları*

<i>Kayıp Veri Oranı</i>	<i>Kayıp Veri Oranı</i>	<i>Ortalama Farkı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>p</i>
%10	%20	.0143	.06087	.815
	%30	.2593	.06087	.000*
%20	%30	.2450	.06087	.000*

\*p<.05

Tablo 24'teki sonuçlara göre %30 kayıp veri oranının güç oranı %10 ve %20 kayıp veri oranlarından anlamlı düzeyde düşük çıkmıştır.

## Bölüm 5

### Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu bölümde, araştırmanın bulgu ve yorumlarına dayalı olarak ulaşılan sonuçlara ilişkin tartışmaya, elde edilen sonuçların özetine ve bu sonuçlardan yola çıkılarak geliştirilen önerilere yer verilmiştir.

#### **Tartışma**

Bu çalışmada SA, ÇDA ve BM yöntemlerine göre veri ataması yapıldığında DMF sonuçlarının örneklem büyüklüğü, O/R grup oranı, kayıp veri oranı ve DMF düzeylerine göre nasıl değiştiği SIBTEST yardımıyla incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, her bir veri atama yönteminden elde edilen sonuçların kendi içinde farklı koşullara göre nasıl değiştiği incelenerek tartışılmıştır.

SA yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen I. tip hata oranlarının çoğunlukla kritik değer olan 0.05'ten küçük olduğu bulunmuştur. Finch (2011a), Finch (2011b), Robitszch & Rupp (2009) da çalışmasında TRK mekanizması altında SA yöntemiyle elde ettiği sonuçların tam veriyle benzer olduğunu ve I. tip hata oranlarının çok yüksek olmadığını bulmuştur. Bu çalışmada örneklem büyüklüğü küçüldüğünde ve DMF düzeyi C olduğunda %10 ve %20 oranındaki kayıp verili koşulda kritik değer olan 0.05'ten büyük hata oranları elde edilmiştir.

ÇDA yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen I. tip hata oranlarının hepsinin kritik değer olan 0.05'ten küçük olduğu bulunmuştur. Örneklem büyüklüğü arttığında elde edilen I. tip hata oranlarının 1 koşul haricinde 0 çıktığı görülmüştür. Finch (2011a) TRK mekanizması altında ÇDA yöntemiyle elde ettiği sonuçların tam veriyle benzer olduğunu, Finch (2011b) TRK mekanizması altında ÇDA yöntemiyle elde ettiği sonuçların %10 kayıp veri koşulu haricinde tam veriyle benzer olduğunu, Garrett (2009) ÇDA yöntemiyle I. tip hata üzerindeki kontrolün, çalışmasında kullandığı diğer yöntemlere göre daha iyi sağlandığını bulmuştur.

BM yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen I. tip hata oranlarının çoğunlukla kritik değer olan 0.05'ten küçük olduğu bulunmuştur. Kayıp veri oranı %10 iken büyük ve küçük örneklem büyüklüklerinin her ikisinde de B düzeyinde DMF için I. tip hata oranı 0.05'ten büyük, kayıp veri oranı %20 iken küçük örneklem için C

düzeyinde DMF ve 225/225 odak-referans grup oranı koşullarında 0.05'ten büyük çıkmıştır.

SA yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen güç değerlerinin yalnızca dört koşul için kritik değer olan 0.80'den büyük olduğu ve bu dört koşulun %10 kayıp veri durumunda olduğu görülmektedir. Dört durumdan üçü C düzeyinde, biri B düzeyinde DMF koşulunda ortaya çıkmıştır. Finch (2001b) TRK mekanizması altında SA yöntemiyle elde edilen güç değerlerinin düşük olduğunu tespit etmiştir.

ÇDA yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen güç değerlerinin 5 koşul için kritik değer olan 0.80'den büyük olduğu görülmüştür. %30 oranında kayıp veri durumunda elde edilen güç değerlerinin hepsi 0.80'den küçük, 0.80'den büyük güç değerlerinin dördü C düzeyinde DMF, biri B düzeyinde DMF koşulunda çıkmıştır.

BM yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen güç değerlerinin 3 koşul için kritik değer olan 0.80'den büyük olduğu görülmüştür. %30 kayıp veri durumunda elde edilen güç değerlerinin hepsi 0.80'den küçük çıkmıştır. Bu 3 koşuldan ikisinin C, birinin B düzeyinde DMF durumunda ortaya çıktığı görülmüştür.

I. tip hata oranlarının her koşul için ortalama değerleri göz önüne alındığında üç yöntemde birbirine yakın ve kabul edilebilir ortalama I. tip hata oranlarına sahip olduğu ancak ÇDA yönteminin diğer iki yöntemle göre daha düşük ortalama I. tip hata oranına sahip olduğu görülmüştür. ÇDA yönteminin SA yöntemine göre daha düşük hataya sahip olduğu istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Genel olarak üç yöntemle ait sonuçların birbirinden çok farklı çıkmamasının sebebi olarak kayıp veri mekanizmasının TRK olması gösterilebilir.

Sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmama durumları incelendiğinde SA, ÇDA ve BM yöntemleri arasında I. tip hata oranları açısından manidar farklılık bulunmuştur. Buna göre ÇDA yönteminin I. tip hata oranı, SA ve BM yöntemlerinin I. tip hata oranlarından anlamlı düzeyde düşük çıkmıştır. SA, ÇDA ve BM yöntemleri güç oranlarına göre incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık çıkmıştır. Buna göre BM yönteminin güç oranının SA yönteminin güç oranından daha yüksek olduğu bulunmuştur. DMF düzeyi I. tip hata ve güç oranları açısından incelendiğinde düzeyler arasında manidar farklılıklar çıkmıştır. Buna göre B düzeyinde DMF için elde edilen I. tip hata oranı, A düzeyinde DMF için elde edilen I. tip hata oranından daha yüksektir. DMF düzeyleri güç oranlarına göre

incelendiğinde A düzeyi için elde edilen güç oranı B ve C düzeylerinden daha düşük, C düzeyinin güç oranı B düzeyinden daha yüksek çıkmıştır. Buna göre DMF düzeyi arttıkça güç oranının da arttığı söylenebilir. Kayıp veri oranları arasında güç oranı açısından anlamlı farklılık bulunmuştur. Buna göre %30 kayıp veri oranının güç oranı %10 ve %20 kayıp veri oranlarından daha düşük çıkmıştır.

## Sonuç

Bu çalışmada TRK mekanizması altında, SA, ÇDA, BM kayıp veriyle başa çıkma yöntemleri uygulanarak elde edilen veri setlerine SIBTEST ile DMF analizi yapılarak elde edilen I. tip hata ve güç oranlarının, örneklem büyüklüğü, odak-referans grup oranı (O/R), kayıp veri oranı ve DMF düzeylerine göre nasıl değiştiğini incelemek ve bunları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak elde edilen araştırma bulgularına dayalı sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

1. SA yöntemi uygulandığında 900 kişilik örneklem büyüklüğü için elde edilen tüm I. tip hata oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu, bu örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının, DMF düzeyinin ve O/R grup oranının I. tip hata oranları açısından önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.
2. SA yönteminde %30 kayıp veri durumunda elde edilen tüm I. tip hata oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu, yani %30 kayıp veri koşulunda örneklem büyüklüğü, O/R grup oranı ve DMF düzeyinin I. tip hata oranlarını etkilemediği ortaya çıkmıştır. Ayrıca örneklem büyüklüğünün azalması SA için elde edilen I. tip oranlarının bazı koşullar için kabul edilebilir düzeyin dışında çıkmasına neden olmuştur. A ve B DMF düzeyindeki tüm durumlar için elde edilen hata oranları kabul edilebilir düzeydedir.
3. ÇDA yöntemi uygulandığında elde edilen I. tip hata oranları, örneklem büyüklüğü, O/R grup oranı, DMF düzeyi ve kayıp veri oranları koşullarına göre değişmeksizin, her durum için kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır. Bu yöntemle %30 kayıp veri durumunda diğer tüm koşullar için I. tip hata oranı 0 çıkmıştır.

4. ÇDA yönteminin SA ve BM yöntemlerine göre daha düşük hataya sebep olduğu görülmüştür.
5. BM yönteminde örneklem arttığında ve O/R grup oranı 1 olduğunda elde edilen tüm I. tip hata oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Bu yöntemde kayıp veri oranı arttıkça kabul edilebilir düzeydeki I. tip hata oranlarının sayısı artmıştır. DMF düzeyi A olduğunda diğer tüm koşullar için I. tip hata oranları kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır.
6. SA yöntemi için güç oranlarının çoğunlukla kabul edilebilir düzeyin altında olduğu görülmüştür. SA yöntemi uygulandığında 225/225 odak-referans grup oranı için elde edilen tüm güç oranlarının kabul edilebilir düzeyin altında çıkmıştır. DMF düzeyi A olduğunda elde edilen tüm güç değerleri kabul edilebilir düzeyin altında bulunmuştur. DMF düzeyi arttıkça elde edilen güç oranları artmıştır.
7. SA yöntemi %10 kayıp veri oranında güç oranları açısından kabul edilebilir sonuçlar vermiştir.
8. ÇDA yöntemi uygulandığında elde edilen güç oranları çoğunlukla kabul edilebilir düzeyin altında çıkmıştır.
9. BM yöntemi uygulandığında elde edilen güç oranları çoğunlukla kabul edilebilir düzeyin altında çıkmıştır.
10. BM yönteminin gücü SA yönteminin gücünden daha yüksek çıkmıştır.
11. DMF düzeyi B iken elde edilen hata oranları DMF düzeyi A olduğundan elde edilen oranlardan daha yüksek çıkmıştır.
12. En yüksek güç oranına sahip DMF düzeyi C, en düşük DMF düzeyi A çıkmıştır.
13. Kayıp veri oranı %30 iken elde edilen güç oranları %10 ve %20 kayıp veri oranlarından daha düşük çıkmıştır.

## Öneriler

**Araştırmanın sonuçlarına dayalı öneriler.** Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara dayanarak,

1. Kayıp veri oranının fazla olduđu durumlarda DMF'li olmayan maddelerin dođru tespit edilmesi (I. tip hatanın dűşűk olması) daha ۆnemli olduđunda DA'nın kullanılması ۆnerilebilir.
2. DMF'li maddelerin dođru tespit edilmesi (gű oranlarının yűksek olması) daha ۆnemli olduđunda SA yۆntemi yerine BM yۆnteminin kullanılması ۆnerilebilir.
3. SA, DA ve BM yۆntemlerinin yűksek dűzeyde (C dűzeyi) DMF içeren maddelerin olduđu durumda kullanılmasının daha dođru sonuçlar çıkarabileceđi sۆylenbilir.
4. DA ve BM yۆntemlerinin kayıp veri oranı arttıca gűcűnűn azaldıđı, %10 ve %20 oranlarındaki kayıp verili veri setleri için daha iyi sonuçlar verebileceđi sۆylenbilir.
5. I. tip hata oranları açısından bakıldığında %30 kayıp veri durumunda en doğru seçimin DA olduğu sۆylenbilir.

#### **Araştırmacılar için ۆneriler.**

1. Çalıřmada maddelerin gűlűk dűzeyleri bir deđiřken olarak kabul edilmemiř bu durumun sonuçları nasıl etkilediđi incelenmemiřtir. Bundan sonraki çalıřmalarda maddelerin gűlűk dűzeylerinin incelenip çalıřmaya dahil edilmesi sađlanabilir.
2. Çalışmada kullanılan kayıp veriyle başa çıkma yۆntemlerinin hepsi veri atama yoluyla yapılan yۆntemlerdir. Bunların yanı sıra veri silme yۆntemleri de incelenip karşılaştırılabilir.
3. TRK mekanizması altında yapılan bu çalışmanın diğer kayıp veri mekanizmaları altında nasıl sonuçlar vereceği incelenebilir.
4. DMF belirleme yۆntemi olarak SIBTEST'in dışındaki yۆntemler de kullanılabilir ve I. tip hata ile gű oranlarına DMF belirleme yۆntemlerinin bu koşullarda nasıl etki ettiği araştırılabilir.
5. Kayıp veriyle bařa çıkma yۆntemlerinin TBODMF űzerindeki etkileri arařtırılabilir.

6. Bu çalışmada iki kategorili veriler ile çalışma yapılmıştır. Sadece çok kategorili verilerin ya da hem iki hem de çok kategorili verilerin kullanıldığı çalışmalar yapılabilir. Verinin yapısının sonuçları nasıl etkilediği incelenebilir.



## Kaynaklar

- Acock, A. C. (2005). Working with missing values. *Journal of Marriage and Family*, 67(4), 1012-1028.
- Allison, P. (2003). Missing data techniques for structural equation modeling. *Journal of Abnormal Psychology*, 112(4), 545-557. doi:10.1037/0021-843X.112.4.545
- Allison, P. D. (2002). *Missing data*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Angoff, W. (1993). Perspectives on differential item functioning methodology. In P. Holland, & H. Wainer (Eds.). *Differential item functioning*, 3-23. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Banks, K. (2015). An introduction to missing data in the context of differential item functioning. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 20(12), 1-10.
- Bolt, D. M. (2000). A SIBTEST approach to testing DIF hypotheses using experimentally designed test items. *Journal of Educational Measurement*, 37(4), 307-327.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak Kılıç, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Camilli, G., & Shepard, L. (1994). *Methods for identifying biased test items*. London: Sage.
- Clauser, B., & Mazor, K. (1998). Using statistical procedures to identify differentially functioning test items. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 17, 31-44.
- De Ayala, R., Plake, B., & Impara, J. (2001). The impact of omitted responses on the accuracy of ability estimation in item response theory. *Journal of Educational Measurement*, 38, 3213-234. doi:10.1111/j.1745-3984.2001.tb01124.x.
- Demir, E. (2013). *Kayıp verilerin varlığında iki kategorili puanlanan maddelerden oluşan testlerin psikometrik özelliklerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Dempster, A. P., Laird, N. M., & Rubin, D. B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 39(1), 1-38.
- Dorans, N. J., & Holland, P. W. (1993). DIF detection and description: Mantel-Haenszel and standardization. In P. W. Holland, & H. Wainer (Eds.). *Differential item functioning*, 35-66. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Douglas, J. A., Roussos, L. A., & Stout, W. (1996). Item bundle DIF hypothesis testing: Identifying suspect bundles and assessing their differential functioning. *Journal of Educational Measurement*, 33(4), 465-484.
- Ellis, B. B., & Raju, N. S. (2003). *Test and item bias: What they are, what they aren't, and how to detect them*. Ağustos 2017 tarihinde <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED480042.pdf> adresinden erişildi.
- Emenogu, B. C., Falenchuk, O., & Childs, R. A. (2010). The effect of missing data treatment on Mantel-Haenszel DIF detection. *The Alberta Journal of Educational Research*, 56(4), 459-469.
- Enders, C. K. (2001). A primer on maximum likelihood algorithm available for use with missing data. *Structural Equation Modeling: A multidisciplinary Journal*, 8(1), 128-141.
- Enders, C. K. (2003). Using expectation maximization algorithm to estimate coefficient alpha for scales with item-level missing data. *Psychological Methods*, 8(3), 322-337.
- Enders, C. K. (2010). *Applied missing data analysis*. New York: The Guilford Press.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE.
- Finch, H. (2011a). The use of multiple imputation for missing data in uniform DIF analysis: Power and type I error rates. *Applied Measurement in Education*, 24, 281-301.
- Finch, W. H. (2011b). The impact of missing data on the detection of nonuniform differential item functioning. *Educational and Psychological Measurement*, 71(4), 663-683.

- Gan, X., Liew, A. W., & Yan, H. (2006). Microarray missing data imputation based on a set theoretic framework and biological knowledge. *Nucleic Acids Research*, 34(5), 1608-1619. doi:10.1093/nar/gkl047
- Garrett, P. (2009). *A monte carlo study investigating missing data, differential item functioning and effect size* (Doktora tezi). Georgia State Üniversitesi, Atlanta.
- Gierl, M. J., Khaliq, S. N., & Boughton, K. (1999). *Gender differential item functioning in mathematics and science: Prevalence and policy implications*. Paper presented at the Symposium entitled "Improving Large-Scale Assessment in Education" at the Annual Meeting of the Canadian Society for the Study of Education. Sherbrooke, Quebec, Kanada.
- Gök, B., Kelecioğlu, H., & Doğan, N. (2010). Değişen madde fonksiyonunu belirlemede Mantel-Haenszel ve Lojistik Regresyon tekniklerinin karşılaştırılması. *Eğitim ve Bilim*, 35(156), 3-16.
- Graham, J. W., Cumsille, P. E., & Elek-Fisk, E. (2003). Methods for handling missing data. J. A. Schinka, & W. F. Welicer içinde, *Handbook of psychology: Research methods in psychology*, 87-114. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- Hambleton, R., Swaminathan, H., & Rogers, H. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park, California: Sage.
- Hohensinn, C., & Kubinger, K. (2011). On the impact of missing values on item fit and model validness of the Rasch model. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 53, 380-393.
- Holland, P. W., & Thayer, D. T. (1988). Differential item performance and the Mantel-Haenszel procedure. In H. Wainer, & H. I. Braun (Eds.). *Test validity*, 129-145. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185.
- Little, R., & Rubin, D. (2002). *Statistical analysis with missing data* (2. baskı). New York, NY: John Wiley & Sons.
- Longford, N. T. (2005). *Missing data and small-area estimation: Modern analytical equipment for the survey statistician*. New York: Springer.

- Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- McKnight, P. E., McKnight, K. M., Sidani, S., & Figueredo, A. J. (2007). *Missing data: A gentle introduction*. NY: The Guilford Press.
- McLachlan, G. J., & Krishnan, G. J. (2008). *The EM algorithm and extensions*. New York: Wiley Series in Probability and Statistics.
- MEB (2013). *PISA 2012 ulusal ön raporu*. Ocak 2017 tarihinde <http://pisa.meb.gov.tr/wp-content/uploads/2013/12/pisa2012-ulusal-on-raporu.pdf> adresinden erişildi.
- MEB (2015). *PISA 2012 araştırması ulusal nihai rapor*. Ocak 2017 tarihinde <https://drive.google.com/file/d/0B2wxMX5xMcnhaGtnV2x6YWsyY2c/view?pli=1> adresinden erişildi.
- Mellenbergh, G. J. (1982). Contingency table models for assessing item bias. *Journal of Educational Statistics*, 7(2), 105-118.
- Millsap, R. E., & Everson, H. T. (1993). Methodology review: Statistical approaches for assessing measurement bias. *Applied Psychological Measurement*, 17(4), 297-334.
- Narayanan, P., & Swaminathan, H. (1996). Identification of items that show nonuniform DIF. *Applied Psychological Measurement*, 20(3), 257-274. doi:10.1177/014662169602000306
- Newman, D. A. (2003). Longitudinal modeling with randomly and systematically missing data: A simulation of ad hoc, maximum likelihood, and multiple imputation techniques. *Organizational Research Methods*, 6(3), 328-362. doi: 10.1177/1094428103254673
- O'Connor, B. P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(3), 396-402.
- OECD (2010). *Translation and adaptation guidelines for PISA 2012*. Budapeşte: OECD Publishing.

- Olinsky, A., Chen, S., & Harlow, L. (2003). The comparative efficacy of imputation methods for missing data in structural equation modeling. *European Journal of Operational Research*, *151*(1), 53-79.
- Peng, C. J., Harwell, M., Liou, S., & Ehman, L. H. (2007). Advances in Missing Data Methods and Implications for Educational Research. In S. S. Sawilowsky (Ed.). *Real data analysis*, 31-78. Information Age.
- Peugh, J. L., & Enders, C. K. (2004). Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. *Review of Educational Research*, *74*(4), 525-556. doi:10.3102/00346543074004525
- Potenza, M. T., & Dorans, N. J. (1995). DIF assessment for polytomously scored items: A framework for classification and evaluation. *Applied Psychological Measurement*, *19*(1), 23-37.
- Raju, N. S. (1988). The area between two item characteristic curves. *Psychometrika*, *53*(4), 495-502. doi:10.1007/BF02294403
- Robitzsch, A., & Rupp, A. A. (2009). Impact of missing data on the detection of differential item functioning: The case of Mantel-Haenszel and Logistic Regression Analysis. *Educational and Psychological Measurement*, *69*(1), 18-34.
- Roussos, L. A., & Stout, W. F. (1996). Simulation studies of the effects of small sample size and studied item parameters on SIBTEST and Mantel-Haenszel type I error performance. *Journal of Educational Measurement*, *33*(2), 215-230.
- Rubin, D. B. (1987). *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. New York: John Wiley & Sons.
- Schafer, J. L., & Olsen, M. K. (1998). Multiple imputation for multivariate missing-data problems: A data analyst's perspective. *Multivariate Behavioral Research*, *33*(4), 545-571.
- Schlomer, G. L., Bauman, S., & Card, N. A. (2010). Best practices for missing data management in counseling psychology. *Journal of Counseling Psychology*, *57*(1), 1-10. doi:0.1037/a0018082

- Selvi, H., & Alici, D. (2018). Investigating the impact of missing data handling methods on the detection of differential item functioning. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 5(1), 1-14.
- Shealy, R., & Stout, W. (1993). A model-based standardization approach that separates true bias/DIF from group ability differences and detects test bias/DTF as well as bias/DIF. *Psychometrika*, 58(2), 159-194. doi:10.1007/BF02294572
- Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1990). Detecting differential item functioning using logistic regression procedures. *Journal of Educational Measurement*, 27(4), 361-370.
- Thissen, D., Lynne, S., & Howard, W. (1993). Detection of Differential Item Functioning Using the Parameters of Item Response Models. In P. W. Holland, & H. Wainer (Eds.). *Differential item functioning*, 67-113. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Turgut, M., & Baykul, Y. (2011). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi.
- Van Ginkel, J. R., Sijtsma, K., Van der Ark, L. A., & Vermunt, J. K. (2010). Incidence of missing item scores in personality measurement, and simple item-score imputation. *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences*, 6(1), 17-30. doi:10.1027/1614-2241/a000003
- Wiberg, M. (2007). *Measuring and detecting differential item functioning in criterion-referenced licensing test: A theoretic comparison of methods*. EM No 60: Umea University.
- Zumbo, B. D. (1999). *A handbook on the theory and methods of differential item functioning (DIF): Logistic regression modeling as a unitary framework for binary and likert-type (ordinal) item scores*. Ottawa, ON: Directorate of Human Resources Research and Evaluation, Department of National Defense.

## EK-A: Sibtest Sonuçları

1. Çalışma grubu 1, çalışma grubu 2, çalışma grubu 3 ve çalışma grubu 4 için tam veri setine ait SIBTEST sonuçları

<i>Örnekleme Büyüklüğü</i>	<i>Odak/Referans</i>	<i>Madde No</i>	<i>DMF Büyüklüğü</i>
900	350/550	1	-0.010
		2	-0.032
		3	0.071**R
		4	0.027
		5	0.022
		6	-0.073**O
		7	-0.005
		8	-0.132***O
		9	0.045*R
		10	-0.009
		11	0.032
		12	-0.010
		13	0.027
		14	-0.083**O
		15	-0.065**O
		16	-0.062**O
		17	-0.023
		18	0.004
		19	-0.010
		20	0.012
		21	-0.027
		22	0.093***R
		23	-0.028
		24	0.107***R
		25	0.006
		26	0.131***R
		27	-0.023
		28	-0.058
		29	0.008
		30	-0.011

		31	-0.049* <b>O</b>
		32	-0.025
		33	0.017
		34	0.039
900	450/450	1	-0.024
		2	-0.025
		3	0.080** <b>R</b>
		4	0.026
		5	0.005
		6	-0.100*** <b>O</b>
		7	0.023
		8	-0.104*** <b>O</b>
		9	0.019
		10	-0.006
		11	0.028
		12	-0.015
		13	0.013
		14	-0.106*** <b>O</b>
		15	-0.076** <b>O</b>
		16	-0.025
		17	-0.030
		18	0.020
		19	-0.008
		20	0.049
		21	-0.017
		22	0.100*** <b>R</b>
		23	-0.015
		24	0.096*** <b>R</b>
		25	0.010
		26	0.143*** <b>R</b>
		27	-0.019
		28	-0.055* <b>O</b>
		29	0.007

		30	-0.024
		31	-0.051* <b>O</b>
		32	-0.020
		33	0.008
		34	0.068** <b>R</b>
450	225/225	1	-0.047
		2	0.004
		3	0.057
		4	-0.010
		5	0.055
		6	-0.069** <b>O</b>
		7	0.032
		8	-0.122*** <b>O</b>
		9	0.034
		10	0.001
		11	0.033
		12	-0.013
		13	-0.043
		14	-0.079** <b>O</b>
		15	-0.081
		16	0.024
		17	-0.022
		18	0.056
		19	-0.019
		20	0.076
		21	-0.009
		22	0.112*** <b>R</b>
		23	-0.005
		24	0.074
		25	0.006
		26	0.144*** <b>R</b>
		27	-0.038
		28	-0.061

		29	-0.023
		30	-0.065
		31	-0.100*** <b>O</b>
		32	-0.047
		33	0.003
		34	0.098*** <b>R</b>
450	150/300	1	-0.038
		2	-0.031
		3	0.143*** <b>R</b>
		4	0.049
		5	-0.003
		6	-0.057
		7	0.043
		8	-0.064
		9	-0.014
		10	0.065
		11	0.063
		12	-0.012
		13	0.061
		14	-0.080
		15	-0.030
		16	-0.063
		17	0.017
		18	0.059
		19	-0.062*** <b>O</b>
		20	-0.031
		21	-0.016
		22	0.058
		23	-0.019
		24	0.119*** <b>R</b>
		25	-0.006
		26	0.187*** <b>R</b>
		27	-0.069

28	-0.116*** <b>O</b>
29	0.020
30	-0.015
31	-0.065
32	-0.031
33	0.023
34	0.051

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.

## 2. SA Yöntemi ile çalışma grubu 1 ve çalışma grubu 2 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örneklem Büyükliği	Odak/Referans	SA				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
900	350/550	1	-0.010	-0.016	0.003	-0.041
		2	-0.032	-0.044	-0.059** <b>O</b>	-0.050* <b>O</b>
		3	0.071** <b>R</b>	0.079** <b>R</b>	0.095** <b>R</b>	0.040
		4	0.027	0.027	0.012	-0.007
		5	0.022	0.031	0.003	0.007
		6	-0.073** <b>O</b>	-0.025	-0.037	-0.039
		7	-0.005	0.009	0.027	0.015
		8	-0.132*** <b>O</b>	-0.132*** <b>O</b>	-0.086** <b>O</b>	-0.091*** <b>O</b>
		9	0.045* <b>R</b>	0.060** <b>R</b>	0.046	0.036
		10	-0.009	-0.027	-0.019	0.046
		11	0.032	0.013	0.046	0.016
		12	-0.010	-0.019	0.027	-0.017
		13	0.027	0.056	0.041	0.067** <b>R</b>
		14	-0.083** <b>O</b>	-0.092*** <b>O</b>	-0.047	-0.079** <b>O</b>
		15	-0.065** <b>O</b>	-0.043	-0.073** <b>O</b>	-0.064
		16	-0.062** <b>O</b>	-0.032	-0.069** <b>O</b>	-0.025
		17	-0.023	-0.060** <b>O</b>	0.036	-0.011
		18	0.004	0.022	-0.030	-0.064
		19	-0.010	0.012	-0.011	-0.026
		20	0.012	0.002	-0.004	0.005
		21	-0.027	-0.020	-0.021	-0.003
		22	0.093*** <b>R</b>	0.151*** <b>R</b>	0.073** <b>R</b>	0.061
		23	-0.028	-0.016	-0.016	-0.045
		24	0.107*** <b>R</b>	0.131*** <b>R</b>	0.075** <b>R</b>	0.057
		25	0.006	0.038	0.062	0.018
		26	0.131*** <b>R</b>	0.096*** <b>R</b>	0.078** <b>R</b>	0.051
		27	-0.023	-0.032	-0.027	0.026
		28	-0.058	-0.090*** <b>O</b>	-0.044	-0.007
		29	0.008	0.002	-0.009	0.037
		30	-0.011	0.006	-0.004	-0.031

		31	-0.049*O	-0.036	-0.034	-0.034
		32	-0.025	-0.030	0.006	0.029
		33	0.017	0.014	0.008	0.018
		34	0.039	0.035	0.064	0.050
900	450/450	1	-0.024	-0.010	-0.024	0.006
		2	-0.025	-0.019	-0.044	-0.020
		3	0.080**R	0.066**R	0.049	0.028
		4	0.026	-0.011	0.028	0.065
		5	0.005	0.011	-0.013	0.053
		6	-0.100***O	-0.057	-0.097***O	-0.015
		7	0.023	0.033	0.028	0.050
		8	-0.104***O	-0.088***O	-0.085***O	-0.096***O
		9	0.019	0.034	-0.011	0.022
		10	-0.006	-0.035	-0.028	-0.024
		11	0.028	0.066**R	0.003	0.018
		12	-0.015	0.009	-0.004	-0.027
		13	0.013	-0.004	0.029	0.078**R
		14	-0.106***O	-0.097***O	-0.085***O	-0.054
		15	-0.076**O	-0.075**O	-0.085**O	-0.069**O
		16	-0.025	-0.019	-0.012	-0.032
		17	-0.030	-0.046	-0.013	-0.015
		18	0.020	0.021	0.003	0.018
		19	-0.008	0.007	-0.011	0.006
		20	0.049	0.040	0.035	0.039
		21	-0.017	-0.025	0.025	-0.013
		22	0.100***R	0.101***R	0.063**R	0.101***R
		23	-0.015	0.005	-0.019	-0.038
		24	0.096***R	0.088***R	0.086**R	0.048
		25	0.010	0.005	0.045	-0.050
		26	0.143***R	0.135***R	0.097***R	0.073**R
		27	-0.019	-0.004	-0.022	-0.024
		28	-0.055*O	-0.076**O	-0.025	-0.010
		29	0.007	-0.019	0.031	-0.005
		30	-0.024	-0.013	-0.040	-0.016
		31	-0.051*O	-0.040	-0.037	-0.035
		32	-0.020	-0.003	0.010	0.019
		33	0.008	0.015	0.004	-0.007
		34	0.068**R	0.063**R	0.038	0.050

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde.

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde

### 3. SA Yöntemi ile çalışma grubu 3 ve çalışma grubu 4 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örneklem Büyüküğü	Odak/Referans	SA				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
450	225/225	1	-0.047	-0.087	-0.054	0.003
		2	0.004	0.004	-0.044	-0.034
		3	0.057	0.021	0.066	0.026

		4	-0.010	0.034	-0.056	0.027
		5	0.055	0.035	0.003	0.025
		6	-0.069**O	-0.046	-0.081	-0.032
		7	0.032	0.010	0.008	-0.058
		8	-0.122***O	-0.167***O	-0.054	-0.063
		9	0.034	-0.015	-0.008	0.030
		10	0.001	-0.023	0.024	-0.066
		11	0.033	0.054	0.054	0.074
		12	-0.013	-0.037	-0.015	0.013
		13	-0.043	-0.091	-0.025	-0.029
		14	-0.079**O	-0.050	-0.088	-0.131***O
		15	-0.081	-0.068	-0.076	-0.116***O
		16	0.024	-0.012	-0.006	-0.042
		17	-0.022	-0.006	0.018	0.021
		18	0.056	0.054	0.095***R	0.028
		19	-0.019	-0.023	0.004	-0.032
		20	0.076	0.088	0.025	0.087
		21	-0.009	0.055	-0.061	0.020
		22	0.112***R	0.061	0.102***R	0.113***R
		23	-0.005	0.006	-0.011	-0.009
		24	0.074	0.051	0.026	0.024
		25	0.006	0.024	0.004	-0.043
		26	0.144***R	0.102***R	0.098***R	0.079
		27	-0.038	0.044	-0.018	0.056
		28	-0.061	-0.062	-0.072	-0.007
		29	-0.023	-0.015	-0.052	-0.029
		30	-0.065	-0.051	-0.017	-0.037
		31	-0.100***O	-0.076**O	-0.058*O	-0.054
		32	-0.047	-0.011	-0.006	-0.012
		33	0.003	0.014	0.016	-0.008
		34	0.098***R	0.043	0.078	0.055
450	150/300	1	-0.038	-0.028	-0.046	-0.078
		2	-0.031	-0.026	-0.006	-0.012
		3	0.143***R	0.119***R	0.017	0.050
		4	0.049	0.071	0.037	-0.001
		5	-0.003	-0.015	0.024	-0.007
		6	-0.057	-0.031	-0.010	0.020
		7	0.043	0.028	0.036	0.059
		8	-0.064	-0.066	-0.101	-0.072
		9	-0.014	-0.044	-0.086**O	0.017
		10	0.065	0.038	0.109***R	0.012
		11	0.063	0.034	0.052*R	0.021
		12	-0.012	-0.009	0.020	0.041
		13	0.061	0.080	0.023	0.070
		14	-0.080	-0.041	-0.128***O	-0.117***O
		15	-0.030	-0.104***O	-0.014	-0.011
		16	-0.063	-0.049	-0.060	0.023
		17	0.017	0.041	0.074	0.023
		18	0.059	0.032	0.015	-0.014
		19	-0.062**O	-0.010	-0.036	-0.017
		20	-0.031	-0.012	0.043	0.000
		21	-0.016	0.046	0.019	-0.036
		22	0.058	0.040	0.066	0.036
		23	-0.019	0.003	-0.015	-0.004
		24	0.119***R	0.104***R	0.016	0.136***R

25	-0.006	-0.101***O	-0.020	-0.020
26	0.187***R	0.173***R	0.090	0.145***R
27	-0.069	-0.030	-0.063	-0.034
28	-0.116***O	-0.110***O	-0.127***O	-0.130***O
29	0.020	-0.015	-0.065	-0.015
30	-0.015	0.011	-0.046	-0.049
31	-0.065	-0.065	-0.052	-0.034
32	-0.031	-0.039	-0.046	-0.011
33	0.023	0.017	-0.009	0.010
34	0.051	0.069	0.010	0.086

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.

#### 4. ÇDA Yöntemi ile çalışma grubu 1 ve çalışma grubu 2 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örnekleme Büyüklüğü	Odak/Referans	ÇDA				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
900	350/550	1	-0.010	-0.017	0.001	-0.012
		2	-0.032	-0.052	-0.050	-0.028
		3	0.071**R	0.086**R	0.070**R	0.067**R
		4	0.027	0.018	0.025	0.001
		5	0.022	0.019	-0.003	0.018
		6	-0.073**O	-0.047	-0.043	-0.050
		7	-0.005	0.015	0.018	0.011
		8	-0.132***O	-0.136***O	-0.104***O	-0.104***O
		9	0.045*R	0.030	0.030	0.023
		10	-0.009	-0.022	-0.013	0.013
		11	0.032	0.040	0.047	0.017
		12	-0.010	-0.003	-0.003	0.009
		13	0.027	0.030	0.017	0.019
		14	-0.083**O	-0.078**O	-0.074**O	-0.086**O
		15	-0.065**O	-0.046	-0.030	-0.073**O
		16	-0.062**O	-0.031	-0.059**O	-0.026
		17	-0.023	-0.027	-0.015	0.000
		18	0.004	0.012	-0.002	-0.036
		19	-0.010	-0.007	-0.010	-0.009
		20	0.012	-0.011	0.005	0.022
		21	-0.027	-0.020	-0.042	-0.012
		22	0.093***R	0.115***R	0.065**R	0.065**R
		23	-0.028	-0.009	0.001	-0.044
		24	0.107***R	0.111***R	0.066**R	0.058
		25	0.006	0.003	0.017	0.024
		26	0.131***R	0.118***R	0.094***R	0.044
		27	-0.023	-0.027	-0.018	0.018
		28	-0.058	-0.068**O	-0.053	-0.015
		29	0.008	0.005	0.020	0.024
		30	-0.011	-0.011	0.005	-0.008
		31	-0.049*O	-0.039	-0.055*O	-0.016
		32	-0.025	-0.026	-0.008	0.008

		33	0.017	0.012	0.014	0.010
		34	0.039	0.031	0.030	0.027
900	450/450	1	-0.024	-0.019	-0.030	-0.022
		2	-0.025	-0.032	-0.040	-0.038
		3	0.080**R	0.060	0.061**R	0.040
		4	0.026	0.017	0.009	0.016
		5	0.005	0.009	-0.015	-0.007
		6	-0.100***O	-0.079**O	-0.068**O	-0.060**O
		7	0.023	0.041	0.011	0.017
		8	-0.104***O	-0.115***O	-0.106***O	-0.067**O
		9	0.019	0.019	0.013	0.005
		10	-0.006	-0.004	-0.005	-0.004
		11	0.028	0.039	0.021	0.025
		12	-0.015	-0.011	-0.014	0.001
		13	0.013	0.009	0.005	0.025
		14	-0.106***O	-0.099***O	-0.090***O	-0.084**O
		15	-0.076**O	-0.060	-0.054	-0.044
		16	-0.025	-0.021	-0.016	-0.032
		17	-0.030	-0.039	-0.028	-0.013
		18	0.020	0.018	-0.006	0.024
		19	-0.008	-0.002	-0.008	-0.010
		20	0.049	0.047	0.041	0.037
		21	-0.017	-0.017	-0.011	-0.011
		22	0.100***R	0.106***R	0.089***R	0.058*R
		23	-0.015	-0.003	-0.014	0.002
		24	0.096***R	0.083**R	0.095***R	0.066**R
		25	0.010	0.009	0.027	0.000
		26	0.143***R	0.155***R	0.119***R	0.071**R
		27	-0.019	-0.017	0.010	-0.008
		28	-0.055*O	-0.054	-0.025	-0.026
		29	0.007	-0.010	0.006	-0.006
		30	-0.024	-0.028	-0.037	-0.004
		31	-0.051*O	-0.031	-0.036	-0.025
		32	-0.020	-0.010	-0.016	0.003
		33	0.008	0.009	0.014	-0.016
		34	0.068**R	0.045	0.041	0.043

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.

## 5. ÇDA Yöntemi ile çalışma grubu 3 ve çalışma grubu 4 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örneklem Büyükliği	Odak/Referans	ÇDA				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
450	225/225	1	-0.047	-0.021	-0.041	-0.020
		2	0.004	-0.013	-0.040	-0.001
		3	0.057	0.030	0.032	0.040
		4	-0.010	0.011	-0.001	-0.011
		5	0.055	0.039	0.019	0.011

		6	-0.069**O	-0.055	-0.071	-0.039
		7	0.032	0.034	0.027	-0.003
		8	-0.122***O	-0.126***O	-0.101***O	-0.088***O
		9	0.034	0.048	0.035	0.021
		10	0.001	-0.014	0.005	0.001
		11	0.033	0.039	0.043	0.023
		12	-0.013	-0.013	0.015	-0.012
		13	-0.043	-0.068	-0.040	-0.051
		14	-0.079**O	-0.063	-0.078**O	-0.080
		15	-0.081	-0.070	-0.086**O	-0.050
		16	0.024	-0.018	0.001	-0.007
		17	-0.022	-0.019	-0.013	0.013
		18	0.056	0.051	0.037	0.042
		19	-0.019	-0.017	-0.028	-0.021
		20	0.076	0.088***R	0.066	0.081
		21	-0.009	0.028	0.009	-0.020
		22	0.112***R	0.086**R	0.112***R	0.096***R
		23	-0.005	-0.010	0.006	-0.018
		24	0.074	0.042	0.034	0.047
		25	0.006	0.015	0.009	0.023
		26	0.144***R	0.101***R	0.102***R	0.094
		27	-0.038	-0.019	-0.030	0.014
		28	-0.061	-0.054	-0.062	-0.021
		29	-0.023	-0.018	-0.043	-0.021
		30	-0.065	-0.060	-0.038	-0.037
		31	-0.100***O	-0.073	-0.089***O	-0.045
		32	-0.047	-0.022	-0.021	-0.031
		33	0.003	0.009	-0.007	-0.006
		34	0.098***R	0.063	0.098***R	0.042
450	150/300	1	-0.038	-0.039	-0.019	-0.021
		2	-0.031	-0.029	0.003	0.020
		3	0.143***R	0.128***R	0.035	0.051
		4	0.049	0.037	0.027	0.025
		5	-0.003	0.001	0.030	-0.002
		6	-0.057	-0.030	-0.044	0.001
		7	0.043	0.008	0.024	0.046
		8	-0.064	-0.082	-0.068	-0.061
		9	-0.014	-0.006	-0.009	-0.002
		10	0.065	0.036	0.038	0.027
		11	0.063	0.051	0.073**R	0.041
		12	-0.012	-0.018	-0.010	-0.025
		13	0.061	0.062	0.047	0.081
		14	-0.080	-0.061	-0.084	-0.068
		15	-0.030	-0.053	-0.013	-0.038
		16	-0.063	-0.059	-0.049	-0.029
		17	0.017	0.008	-0.011	-0.014
		18	0.059	0.025	0.000	-0.010
		19	-0.062**O	-0.031	-0.059**O	-0.026
		20	-0.031	-0.061	-0.002	-0.040
		21	-0.016	-0.006	0.001	0.001
		22	0.058	0.030	0.056	0.048
		23	-0.019	-0.037	-0.035	-0.016
		24	0.119***R	0.120***R	0.098***R	0.077
		25	-0.006	-0.015	0.004	-0.003
		26	0.187***R	0.148***R	0.116***R	0.120***R

27	-0.069	-0.051	-0.034	-0.040
28	-0.116***O	-0.103***O	-0.091	-0.084
29	0.020	-0.012	0.028	-0.007
30	-0.015	-0.011	-0.019	-0.040
31	-0.065	-0.071	-0.052	-0.038
32	-0.031	-0.019	-0.028	-0.021
33	0.023	0.034	0.006	0.014
34	0.051	0.044	0.002	0.065

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.

## 6. BM Yöntemi ile çalışma grubu 1 ve çalışma grubu 2 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örnekleme Büyüklüğü	Odak/Referans	BM				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
900	350/550	1	-0.010	-0.018	-0.019	-0.031
		2	-0.032	-0.062**O	-0.047	-0.015
		3	0.071**R	0.070**R	0.048	0.091***R
		4	0.027	0.016	0.023	-0.001
		5	0.022	0.021	-0.013	0.023
		6	-0.073**O	-0.050*O	-0.040	-0.043
		7	-0.005	0.006	0.005	0.019
		8	-0.132***O	-0.136***O	-0.107***O	-0.096***O
		9	0.045*R	0.033	0.026	0.020
		10	-0.009	-0.020	-0.010	-0.006
		11	0.032	0.045	0.042	0.015
		12	-0.010	0.008	0.007	-0.007
		13	0.027	0.032	0.016	-0.010
		14	-0.083**O	-0.075**O	-0.069**O	-0.089***O
		15	-0.065**O	-0.069**O	-0.010	-0.076**O
		16	-0.062**O	-0.029	-0.050	-0.034
		17	-0.023	-0.027	-0.031	0.003
		18	0.004	0.018	-0.017	-0.041
		19	-0.010	-0.006	0.004	-0.018
		20	0.012	0.006	-0.001	0.025
		21	-0.027	-0.030	-0.022	-0.039
		22	0.093***R	0.110***R	0.069**R	0.052*R
		23	-0.028	-0.014	0.008	-0.033
		24	0.107***R	0.121***R	0.060**R	0.042
		25	0.006	0.003	0.013	0.015
		26	0.131***R	0.132***R	0.114***R	0.062**R
		27	-0.023	-0.023	-0.019	0.024
		28	-0.058	-0.060**O	-0.070**O	-0.014
		29	0.008	0.005	0.026	0.023
		30	-0.011	-0.011	0.019	-0.019
		31	-0.049*O	-0.046*O	-0.047*O	-0.026
		32	-0.025	-0.032	-0.010	0.017
		33	0.017	0.009	0.017	0.015
		34	0.039	0.045	0.031	0.050

900	450/450	1	-0.024	-0.009	-0.046	-0.035
		2	-0.025	-0.036	-0.049*O	-0.020
		3	0.080**R	0.044	0.045	0.061**R
		4	0.026	0.021	0.020	0.008
		5	0.005	0.018	-0.033	-0.027
		6	-0.100***O	-0.079**O	-0.040	-0.068**O
		7	0.023	0.044	0.010	0.001
		8	-0.104***O	-0.127***O	-0.110***O	-0.076**O
		9	0.019	0.018	0.015	-0.003
		10	-0.006	-0.001	0.005	-0.002
		11	0.028	0.037	0.024	0.013
		12	-0.015	-0.021	-0.011	-0.005
		13	0.013	0.014	0.004	0.015
		14	-0.106***O	-0.085**O	-0.090***O	-0.080**O
		15	-0.076**O	-0.056	-0.045	-0.026
		16	-0.025	-0.033	-0.020	-0.020
		17	-0.030	-0.015	-0.021	-0.007
		18	0.020	0.023	-0.014	0.040
		19	-0.008	-0.002	0.001	0.000
		20	0.049	0.046	0.040	0.036
		21	-0.017	-0.019	-0.008	-0.029
		22	0.100***R	0.104***R	0.097***R	0.059**R
		23	-0.015	-0.007	0.012	0.019
		24	0.096***R	0.089***R	0.079**R	0.063**R
		25	0.010	0.007	0.032	0.000
		26	0.143***R	0.151***R	0.123***R	0.062**R
		27	-0.019	-0.020	0.005	-0.010
		28	-0.055*O	-0.047	0.000	-0.033
		29	0.007	-0.010	0.001	-0.008
		30	-0.024	-0.018	-0.027	-0.022
		31	-0.051*O	-0.040*O	-0.032	-0.014
		32	-0.020	-0.024	-0.024	0.004
		33	0.008	0.001	0.014	-0.016
		34	0.068**R	0.036	0.008	0.052

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.

## 7. BM Yöntemi ile çalışma grubu 3 ve çalışma grubu 4 için farklı koşullar altında elde edilen SIBTEST sonuçları

Örneklem Büyükliği	Odak/Referans	BM				
		No	%0 Kayıp	%10 Kayıp	%20 Kayıp	%30 Kayıp
450	225/225	1	-0.047	-0.013	-0.002	-0.044
		2	0.004	0.019	-0.058	-0.008
		3	0.057	0.023	0.016	0.051
		4	-0.010	0.009	-0.009	-0.024
		5	0.055	0.047	0.042	0.006
		6	-0.069**O	-0.050	-0.031	-0.032
		7	0.032	0.039	0.044	0.021

		8	-0.122***O	-0.132***O	-0.088***O	-0.090***O
		9	0.034	0.040	0.030	0.021
		10	0.001	-0.023	0.010	0.006
		11	0.033	0.032	0.062**R	0.019
		12	-0.013	-0.002	0.011	-0.002
		13	-0.043	-0.052	-0.035	-0.030
		14	-0.079**O	-0.079**O	-0.079**O	-0.096***O
		15	-0.081	-0.084	-0.131***O	-0.014
		16	0.024	-0.036	-0.020	-0.006
		17	-0.022	-0.035	0.023	0.026
		18	0.056	0.047	0.015	0.047
		19	-0.019	-0.006	-0.028	-0.014
		20	0.076	0.096***R	0.107***R	0.055
		21	-0.009	0.020	0.020	0.000
		22	0.112***R	0.100***R	0.131***R	0.099**R
		23	-0.005	-0.012	0.018	-0.030
		24	0.074	0.042	0.011	0.021
		25	0.006	0.006	-0.003	0.015
		26	0.144***R	0.114***R	0.112***R	0.106***R
		27	-0.038	-0.041	-0.032	0.003
		28	-0.061	-0.052	-0.070	-0.043
		29	-0.023	-0.015	-0.034	-0.014
		30	-0.065	-0.063	-0.064	-0.038
		31	-0.100***O	-0.057	-0.089***O	-0.058*O
		32	-0.047	-0.005	-0.017	-0.046
		33	0.003	0.018	0.007	-0.018
		34	0.098***R	0.062	0.100***R	0.057
450	150/300	1	-0.038	-0.048	0.017	-0.033
		2	-0.031	-0.024	0.018	0.026
		3	0.143***R	0.157***R	0.059	0.076
		4	0.049	0.022	0.038	0.000
		5	-0.003	0.015	0.012	0.024
		6	-0.057	-0.041	-0.012	-0.008
		7	0.043	-0.009	-0.045	0.022
		8	-0.064	-0.070**O	-0.045	-0.065**O
		9	-0.014	-0.007	0.010	-0.010
		10	0.065	0.027	-0.001	0.008
		11	0.063	0.058	0.075**R	0.035
		12	-0.012	-0.017	-0.012	-0.032*O
		13	0.061	0.058	0.087	0.081
		14	-0.080	-0.080	-0.058	-0.051
		15	-0.030	-0.067	-0.014	-0.045
		16	-0.063	-0.051	-0.060	-0.049
		17	0.017	-0.021	0.012	-0.015
		18	0.059	0.042	0.044	-0.007
		19	-0.062**O	-0.017	-0.062**O	-0.048*O
		20	-0.031	-0.075**O	0.000	-0.029
		21	-0.016	0.003	0.022	-0.009
		22	0.058	0.025	0.067	0.028
		23	-0.019	-0.060	-0.058	0.002
		24	0.119***R	0.121***R	0.127***R	0.120***R
		25	-0.006	-0.018	0.032	-0.001
		26	0.187***R	0.128***R	0.105***R	0.111***R
		27	-0.069	-0.073	-0.054	-0.038
		28	-0.116***O	-0.082	-0.113***O	-0.079

---

29	0.020	-0.013	0.068	0.006
30	-0.015	0.001	-0.027	-0.060
31	-0.065	-0.060	-0.036	-0.049
32	-0.031	-0.026	-0.015	-0.031
33	0.023	0.031	-0.015	0.009
34	0.051	0.049	0.013	0.082

---

Odak grup: Anadili İngilizceden farklı olan ülkeler, referans grup: Anadili İngilizce olan ülkeler

\*R: Referans grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*R: Referans grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*\*R: Referans grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde, \*O: Odak grup lehine A düzeyinde DMF gösteren madde,

\*\*O: Odak grup lehine B düzeyinde DMF gösteren madde, \*\*\*O: Odak grup lehine C düzeyinde DMF gösteren madde.



## EK-B: Etik Komisyonu Onay Bildirimi

Form: 40

### Tez Çalışması Etik Komisyon İzin Muafiyeti Formu

03 / 11 / 2016

Hacettepe Üniversitesi  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Anabilim Dalı Başkanlığı'na

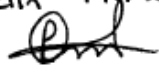
Tez Başlığı / Konusu:	Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin Değişen Madde Fonksiyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi
-----------------------	--

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır.
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurulları ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Komisyondan/Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Pelin TAMCI  


(Öğrencinin Adı Soyadı, İmzası)

#### Öğrenci Bilgileri

Adı Soyadı	Pelin TAMCI
Öğrenci No	N14225992
Anabilim Dalı	Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme
Programı	Tezli Yüksek Lisans
Statüsü	<input checked="" type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/> Bütünleşik Dr.

#### Danışman Görüşü ve Onayı

Uygulama yapılmayacağı için etik kurul iznine gerek yoktur.

(Danışmanın Unvanı, Adı ve Soyadı)

Prof. Dr. Hülya  
KELERİOĞLU

## EK-C: Etik Beyanı

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin bütününe kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18/07/2018



(İmza)  
Pelin TAMCI

## EK-Ç: Yüksek Lisans Tez Çalışması Orijinallik Raporu

17/07/2018

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Ana Bilim Dalı Başkanlığına,

Tez Başlığı : Kayıp Veriyle Başa Çıkma Yöntemlerinin Değişen Madde Fonksiyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın tamamı (kapak sayfası, özetler, ana bölümler, kaynakça) aşağıdaki filtreler kullanılarak Turnitin adlı intihal programı aracılığı ile kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:


Rapor Tarihi	Sayfa Sayısı	Karakter Sayısı	Savunma Tarihi	Benzerlik Oranı	Gönderim Numarası
16/07/2018	51	82626	18/06/2018	%4	982891060

Uygulanan filtreler:

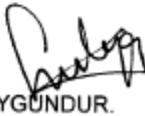
1. Kaynaklar hariç
2. Alıntılar dâhil
3. 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan eder, gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad Soyadı: Pelin TAMCI  
Öğrenci No.: N14225992  
Ana Bilim Dalı: Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı  
Programı: Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

İmza  


DANIŞMAN ONAYI

  
UYGUNDUR.

(Prof. Dr. Hülya KELECIOĞLU, İmza)

## EK-D: Thesis Originality Report

17/07/2018

HACETTEPE UNIVERSITY  
Graduate School Of Educational Sciences  
To The Department Of Educational Measurement and Evaluation

Thesis Title : Investigation of the Impact of Techniques of Handling Missing Data on Differential Item Functioning

The whole thesis that includes the *title page, introduction, main chapters, conclusions and bibliography section* is checked by using Turnitin plagiarism detection software take into the consideration requested filtering options. According to the originality report obtained data are as below.

Time Submitted	Page Count	Character Count	Date of Thesis Defense	Similarity Index	Submission ID
16/07/2018	51	82626	18/06/2018	%4	982891060

Filtering options applied:

1. Bibliography excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Educational Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Name Lastname: Pelin TAMCI  
Student No.: N14225992  
Department: Department of Educational Sciences  
Program: Educational Measurement and Evaluation  
Status:  Masters  Ph.D.  Integrated Ph.D.

Signature  


### ADVISOR APPROVAL

  
APPROVED  
(Prof. Dr. Hülya KELECİOĞLU, Signature)

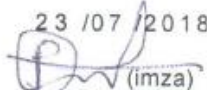
## EK-E: Yayınlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi | H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü /Fakülte yönetim kurulu karar ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren ... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

23 /07 /2018  
  
(imza)

Pelin TAMCI

i

*"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*

- (1) Madde 6.1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü Üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılmamış durumda 3 şahıslara veya kurumlara haksız kazanç; imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulgular içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli karar ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7.1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir\*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü Üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

