



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

Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Programı

KAYIP VERİ İLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİNİN YAPISAL EŞİTLİK  
MODELLERİNE ETKİSİ

HAYDAR KARAMAN

Doktora Tezi

Ankara, 2022

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 VERİ İLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİNİN YAPISAL EŞİTLİK  
MODELLERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF MISSING DATA HANDLING METHODS IN STRUCTURAL  
EQUATION MODELS

HAYDAR KARAMAN

Doktora Tezi

Ankara, 2022

## Kabul ve Onay

Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼đ¼ne,

Haydar KARAMAN'IN hazırladığı "Kayıp Veri İle Başa ıkma Y¼ntemlerinin Yapısal Eşitlik Modellerine Etkisi" başlıklı bu çalışma j¼rimiz tarafından **Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Eğitimde ¼lme ve Değerlendirme Bilim Dalında Y¼ksek Lisans/Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

J¼ri Başkanı	Prof. Dr. Hakan Yavuz ATAR	İmza
J¼ri Üyesi (Danışman)	Doç. Dr. Burcu Atar	İmza
J¼ri Üyesi	Prof. Dr. Selahattin GELBAL	İmza
J¼ri Üyesi	Prof. Dr. Nuri DOĞAN	İmza
J¼ri Üyesi	Prof. Dr. Cem Oktay G¼ZELLER	İmza

Enstit¼ Y¼netim Kurulunun  
.../.../.... Tarihli ve .....  
sayılı kararı.

Bu tez Hacettepe Üniuersitesi Lisans¼st¼ Eğitim, ¼đretim ve Sınav Y¼netmeliđi'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki j¼ri üyeleri tarafından ..... / ..... / ..... tarihinde uygun g¼r¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulunca ..... / ..... / ..... tarihi itibarıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Selahattin GELBAL  
Eğitim Bilimleri Enstit¼s¼ M¼d¼r¼

## Öz

Bu çalışmanın amacı değişen örneklem büyüklüğü (100, 500, 1000), kayıp veri oranı (%5, %10 ve %20, kayıp veri mekanizması (TROK ve ROK), veri dağılımı (normal, çarpık) ve veri yapısında (güçlü yapı, orta düzeyde yapı) koşullarında liste bazında silme, olabilirlik yöntemleri (FIML ve EM) ve çoklu atama (PMM, CART ve NORM) kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin yapısal eşitlik modellerinde (YEM) etkisini incelemektir. Bu simülasyon çalışmasında üç faktörlü YEM modeli evren korelasyon matrisi ile üretilmiştir. Toplamda 72 koşul ve her bir koşul için 100 tekrar yapılmıştır. YEM bulgularından model veri uyumları faktör yükleri ve faktörler arasındaki yol katsayılarına göre hata ve yanlılık değerleri elde edilmiştir. Liste bazı yöntemi çalıştığı tüm koşullarda en yanlı ve hatalı yöntem olarak elde edilmiştir. TROK mekanizmasında, normal dağılımda ve güçlü veri yapısında hata ve yanlılık miktarı daha düşüktür. FIML ve çoklu atama (MI) yöntemlerinin YEM'de performansları her iki kayıp veri mekanizmasında benzer olarak elde edilmiştir ancak MI yöntemleri küçük örneklem, kayıp veri oranı %20 ve çarpık dağılıma sahip ROK mekanizmasında çalışmamaktadır. EM yöntemi faktör yükleri ile yol katsayıları kestirimlerinde her iki kayıp veri mekanizmasında hata ve yanlılığı yüksek modern kayıp veri ile baş etme yöntemidir. Sonuç olarak MI yöntemleri YEM'de sıralı veri tipine sahip kayıp veri ile baş etmede kullanılması önerilmekte olup çarpık dağılımda, ROK mekanizmasında, küçük örneklem büyüklüğünde ve büyük kayıp veri oranında kullanılmamalıdır.

**Anahtar sözcükler:** TROK ve ROK, kayıp veri, kayıp veri ile baş etme, yapısal eşitlik modeli, modern atama yöntemleri (FIML, EM, PMM, CART, NORM).

## Abstract

The purpose of this research is to investigate three missing data handling methods; listwise deletion, likelihood methods (FIML and EM), and multiple imputation (PMM, CART, NORM) techniques in structural equation models (SEM) under various conditions. These conditions are sample sizes (100, 500, 1000), missing value rates (5%, 10%, 20%), missing value mechanisms (MCAR, MAR), distributions (normal and skewed), and data structure (middle and robust level). This simulation study generated a three-factor SEM model with nine indicators by population correlation matrix. The total number of conditions is 72, and the results are aggregated over 100 replications. Standard error and bias were investigated on eight outcomes of YEM results such as model fit indexes, factor loadings, and path coefficients. Results indicated that listwise deletion with all working conditions was found the most bias and the biggest standard error. The least bias and standard error were found under the MCAR mechanism, normal distribution and robust data structure conditions. FIML and MI methods generally performed the same level, but MI methods failed to perform under 100 sample size, 20% missing data rate, skewed distribution and MAR mechanisms. FIML and MI methods outperformed for goodness of fit indexes however rate of error increased when data skewed. EM methods produced larger error and bias for factor loadings and path coefficients than modern missing handling techniques. Hence, this study recommends using MI to handle missing ordinal data in SEM; unless the missingness is large, the sample size is small, and the distribution is skewed.

**Keywords:** MCAR and MAR, missing data, handling missing data, SEM, modern imputation techniques (FIML, EM, PMM, CART, NORM)

## Teşekkür

Hem yüksek lisans hem de doktora eğitimi boyunca yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmam boyunca bana destek olan, bana her koşulda inanan, sürekli motive eden, zor zamanlarımda beni sabırla dinleyen, danışmandan daha çok ailemden biri gibi hissettiğim, öğrencisi olmaktan çok şanslı hissettiğim ve hep gurur duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Burcu ATAR' a çok teşekkür ederim. Lisansüstü eğitimim boyunca desteklerini asla esirgemeyen, birlikte çalışma fırsatı bulduğum, hem insani hem de akademik yönleriyle örnek aldığım ve kendilerinin bilgi ve tecrübelerinden çok şeyler öğrendiğim hocalarım Prof. Dr. Selahattin GELBAL, Prof. Dr. Nuri DOĞAN ve Prof. Dr. Cem Oktay GÜZELLER ile değerli görüşleriyle tezime katkıda bulunan jüri üyesi Prof. Dr. Hakan Yavuz ATAR hocama çok teşekkür ederim.

Her başarılı erkeğin arkasında mutlaka bir kadın vardır sözü boşuna değildir. Doktora sürecinde tanışarak evlendiğim, hayatıma girmesinin şahsi hayatımın en güzel talihi olarak düşündüğüm, bana her koşulda destek olan, hep motive eden, her şey çok güzel olacak diyerek bir hayatı paylaşmaya başladığım, en yakın arkadaşım, tatlı ve güzel eşim Kübra KARAMAN'a teşekkür ederim. Ailemize çok yeni katılan ve tezimin bitmesindeki en büyük motivasyonum canım kızım İlayda KARAMAN ile tez yazarken başımda sabahlayan çok sevdiğim canım kedim Venüs'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimi bitirdikten çok kısa bir süre sonra hayatını kaybeden, kahramanım, hep gurur duyduğum ve benimle gurur duyduğunu hissettiğim, yıllar geçtikçe çok özlediğim ve bu mutlu anımı en çok paylaşmak istediğim canım babam Bünyamin KARAMAN'a teşekkür ederim. Bu hayattaki en yakın arkadaşım, bana inanan, beni sürekli düşünen, beni özleyen, birlikte gülüp birlikte ağladığımız, yüzünün hep gülmesini istediğim, başarılarım, tercihlerim ve yaptıklarım hep gurur duyan canım annem Şükran KARAMAN ile desteğini her koşulda gösteren ablam Özge KARAMAN'a teşekkür ederim.

Kendisi için ne söylesem az olur. Özellikle tezimin analiz kısmında yardımlarını asla unutmayacağım, bilgi ve birikimlerinden faydalandığım ve lisansüstü eğitim hayatım boyunca iyiki tanıdığım dediğim Sinan YAVUZ'a çok teşekkür ederim.

Tezimin veri analiz sürecinde bana donanımsal destek sağlayan değerli arkadaşlarım Şafak AYDIN, Turgutcan BAYRAKTAR ve Bedirhan ELMALI'ya teşekkür ederim. Ayrıca desteklerini esirgemeyen değerli dostlarım Ömer IŞIK, Bünyamin GÜNEY, Ahmet KELEŞ, Yusuf GÖKSU, Samet MUTLU, Esin Yılmaz KOĞAR, Berat TAKIR, Meltem YURTÇU, Bulut YILDIZTEKİN, Mine ZORLU DEMİRBAŞ ve Atilla ÖZDEMİR'e çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince burs veren TÜBİTAK'a;

Son olarak bana katkısı olan tüm hocalarım, arkadaşlarım ve beni seven herkese çok teşekkür ederim.

## İçindekiler

Öz.....	ii
Abstract.....	iii
Teşekkür.....	iv
Tablolar Dizini.....	viii
Şekiller Dizini.....	ix
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.....	x
Bölüm 1 Giriş.....	1
Problem Durumu.....	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	6
Araştırma Problemi.....	6
Sınırlılıklar.....	8
Tanımlar.....	8
Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar.....	9
Yapısal Eşitlik Modeli.....	9
Yapısal Eşitlik Modeli Uyumunun Değerlendirilmesi.....	11
Kayıp Veri.....	13
Kayıp Veri Örüntüsü.....	15
Kayıp Veri Mekanizması.....	17
Kayıp Veri ile Baş Etme Yöntemleri.....	19
Liste Bazında Silme Yöntemi.....	20
Çiftler Bazında Silme Yöntemi.....	20
Atama Yöntemleri.....	21
Tam-Bilgi En Çok Olabilirlik Yöntemi (Full-Information Maximum Likelihood-FIML) .....	23
Beklenti Maksimizasyonu (Expected Maximization-EM).....	25
Çoklu Atama Yöntemleri.....	26
Yordayıcı Ortalama Eşleştirme (Predictive Mean Matching-PMM).....	30



Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (Classification and Regression Tree-CART)	30
Bayesian Doğrusal Regresyon Yöntemi (Bayesian Linear Regression-NORM)	30
İlgili Araştırmalar	31
Bölüm 3 Yöntem	37
Araştırmanın Türü	37
Araştırma Deseni	37
Verinin Üretilmesi	38
Simülasyon Koşulları	38
Veri Analizi	41
Bölüm 4 Bulgular ve Yorumlar	43
Araştırma Problem 1' e İlişkin Bulgu ve Yorumlar	44
Araştırma Problem 2' ye İlişkin Bulgu ve Yorumlar	47
Araştırma Problem 3'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar	52
Araştırma Problem 4'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar	57
Araştırma Problem 5'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar	60
Araştırma Problem 6'ya İlişkin Bulgu ve Yorumlar	64
Araştırma Problem 7'ye İlişkin Bulgu ve Yorumlar	68
Araştırma Problem 8'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar	73
Bölüm 5	82
Sonuç ve Öneriler	82
Sonuçlar	82
Öneriler	83
Kaynaklar	86
EK-A: Tez Çalışmasında Kullanılan R Kodları	94
EK-B: TROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu	100
EK-C: TROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu	101

EK-Ç: TROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu.....	102
EK-D: TROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu .....	103
EK-E: TROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu .....	104
EK-F: TROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu .	105
EK-G: TROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu....	106
EK-Ğ: TROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu	107
EK-H: ROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu .....	108
EK-I: ROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu .....	109
EK-İ: ROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu .....	110
EK-J: ROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu .....	111
EK-K: ROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu .....	112
EK-L: ROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu....	113
EK-M: ROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu..	114
EK-N: ROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu..	115
EK-O: Etik Komisyonu Onay Bildirimi.....	116
EK-P: Etik Beyanı.....	117
EK-R: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu .....	118
EK-S: Thesis/Dissertation Originality Report.....	119
EK-T: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı .....	120

## Tablolar Dizini

Tablo 1 <i>Simülasyon Koşulları</i> .....	39
---	----

## Şekiller Dizini

Şekil 1 Kayıp Veri Örüntüsü (Enders, 2010, s. 4) .....	16
Şekil 2 Çoklu Atama Grafiği (Enders, 2010, s. 188) .....	28
Şekil 3 Evren Korelasyon Matrisi (Enders and Bandalos, 2001, s. 437).....	38
Şekil 4 RMSEA Değerlerine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	45
Şekil 5 CFI Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	48
Şekil 6 TLI Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği.....	53
Şekil 7 SRMR Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	58
Şekil 8 Faktör Yüklerine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	61
Şekil 9 F12 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	65
Şekil 10 F13 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	69
Şekil 11 F23 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği .....	74

## **Simgeler ve Kısaltmalar Dizini**

**CART:** Classification and Regression Trees (Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları)

**EM:** Expected Maximization (Beklenti Maksimizasyonu)

**FIML:** Full Information Maximum Likelihood (Tam Bilgi En Çok Olabilirlik Yöntemi)

**MI:** Multiple Imputation (Çoklu Atama)

**NORM:** Bayesian Linear Regression (Bayes Doğrusal Regresyon)

**PMM:** Predictive Mean Matching (Yordayıcı Ortalama Eşleştirme)

**ROK:** Rassal Olan Kayıp (Missing at Random)

**TROK:** Tamamıyla Rassal Olan Kayıp (Missing Completely at Random)

**YEM:** Yapısal Eşitlik Modeli

## Bölüm 1

### Giriş

Bu bölümde araştırmaya ilişkin problem durumu, araştırmacının amacı ve önemi, araştırma problemi, alt problemler, sınırlılıklar ve tanımlar yer almaktadır.

#### Problem Durumu

Eğitim ve psikoloji alanınca belirli amaçlar doğrultusunda geliştirilen ölçme araçlarının uygulanmasıyla elde edilen verilerin analiz öncesinde genellikle incelenmesi ve temizlenmesi gerekmektedir. Kayıp veri araştırmacılar için çok sık karşılaşılan durumlardan biridir. Ölçme aracı, katılımcı ya da araştırmacının yapıldığı koşullar gibi çeşitli faktörler kayıp veriye neden olmaktadır (Allison, 2003; Peugh ve Enders, 2004; Schafer ve Graham, 2002). Dolayısıyla kayıp veri ve kayıp veri ile nasıl baş edildiği araştırmacılar için önemli bir durum haline gelmiştir. Enders (2001) yaptıkları çalışmada %15-%20 oranında kayıp verinin eğitim araştırmalarında sıklıkla yer aldığını belirtmiştir. Peng, Harwell, Liou ve Ehma (2006) yaptıkları çalışmada 1998 ile 2014 arasında 11 eğitim ve psikoloji dergisinde yer alan nicel araştırmalara ilişkin makalelerin %48'inde kayıp veri olduğunu belirtmiştir. Kayıp veri olan çalışmaların %97'sinde ise liste bazında ve çiftler bazında silme yöntemleri kayıp veri ile baş etme yöntemleri olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar herhangi bir teoriye dayanmayan bu silme yöntemlerini istatistiksel analizlerde çok sık olarak kullanmaktadır (Allison, 2003; Brown, 1994; Enders, 2001; Graham, 2009; Little ve Rubin, 1987; Rubin, 1987; Schafer ve Graham, 2002). Peugh ve Enders (2004) kayıp veri ile baş etmede kullanılan geleneksel yöntemlerin, parametre kestirimlerinde önemli düzeyde yanlılık oluşturduğunu belirtmiştir. Little ve Rubin (1987, s.39) de bu geleneksel silme yöntemlerinin kullanılmaması gerektiği vurgulamıştır. APA tarafından belirtilen "Task Force on Statistical Inference" raporunda pratikte kullanılan bu geleneksel silme yöntemlerinin kayıp veride kullanılan en kötü iki yöntem olduğunu belirtmiştir (Wilkinson ve Task Force on Statistical Inference, 1999). Ayrıca silme yöntemleri kullanıldığında, kayıp veri oranının yüksek olduğu büyük veri setleri için çok fazla bilginin kaybolabileceğini belirtmiştir (Roth, 1994). Dolayısıyla kayıp veri ile baş etme alanında çalışan araştırmacılar bu yöntemlere alternatif yöntemler üzerinde çalışmaya başlamışlardır.

Kayıp veri analizinde son 25 yılda mevcut metodolojik gelişmeler olmuştur. Özellikle maksimum olabilirlik (ML) ve çoklu atama (MI) yöntemleri “modern” yöntemler olarak ifade edilmiştir (Schafer ve Graham, 2002). Bu yöntemler silme yöntemlerinin aksine teorik çerçeveye dayanan ve etkili yöntem olduklarının belirttikleri çok fazla çalışmada kullanılan yöntemlerdir (Arbuckle, 1996; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001; Graham, Hofer ve MacKinnon, 1996; McKnight, McKnight, Sidani ve Figueredo, 2007; Peugh ve Enders, 2004; Schafer ve Graham, 2002). Modern yöntemlerin kendilerine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Genel olarak parametre kestirimlerinde ve standart hatalarda daha az yanlılığa sebep olması yönüyle oldukça avantajlıdır ancak bu yöntemlerin de çok değişkenli normallik gibi önemli varsayımları sağlanması gerektiği ve atama yapılırken hesapların karmaşık olması yönüyle zorlukları vardır (Allison, 2003). Bu yöntemlerin çeşitli koşullarda karşılaştırılması, kayıp veri ile baş etmeye ilişkin literatürde popülerlik kazanmaya başlamıştır. Ayrıca bu yöntemleri içeren istatistiksel programların da ücretsiz olarak araştırmacılar tarafından kullanılabilmesi, bu popülerliği artıran etkenlerden biridir. Ancak her kayıp veri ile baş etme yönteminin belirli bir teorik çerçeveye uygun olarak kullanılması önerilir (Peugh ve Enders, 2004; Schafer ve Graham, 2002). Bu da kayıp veri mekanizmalarının önemini gösterir.

Tamamıyla rassal kayıp veri (TROC) ve rassal kayıp veri (ROK) mekanizmalarında modern yöntemlerin daha etkili olduğu, ihmal edilebilir kayıp (İEK) veri mekanizmasında ise parametre kestiriminde yanlılığın fazla olması ve standart hatayı olması gerekenden daha da şişirmesi nedeniyle modern yöntemlerin performansları düşmektedir (Schafer ve Graham, 2002). Kayıp veri mekanizmasının TROC olduğu durumlarda olabilirlik yönteminin yaklaşımı olan tam bilgi en çok olabilirlik (FIML) yöntemi en az yanlı (Arbuckle, 1996; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001), daha verimli ve daha tutarlı model reddedilme oranı (Allison, 2003; Baraldi ve Enders, 2010; Olinsky, Chen ve Harlow, 2003) sağlar. ROK kayıp veri mekanizmasında ise çoklu atama yönteminin olabilirlik yöntemlerine göre performanslarının daha iyi oldukları belirtilmiştir (Allison, 2003; Little ve Rubin, 1987; van Buuren, 2018). Ancak sadece kayıp veri mekanizması bu yöntemlerin performanslarını etkilememekte bunun yanında örneklem büyüklüğü, kayıp veri

oranı, veri dağılımı, veri tipi gibi başka faktörlerde bu yöntemlerin performanslarını farklı istatistiksel analiz yöntemlerinde etkilemektedir.

Kayıp veriyle baş etme yöntemleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, simülasyon çalışmalarında kovaryans matrisleri üzerinde çalışmaların olduğu görülmektedir. Temel kovaryans matrisine dayanan bir istatistiksel yöntem olan yapısal eşitlik modelinde (YEM), model parametleri ile elde edilen kovaryans matrisi ile veriden elde edilen kovaryans matrisi arasındaki uyum incelenir (Olinsky ve diğerleri, 2003). Ayrıca kovaryans matrisinde örneklem büyüklüğü, faktörler arasındaki ilişki, veri dağılımı, yol katsayısı gibi faktörler de kayıp veriyle baş etme yöntemlerinde olduğu gibi YEM'de sonuçları etkileyen unsurlardır.

Yapısal eşitlik modelinde gözlenen ve örtük değişkenler arasındaki ilişkiler incelenir ve diğer istatistiksel analizlerle karşılaştırıldığında, çok yönlülüğü ve kapsamı sebebiyle daha gelişmiş bir tekniktir (Hoyle, 1995). Ancak YEM de teori temelli bir yaklaşım olduğu için çeşitli varsayımları vardır ve her veri setine YEM uygulanmamalıdır. Enders (2001) araştırmacıların YEM'de çok sık karşılaştığı problemlerden birinin kayıp veri olduğunu belirtmiştir. Farklı koşullarda YEM'de kayıp veri ile baş etmeye yönelik çalışmalar popülerlik kazanmıştır.

YEM ile ilgili kayıp veriyle baş etme yöntemleri ile yapılmış çalışmalar incelendiğinde, Brown (1994) 10 maddeli ve 4 boyutlu simülatif olarak üretilen bir YEM modelinde silme yöntemleri ile atama yöntemlerini simülasyon yöntemi değişen örneklem büyüklüğü (100, 500) ve kayıp veri oranları (%2, %4, %8, %12, %16) TROK kayıp veri mekanizmasında karşılaştırmış ve silme yöntemlerinin kullanılmaması gerektiğini önermiştir. Veri dağılımının YEM'de önemli bir etken olabileceğine ve kayıp veriyle baş etme yöntemlerinin veri dağılımına göre farklı sonuçlar verebileceğine yönelik çalışmalar yer almaktadır. Enders (2001) tam bilgi en çok olabilirlik kayıp veri ile baş etme yönteminin kayıp veri mekanizması (TROK ve ROK), kayıp veri oranı (%0, %5, %10, %20) örneklem büyüklüğü (250, 500 ve 750) ve dağılım biçimi (normal ve çarpık) koşullarında parametre kestiriminde normal dağılım gösteren veriye göre yanlılığın arttığını belirtmiştir. Enders ve Bandalos (2001) aynı şekilde YEM'de tam bilgi en çok olabilirlik (FIML), silme yöntemleri ve benzer cevap örüntü atama yöntemlerini, değişen örneklem büyüklüğü (100, 250, 500, 1000), kayıp veri oranı (%2, %5, %10, %15, %25) ve faktör yüklerine (0.40, 0.60, 0.80) göre ve normal dağılımda TROK ve ROK kayıp



veri mekanizmalarında olan etkisini incelemiş ve FIML yönteminin en iyi performans gösteren sonuç verdiğini belirtmiştir. Li ve Lomax (2016) benzer şekilde farklı dağılıma sahip veri için tam bilgi en çok olabilirlik (FIML), çoklu atama (MI), beklenti maksimizasyonu ve benzer cevap örüntü ataması yöntemlerini farklı koşullarda değişen örneklem büyüklüğü (250, 500, 1000), verinin dağılım biçimi (6 farklı çarpıklık ve basıklık değerleri), kayıp veri oranı (%5, %15 ve %30) ve faktör yükü (0.40, 0.60, 0.80) koşullarında karşılaştırmıştır ve veri dağılımının çok çarpık olmadığı ve örneklem büyüklüğünün küçük olmadığı durumlarda, FIML ve MI yöntemlerinin performanslarının birbirine yakın olduğunu belirtmiştir. YEM'de veri dağılımı arttıkça, yöntemlere ilişkin parametre kestirimleri sonuçları değişmektedir. Dolayısıyla veri dağılımı YEM'de üzerinde dikkat edilmesi ve çalışılması gereken bir koşuldur.

YEM ile ilgili kayıp veri sorununa yönelik çalışmalarda bir diğer önemli konu ise veri tipidir. Sıralı kategorik veriler sosyal bilimlerde sık olarak kullanılmaktadır. Önceki araştırmalarda genel olarak sürekli veri ya da kovaryans matrisi üzerinden kayıp veri ile baş etme yöntemleri üzerine çalışılmıştır ve sıralı veriye sahip veri olduğunda kayıp veri ile nasıl baş edilebileceğine yönelik çalışmalara verilen önem azdır (Jia ve Wu, 2019; Liu ve Sriutaisuk, 2019; Wu, Jia ve Enders, 2015). Aynı zamanda değişen faktör yükleri, veri dağılımı, örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, kayıp veri mekanizması koşullarında hem farklı çoklu atama yöntemlerinin hem de modern yöntemler olarak belirtilen olabilirlik yöntemlerinin birlikte çalışıldığı YEM çalışmalarına rastlanmamıştır. Buna ek olarak model veri uyumları yerine model parametre kestirimleri (faktör yükleri ve yol katsayıları) incelenmiştir. Farklı model veri uyumlarına ilişkin sonuçların kayıp veri ile baş etme yöntemlerinde nasıl değişim gösterdiği incelenmemiştir. Ayrıca farklı çoklu atama yöntemlerinin olabilirlik yöntemleri ile karşılaştırıldığı çalışmalar da sınırlı sayıdadır.

Türkiye'de kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin ölçeklerin psikometrik özelliği olan geçerlik üzerine yapılan bazı çalışmalar yer almaktadır (Akbaş ve Tavşancıl, 2015; Çokluk ve Kayri, 2011; Çüm ve Gelbal, 2015; Kürşad, 2014). Çüm ve Gelbal (2015)'te yaptığı çalışmada farklı kayıp veri oranı ve farklı kayıp veri mekanizmasında PISA 2012'de yer alan öğrenci anketlerinden elde edilen veriyle kurulan yapısal eşitlik modelinde farklı kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin etkisini incelemiştir. TROK kayıp veri mekanizması için regresyon atama, ROK kayıp veri

mekanizması için bayesci veri atama yönteminin en iyi performans gösteren bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Akbaş ve Tavşancıl (2015) ölçeklerin psikometrik özelliklerinden farklı güvenilirlik katsayıları ile geçerlik (model-veri uyumunu) sonuçlarını değişen örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, kayıp veri mekanizması ve madde sayısı koşullarında incelemiş olup beklenti maksimizasyonu ile çoklu atama yöntemlerinin performanslarının daha iyi olduğunu, liste bazında silme yönteminin ise ciddi oranda yanlış sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Çokluk ve Kayri (2011) ise Likert tipli beş kategorili veri setinde değişen kayıp veri oranı için yakın değer atama yöntemlerinin temel bileşenler analizi üzerindeki etkisini incelemiş ve yakın değer atama yöntemlerinin yanlış sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde öncelikle YEM’de kayıp veri ile ilgili çalışmaların sınırlı olduğu, daha çok ölçeklerin psikometrik özelliklerinden geçerlik ve güvenilirlik üzerinde durulduğu görülmektedir. Ayrıca kayıp veri oranı ve kayıp veri mekanizmasının yanı sıra veri tipi ve veri dağılımı da kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin performanslarını etkileyen diğer etmenlerdir. Dolayısıyla Türkiye’de yapılan çalışmalarda bu koşulların da eksik olduğu görülmektedir.

YEM’de kayıp veri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, genel olarak örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı ve veri dağılımı birçok simülasyon çalışmalarında ortak koşullar olarak ele alınmıştır (Arbuckle, 1996; Brown, 1994; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001; Li ve Lomax, 2016; Olinsky ve diğerleri, 2003; Rhemtulla, Brosseau-Liard ve Savalei, 2012; Savalei, 2008). Ancak sıralı veri tipinde YEM modelinde simülatif çalışmaların sınırlı olduğu, yapılan çalışmalarda ise sadece çoklu atama yöntemlerinin kendi içinde karşılaştırıldığı çalışmalar yer almaktadır (Jia ve Wu, 2019; Liu ve Sriutaisuk, 2019). Ayrıca YEM modelinde faktör yapısı da YEM çıktılarına etkileyen önemli bir unsurdur. Güçlü faktör yapısı olarak nitelendirilen faktör yüklerinin yüksek olması (0.70 ve üzeri) Dolayısıyla değişken örneklem büyüklüğü, veri dağılımı, kayıp veri oranı, kayıp veri mekanizması ve faktör yüklerinin hepsinin bir arada olduğu sıralı veri tipinde kayıp veri ile baş yöntemleri bakımından literatürde bir boşluk yer almaktadır. Ayrıca çoklu atama yöntemi genel olarak maksimum olabilirlik yöntemleri ile karşılaştırılmış çoklu atama yöntemlerinden (PMM, CART ve NORM) hangisinin maksimum olabilirlik atama yöntemlerine göre performanslarının yer aldığı çalışmalar da sınırlıdır. Türkiye’de yapılan çalışmalar incelendiğinde ise YEM’de kayıp veri sorununa ilişkin simülatif

bir çalışma yer almamakta ayrıca farklı çoklu atama yöntemlerinin maksimum olabilirlik yöntemleri ile karşılaştırıldığı sıralı veri tipinde çalışma bulunmamaktadır.

### **Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Bu araştırmanın amacı yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, kayıp veri örüntüsü, veri yapısı ve veri dağılımlarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin etkisini incelemektir. YEM çerçevesinde çok sık olarak karşılaşılan kayıp veri sorunu araştırmacılar için önemlidir. Doğru olmayan kayıp veri ile baş etme yönteminin seçilmesi parametre kestirimlerini önemli düzeyde etkilerken kurulan YEM modelinin de geçerliliğini etkiler. Yapılan simülasyon çalışmalarında üretilen veri genellikle sürekli veri tipindedir ancak gerçek veri setine benzer şekilde sıralı veri tipinde üretilen ve kurulan YEM modelleri için böyle farklı koşullarda çoklu atama yöntemleri ile olabilirlik yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır. Türkiye’de kayıp veri sorunu çeşitli istatistiksel analiz yöntemlerinde çalışılmışken YEM’de kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin karşılaştırılmasına yönelik örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, kayıp veri mekanizması, veri dağılımı ve faktör yapısına göre likert tipli bir sıralı veri tipinde üretilen simülasyon çalışması yoktur. Bunlara ek olarak kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden çoklu atama türleri de bu çalışmanın farklı bir önemli yanıdır. Yordayıcı ortalama, Bayes doğrusal regresyon ve sınıflandırma ve regresyon ağaçları çoklu atama yöntemlerinin olabilirlik yöntemleri (FIML ve EM) ile YEM’de karşılaştırıldığı çalışmalar literatürde yer almamaktadır.

### **Araştırma Problemi**

Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumları, faktör yükleri ve örtük değişkenler arasındaki yol katsayılarına göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?

#### **Alt problemler.**

Bu bölümde araştırma problemlerine ilişkin alt problemlere yer verilmiştir.

1. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından RMSEA değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
2. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından CFI değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
3. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından TLI değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
4. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından SRMR değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
5. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen faktör yüklerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
6. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen yol katsayılarından F12'ye göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?
7. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri

örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen yol katsayılarından F13'e göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?

8. Değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen yol katsayılarından F23'e göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?

### Sınırlılıklar

- Bu çalışma üretilen YEM modeline göre üretilen koşullar ile sınırlıdır.
- Simülasyon olması nedeniyle sınırlıdır.
- Sıralı veri tipi kullanılmıştır.
- Her bir durum için 100 tekrar (replikasyon) ile sınırlandırılmıştır.
- Modern yöntemler ve liste bazında silme yöntemleri karşılaştırılmış olup bu yöntemlerle sınırlıdır.
- Karşılaştırma parametresi olarak sadece hata ve yanlılık incelenmiştir.

### Tanımlar

**Örtük değişken:** Gözlenen değişkenler tarafından açıklanan ve doğrudan gözlenemeyen gizil yapı.

**Modern yöntemler:** Maksimum olabilirlik atama yöntemleri ile çoklu atama yöntemlerine verilen ad.

**NORM:** Bayes Doğrusal Regresyon Çoklu Atama yönteminin kısaltılması. Kullanılan R paketinde bu yöntem "Bayesian Linear Regression Multiple Imputation" olarak ifade edilmiş olup kısaltma olarak "NORM" şeklinde belirtilmiştir bu çalışmada da benzer şekilde ifade edilmiştir.

## Bölüm 2

### Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

Bu bölümde öncelikle yapısal eşitlik modeli, kayıp veri örüntüsü ve kayıp veri ile baş etmede kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. Sonrasında ise yapısal eşitlik modellerinde kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

#### Yapısal Eşitlik Modeli

Yapısal eşitlik modeli (YEM) gözlenen ve örtük değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyen çok değişkenli bir istatistik yöntemidir (Hoyle, 1995). Bir başka ifade ile değişkenler tarafından tanımlanan yapılar ile bu yapıların birbiri ile arasında ilişkiyi inceleyen YEM çeşitli teorik modelleri test etmede kullanılır (Schumacker ve Lomax, 2010). Tek bir istatistiksel yöntemden daha çok birden fazla yöntemin genel adı olarak da düşünülebilir. YEM, çoklu regresyon, faktör analizi ve yol analizinin birleşimidir (Hair, Anderson, Tatham ve Black, 1995; Kaplan, 2008; Schumacker ve Lomax, 2010; Tabachnick ve Fidell, 2013). Gözlenen değişkenler tarafından tanımlanan gizil değişkenlerin yer alması yönünden faktör analizini (Kahn, 2006; Tabachnick ve Fidell, 2013), bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi teorik çerçeveye dayandırılarak oluşturulan yolları kullanmasıyla yol analizini (Schumacker ve Lomax, 2010) ve değişkenler arasındaki ilişkiyi nedensellik olarak incelemesi yönüyle de çoklu regresyon analizini içerir (Tabachnick ve Fidell, 2013).

YEM'in tarihsel gelişimi incelendiğinde belirtilen bu analizlerden sonra ortaya çıktığı görülmektedir. İlk olarak regresyon ağırlıklarının hesaplamak için en az kareler tekniği ile korelasyon katsayısını kullanan doğrusal regresyon modelleri kullanılmıştır. Regresyon modellerinde Pearson (1896) tarafından belirtilen korelasyon katsayısına ilişkin formül kullanılmıştır (Pearson, 1938). Regresyon modellerinden birkaç yıl sonra ise Spearman (1904,1927) korelasyon katsayısını hangi maddelerin faktör modelinde ilişkili olduğunu karar vermek için kullanmıştır. Onun temel düşüncesi eğer maddeler arasında ilişki var ise bireylerin bu maddelere verdiği cevapların toplanarak yapıları gösteren ya da ölçen bir puan elde edilebileceğidir. Faktör analizi terimini ilk olarak kullanan ise Charles Spearman'dır. Lawley ve Thurstone daha sonra 1940'lı yıllarda ise faktör modelleri için ileri düzeyde modeller önermiştir. *Doğrulamalı faktör analizi* (DFA) terimi ise ilk olarak

Howe (1955), Anderson ve Rubin (1956) ve Lawley (1958) tarafından kullanılmıştır. Daha sonra ise maddelerin bir yapıyı tanımlayıp tanımlamadığını test eden DFA Karl Jöreskob tarafından 1960'lı yıllarda tam olarak geliştirilmiştir. İlk DFA yazılım programı ise Jöreskob (1969) tarafından geliştirilmiştir. Sewell Wright (1918, 1924, 1934) üçüncü bir model olan yol analizini geliştirmiştir. Yol modelleri, gözlenen değişkenler arasındaki daha karmaşık ilişkili olan modelleri analiz eden regresyon analizi ile korelasyon katsayısını kullanır. YEM modelleri ise doğrulayıcı faktör analizi ile yol analizinin kombinasyonu olup son model olarak ortaya çıkmıştır. Jöreskob (1973) tarafından ilk yazılım programı olan LISREL (Linear Structural Relational Model) geliştirilmesiyle YEM popüler olmaya başlamıştır (Akt. Schumacker ve Lomax, 2010)

YEM'in yaygın olarak kullanılmasının başlıca dört nedeni yer almaktadır. İlk olarak araştırmacılar bilimsel araştırma alanlarını daha iyi anlayabilmek için daha fazla sayıda gözlenen değişkenlerin kullanımına olan ihtiyacın farkına varırlar (Schumacker ve Lomax, 2010). İkinci olarak yapısal eşitlik modellerinde ölçüm hatası dikkate alınır (Hoyle, 1995; Schumacker ve Lomax, 2010; Tabachnick ve Fidell, 2013). Yani, YEM analizinde gizil ve gözlenen değişkenlerin yanı sıra ölçme hataları da yer alır. Diğer bir avantajı ise gelişmiş ve karmaşık olan YEM modellerini analiz edebilmesidir. Son olarak ise YEM'de kullanılan yazılım programlarının kullanıcı dostu olmasıdır (Gana ve Broc, 2019; Hoyle, 1995; Schumacker ve Lomax, 2010; Sümer, 2000).

YEM'in alanyazında "kovaryans yapı analizi", "kovaryans yapı modeli" ya da "kovaryans yapılarının analizi" gibi tanımları yer almaktadır (Kline, 2015). İlk olarak model parametreleri kestirilir daha sonra ise modele göre elde edilen kovaryans matrisi ile veriden elde edilen kovaryans matrisi karşılaştırılır. Eğer iki matris birbirine uyumlu ise ölçümler arasındaki ilişkilerin mantıklı bir şekilde açıklanabildiği bir yapısal eşitlik modeli düşünülebilir (Olinsky ve diğerleri, 2003). Matrislerin nasıl elde edildiği ve gerekli matris çözümleri için (Hair ve diğerleri, 1995) bakabilirsiniz.

Yapısal eşitlik modeli, ölçme modeli ve yapısal model olmak üzere iki modelden oluşmaktadır. Yapısal model bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçen yolları ve bu yolların dayandırıldıkları teorik çerçeveyi kullanır. Bu modelde bağımsız değişken aynı zamanda bağımlı değişken de olabilir. Dolayısıyla direkt ve direkt olmayan etkiler bu modelde elde edilir. Ölçme modeli ise her bir

bağımlı ya da bağımsız değişkeni temsil eden birçok gözlenen değişkenlerin yer aldığı modeldir. Ölçme modeli özellikle gözlenen değişkenler tarafından tanımlanan örtük değişkenleri belirtir ve gözlenen değişkenlerle ilişkili olan gözlenemeyen yapılarla ilgili uygunluğu gösterir (Hair ve diğerleri, 1995; Raykov ve Marcoulides, 2006).

### **Yapısal Eşitlik Modeli Uyumunun Değerlendirilmesi**

Yapısal eşitlik modelinde model parametreleri kestiriminde iteratif yöntem kullanılır. Faktör analizinde olduğu gibi gözlenen ve örtük kovaryans matrisleri arasındaki farklar elde edilir ve bu farkların oluşturduğu matris artık (residual) kovaryans matrisi olarak adlandırılır. Artık kovaryans matrisi, maksimum miktarda küçülünceye kadar iterasyona devam edilir ve artık küçülmeler arasındaki farkın en az olduğu noktada matematiksel çözüm elde edilir. Bu çözüme göre gözlenen ve örtük matrisin uyuma derecesine bakılır. Tam bir uyuma var ise bu değer 0 olarak elde edilir ve bu da model veri uyumunun mükemmel uyum gösterdiğini belirtir (Sümer, 2000).

Test edilen YEM modelleri için model-veri uyumu önemli bir kriterdir. Literatürde birçok model veri uyum indeksleri yer almaktadır. Kullanılan farklı yazılım programlarına farklı sayıda model veri uyum indeksleri yer alır. Bu çalışmada kullanılan program ve YEM için analiz yaparken kullandığı istatistiksel paketten dolayı az sayıda uyum indeksi vermiştir.

En yaygın olarak kullanılan uyum indekslerinden biri ki-kare uyum indeksidir. Bu uyum indeksi gözlenen ve beklenen kovaryans matrisleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test eder (Bagozzi ve Yi, 1988; Hu ve Bentler, 1999; Jöreskog ve Sörbom, 1993; Raykov ve Marcoulides, 2006). İstatistiksel olarak anlamlı olmaması bu iki kovaryans matrisi arasında uyum olduğunu gösterir (Hair ve diğerleri, 1995; Hu ve Bentler, 1999).  $\chi^2$  değeri kötü uyum indeksi olarak da bilinir (Kline, 2015). Örneklem büyüklüğünün bir eksiği ile bu iki kovaryans matrisindeki uyum değerinin çarpımıyla elde edilir (Hu ve Bentler, 1999). Ancak  $\chi^2$  değerinin çok yaygın olarak kullanılmasına göre literatürde bazı sınırlılıkları yer almaktadır. Öncelikle bu testte verilerin çok değişkenli normallik varsayımını sağlaması beklenir ve eğer bu varsayım sağlanmadığında kurulan model uygun şekilde belirtilmiş olsa bile modelin reddedilmesine neden olur. İkinci olarak ise



örneklem büyüklüğünden etkilenir. Büyük örneklerde genellikle istatistiksel olarak anlamlı çıkma eğilimindedir (Bentler ve Bonett, 1980; Gerbing ve Anderson, 1984; Hu ve Bentler, 1999). Bu sınırlılıklarından dolayı tek başına değil de serbestlik derecesine olan oran ile kullanılması daha çok önerilir (Hu ve Bentler, 1999; Tabachnick ve Fidell, 2013). Bu oranın 5'den büyük olması zayıf uyumu, 3 ile 5 arasında olması iyi uyumu ve 2'den düşük olması ise mükemmel uyumu gösterir (Kline, 2015). Hu ve Bentler (1999) diğer uyum indekslerini mutlak ve artmalı olarak iki grupta toplamıştır.

Mutlak uyum indekslerinden biri olan hata ortalamalarının kare kökü (RMSEA-Root Mean Square Error of Approximation) ilk olarak Steiger ve Lind (1990) tarafından geliştirilmiştir (Akt. Steiger, 1990). Bu uyum indeksi modelde bilinmeyen ama seçilen parametrelerin evren kovaryans matrisine olan uyumunu gösterir (Byrne, 1998). RMSEA uyum indeksi modelde kestirilen parametrelere oldukça duyarlı olup daha az parametre ile daha iyi model seçilebilir. Bu özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılan bir uyum indeksidir (Hu ve Bentler, 1999; Steiger, 1990). Bu değer 0.05'den küçük ise mükemmel uyum, 0.05-0.08 arasında ise iyi uyumu gösterir (Schumacker ve Lomax, 2010). Literatürde RMSEA değerinin iyi 0.05-0.10 arasında olduğu iyi uyum ölçütü olabileceği belirtilmiştir (MacCallum, Browne ve Sugawara, 1996). Ayrıca bu uyum indeksinin en önemli avantajı ise değerine göre güven aralığı hesaplanabilmesidir (Robert C. MacCallum ve diğerleri, 1996). RMSEA kötülük uyum indeksi olarak da adlandırılır. RMSEA gibi mutlak uyum indeksi olan ve çok sık kullanılan diğer uyum indeksi ise standartlaştırılmış artık ortalamalarının karekökü (SRMR-Standardized Root Mean Square Residuals). Bu uyum indeksi evren kovaryans matrisi ile örneklemden elde edilen kovaryans matrisi arasındaki artık kovaryansın karekökü alınarak elde edilir. 0 ile 1 arasında değer alır. SRMR uyum indeksi 0.05'den küçük ise mükemmel uyum, 0.05-0.08 arasında ise iyi uyumu gösterir (Hu ve Bentler, 1999; Kline, 2015; Tabachnick ve Fidell, 2013).

Karşılaştırmalı uyum indeksi (CFI-Comperative Fit Index) artmalı bir uyum indeksi olup modele göre kestirilen kovaryans matrisi ile sıfır hipotezli modelin kovaryans matrisini karşılaştırır (Hooper, Coughlan ve Mullen, 2008). Sıfır hipotezli modelde değişkenler arasında ilişki olmadığı varsayılır. Sıfır hipotezli modellerin bu şekilde karşılaştırılmalı model olarak kullanılmasının uygunluğu hakkında çekinceler

vardır (Fan, Thompson ve Wang, 1999). CFI 0 ile 1 arasında bir değer alır. 0.90 ile 0.95 arasında olduğunda iyi uyum, 0.95 ve üzeri olduğunda ise mükemmel uyumu gösterir (Hu ve Bentler, 1999). Tucker Lewis indeksi (TLI) artmalı bir uyum indeksi olup normlaştırılmamış uyum indeksinin (NNFI, Non-normed Fit Index) bir başka şekilde isimlendirilmiş halidir. İlk olarak Bentler ve Bonett (1980) tarafından geliştirilmiştir. Normlaştırılmış uyum indeksi (NFI), CFI'ya benzerdir ancak ki-kare dağılımındaki sayıltıların sağlanmasına gerek yoktur. NFI uyum indeksi bağımsız model ile hedeflenen model arasındaki ki-kare farkları karşılaştırılarak elde edilir ancak NFI küçük örneklem büyüklüğünden etkilenir ve beklenenden daha az uyum verebilir (Hu ve Bentler, 1999; Schermelleh-Engel, Moosbrugger ve Müller, 2003). Örneklemden kaynaklanan bu problemi çözmek için Bentler ve Bonett (1980) Tucker ve Lewis (1973) tarafından önerilen uyum indeksini geliştirmiş ve NNFI olarak geliştirmiştir. NFFI uyum indeksi hem bağımsız model de hem de hedef modelde serbestlik derecesini de dikkate alır. Ayrıca NNFI uyum indeksinin önemli bir avantajı ise tüm örneklem büyüklüklerinde iyi uyum vermesi ve örneklemden en az etkilenen uyum indeksi olmasıdır (Gerbing ve Anderson, 1984; Hu ve Bentler, 1999). Bu değerde aynı şekilde 0.90 ve üzerinde olduğunda iyi uyum, 0.95 ve üzeri olduğunda ise mükemmel uyuma sahiptir.

### **Kayıp Veri**

Eğitim bilimleri ve sosyal bilimlerinde araştırmacıdan, cevaplayıcıdan, veri toplama aracından, veri toplanan çevresel koşullardan gibi birçok farklı nedenden dolayı veri setlerinde kayıp veri olabilir. Kayıp veri elde edilen ve planlanan veri kümeleri arasındaki fark olarak tanımlanır (Longford, 2005). Kayıp veri olmayan veri kümesi tamamlanmış veri matrisi, kayıp veri içeren veri kümesi ise eksik veri matrisidir. Benzer istatistiksel yöntemlerin tamamlanmış veri matrisine uygulandığında elde edilen sonuçlar ile eksik veri matrisine uygulandığında elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar vardır (Enders, 2010) ve bu da kayıp veri sorunu olarak tanımlanır. Bir başka ifade ile tamamlanmış veri matrisinde bir değişkene ait gözlem yer almadığında, bu veri matrisi artık eksik veri matrisidir ve bu gözlemin yer almadığı boş olan hücre kayıp veri anlamına gelir (R. Little J. A. ve Rubin, 1987).

Kayıp verinin nicel araştırmalarda etkisi önemli olabilir öyle ki bilginin kaybolmasına, standart hatanın artmasına, istatistiksel gücün azalmasına,

parametrelerin kestiriminde yanlılığın artmasına neden olur (Allison, 2003; Dong ve Peng, 2013a). Bu nedenlerden dolayı kayıp veri çok sık karşılaşılan bir durumdur ancak araştırmacılar tarafından çok fazla önem verilmemiş ve kayıp veri sorunu ihmal edilmiştir (Enders ve Bandalos, 2001; McKnight, McKnight, Sidani ve Figueredo, 2007). Özellikle büyük veri setlerinde eksik olmayan veri seti bulmak çok zordur. Bundan dolayı kayıp veri ile başa çıkmak bir zorunluluk haline gelmiştir ve bu da kayıp veri ile ilgili yapılan çalışmaları artırmıştır.

Kayıp veri ile yapılan çalışmalar kayıp veri ile baş etme yöntemleri üzerinde olmuştur. Kayıp veri ile ilgili çalışmalar 1930'lu yıllara dayanmaktadır. Wilks (1932) veri normal dağılıyorsa kayıp veri ile baş etmede maksimum olabilirlik yöntemini önermiştir. Bilgisayarlarla ve yazılımlarla analizlerin yapılmasının başlamasıyla 1950'li ve 1960'lı yıllarda kayıp veriye olan ilgi artmaya başlamıştır (Afifi ve Elashoff, 1966). Bu ilginin artmasıyla kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden biri olan regresyonla atama yöntemi geliştirilmiştir. Ancak istatistiksel analiz programlarının gelişmiş atama yöntemlerinde yetersiz kalması ile çok fazla gelişim olmamıştır. 1980'li ve 1990'lı yıllarda istatistiksel programlarının gelişmiş kayıp veri ile baş etme yöntemlerine ilişkin analizleri yapabilmesiyle kayıp veri ile baş etme yöntemlerine olan ilgi önemli oranda artmıştır. Aynı zamanlarda araştırmacılar büyük veri setleri ile çalışmaya başlamışlar ve bunun sonucunda ise çalışmalarında kullandıkları yeni kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin sayısı artmıştır (Brick ve Kalton, 1996; Schafer ve Graham, 2002). Ayrıca Rubin tarafından 1976 yılında kayıp veri için geliştirilen kuramsal çerçeve günümüzde hala kullanılmaktadır (Schafer ve Graham, 2002).

Bireylerin kişisel soruları cevaplamaması ya da ölçme aracını doldurmanın uzun zaman alması (Allison, 2003), kişisel sorunlar (uyksuzluk, dikkatsizlik) (Schafer ve Graham, 2002), bireylerin ölçme aracından kaynaklı sadece belirli maddeleri cevaplaması (J. W. Graham ve diğerleri, 1996), cevapların araştırmacı tarafından hatalı ya da eksik girilmesi gibi kayıp verinin oluşmasında çeşitli faktörler yer alır. Rubin (1987) kayıp veri nedenlerini birim düzeyde yanıtlanmama (unit non-response) ve madde düzeyde yanıtlanmama (item-non response) olarak ikiye ayırmıştır. Birim düzeyde yanıtlanmama bir ölçme aracındaki maddelerin tümünün gözlem birimi tarafından yanıtlanamaması iken, madde düzeyinde yanıtlanmama ise bazı maddelerin yanıtlanmamasıdır. Madde ve birey düzeyde yanıtlanmama nedenleri, "eksiklik" ve veri setindeki değişkenlerin arasındaki ilişkiyle ilgilidir. Kayıp

veri için temelli olduğu düşünölen bu nedenler ise kayıp veri örüntülerinin temelini oluşturmuştur (Little ve Rubin, 1987).

### **Kayıp Veri Örüntüsü**

Kayıp veri örüntüleri istatistiksel kestirimlerin üzerinde önemli etkiye sahiptir (Enders, 2010; Schafer ve Graham, 2002). Kayıp veri örüntüsü gözlenen değişkenler ile veri setindeki kayıp verilerin görünümünü ifade ederken kayıp veri mekanması ise gözlenen değişkenler ile kayıp verinin olasılığı arasındaki muhtemele ilişkiyi gösterir (Enders, 2010). Her bir örüntünün kullanıldığı koşullar farklılık göstermektedir ve detaylı olarak bu araştırmacıların çalışmaları incelenebilir (Allison, 2003; C.K. Enders, 2010; R. Little J. A. ve Rubin, 1987; Schafer ve Graham, 2002)

Şekil 1 kayıp veri literatüründe karşılaşılan 6 tip kayıp veri örüntüsüne örnektir.  $Y_1$ - $Y_4$  veri setindeki değişkenleri boyalı kısımlar ise kayıp verinin olduğu yeri göstermektedir. A bölümü tek değişkenli örüntüyü göstermekte olup kayıp veri sadece tek değişkende görölmektedir. Tek değişkenli örüntü özellikle bazı disiplinlerde nadir olarak görölürken deneysel çalışmalarda ise daha sık görölmektedir. B bölümü ise birim düzeyde yanıtlamam örüntüsüne örnektir ve daha çok tarama araştırmalarında görölür. Bireylerin bazı maddelere cevap vermeme durumudur. C bölümü ise monoton örüntüyü göstermekte olup boylamsal araştırmalarda daha sık görölmektedir. Bireyler bu tür araştırmalara zamanla katılımı bırakıp ve geri dönmezler. Bu örüntü türüne literatürde fazla önem verilmektedir çünkü bu kayıp veri örüntüsünün yer aldığı çalışmalarda matematiksel olarak maksimum olabilirlik ve çoklu atama yöntemlerinin etkisini düşürerek iteratif hesaplama gerektiren yöntemleri ortadan kaldırır. D bölümü ise genel kayıp veri örüntüsü olup kayıp verilerin en sık göröldüğü örüntüdür ve kayıp verilere değişkenlere genel olarak dağılmıştır. E ise planlanmış kayıp veri örüntüsünü göstermekte olup araştırmacının iş yükünü azaltmak için anketlerin formlara ayrılarak katılımcılara ayrı ayrı form uygulanmasıyla elde edilen örüntüdür. Son olarak F ise gizil değişken örüntüsünü ifade eder ve yapısal eşitlik modelleri gibi örtük değişkenlere ilişkin analizlerde görölür. Bu örüntünün ilginç bir yanı örtük değişken değerlerinin tüm örneklem için kayıp veri olmasıdır (Enders, 2010)



Şekil 1 Kayıp Veri Örüntüsü (Enders, 2010, s. 4)

## Kayıp Veri Mekanizması

Kayıp veri ile ilgili bir başka önemli etken ise kayıp veri mekanizmalarıdır. Rubin (1977) tarafından ilk olarak belirtilen ve günümüzde de hala kullanılan sınıflama tamamıyla rassal kayıp (TROK), rassal kayıp (ROK) ve ihmal edilemez kayıp (İEK) olacak şekilde üç kategoriye ayrılmıştır (Rubin, 1987). Bu bölümde bu kayıp veri mekanizmaları detaylı olarak açıklanacaktır.

*Tamamıyla Rassal Olan Kayıp (TROK)* bir değişkende olan kayıp veri olasılığının, başka bir değişkende ya da aynı değişkendeki başka değerlerle ilişkisiz olmasıdır (Allison, 2003; Enders, 2010; Little ve Rubin, 1987). Daha basit bir şekilde ifade edilecek olursa bir veri setinde X ve Y olmak üzere iki değişken olsun. X değişkeninde kayıp veri yok iken, Y değişkeninde tüm durumların %20'sinde kayıp veri olsun. Eğer Y'deki kayıp verinin olasılığı Y ya da X'e bağlı değilse, Y'de tamamıyla rassal olarak kayıp veri dağılımı olmuştur (Allison, 2003). Bu kayıp veri mekanizması kayıp verinin tüm veri seti ile ilişkisiz olması gerektiği varsayımından ötürü diğer kayıp veri mekanizmalarına göre daha sınırlayıcı olup pratikte ise bunun sağlanması kolay olmadığına ilişkin görüşler yer alır (Enders, 2010; Schafer ve Graham, 2002). Örneğin evrenden örneklem seçiminde örnekleme yer alan tüm bireylerin seçilme şansı birbirine eşittir ve seçilen örnekleme yer almayan değerler tamamıyla rassal olan kayıptır.

*Rassal olan kayıp (ROK)* ise bir değişkende olan kayıp verinin, aynı değişkendeki başka değerlere göre olmayıp veri setindeki diğer değişkenlere bağlı olarak oluşması durumudur (R. Little J. A. ve Rubin, 1987). Bu kayıp veri mekanizmasında "rassal" terimi karıştırılmakta olup bu kayıp veri mekanizmasında kayıp veri sistematik bir şekilde oluşmuştur ve bundan dolayı tamamıyla rassal değildir (Allison, 2003; Baraldi ve Enders, 2010). Örneğin öğrencilere okul tarafından matematik yetenek sınavı uygulansın ve belirli bir sınır puanının üzerinde alan öğrenciler üst düzey matematik sınıflarına girmeye hak kazanacaklardır. Buradaki üst düzey sınıf için elde edilen matematik yetenek sınavına ilişkin puanlar rassal olan kayıp veri mekanizmasına sahiptir çünkü sadece belirli bir puan üzerinde yer alan öğrencilere ilişkin puanlar yer alır (Baraldi ve Enders, 2010).

Rassal olmayan kayıp ya da ihmal edilemez kayıp (İEK) ise bir değişkendeki kayıp veri olasılığının diğer değişkenler kontrol edildiğinde aynı değişkendeki

değerlerin bir fonksiyonu olarak tanımlanır (Allison, 2003; Enders, 2010; Rubin, 1987). Örneğin kanser üzerinde bu hastalığa sahip bireyler arasında bir araştırma yapıldığında zaman içinde bu hastaların durumu kötüleşebilir ve araştırmadan çıkarılabilir bu durumda bu çıkarılan hastalar için değerler rassal olmayan kayıp veridir. Bunun nedeni bu hastalara ilişkin değerlerin kayıp olması kişilerin doğrudan kendi hastalıkları ile ilgilidir (Enders, 2010).

Bu üç kayıp veri mekanizmasından ROK ve İEK mekanizmalarında kayıp veri gözlenemeyen veriye bağımlı olduğu için doğrulanması olanaksızdır. Bir başka ifade ile kayıp veri ile atanmış verilerin arasındaki ilişkinin (veya ilişkisizliğin) ortaya konabilmesi için kayıp olan değerlerin gerçek değerlerinin bilinmesi gerekir. Maksimum olabilirlik ve çoklu atamanın temelini oluşturan ROK sonuç olarak test edilemeyen bir varsayıma sahiptir (Baraldi ve Enders, 2010; Schafer ve Graham, 2002). TROK için ise literatürde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Cheema, 2014; Enders, 2010; Little, 1988; Muthén, Kaplan ve Hollis, 1987). MCAR'ı belirlemede en kolay yol kayıp veri içeren alt grupları karşılaştırmada bağımsız gruplar t testlerini kullanır. Bu yöntem kayıp veri ile tamamlanmış veriyi belirli bir değişken üzerinde ayırır ve veri setinde diğer değişken üzerindeki grup ortalama farkları için t testi kullanır. İstatiksel olarak anlamlı olmayan t testi sonucu verinin TROK olduğunu ifade eder. İstatiksel olarak anlamlı çıkan t testi sonucu ise verinin ROK ya da İEK olduğunu gösterir. Ancak bu yöntemin çeşitli dezavantajları vardır. Öncelikle eğer bir yazılım programınız yoksa ( SPSS kayıp veri analiz modülü gibi) t istatistiği çok ilkel bir yöntemdir. İkinci olarak bu yöntem değişkenler arasındaki korelasyonları hesaba katmamaktadır. Yani bir veride kayıp veri için sadece tek bir neden olsa bile değişkenler için ortalama farkları üreterek bunu kayıp veri olarak göstermesi mümkündür. Grup sayısının çok az olma olasılığı ise bu yöntemin son dezavantajıdır. Bu durum testin gücünü düşürür ve kesin karşılaştırmaları yapmada olanaksızdır. Ayrıca ROK ve İEK mekanizmaları alt gruplarda eşit ortalama ile kayıp veri ürettiği için ortalama karşılaştırma TROK için doğru bir yaklaşım değildir. (Enders, 2010). Little (1988) tarafından geliştirilen TROK testi ise TROK belirlemede sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem t testi yaklaşımının çok değişkenli bir şekilde genişletilmiş hali olup veri setindeki her bir değişken için ortalama farkları test eder. TROK testi tüm veri setine uygulanabilen bir testtir. T testi yaklaşımında olduğu gibi Little testi aynı kayıp veri örüntüsüne sahip olan alt gruplardaki ortalama farkları test

eder. Bu yöntem kayıp verinin TROK olduğu yokluk hipotezini genel istatistiksel yöntemlerle elde edilen ki-kare istatistiği ile test eder (Cheema, 2014). Dolayısıyla istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması verinin TROK olduğunu gösterir.

Kayıp veri mekanizmasını belirlemek parametre kestirimlerinde önemlidir. ROK olan bir veri TROK olarak ele alınır evren için genellenemeyen parametre kestirimleri elde edilir (Allison, 2003). TROK olan verinin dezavantajı istatistiksel olarak gücü azaltmasına rağmen yansız parametre kestirimleri elde edilir. ROK yapısındaki veri de yansız parametre kestirimlerine olanak sağlarken, IEK yapısında yanlış parametre kestirimlerine neden olur (Baraldi ve Enders, 2010; Cheema, 2014). Dolayısıyla TROK ve ROK veri yapısında kayıp veriler göz ardı edilebilirken, IE yapısına sahip veride göz ardı edilmemesi gerekir (Graham, 2009; McKnight ve diğerleri, 2007; Schafer ve Graham, 2002).

### **Kayıp Veri ile Baş Etme Yöntemleri**

Bu bölümde yer alan kayıp veri ile baş etme yöntemleri son 30 yılda literatürde kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır. Literatürde yer alan yöntemlerden bazıları araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılırken bazıları ise nadir olarak kullanılmıştır. Bu konuyla ilgili araştırmacılar için literatürde kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile ilgili çok sayıda kaynak yer almaktadır (Allison, 2003; Baraldi ve Enders, 2010; Cheema, 2014; Enders, 2010; Little, 1988; Little ve Rubin, 1987; McKnight ve diğerleri, 2007; Peugh ve Enders, 2004; Rubin, 1987).

Literatürde kayıp veri ile baş etme yöntemleri farklı araştırmacılar tarafından farklı şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Enders (2010) silme ve atama yöntemleri olarak sınıflamış silme yöntemleri aynı zamanda geleneksel yöntem olarak da belirtilir ve liste bazında silme ile çiftler bazında silme bu yöntemler arasında yer alır. Eksik veri setleri için ya eksik veri içeren tüm durumu ya da iki değişken arasında olan ilişkiye göre hücre bazında silme işlemi yapar ve matematiksel hesaplamalar gerektirmeyen yöntemlerdir. Atama yöntemleri ise bu yöntemlerin sınırlılıklarına yönelik olarak geliştirilen ve eksik verileri silmek yerine eksik veriler yerine çeşitli yöntemlerle atama yapılan yöntemler olarak ifade edilir (Baraldi ve Enders, 2010). Graham (2009) ise kayıp veri ile baş etme yöntemlerini geleneksel yöntemler ve modern yöntemler olarak sınıflamıştır. Geleneksel yöntemler silme yöntemleri ile tekli atama yöntemlerini, modern yöntemler ise tam bilgi en çok olabilirlik, beklenti



maksimizasyonu ve çoklu atama yöntemleridir. Bu araştırmada liste bazında silme yöntemleri, çoklu atama yöntemleri, beklenti maksimizasyonu ve tam bilgi en çok olabilirlik yöntemleri kullanılmıştır.

### **Liste Bazında Silme Yöntemi**

Tam hücre analizi (complete case ) olarak da bilinen liste bazında silme yöntemi bir ya da daha fazla kayıp veriye sahip gözlemleri dışarda tutar ve analizleri tam veri seti üzerinden yapar. Bu yöntemin en temel avantajı pratikliği olduğu söylenebilir (Peugh ve Enders, 2004). Ayrıca birçok istatistiksel programlarda “default” olarak bulunmaktadır (Cheema, 2014; Schafer ve Graham, 2002). Liste bazında silme yöntemi kayıp verinin durumuna göre örneklem büyüklüğünde ciddi düşüşe neden olabilir bu da istatistiksel gücü etkiler. Bir başka ifade ile kayıp veri sadece TROK ise yanlı olmayan kestirimler bu yöntemle elde edilir (Enders ve Bandalos, 2001; Little, 1988). Buna rağmen kayıp veri mekanizması TROK olsa bile örneklem büyüklüğu küçük olduğuunda bu yöntemin kullanılması II. Tip hatanın artmasına sebep olur ve bu da daha yüksek standart hata ile daha geniş güven aralılıklarına neden olur (Allison, 2003; Cheung, 2007; Ginkel, Van der Ark, Sijtsma ve Vermunt, 2007). Örneğin 10 değişken içeren her bir değişken de %2 kayıp veri olan ve TROK kayıp veri mekanizmasında bir veri seti düşünün. Her bir değişken için kayıp veri oranının çok düşük olmasına rağmen, liste bazında silme yöntemi ile verinin yaklaşık olarak %18’i silinir. 20 değişken olduğuunda ise tüm değişkenlerde silinen verinin oranı yaklaşık olarak %33’e çıkar. Dolayısıyla örneklem büyüklüğünde bu büyük düşüş ise sonuç olarak istatistiksel gücü düşürür dolayısıyla örneklemdeki bu düşüş her zaman bir problemdir (Enders, 2010). Bu yöntem ROK veri mekanizmasına sahip bir veri setinde yanlı sonuçlar verir (Little, 1988). BU yöntemin en önemli avantajı ise bir çok istatistiksel analizlerde özel hesaplama gerektirmeden kullanılabilir olmasıdır.

### **Çiftler Bazında Silme Yöntemi**

Hücre bazında silme olarak da ifade edilen çiftler bazında silme yönteminde eksik veriler analiz yoluyla kaldırılır. Bu yöntem ayrıca kovaryans veya korelasyon matrisi ile de tanımlanır. Bir değişken ya da değişken çifti için tam veri matrisinden varyans ya da kovaryans hesaplanır. Ancak çiftler bazında silme yöntemini sadece

korelasyonel analizlerle sınırlı olmayıp değişen örneklem büyüklüğünde ANOVA ve regresyon analizlerinde de kullanılmaktadır ( Enders, 2010; Peugh ve Enders, 2004). Bu yöntem herhangi bir analiz için çıkarılan verinin sayısını en az indirdiğinden dolayı liste bazı yönteminin gelişmiş bir hali olarak düşünülebilir (Baraldi ve Enders, 2010). Bu yöntem bir veri grubunda değişkenler arasında orta düzeyde ilişki olduğunda liste bazında silme yöntemine göre daha güçlü bir yöntemdir (Glasser,1974; Akt. Enders, 2010). Ancak bu yöntemin de kendine özgü sınırlılıkları yer alır. Liste bazı yöntemi gibi kayıp veri mekanizması TROK olduğunda iyi çalışır ve bu varsayım sağlanmadığında ise yanlı kestirimler yapar. Ayrıca bu yöntem her bir analiz için farklı alt örneklemeleri kullanmasından dolayı analizlerin karşılaştırılabilirliği problemlidir. Her bir analiz de farklı durumlara göre silme işleminin olmasından dolayı kovaryans matrisi pozitif tanımlı olmayabilir bu durumda ise kovaryans matrise dayalı olan çok değişkenli analizlerde kestirim problemlerinin oluşmasına neden olur (Baraldi ve Enders, 2010; Cheung, 2007; Enders, 2010; John W. Graham, 2009)

Bu yöntemlerin başlıca avantajı istatistiksel paket programlarda standart bir seçenek olarak yer almasıdır. Ancak silme yöntemlerinin önemli sınırlılıkları yer almaktadır. Özellikle bu yöntemler kayıp verinin TROK mekanizmasında olmasını varsayar ve bu varsayım sağlanmadığında yanlı sonuçlar kestirmesine neden olur. Bu varsayım sağlansa bile bu yöntemlerin kullanmasını çalışmanın gücünü düşürebilir. Bu yöntemlerin kayıp veri oranlarının çok küçük olduğu durumlarda kullanılabilir. Ancak liste bazı ve çiftler bazında silme yöntemleri kayıp veri ile ilgili çalışmalarda pratikte kullanılan en kötü iki yöntemdir (Baraldi ve Enders, 2010; Cheema, 2014; Enders, 2010; John W. Graham, 2009).

Bu çalışmada bu iki silme yönteminden liste bazında silme yöntemi kullanılmıştır. Bunun en temel nedeni SPSS, Lisrel, R gibi birçok istatistiksel paket programda bu yöntemin arka planda otomatik olarak çalışması ve literatürde yapılan çalışmalarda genel olarak bu yöntemin daha sık olarak kullanılmasıdır.

## **Atama Yöntemleri**

Kayıp veri için diğer kullanılan yöntemler genel olarak atama yöntemleridir. Atama yöntemleri genel olarak eksik veri içeren veri setinde en sık kullanılan yöntemlerdir. Genel olarak atama yöntemleri çeşitli istatistiksel teknikler kullanılarak

kayıp veri yerine değerler atanması sürecidir. (Little ve Rubin, 1987). Atama yöntemleri tam veri setini verdiği için etkilidir. Bir başka ifade ile silme yöntemlerinde oluşan veri kaybı bu yöntemlerde oluşmamakta ve eksik veri yerine veri atanması yapıldığı için daha avantajlıdır (Enders, 2010). Little (1988) kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin bir tahmin süreci olduğunu belirtmiş ve şu noktaları vurgulamıştır:

- Kayıp verilerin tahmini dağılıma göre atamalar yapılmalı ve orijinal dağılımı korumak için atamalar değişkenlerin ortalamasına göre yapılmalıdır
- Eksik olmayan tüm veriler atama sürecinde yer almalıdır.
- Tahmin için kullanılan model, atama yapılan tüm değişkenlerle ilişkili olmalıdır
- Verinin ranjinin dışında bir atama değişkenlere yapılmamalıdır.
- Son olarak tamamlanmış veri setinde orijinal dağılımı korumak için atama

Atama yöntemleri ise tekli atama ve çoklu atama yöntemleri olarak iki grupta belirtilmiştir. Tekli atama yöntemleri veri setindeki her bir eksik veri için tek bir değer atanması olarak tanımlanır. Çoklu atama yöntemleri ise aynı anda birden fazla veri oluşturarak her bir veri setine farklı atama yaparak en mantıklı kestirimin elde edilmesine olanak sağlar (Enders, 2010). Tekli atama yöntemleri sabit atama, rastgele atama ve rastgele olmayan atama yöntemleri olarak üç grupta belirtilmiştir. Sabit atama kayıp veri yerine ortalama, ortanca ya da sıfır atama gibi sabit değerlerin atanmasını ifade eder. Rastgele atama kayıp değerler yerine rastgele değerlerin atanmasını, rastgele olmayan atama ise regresyon ya da koşula dayalı atama ile elde edilen değerlerden yapılan atamadır. (McKnight ve diğerleri, 2007).

Ortalama atama yönteminde kayıp veri içeren her bir değere ilgili değişkene ilişkin ortalama değeri atar. Bu yöntem uygulanması kolay bir yöntem olmasına rağmen kayıp verinin fazla olduğu durumlarda değişkene ilişkin varyansın azalmasına neden olur (Myers, 2011). Veri sürekli olmadığında ya da veri dağılımı çarpık olduğunda ortanca atama yöntemi kullanılır. Bu yöntem ile I. Tip hatayı gösteren daha büyük standart hata kestirilirken ortalama atama yöntemine göre II. Tip hata miktarı ise daha azdır. Sıfır atama yöntemi ise kayıp veri yerine mantıksal çerçevede 0 atama yapılmasıdır. Özellikle iki kategorili değişkenlerde çok sık kullanılan bir atama yöntemidir. Rastgele atamada ise kayıp veri yerine rastgele verilerin üretilmesiyle yapılan atamalardır. Rastgele üretilen veri eğer çalışmada

kullanılan veri setiyse hot-deck atama yöntemi, değişkenlerin eşleştirilebildiği başka ama benzer bir veri setinden elde edildiyse cold-deck atama yöntemidir. Hot-deck atama yöntemi orijinal verinin dağılımını korurken ortalama atamaya kıyasla varyansı yükseltir Ancak bu yöntemle de varyanstaki bu değişkenlikten kaynaklı olan standart hataları ihmal edebilir. Cold-deck atama yöntemi ise hot-deck atama yönteminde elde edilen problemlere karşılık olarak önerilmiş ancak bu yöntemde de küçük standart hatalardan dolayı tip I hata oranı yükselmektedir(McKnight ve diğerleri, 2007).

Kayıp veri mekanizması TROK olduğunda tekli atama yöntemleri yanlış parametre kestirimleri yapar. Ayrıca parametre kestirimlerine başka faktörleri de ekleyerek standart hatayı olması gerekenden daha az kestirerek tip I hata miktarını artırır. Ancak tekli atama yapılan bir veri setini analiz etmek gerçek veri setindeki değerleri doldurmak gibidir. Dolayısıyla en iyi tekli atama yöntemi bile örneklem hatasını olması gerekenden daha az kestirebilir(Enders, 2010; Enders ve Bandalos, 2001; Graham, 2009; Little ve Rubin, 1987; McKnight ve diğerleri, 2007). Bundan sonraki kısımda tam-bilgi en çok olabilirlik yöntemi, beklenti maksimizasyonu ve araştırmada kullanılan çoklu atama yöntemlerinden yordayıcı ortalama eşitleme (predictive mean matching), Bayesian doğrusal regresyon (Bayesian Linear Regression) ve sınıflandırma ve regresyon ağacı ( Classification and Regression Tree) yöntemleri açıklanmıştır.

### **Tam-Bilgi En Çok Olabilirlik Yöntemi (Full-Information Maximum Likelihood-FIML)**

Yapısal eşitlik modellerinde kayıp veri ile baş etme yöntemi olarak sık şekilde kullanılan en çok olabilirlik yöntemi çok değişkenli normallik varsayımına dayanır (Allison, 2003; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001). Bu yaklaşımda temel amaç kayıp veri tahmininde yapılan gözlemlere ilişkin olasılığı maksimum yapacak veriler seçilir. Bu yöntemle ilgili en büyük algı kayıp veri ile baş etmede kullanılıyor olmasıdır ancak bunun yerine daha çok parametre kestiriminde kullanılan bir yöntemdir(Cheema, 2014). En çok olabilirlik yöntemi liste bazı ve çiftler bazında silme yöntemlerine göre hem TROK hem de ROK kayıp veri mekanizmasında yanlış olmayan sonuçlar ortaya koyar. Kayıp veri olduğunda en çok olabilirlik yönteminin parametre kestirimlerine ilişkin kullanılan iki yaklaşımdan biri olan tam bilgi en çok

olabilirlik yöntemi (TBEÇO), i durumu ya da kişisi için gözlenen değişkenlerden bir olasılık durum fonksiyonu hesaplar (Enders ve Bandalos, 2001). Gözlenen değişkenlere ilişkin olarak elde edilen olasılık fonksiyonu şu şekilde elde edilir:

$$\log L_i = K_i - \frac{1}{2} \log |\Sigma_i| - \frac{1}{2} (\chi_i - \mu_i)' \Sigma_i^{-1} (\chi_i - \mu_i) \quad (2.1.)$$

i veride yer alan durumu ( ya da kişiyi) gösterir. K ise i durumu için tamamlanmış veriye bağlı sabiti bir sayı gösterir. Formülde x, i durumu için gözlenen veriyi;  $\mu_i$  tüm örneklemden elde edilen ortalama vektörünü ve  $\Sigma_i$  ise i durumu ya da bireyi için tam veri setindeki değişkenler arasındaki kovaryans matrisi gösterir. Bu eşitlikte i durumu ya da bireyi için modelde yer alan tüm değişkenlere ilişkin parametreler kestirilir. Bu olasılık fonksiyonu tüm örneklem için ise yazıldığında ise olasılık durum fonksiyonu şu şekilde edilir:

$$\log L(\mu, \Sigma) = \sum_{i=1}^N \log L_i \quad (2.2)$$

Tüm örneklem için elde edilen olasılık durum fonksiyonu modelde yer alan her bir gözlenen değişkenlerin kullanılması ile elde edilen parametre kestirimleri ve olasılık fonksiyonu arasındaki tutarsızlığı ölçer ve bu işlemi her bir birey için yaparak sonuçları maksimize eder (Enders, 2001; Graham, 2009). FIML yöntemi ile daha ileri düzey matematiksel çözümler için Arbuckle (1996) tarafından belirtilen bölüme bakınız.

Bu yöntem kovaryans matris yerine ham veriyi kullanarak standart hataları ve parametreleri tek bir adımda kestirir (Enders, 2010; Graham, 2009). Bu yöntemde veri hazırlığına gerek olmamakla birlikte herhangi bir kayıp veri ataması yapılmamaktadır. Ayrıca çok değişkenli normallik ile ROK kayıp veri mekanizmasını varsayarak bu yöntemle elde edilen kestirimler ise iteratif bir yöntemle elde edilir. (Allison, 2003; Li ve Lomax, 2016). Bu yöntemin önemli avantajları yer alır. Çoklu regresyon, yapısal eşitlik modeli, kovaryans matrisi gibi birçok istatistiksel analizde kullanılabilir. Ayrıca beklenti maksimizasyonundan farklı olarak standart hataları analizlerde direkt olarak elde edilir (Enders, 2001). Bu yöntemin en önemli dezavantjı YEM için kullanıldığında ki-kare testi farklı şekilde hesaplanmaktadır çünkü tüm örneklem için tek bir N değeri yoktur. Buna ek olarak ise bu yöntemle kovaryans matrisleri tanımsız olabilmektedir (Ginkel ve diğerleri, 2007).

## **Beklenti Maksimizasyonu (Expected Maximization-EM)**

En çok olabilirlik yönteminin diğ er bir yaklaşımı olan beklenti maksimizasyonu (EM) Dempster, Laird ve Rubin (1977) tarafından geliştirilmiştir (Allison, 2003; Enders, 2001; Graham, 2009; McKnight ve diğ erleri, 2007). Bu yöntem en çok olabilirlik yönteminin parametre kestiriminde ki ikinci bir yaklaşım olup iki adımda gerçekleş en bir döngüdür. E yani beklenti adımında kayıp veri ataması yapılır ve M yani maksimizasyon adımında ise kovaryans matris ile ortalama vektör elde edilir.(Peugh ve Enders, 2004). Bu tekrarlama işlemi kestirilen parametreler arasındaki fark önemsiz oluncaya kadar devam eder (Allison, 2003; C. K. Enders, 2001; Ginkel ve diğ erleri, 2007; R. Little J. A. ve Rubin, 1987; Peugh ve Enders, 2004). Allison (2003)'e göre çoklu normallik ve ROK kayıp veri mekanizmasını varsayan bu yöntemin adımları şu şekildedir:

1. Ortalama ve kovaryans matrisleri için başlangıç değ erleri seçilir.
2. X değ işkeninde kayıp veri var ise mevcut parametre değ erleri X'in diğ er değ işkenler üzerindeki doğrusal regresyonu hesaplamak için kullanılır. Bu her bir kayıp veri örüntüsü için ayrı ayrı yapılır.
3. Hesaplanan doğrusal regresyon eşitliğ i ile x değ erlerine atama yapılır.
4. Tüm veri ataması yapıldıktan sonra varyans ve kovaryanslar için düzeltmeler yapılarak ortalama ve kovaryans matrisi tekrar hesaplanır.
5. 2 ve 4. Adımlar arasını yakınsama oluncaya kadar tekrar edilir.

Ortalama, varyans ve kovaryansın maksimum olabilirlik yöntemleri ile kestirilmesi bu yöntem ile elde edilen temel çıktılarıdır. Bu çıktıların veri yapısının TROK ve ROK olduğu kayıp veri mekanizmalarında yansız olarak kestirilmesi bu yöntemin en önemli avantajıdır (Howell,2007). Ayrıca kullanımı kolay bir yöntem olması ve birçok istatistiksel programlarda yer alması ise başka bir avantajıdır (Allison,2003). Ayrıca bu yöntem kayıp veri ile ilişkili olmayan modellerde kullanılır (karmaşık modeller, hiyerarşık regresyon modelleri gibi). Son olarak olabilirlik fonksiyonuna dayalı EM ve diğ er kayıp veri ile baş etme yöntemleri çoklu atama yöntemlerine göre daha etkilidir çünkü bu yöntemler çoklu atama yöntemleri gibi simülasyon gerektirmemektedir (Dong ve Peng, 2013a).

Bu yöntemin çeşitli dezavantajları da yer almaktadır. Atama yapılırken bir dizi regresyon yapılması ve kovaryans matrisinin bileşenlerinden biri olan hata bileşeni olmadan atama yapılmasından ötürü değişkenliğin korunmaması ise bu yöntemde ki en önemli dezavantajdır (Enders, 2001). Ayrıca bu yönteme ilişkin kovaryans matrisi YEM'de kullanılacaksa örneklem sayısının belirtilmesi gerekir. Ancak tüm parametrelerde doğru standart hataları veren tek bir örneklem büyüklüğü yoktur. Bu standart hataya bağlı olan p değerleri ile güven aralığı da bu durumdan etkilenir. Dolayısıyla araştırmacının temel amacı istatistiksel anlamlılık ve güven aralığını kestirmekse bu yöntem bir seçenek olmamalıdır (Allison, 2003; Little ve Rubin, 1987). Ayrıca kayıp veri oranının yüksek olması bu yöntemde yer alan yakınsama oranında önemli düşümlere neden olur (Dong ve Peng, 2013; Little ve Rubin, 1987). Son olarak bu yöntem çoklu doğrusallık varsayımına dayanır ve bu varsayım sağlanmadığında yakınsama problemlerine neden olabilir (Schafer ve Graham, 2002).

### **Çoklu Atama Yöntemleri**

Çoklu atama yöntemi ilk olarak Rubin (1987) tarafından önerilmiş olup birçok kayıp veri problemine alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Allison, 2003; Olinsky ve diğerleri, 2003; Peugh ve Enders, 2004; Schafer ve Graham, 2002). Çoklu atama yöntemi kayıp verilerin her biri yerine, olası değerlerin dağılımını gösteren en az iki değer atanmasıyla elde edilen bir atama yöntemidir (Rubin, 1987). Çoklu atama (MI) yöntemi bilinmeyen kayıp verilerden dolayı oluşan ekstra değişkenliği tahmin etmede kullanılan ve bu konuda bilgi veren bir kayıp veri ile baş etme yöntemidir (Olinsky ve diğerleri, 2003). Bu yöntemlerde atanmış verilerle ilişkili belirsizliği vardır (Little ve Rubin, 1987). Bir başka ifade ile bu yöntemde var olan belirsizlik her bir kayıp veri farklı sayıda veri setinin üretilmesinden kaynaklıdır (Dong ve Peng, 2013a). Diğer kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin aksine, çoklu atama yöntemleri genel olarak kayıp veri ile ilgili bu belirsizliği dikkate aldığı için standart hatalara ilişkin yanlılığı azaltmaktadır (Ginkel ve diğerleri, 2007).

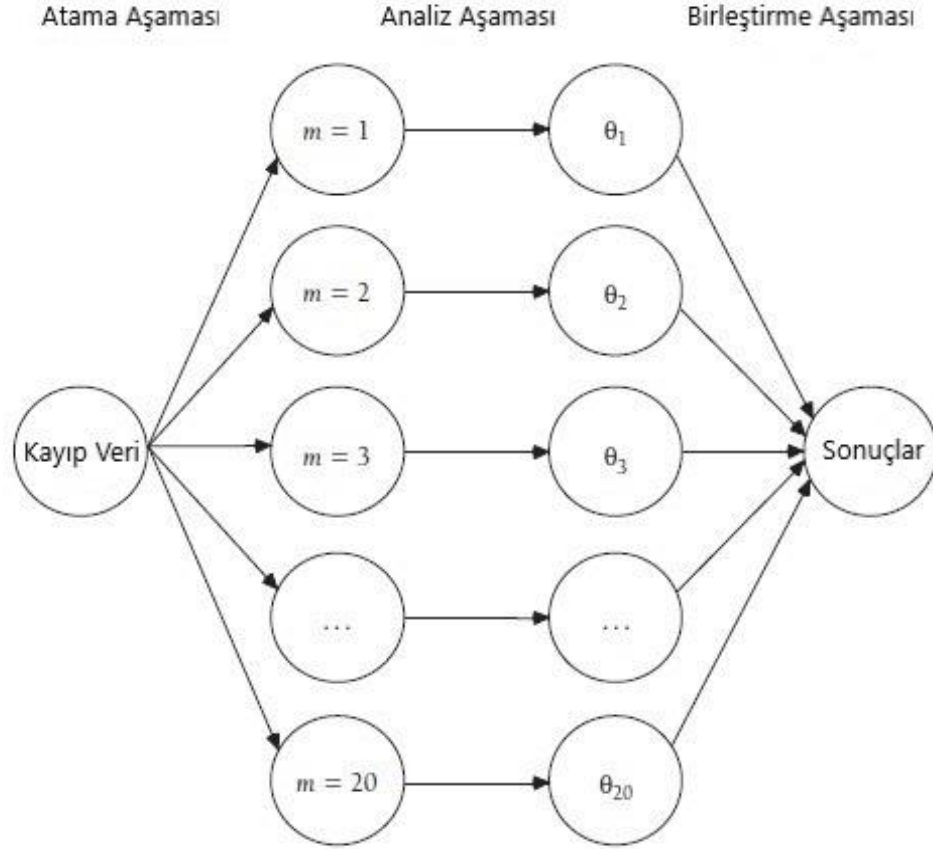
Çoklu atama yöntemleri ile her bir kayıp veri için m tane kayıp veri ataması yapılır ve daha sonra m tane veri seti elde edilir. Her bir veri seti için benzer analizler yapılarak parametreler kestirimleri ile standart hatalar elde edilir ve belli kurala göre

birleştirilir. En sonunda ise tek bir veri seti elde edilir (Enders, 2010). Başka bir ifade ile en iyi atama yapılan veri seti elde edilmiş olur.

Çoklu atama yöntemini daha iyi anlamak için şu basit örneği düşünebiliriz. X ve Y olmak üzere iki değişken arasındaki ilişkiyi hesaplamak istiyoruz. X değişkeninde örneklemin yarısı için rassal bir şekilde kayıp veri olsun. Tüm durumlar için X'in Y üzerindeki regresyon eşitliğiyle kayıp verilere atama yapılabilir ve regresyon doğrusunu ( $a+bY$ ) kullanarak X'in tahmin edilen değerleri üretilir. Gerçek veri ile birlikte bu atanan değerler bu değişkenler arasındaki ilişkiyi elde etmede kullanılır. Ancak bu yöntemdeki temel problem korelasyonu olduğundan daha yüksek kestirebilir. Bunun nedeni atama yapılan değerler ile X değişkeni, Y değişkeni için mükemmel bir doğrusal fonksiyondur ve dolayısıyla bu iki değişken arasındaki ilişki 1 olur. Bunun çözümü ise çoklu atama ile yapılan seçkisiz değişkenliktir (Allison, 2003).

Çoklu atama süreci atama (imputation), analiz (analysis) ve birleştirme (phase) olmak üzere üç aşamada gerçekleşir (bkz. Şekil 2). Atama aşamasında gerçek veriden çok sayıda ( $m=20$ ) veri üretilir ve üretilen tüm bu veriler kayıp verilerin farklı tahminlerini içerir. Bu aşama stochastic regresyon atamasının tekrarlı (iteratif) bir versiyonu olmasına rağmen matematiksel çözümleri Bayesian kestirimlerine dayalıdır. İkinci aşama olan analiz aşamasında ise atama yapılan her bir veri seti analiz edilir. Bu aşama tam veri setinde yapılan istatistiksel analizlerdeki süreç ile aynıdır. Tam veri setinde yapılan analizlerden tek farkı analizlerin m kez yapılmasıdır. Son aşama ise birleştirme aşaması olup bu aşamada analizler sonucunda elde edilen m farklı parametre tahminleri ile standart hataları Rubin (1987) tarafından belirtilen formül ile birleştirir. Analiz aşamasında ki m farklı veri setinden elde edilen aritmetik ortalama birleştirilir. Daha sonra standart hataların birleştirilmesi daha karmaşık olmasına rağmen mantığı benzerdir (Enders, 2010). Tüm çoklu atama yöntemleri için bu üç aşama yer alır. Farklı çoklu atama yöntemlerinin önerilmesinin en temel nedeni atama aşamasında farklı yaklaşımların belirtilmiş olmasından kaynaklıdır.





Şekil 2 Çoklu Atama Grafiği (Enders, 2010, s. 188)

Allison (2003) analiz aşamasında parametre kestirimleri ile standart hataların birleştirilmesine ilişkin adımları şu şekilde belirtmiştir.

1. İlk olarak hesaplanan standart hataların karesini alınır ve m replikasyonda ortalaması elde edilir.
2. Replikasyonlar için parametrelerin varyansları hesaplanır
3. 1 ve 2. Adımdaki sonuçlar toplanır ve kare kökü alınır.

Rubin (1987) tarafından belirtilen formül ise;

$$\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M S_k^2 + \left(1 + \frac{1}{M}\right) \left(\frac{1}{M-1}\right) \sum_{k=1}^M (b_k - b)^2} \quad (2.3)$$

$b_k$ : k. replikasyondan elde edilen parametre kestirimi

$s_k$ : k. replikasyondan elde edilen standart hata

Çoklu atama yönteminin çeşitli avantajları yer almaktadır. Öncelikle tahmin etme ya da kestirmedeki verimliliği artırmakta ve kayıp verilerden kaynaklı olan yanlılığı düşürmektedir (Olinsky ve diğerleri, 2003). Ayrıca çoklu atama yöntemleri her türlü modele uygulanabilmesi yönüyle diğer modern atama yöntemlerine göre daha kullanışlıdır (Allison,2003). Bir diğer önemli avantajı ise elde edilen en son parametre kestirimlerine ilişkin standart hatalar; her bir veri setinde analiz edilen standart hatalar ile bu veri setlerindeki standart hataların dağılımına dayanır. Çoklu atama yapılarak elde edilen bu birleştirilmiş standart hatalar kestirilen parametre değerlerinin güven aralığı ya da anlamlılık testinde kullanılır. Sonuç olarak çoklu atama yöntemi kesin bir standart hata sağlar ve bundan dolayı en doğru çıkarımların elde edilmesine olanak sağlar. Parametre kestiriminin hassaslığı ve standart hataların doğruluğu çoklu atama yönteminin kayıp veri ile baş etmede en çok tercih edilen yöntem olmasını sağlar (Schlomer, Bauman ve Card, 2010). Ancak kayıp veri oranı ve atama sayısı (m) bu yöntemin performansını etkilemektedir. Kayıp veri oranının artması atama yapılan her bir veri setinden elde edilen parametre kestirimlerinin birbirinden farklı olmasına ve elde edilen standart hataların ise olması gerekenden daha yüksek olarak elde edilmesine neden olur (Olinsky ve diğerleri, 2003). Tekli atama yöntemlerine göre çoklu atama yapmanın daha zor olması ve analiz sürecinin de daha zor olması, atama sayısına göre analiz süreci için zamanın daha uzun olması bu yöntemin başlıca dezavantajlarıdır (Rubin, 1987). Ayrıca bu yöntem çoklu doğrusallık varsayımını ile ROK kayıp veri mekanizmasını varsaydığından bu koşullar sağlanmadığında yanlı sonuçlar verebilir (Allison, 2003; Dong ve Peng, 2013; Enders, 2010; Little ve Rubin, 1987).

Çoklu atama yöntemlerinin belirli aşamalardan oluştuğu için süreç içinde araştırmacıların hata yapma ihtimallerinin yüksek olması ve uygun bir atama modelinin seçilmesinin gerektiğinden dolayı araştırmacılar tarafından daha az tercih edilmektedir (McKnight ve diğerleri, 2007). Çoklu atama yaparken dikkat edilmesi gereken varsayımlar haricinde bir diğer önemli nokta ise seçilen atama yöntemleridir (Allison, 2003; Dong ve Peng, 2013; Enders, 2010). Atama yöntemleri ile ilgili araştırmacılar tarafından veri tipi(sürekli, kategorik), veri dağılımı (normal ve normal olmayan veri), boylamsal ya da kesitsel veri, kayıp veri örüntüsü gibi çeşitli değişkenliklere göre farklı algoritmalar önerilmiştir (King, Honaker, Joseph, & Scheve, 2001;Enders,2010;Schafer, 1997; van Buuren, 2018). Bu araştırmada R

programı “mice” paketinde yer alan ve van Buuren (2018) tarafından önerilen üç farklı çoklu atama yöntemi kullanılmıştır.

### **Yordayıcı Ortalama Eşleştirme (Predictive Mean Matching-PMM)**

Bu yöntem basit bir algoritmaya sahip olan ve kayıp veri problemine basitçe bir çözüm sunan çoklu atama yöntemidir. İlk olarak Rubin (1986) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemdeki temel düşünce en yakın donör değerlerin ortalamasına göre kayıp veri ataması yapar. Donör değerler ise kovaryet değişkenlere koşullanarak atanan kayıp verilerin beklenen değerlerine göre belirlenir. Yani yöntem değerleri hesaplamak için doğrusal regresyon ile en yakın komşu değeri kullanır (Little, 1988). van Buuren (2018) bu yöntemin örneklemin büyük ve tüm değişkenler için kayıp veriden fazla gözlenen değişken olduğunda kullanmasını önermiştir.

### **Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (Classification and Regression Tree-CART)**

Sınıflandırma ve regresyon ağacı yöntemi (Breiman et al., 1984) tarafından önerilmiş olup çok özellikle kategorik verilerde popüler olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem örnekleme bölmek için kullanılan yordayıcıları ile bu yordayıcılardaki kesme noktalarını belirlemede kullanılır. Bölme süreci alt örneklemlerde tekrar eder ve bu şekilde ikili ağaçlar şeklinde bölmeler dizisi elde edilir (van Buuren, 2018).

### **Bayesian Doğrusal Regresyon Yöntemi (Bayesian Linear Regression-NORM)**

Bu yöntemde Bayesian yaklaşımına dayalı doğrusal bir regresyon modeline göre atama yapılmasına olanak sağlar. Koşullu olasılık teoremi olan Bayes yaklaşımı, bir olayın olma olasılığının başka bir olayın daha önceden olmuş olma olasılığına bağlı olarak elde edilmesi durumunu ifade eder. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa, var olan bir veri ile bir önceki bilgi güncel bir hale gelerek ilerleme hedeflenir (Kaplan, 2014).

## İlgili Araştırmalar

Bu bölümde yapısal eşitlik modelinde kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Brown (1994) farklı kayıp veri oranlarında 5 farklı kayıp veri ile baş etme yöntemi YEM'de karşılaştırmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler liste bazında silme, çiftler bazında silme ortalama atama, hot-deck atama yöntemi ve benzer cevap örüntü atama yöntemleridir. Literatürde belirtilenin aksine direkt olmayan atama yöntemlerini tercih etmiştir. Simülasyon çalışması yapmış olup 10 değişkenli ve 4 faktörlü bir model oluşturmuştur. Çalışma deseninde ele aldığı koşullar örneklem büyüklüğü (100,500) ve kayıp veri oranları (%2,%4,%8,%12,%16) olup sadece TROK veri mekanizmasında yöntemlerini model veri uyumu, yanlılık ve standart hata değerlerine göre karşılaştırmıştır. Liste bazında yönteminin yanlılığı en az olan parametre kestirimlerini ürettiğini, çiftler bazında silme ile hot deck ve ortalama atama yöntemlerinin ise YEM'de hata varyanslarında yanlılığı artırdığını belirtmiştir. Araştırmacı tarafından yapılan araştırmada sadece iki koşul altında YEM modeli incelendiği ve geleneksel atama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Modern atama yöntemleri olan ve kullanılması önerilen olabilirlik yöntemlerine ilişkin atama yöntemleri ile çoklu atama yöntemleri yer almamaktadır.

Enders ve Bandalos (2001) yaptığı çalışmada yapısal eşitlik modellerin tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML), liste bazında silme, çiftler bazında ve benzer cevap örüntü atama yöntemlerini değişen örneklem büyüklüğü (100, 250, 500, 1000), kayıp veri oranı (%2,%5,%10,%15,%25) ve faktör yüklerine (0.40,0.60,0.80) göre yakınsama hatası, yanlılık, parametre kestirim verimliliği ve model veri uyumu çıktıları ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmada hem TROK hem de ROK kayıp veri mekanizmasında kayıp veri elde etmiştir. 3 faktörlü ve 9 maddeden oluşan doğrulayıcı faktör analizi kullanılmış olup örtük değişkenler arasındaki korelasyon 0.40'a sabitlemiştir. Kurulan doğrulayıcı faktör analizi modeli ile YEM modeli oluşturulmuştur (bkz. Şekil 3.1). Araştırmacılar tarafından bu koşullarda oluşturulan model bu çalışmada kullanılan modeldir. FIML yöntemi tüm koşullarda gerçek sonuçlara en yakın değerleri veren yöntem olarak elde edilmiştir. Hem TROK hem de ROK kayıp veri mekanizmalarında FIML yöntemi diğer yöntemlere göre daha iyi çalışmış ve yansız sonuçlar vermiştir. Son olarak FIML yöntemi yakınsama hatasını

en az veren yöntem olarak elde edilmiş olup tüm simülasyon koşullarında optimum tip I hata sağlamıştır. Bu çalışma incelendiğinde çoklu atama yöntemleri ve beklenti maksimizasyonu yöntemleri çalışılmamış olup veri dağılımı olarak sadece normal dağılımda veri üretilmiştir. Ayrıca popülasyon kovaryans matrisi ile model oluşturulmuş ve veri tipi (sürekli ya da kesikli) dikkate alınmamıştır. YEM çıktıları olarak sadece model veri uyumu incelenmiş olup modelde örtük değişkenler arasındaki yol katsayılarının ne derece değiştiği de incelenmemiştir.

Enders (2001) yaptığı çalışmada ise YEM'de normal dağılım göstermeyen veri yapısında tam bilgi en çok olabilirlik (FIML) yönteminin kayıp veri olduğunda ki etkisini incelemiştir. Kayıp veri mekanizması (TROK ve ROK), kayıp veri oranı (%0, %5,%10,%20) örneklem büyüklüğü (250,500 ve 750) ve dağılım biçimi (normal ve çarpık) koşullarına göre parametre kestirim yanlılığı, parametre kestirim verimliliği, standart hata ve modelin reddedilmesi oranı çıktılarını karşılaştırmıştır. Bu çalışmada amaç dağılımın etkisi olduğu için 7 farklı çarpıklık ve basıklık değerlerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Kayıp veri ile baş etme yöntemleri olarak FIML ile birlikte, liste bazında silme, çiftler bazında silme, ortalama atama ve benzer cevap örüntü atama yöntemleri hem ROK hem de TROK kayıp veri mekanizmalarında kullanılmıştır. Simülatif bir çalışma olup bu çalışmadaki aynı YEM modeli kullanılmıştır. Çalışma sonunda FIML yöntemi yanlılığı en az ve daha iyi çalışan bir yöntem olduğu elde edilmiştir. Ayrıca FIML yöntemi normal olmayan veri dağılımından etkilenmemişken diğer yöntemler etkilenmiştir. Kayıp veride veri dağılımının çarpıklaşması tam veri de elde edilen maksimum olabilirlik kestirimine göre negatif yönde etki etmektedir. Yani veri dağılımı çarpıklaştıkça standart hata düşmekte ve modelin reddedilme oranı ise önemli oranda artmaktadır. Bu çalışmada çoklu atama yöntemleri ile beklenti maksimizasyonu yöntemlerinin etkisi incelenmemiştir. Faktör yükleri (0.70) sabit olarak alınmış olup örtük değişkenler arasındaki yol katsayılarının değişimi incelenmiştir. Ayrıca popülasyon kovaryans matrisi ile model oluşturulmuş ve veri tipi (sürekli ya da kesikli) dikkate alınmamıştır.

Allison (2003) yaptığı çalışmada yapısal eşitlik modelinde olabilirlik yöntemleri (EM ve FIML), çoklu atama yöntemleri, liste bazında silme ve çiftler bazında silme yöntemlerini gerçek bir veri setinde karşılaştırmıştır. 405 öğrenci ve annesinden farklı yıllarda (1986,1988,1990,1992) yapılan görüşmeler sonucunda veri toplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan YEM modeli yol analizi modelidir. Örtük

değişkenler yerine gözlenen değişkenlerle yol analizi modeli oluşturulmuştur. Sonuçlara göre çoklu atama yöntemleri ile yapılan atama yöntemlerinin olabilirlik yöntemlerine benzer sonuçlar verdiği ve çoklu atama yönteminin daha sık kullanılması gerektiği belirtilmiştir. ROK kayıp veri mekanizmasında MI yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği elde edilmiştir. Bu çalışma çoklu atama yönteminin incelenmesi yönüyle farklı olup gerçek veri setinde çalışıldığı için sınırlı koşullar altında incelenmiştir.

Olinsky vd. (2003) kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden tam bilgi en çok olabilirlik (FIML), beklenti maksimizasyonu (EM), çoklu atama (MI), ortalama atama ve regresyon atama yöntemlerini yapısal eşitlik modelinde değişen örneklem büyüklüğü (100,500) ve kayıp veri oranlarında (%2,%4,%8,%12,%16,%32) sadece TROK kayıp veri mekanizmasında karşılaştırmıştır. Simülatif bir çalışma olup ve Brown (1994) tarafından önerilen 10 gözlenen değişkenli ve 4 faktörlü YEM modeli kullanılmıştır. Bu modelden tek bir popülasyon kovaryans matrisi elde edilmiştir. Daha sonra ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan 100 örneklem matrisi her bir koşul için 100 kez çekilmiştir. FIML yönteminin YEM için parametre kestirimlerinde en iyi yöntem olduğu elde edilmiştir. Çoklu atamanın ise standart hata kestiriminde en iyi sonucu veren yöntem olduğu elde edilmiştir. Bu araştırmada farklı bir yapısal eşitlik modeli kullanılmıştır. Ayrıca veri dağılımı, kayıp veri mekanizması, faktör yükü koşulları incelenmemiştir.

Wolgast, Schwinger, Hahnel ve Stiensmeier-Pelster (2017) yaptıkları çalışmada üç farklı kayıp veri mekanizmasında farklı kayıp veri oranlarında (%20, %40) liste bazında silme, tam bilgi en çok olabilirlik ve çoklu atama yöntemlerinin performanslarını iki farklı gerçek veri üzerinde karşılaştırmışlardır. Her bir yöntemle tam veriden elde edilen model veri uyumu ve örtük değişkenler arasındaki yol katsayıları ile atama yapıldıktan sonraki elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Model veri uyumu için FIML ve MI ile kestirilen değerlerin tam veri matrisinde elde edilen değerlere daha yakın olduğunu liste bazına göre performanslarının daha iyi olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada iki farklı örnek için de yapılan analizlerde İEK kayıp veri mekanizmasında MI ile yapılan atamaların yanlış sonuçlar vermediği ve bu bulgunun önemli olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma sadece koşul olarak kayıp veri oranı ve kayıp veri mekanizması alınmıştır. Ayrıca gerçek veri kullanıldığı için sınırlı koşullarda çalışma yapılmıştır.

Li ve Lomax (2016) yaptıkları çalışmada normal dağılım göstermeyen veri yapısı için yapısal eşitlik modellerinde tam bilgi en çok olabilirlik (FIML), beklenti maksimizasyonu (EM), çoklu atama (MI) ve benzer cevap örüntü atama (Similar response pattern imputation-SRPI) kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin etkisini TROK ve ROK kayıp veri mekanizmalarında incelemiştir. Değişen örneklem büyüklüğü (250,500,1000), verinin dağılım biçimi (6 farklı çarpıklık ve basıklık değerleri), kayıp veri oranı (%5,%15 ve %30) ve faktör yükü (0.40, 0.60, 0.80) koşullarında uyum oranı, yanlılık, parametre kestirimlerine ilişkin hataların karelerin ortalaması, standart hata, modelin reddedilme oranı ve RMSEA model veri uyumu çıktıları incelenmiştir. Üç faktörlü doğrulayıcı faktör analizi modeli kullanılmıştır. TROK kayıp veri mekanizmasında FIML yönteminin en iyi çalıştığını, MI yönteminin ise ROK kayıp veri mekanizmasının olasılığını artırmada kullanılır. Kullanılan yöntemlerden benzer cevap örüntü atama yöntemi hem TROK hem de ROK için diğer yöntemlere göre performansı düşüktür ve kullanılmamalıdır. Bu çalışmada da verinin dağılım biçiminin etkisi temel araştırma problemi ve buna odaklanmışlardır. Veri tipi dikkate alınmamıştır. Ayrıca model veri uyumlarından sadece RMSEA değeri incelenmiştir.

Jia ve Wu (2019) ise yapısal eşitlik modelinde sıralı veri için kayıp veri ile baş etme yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmanın diğer kayıp veri ve YEM çalışmalarından en önemli farkı likert tipi veri türünde çalışmış olmasıdır. Bu çalışmada ele alınan koşullar veri kategori sayısı (2, 3, 5), veri dağılımı (normal ve çarpık), örneklem büyüklüğü (300,600), kayıp veri oranı (%15,%30) ve üç farklı kayıp veri mekanizmasıdır (TROK-ROK-tepe, Rok-kuyruk). ROK-tepe kayıp verinin daha çok dağılımda ortada olduğunu, ROK-kuyruk ise kayıp verinin daha fazla kuyrukta olduğunu belirtir. Bu koşullar robust tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi, (RFIML), parametrik çoklu atama yöntemlerinden çok değişkenli normal atama (MI-MVN), lojistik regresyon (MI-LR), örtük değişken modeli (MI-LV) ve parametrik olmayan rastgele ormanlar (MI-RF) yöntemleri kullanılarak elde edilen yakınsama hatasının oranı, parametre tahmininde yanlılık, standart hatalarda yanlılık, güven aralığı kapsamında karşılaştırmıştır. Simülatif bir çalışma olup Enders (2001) tarafından belirtilen YEM modeli kullanılmıştır. RFIML ile MI-MVN yöntemleri yol katsayıları ile faktör yüklerini kestirmede en iyi çalışan iki yöntemdir. MI-MVN yöntemi kategori sayısı  $\leq 3$  olan ve normal dağılım gösteremeyen durumlarda

yakınsama problemleri oluşturmaktadır. RFIML yöntemi verinin çok fazla çarpık dağılım gösterdiği, ROK-kuyruk ve kategori sayısının iki ya da üç olduğu durumlarda daha büyük yanlılık göstermektedir. Ayrıca iki kategorili ve çarpık dağılım olduğunda faktör yüklerinde de RFIML yöntemi önemli düzeyde yanlılığa neden olur. MI-MVN ve MI-LV yöntemleri genel olarak benzer düzeyde ve iyi çalışmış olup bu yöntemlerin performansı ise verinin asimetric olduğu, kayıp verinin ROK-kuyruk ve kategori sayısının az olduğu durumlarda performansları düşmüştür. Bu çalışma YEM çıktılarındaki faktör yükleri ve yol katsayıları parametrelerini yöntemlere göre karşılaştırmıştır ancak model veri uyumları incelenmemiştir. Tek bir YEM modeline göre sonuçlar karşılaştırılmış olup değişen faktör yüklerinin etkisi incelenmemiştir.

Liu ve Sriutaisuk (2019) yaptıkları çalışmada sıralama ölçeğinde kayıp veri içeren YEM modellerinde ki model veri uyumunu D2 yöntemi ile incelemişlerdir. BU bir simülasyon çalışmasıdır. Üç farklı doğrulayıcı faktör analizi modeli oluşturulmuştur. Birinci modelde 3 faktör (X,M ve Y) ve 15 madde yer alır. Ayrıca birinci faktör (X) için tüm gözlenen maddeler sürekli, ikinci (M) ve üçüncü (Y) faktör için ise sıralı veri tipinde maddeler yer alır. Her bir faktörde 5 madde olup kayıp veri ikinci (M) ve üçüncü (Y) faktörlere ilişkin maddelerde vardır bu modelde tüm değişkenlerin %67'sinde kayıp veri vardır. İkinci modelde ise ikinci ve üçüncü faktörlerin olduğu iki faktörlü doğrulayıcı faktör analizi modeli üretilmiş olup değişkenlerin tümünden (%100) kayıp veri vardır. Üçüncü model ise birinci faktör ile üçüncü faktörün olduğu iki faktörlü doğrulayıcı faktör analizi modeli üretilmiş olup değişkenlerin %50'sinde kayıp veri vardır. Bir ve üçüncü modeli ROK kayıp veri mekanizmasında, ikinci model ise TROK kayıp veri mekanizmasında üretilmiştir. İkinci model Veri dağılımı (normal, çarpık), kategori sayısı (2,4,5), örneklem büyüklüğü (300,500), faktör yükleri (0,80 ve 0.60) ve kayıp veri oranı (%10,%20 ve &30) bu çalışmada kullanılan simülasyon koşullarıdır. Çoklu atanmanın üçüncü aşaması olan birleştirme aşamasında ise D2 yöntemi kullanılarak model uyum indeksleri karşılaştırılmıştır. Bu yöntem m tane atanmış veri seti için m tane parametrenin ki-kare dağılımına göre birleştirilmesini sağlayan bir yöntemdir. D2 yönteminin kayıp veri ile baş etmede kullanılan çoklu atama yönteminin son aşaması olan birleştirme aşamasında kullanılması önerilmiştir. Fazla sayıda kategori içeren sıralı veri, büyük örneklem ve yüksek faktör yükü olduğu durumlarda D2 yönteminin performansının iyi olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada sadece çoklu



atamanın birleştirme aşamasında farklı bir yöntemin çoklu atama ile yapılan sonuçları olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Farklı çoklu atama yöntemleri ile maksimum olabilirlik yöntemlerinin etkisi incelenmemiştir. Sadece model veri uyumu incelenmiş olup bir YEM modeli test edilmemiştir.

Türkiye’de ise kayıp verinin başka istatistiksel analizlerde etkisi incelenmiş ancak yapısal eşitlik modellerinde kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin etkisine ilişkin çalışmalar sınırlı sayıdadır. Çüm ve Gelbal,(2015) yaptıkları çalışmada yaklaşık değer atamada kullanılan farklı yöntemlerin YEM modelinde model veri uyumuna olan etkisi incelenmiştir. Gerçek veri üzerinden YEM modeli kurulmuştur. Değişen kayıp veri mekanizması (TROC ve ROK) ve kayıp veri oranlarında (%20 ve %30) 10 farklı atama yöntemleri ile model veri uyumlarını tahmin etmişlerdir. TROC kayıp veri mekanizmasında regresyon atama yöntemi ile yapılan atamanın tam veri seti ile yapılan analiz sonucuna en yakın sonucu verdiği, ROK kayıp veri mekanizmasında ise bayesci veri atama ve stokastik regresyonla yapılan atamaların tam veri setiyle elde edilen uyum indekslerine en yakın sonuçlar verdiği elde edilmiştir. Gerçek veri seti olduğu için sadece iki koşulda çalışılmıştır. Veri dağılımının kayıp veri için etkisi, faktör yüklerinin etkisi, örneklem büyüklüğü ve düşük kayıp veri oranları incelenmemiştir. Ayrıca sadece model veri uyumları incelenmiş olup örtük değişkenler arasındaki yol katsayılarının ne derece değiştiği incelenmemiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, tam bilgi en çok olabilirlik yönteminin çok sık çalışıldığı ancak kovaryans matrisi üzerinden eksik veriler oluşturulduğu görülmüştür. Veri tipinin etkisine yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Ancak özellikle gerçek durumlarda YEM modelleri genellikle gözlenen değişkenleri Likert tipinde ve sıralı ölçek tipinde olduğu için bu tip verilerde kayıp veri olduğunda hangi kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin kullanılması gerektiği önemlidir. Sıralı veriler için yapılan çalışmalar incelendiğinde daha sık olarak çoklu atama yöntemleri kendi içinde karşılaştırılmıştır. Hem farklı çoklu atama yöntemler, hem maksimum olabilirlik yöntemleri (FIML ve EM) hem de geleneksel silme yöntemleri (liste bazında silme) yöntemlerinin bir arada sıralı veri tipinde YEM modelinde ne derece çalıştığına ilişkin yapılan çalışmalar sınırlıdır.

## Bölüm 3

### Yöntem

Bu bölümde araştırmanın türü, araştırma deseni, verinin üretilmesi, simülasyon koşulları ve veri analizi ile ilgili kısımlara yer verilmiştir.

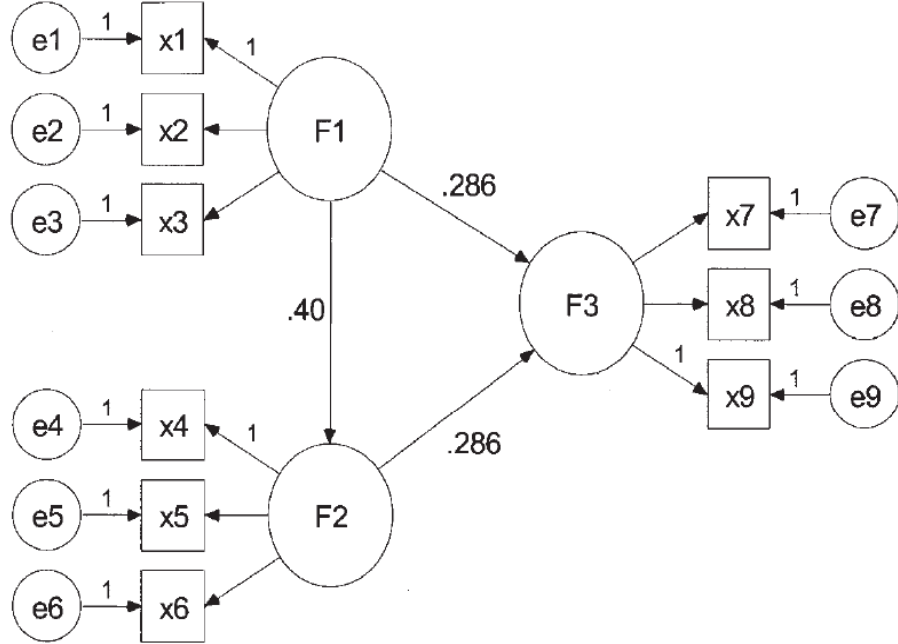
#### Araştırmanın Türü

Bu araştırmanın amacı dokuz maddeden oluşan ve üç örtük değişkenden oluşan bir yapısal eşitlik modelinde maksimum olabilirlik (FIML ve EM), çoklu atama yöntemleri (PMM, CART ve NORM) ve liste bazında silme yöntemlerini değişen örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, dağılım, veri yapısı ve kayıp veri örüntüsü koşullarında karşılaştırmaktır. Bu çalışmanın araştırma türü simülasyon çalışmasıdır. Simülasyon araştırmaları belirli koşullardaki istatistiksel yöntemlerin nasıl çalıştığı hakkında deneysel çıktılar elde etmede kullanılır. Psikometride çok sık olarak kullanılmaya başlanılan bu araştırma yöntemleri çoğunlukla yöntem karşılaştırma sürecinde kullanılır (Feinberg ve Rubright, 2016). Bu çalışmada Monte Carlo simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Monte Carlo yönteminde örneklem seçkisiz bir şekilde kontrol edilebilirken, ayrıca bilinen evren koşullarına göre veri üretilebilir (Hogarty vd., 2005). Buna ek olarak bu yöntemle üretilen veriler başka simülasyon çalışmalarında da kullanılabilir (MacCallum vd., 2001).

#### Araştırma Deseni

Bu çalışmada kurulan yapısal eşitlik modeli Şekil 3'te yer almaktadır. Yapısal eşitlik modellerinde kayıp veri ile ilgili yapılan simülasyon çalışmalarında araştırmacılar tarafından bu model kullanılmıştır (Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001; Jia ve Wu, 2019; Li ve Lomax, 2016; Liu ve Sriutaisuk, 2019; Muthén ve diğerleri, 1987). Bu araştırmada da bu modelin seçilme nedeni literatürde elde edilen bulgularla karşılaştırmaktır. Modelde 3 örtük değişken ve 9 gözlenen değişken yer almaktadır. Her örtük değişken 3 gözlenen değişken ile ilişkilendirilmektedir. Örtük değişkenler arasındaki yol katsayıları ( $F1 \rightarrow F2$ ) 0.400, ( $F1 \rightarrow F3$ ) 0.286 ve ( $F2 \rightarrow F3$ ) 0.286 olacak şekilde yapısal eşitlik modeli kurulmuştur. Gözlenen değişkenler ve örtük değişkenler arasında faktör yükleri 0.80 (güçlü) ve 0.50 (orta güçlükte) olacak şekilde iki farklı koşulda veri üretilmiştir. Gözlenen değişkenlerin artık varyansı ise faktör yüklerinin 0.80 olduğu koşul için 0.36, 0.50

olduğu koşul için ise 0.75 olacak şekilde üretilmiştir. 5 kategorili sıralı veri için iki farklı 4 eşik değeri seçilmiştir. Bu araştırmada ele alınan yapısal eşitlik modelindeki örtük değişkenler arasındaki yol katsayıları ve sıralı ölçekte yer alan kategori sayısı sabittir.



Şekil 3 Evren Korelasyon Matrisi (Enders and Bandalos, 2001, s. 437)

### Verinin Üretilmesi

Veri üretilmesi R programı ile birlikte çalışan ve R programının kullanımını kolaylaştıran bir arayüz programı olan Rstudio ile yapılmıştır. Bollen, (1989, p. 80) tarafından yapısal eşitlik modeli ile ilgili matris çözümlenmesi bu araştırmada evren korelasyon matrisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Evren büyüklüğü 500000 ve replikasyon sayısı 100 olarak alınmıştır. Enders (2001) tarafından yapısal eşitlik modeli çözümlenmesi kullanılarak üretilen korelasyon matrislerinden 4 farklı eşik değeri kullanılarak 5 kategorili ve sıralama ölçeğinde veri üretilmiştir. Veri üretiminde (Jia ve Wu, 2019) tarafından belirtilen R kodu kullanılmıştır (Bkz. EK A.)

### Simülasyon Koşulları

Bu araştırmada iki farklı kayıp veri örüntüsü, veri yapısı, veri dağılımı ile üç farklı örneklem büyüklüğü ve kayıp veri oranında kurulan yapısal eşitlik modelinde

farklı kayıp veri ile baş etme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon koşulları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

*Simülasyon Koşulları*

Kayıp Veri Mekanizması	TROK, ROK
Veri Yapısı	Güçlü, Orta
Veri Dağılımı	Normal, Çarpık
Örnekleme Büyüklüğü	100, 500, 1000
Kayıp Veri Oranı (%)	5, 10, 20

Evrenden her bir simülasyon koşulunda örneklem çekilmiş ve her bir örneklemden iki farklı kayıp veri örüntüsünde (TROK ve ROK) kayıp veri elde edilmiştir. Literatürde YEM’de kayıp veri ile yapılan çalışmalarda genel olarak bu iki kayıp veri mekanizmasında çalışmalar bulunmaktadır (Brown, 1994; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001; Jia ve Wu, 2019; Li ve Lomax, 2016; Liu ve Sriutaisuk, 2019; Olinsky ve diğerleri, 2003; Peugh ve Enders, 2004; Savalei, 2008). Ayrıca (İEK) veri mekanizmasında ise parametre kestiriminde yanlışlığın fazla olması ve standart hatayı olması gerekenden daha da şişirmesi nedeniyle modern yöntemlerin performansları düşmektedir (Schafer ve Graham, 2002). TROK kayıp veri örüntüsü için tüm 9 değişkende eşit miktarda kayıp veri vardır ve tamamen rassal bir biçimde silme işlemi yapılmıştır. ROK kayıp veri örüntüsü için kayıp veriler  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_4$ ,  $x_5$ ,  $x_7$  ve  $x_8$  değişkenlerinde oluşturulmuş olup  $x_3$ ,  $x_6$  ve  $x_9$  gözlenen değişkenlerinde kayıp veri olmamıştır.  $x_1$  ve  $x_2$  değişkenlerindeki kayıp veri  $x_3$  değişkenine,  $x_4$  ve  $x_5$  değişkenlerindeki kayıp veri  $x_6$  değişkenine ve  $x_7$  ve  $x_8$  değişkenlerindeki kayıp veri  $x_9$  değişkenine bağlı olarak silinmiştir.

Yapısal eşitlik modelleri ile çalışmalar incelendiğinde, faktör yüklerinin (0.40, 0.60 ve 0.80) olarak ele alındığı çalışmalar yer almaktadır (Craig K. Enders ve Bandalos, 2001; Li ve Lomax, 2016). Rhemtulla, Brosseau-Liard and Savalei (2012) çalışmalarında iki farklı faktör yüküne (0.30 ve 0.70) göre yapısal eşitlik modelinde kayıp veri ile baş etme yöntemlerini farklı koşullarda test etmişlerdir. Enders (2001) ise yaptığı çalışmasında faktör yükünün 0.70 olduğu koşulda kayıp veri ile baş etme yönteminin etkilerini test etmiştir. Bu çalışmada iki farklı faktör yüküne göre evren korelasyon matrisi üretilmiştir. Faktör yüklerinin 0.80 olduğu veri yapısı güçlü yapı, veri yapısının 0.50 olduğu yapı ise zayıf veri yapısı olarak adlandırılmıştır.

Sıralı ölçekte her bir kategoriye ilişkin dağılımın normalden uzaklaşması ya da asimetrik olması parametre kestirimlerinin hatalı olmasına sebep olur (Babakus, DiStefano, 2002; Ferguson and Jöreskog, Lei, 2007; 1987; Rhemtulla, Brosseau-Liard and Savalei, 2012; Rigdon and Ferguson, 1991). Bir başka ifade ile yapısal eşitlik modellerinde gözlenen sıralı değişkenlerin dağılımı sonuçları etkiler. Ancak literatürde bu nokta göz ardı edilebilmektedir (Rhemtulla, vd., 2012). Bu çalışmada gözlenen değişkenlerin normal ve asimetrik dağılımı bir başka koşul olarak ele alınmıştır. Evren korelasyon matrisi Rhemtulla, vd., (2012) tarafından belirtilen eşik değerlerine göre normal ve çarpık dağılım olmak üzere iki farklı dağılımda kategorik hale dönüştürülmüştür. Normal dağılım için (0.07, 0.31, 0.69, 0.93); çarpık dağılım için ise (0.72, 0.82, 0.89, 0.99) eşik değerlerine ilişkin olasılıklar elde edilmiştir. Normal dağılım için çarpıklık ve basıklık değerleri 0'a çok yakın olup çarpık dağılımda ise çarpıklık değerleri 1.5'den daha yüksek basıklık değerleri ise 1'den daha yüksek olacak şekilde kategorik veri elde edilmiştir. Tüm koşullarda sola çarpık dağılım elde edilmiştir.

Literatürde YEM'de kayıp veri ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı örneklem büyüklüklerindeki etkiler incelenmiştir (Enders, 2001; Enders ve Bandalos 2001; Jia ve Wu 2019; Li ve Lomax 2017; Liu ve Sriutaisuk 2019). YEM ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde örneklem büyüklüğünün 100 ile 5000 arasında değiştiği ve birçok çalışmada ise örneklem büyüklüğünün 200, 500 ve 1000 olarak ele alındığı görülmektedir (Chou, Bentler ve Satorra, 1991; Finch, West ve MacKinnon, 1997; Li ve Lomax, 2016; Muthen ve Kaplan, 1992; Olinsky ve diğerleri, 2003). Bu çalışmada ise küçük, orta ve büyük olmak üzere 100, 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü seçilmiştir

Literatürde yapısal eşitlik modellerinde kayıp veri çalışmaları incelendiğinde, kayıp veri oranlarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Kayıp veri oranı çok düşük olduğunda kayıp veri ile baş etme yöntemlerinin kullanılmasına gerek olmayabilir ve bu da araştırmacıları kayıp veri oranları için kesme kriteri araştırmalarına sebep olmuştur. Schafer (1999) istatistiksel analizlerde kesme kriter oranının %5 olduğunu ve Bennett (2001) ise kayıp veri oranının %10'dan fazla olduğunda istatistiksel analizlerin yanlı olabileceğini belirtmiştir. Dolayısıyla kayıp veri oranı kayıp veri ile baş etmede önemli bir kriterdir ve dikkat edilmesi gerekir. YEM ile ilgili kayıp veri ile baş etme yöntemlerine ilişkin çalışmalar incelendiğinde, Enders ve Bandalos (2001)

çalışmasında kayıp veri oranlarını 2, 5, 10, 15, 25 olarak; Olinsky vd., (2003) kayıp veri oranlarını 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32 olarak; Savalei (2008) ise 0, 10, 15, 30 olarak almıştır. Kayıp veri oranları çalışmalar için en fazla değişiklik gösteren değişkenlerden biridir. Bu çalışmada ise kayıp veri oranları 5, 10 ve 20 olmak üzere üç koşulda ele alınmıştır.

Araştırmada toplamda 72 koşul vardır ve her bir koşulda 100 replikasyon (tekrar) yapılmıştır. Dolayısıyla toplamda 7200 veri 6 farklı kayıp veri ile baş etme yöntemiyle analiz edilmiştir.

## Veri Analizi

Veri analizi Rstudio programı kullanılarak yapılmıştır. Veri analizi için *Lavaan*, *Genord*, *Mice*, *Psych*, *SemTools*, *mvnml*, *RandomForest*, *mvdalab* ve *Rcpp* paketleri kullanılmıştır. Veri analizinde kullanılan R kodu araştırmacı tarafından yazılmıştır (bkz. EK A).

Çoklu atama yöntemlerinde çoklu atama sayısı 10 olarak alınmıştır. Bunun nedeni özellikle küçük örneklerde çoklu atama sayısı daha az ( $m=5$ ) olduğunda analizlerin hata vermesidir. Her bir koşulda 100 tam veri seti evrenden çekilmiş ve 100 tam veri için her bir koşulda kayıp veri üretilmiştir. Kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile atamalar yapılarak yapısal eşitlik modeli çıktılarından uyum indeksleri (RMSEA, CFI, TLI, SRMR), faktör yükleri ve yol katsayıları kestirilmiştir. YEM bulgularının değerlendirilmesinde hata kareleri ortalamalarının karekökü (Root Mean Square of Error-RMSE) ve yanlılık (bias) elde edilmiştir.  $\hat{\theta}_i$  her bir replikasyonda kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile kestirilen değeri,  $\theta_i$  her bir replikasyonda tam veri seti elde edilen değeri,  $N$  ise replikasyon sayısını göstermek üzere RMSE ve yanlılık değerleri aşağıda yer alan formüllerle elde edilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{\theta}_i - \theta_i)^2}{N}}$$

$$Yanlılık = \frac{\sum_{i=1}^N |\hat{\theta}_i - \theta_i|}{N}$$

RMSE elde edilirken, eksik veri setinde atama yöntemleri ile kestirilen değerden aynı replikasyondaki tam veri seti değeri farkı elde edilmiştir. Farkların kareleri

toplanarak replikasyon sayısına bölünmesiyle hata miktarı elde edilmiştir. Yanlılık için ise eksik veri setinde atama yöntemleri ile kestirilen değerden aynı replikasyondaki tam veri setindeki değer in mutlak değeri alınarak replikasyon sayısına bölünmüştür. İki değer de 0 ile 1 arasında değişmektedir. Elde edilen değerin 0'a yakın olması hata miktarı ile yanlılık düzeylerinin az olduğunu, 1'e yakın olması ise hata miktarı ve yanlılık düzeylerinin yüksek olduğunu gösterir.

## Bölüm 4

### Bulgular ve Yorumlar

Bu bölümde araştırma kapsamında ele alınan araştırma problemlerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Model veri uyum indekslerinden RMSEA, CFI, TLI ve SRMR, faktör yükleri ve örtük değişkenler arasındaki yol katsayılarından her biri tüm kayıp veri ile baş etme yöntemleri karşılaştırılmıştır.

Tüm bulgularda ortak olarak tüm koşullarda çalışan iki yöntem elde edilmiştir. Olabilirlik yöntemleri olan tam bilgi en çok olabilirlik (FIML) ve beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemleri tüm koşullarda çalışmıştır. Çoklu atama yöntemleri, tamamıyla rassal kayıp (TROC) veri mekanizmasında, orta düzeyde veri yapısı, çarpık dağılım, 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşulda çalışmamıştır. Diğer atama yöntemleri TROC için tüm koşullarda çalışmıştır. En iyi çalışan koşul her iki kayıp veri mekanizması için genel olarak güçlü ve normal dağılıma sahip olan koşul olup en kötü koşul ise orta düzey ve çarpık dağılıma sahip koşuldur.

Liste bazında silme, rassal olan kayıp (ROK) veri mekanizmasındaki çarpık dağılımdaki kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm koşullarda çalışmamıştır. Aynı yöntem ROK için normal dağılıma sahip kayıp veri oranının 0.20 olduğu 100 örneklem büyüklüğünde de çalışmamıştır. ROK kayıp veri mekanizmasında çalışmayan diğer bir yöntem ise çoklu atama (MI) yöntemleridir. Bu veri mekanizmasında çarpık dağılımdaki kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklemde hem güçlü hem de orta düzeyde yapıda MI yöntemleri çalışmamıştır. Ayrıca orta düzeyde ve çarpık dağılımda veri yapısında kayıp veri oranının 0.10 olduğu 100 örneklemde de çalışmamıştır. Jia ve Wu (2019) çoklu atama yöntemleri üzerine yaptıkları çalışmada 150 örneklem büyüklüğünde çalıştıklarını ancak birçok farklı koşulda yakınsama problemleri olduğunu ve bundan dolayı küçük örnekleme ilişkin sonuçları raporlamadıklarını belirtmişlerdir. Bu yönüyle bu çalışmada da 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri koşullarında çalışmaması literatürü destekler niteliktedir. Ayrıca veri tipinin sıralı olması da etkilediği söylenebilir. YEM ile ilgili çalışmalarda sürekli veri için ROK mekanizmasında MI yöntemlerinin çalışmadığı koşullar yer almamakta sadece sıralı veri tipinde küçük örneklemde bu yöntemlerin çalışmadığı belirtilmiştir. Ancak MI yöntemleri hem güçlü hem de orta düzeyde yapıdaki normal dağılımda yer alan tüm koşullarda çalışmıştır. Örneklem



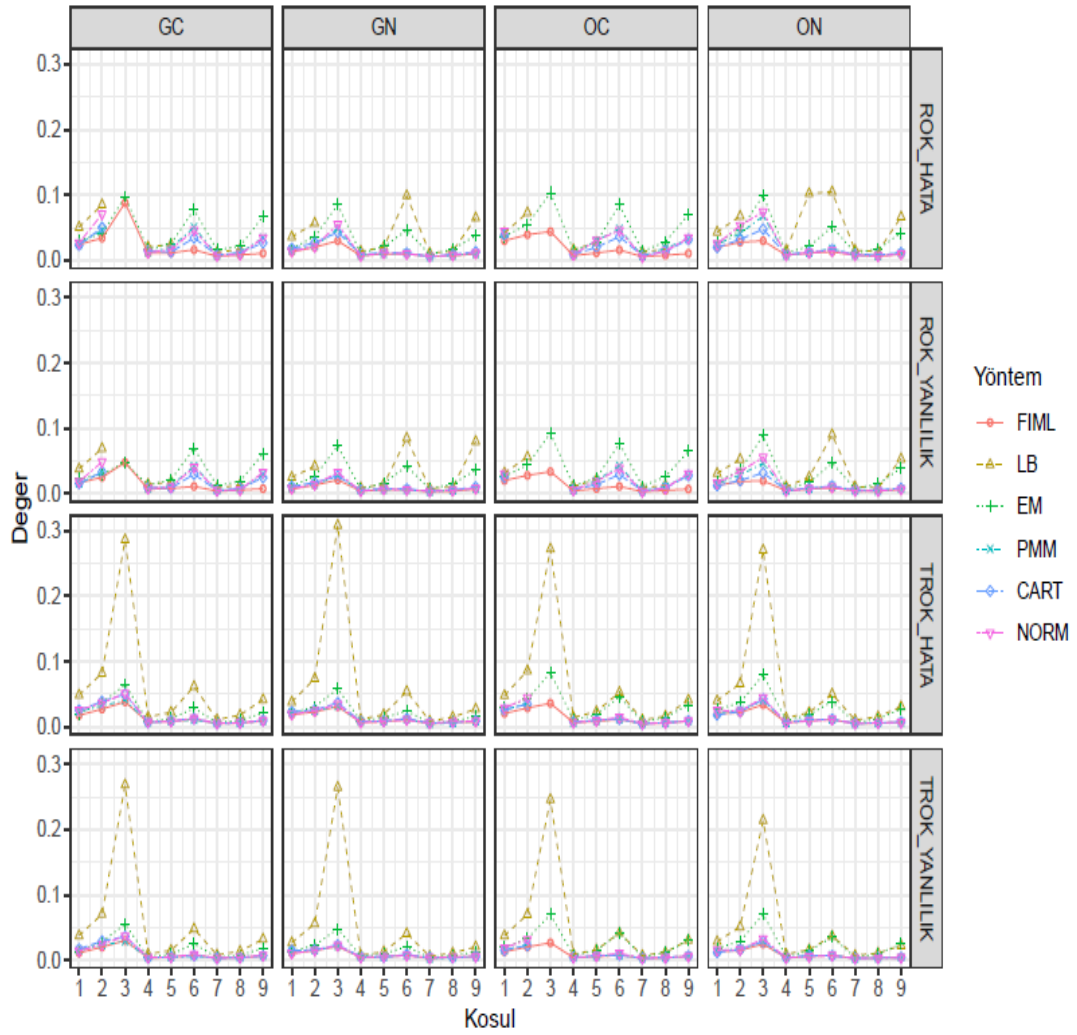
büyükliğünün küçük olması ve kayıp veri oranının yüksek olması özellikle çarpık dağılımda MI yöntemlerini etkilemiştir. Ayrıca ROK'ta kayıp veri oranının yüksek olduğu durumlarda liste bazı yöntemi de etkilenmiştir.

### **Araştırma Problem 1' e İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından RMSEA değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?*

Her bir YEM çıktısı için tüm koşulların yer aldığı grafikler R Studio'da araştırmacı tarafından yazılan kod (EK-A) ile elde edilmiştir. Koşullara göre bulgular ayrı ayrı tablo olarak da verilmiştir (Bkz. EK-B'den EK-N'ye kadar). Grafiklerin tümünde araştırma kapsamında ele alınan tüm koşullar yer almaktadır. Koşul değişkeni 9 (N\*p) olup koşul 1-3 100 örnekleme, koşul 4-6 500 örnekleme koşul 7-9 ise 1000 örnekleme göstermektedir. Her bir örneklem büyüklüğüne ilişkin ilk koşul kayıp veri oranının 0.05, ikinci koşul kayıp veri oranının 0.10 ve üçüncü koşul ise kayıp veri değerinin 0.20 olduğunu gösterir. TROK, tamamıyla rassal kayıp, ROK ise rassal olan kayıp veri mekanizmasını ifade eder. G, faktör yüklerinin yüksek olduğu güçlü yapıyı O ise faktör yüklerinin düşük olduğu orta düzeyde veri yapısını gösterir. N ve C ise dağılım hakkında bilgi veren göstergeler olup N normal dağılım, C ise çarpık dağılımı ifade eder.

Yapısal eşitlik modeline göre elde edilen model veri uyum indekslerinden hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSEA) değerlerine göre hata ve yanlılık düzeylerine ilişkin bulgular şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4 RMSEA Değerlerine Göre Hata Miktarı ve Yanıllık Grafiği

Her bir araştırma probleminde kayıp veri örüntülerine ilişkin bulgular ayrı ayrı verilmiş ve sonunda kayıp veri örüntüleri arasındaki farklar belirtilmiştir. LB liste bazında silme yöntemini göstermektedir.

#### TROK Mekanizmasında RMSEA Bulguları

Tamamıyla rassal dağılım (TROK) gösteren durumlarda hata (RMSE) en fazla olduğu yöntem liste bazında yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve 0.3'e yaklaşmıştır. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm koşullarda hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.3'e yaklaşmıştır. 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ise MI yöntemlerinin tümü tüm kayıp veri oranlarında çalışmıştır. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) güçlü veri yapısında hata

miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemlerinin performansları güçlü veri yapısında en çok olabilirlik yöntemine benzer olarak elde edilmiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem için ise hata miktarı en fazla olan ikinci yöntem ise beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemidir ancak hata miktarı ise 0.1'den daha düşüktür. Örneklem büyüdükçe tüm koşullar için hata miktarı düşmüştür ve 0.1'den daha düşük elde edilmiştir. En belirgin düşüş ise liste bazında yöntemi olduğu hata miktarı 3'te 1'ine düştüğü görülmüştür. Orta düzeyde veri yapısında ise benzer şekilde FIML en az hatayı kestirirken, en çok hatayı liste bazı yöntemi kestirmiştir ve bu yapıda elde edilen hata miktarları güçlü yapıdakine göre benzerdir. EM yöntemiyle elde edilen hata miktarı orta düzeyde, güçlü yapıya göre az da artış göstermiştir. Veri dağılımına göre incelendiğinde hem güçlü hem de orta düzeyde veri yapısında normal ve çarpık dağılımda 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde liste bazı yöntemi hariç hata miktarlarının 0'a yakın olduğu elde edilmiştir. Yöntemler arasındaki farklılık daha çok küçük örneklem büyüklüğünde büyük kayıp veri oranlarında elde edilmiştir. Küçük örneklem büyüklüğünde güçlü veri yapısında veri dağılımı koşullarına göre hata miktarları benzerdir ve farklılık yoktur. Orta düzeyde veri yapısı ve küçük örneklem büyüklüğü için 0.20 kayıp veri oranının olduğu koşulda en düşük hatayı FIML, daha sonra EM ve en yüksek hatayı ise liste bazında silme yöntemi kestirmiştir. Ancak hata miktarı FIML ve EM için 0.1'dan daha düşüktür. Yanlılık değerlerine göre incelendiğinde ise elde edilen tüm bulgular hatalara göre elde edilen bulgularla benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında RMSEA Bulguları**

Rassal kayıp veri (ROK) mekanizmasında hata miktarı en fazla olan yöntem çalıştığı tüm koşullarda liste bazında silme yöntemi elde edilmiştir. Bu yöntemin hata miktarı tüm koşullarda 0.1'e yaklaşmıştır. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) yöntemi güçlü veri yapısında tüm koşullarda en az hata elde edilen yöntemdir. MI yöntemleri de 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde 0.05 ve 0.10 kayıp veri oranlarında FIML yöntemiyle benzer hata miktarları elde edilmiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullar için yöntemler arasında güçlü veri yapısında farklılıklar elde edilmiştir ve EM yöntemi bu koşulda çarpık dağılımda, normal dağılımda ise liste bazı yöntemi 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde hata miktarının en fazla olduğu yöntemlerdir. Çoklu atama yöntemleri ise kayıp veri oranı 0.20 olduğu güçlü veri yapısı ve çarpık dağılımdaki 500-1000 örneklem büyüklüklerinde ise FIML

yöntemiyle elde edilen hata miktarına göre daha yüksek hata elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında ise küçük örneklerde hata miktarı artmasına rağmen büyük bir artış olmamıştır. Ayrıca orta düzeyde veri yapısında en az hata elde edilen yöntem FIML yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında yöntemi ile beklenti maksimizasyonu yöntemleri hata miktarı en fazla olan yöntemlerdir. Bu veri yapısında normal dağılımda MI ve FIML yöntemleri 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde hata miktarı tüm kayıp veri oranlarında 0'a yakın elde edilmişken, kayıp veri oranının 0.20 olduğu çarpık dağılımdaki 500 ve 1000 örneklemde ise çoklu hatama yöntemlerinin hata miktarları normal dağılıma göre artmıştır. ROK mekanizmasında hem veri yapısı hem de veri dağılımına göre elde edilen yanlılık bulguları hata bulguları ile benzerdir.

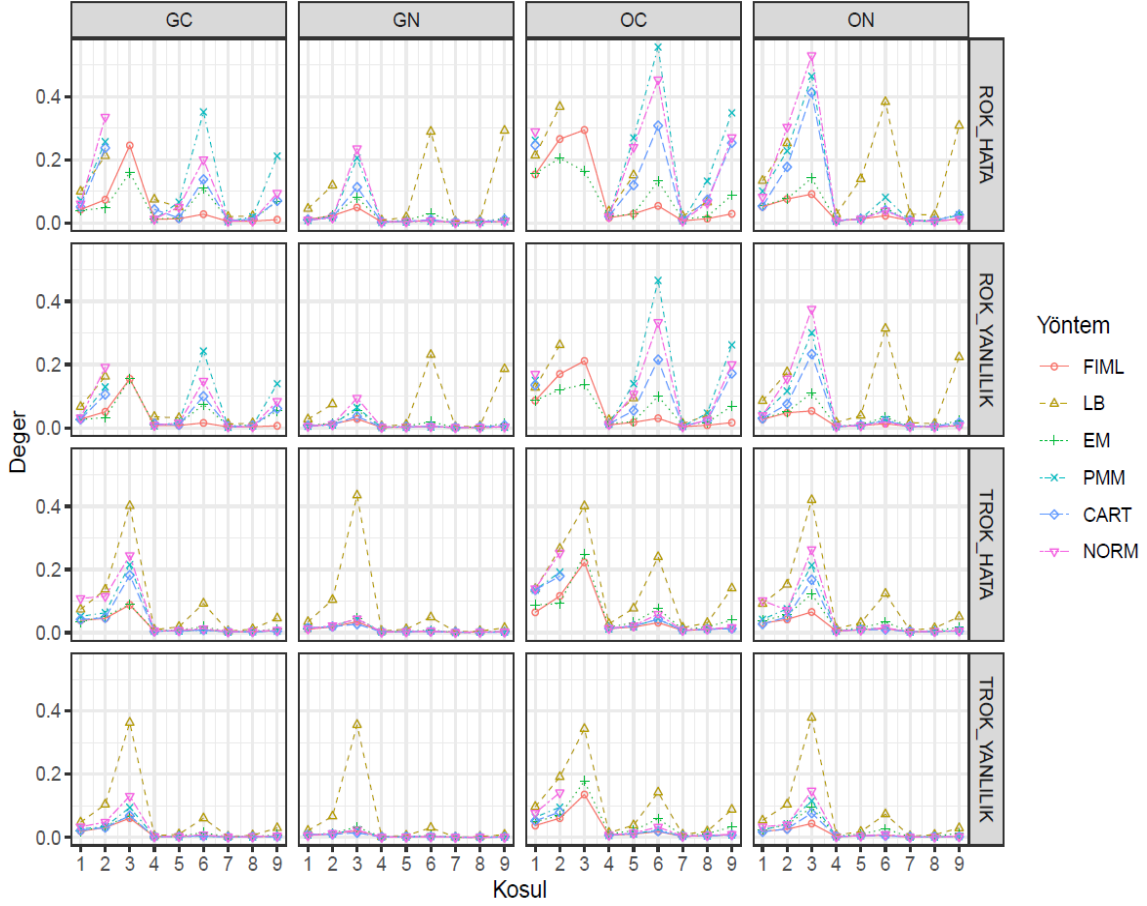
Son olarak TROK ve ROK mekanizmalarında elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında güçlü ve normal dağılım gösteren yapılarda yöntemlere göre hata miktarları ve yanlılık düzeyleri benzer olarak elde edilmiş olup iki kayıp veri mekanizmasında yöntemler çalıştığı koşullar için benzer performansta çalışmıştır. Hem güçlü hem de orta düzeyde yapıdaki çarpık dağılımda ise sadece beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemi ile kestirilen hata miktarı örneklem büyüklüğünün 500 ve 0.20 kayıp veri olduğu koşulda ROK mekanizmasında TROK'a göre artış olmuştur. Son olarak orta düzeydeki yapıda normal dağılıma sahip 500 ve 1000 kayıp veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.10 ve daha fazla olduğu koşulda liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı ROK veri mekanizmasında TROK'a göre daha fazladır. Diğer atama yöntemlerine göre iki kayıp veri mekanizmasında kestirilen hata ve yanlılık miktarları benzerdir ve belirgin farklılıklar yoktur. Dolayısıyla RMSE uyum indeksine göre hata miktarı genel olarak tüm yöntemler için düşük olup 0.1 civarında elde edilmiştir. Hem TROK hem de ROK'da yanlılığı ve hata miktarı en az olan yöntem ise tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi olarak elde edilmiştir.

## **Araştırma Problem 2' ye İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*Yapısal eşitlik modellerinde (YEM) değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranı (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü, orta) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) koşullarında kayıp veri ile baş*

etme yöntemlerinden elde edilen model veri uyumlarından CFI değerime göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?

CFI uyum indeksine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 5'te gösterilmiştir. TROK ve ROK mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 5 CFI Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği

### TROK Mekanizmasında CFI Bulguları

TROK mekanizması için hata (RMSE) en fazla olduğu yöntem liste bazında silme yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve 0.4'e yaklaşmıştır. Ayrıca kayıp veri oranı 0.20 için tüm koşullarda hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.4'e yaklaşmıştır. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemleri ile beklenti maksimizasyonu yönteminin (EM) performansları da

güçlü veri yapısında en çok olabilirlik yöntemine benzer olarak elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklemlerde liste bazı hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı 0'a yakın elde edilmiştir. CFI uyum indeksi için örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 arasında yöntemlere göre farklı kayıp veri oranlarında hata miktarlarının ve yanlışlık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde yöntemlere göre farklılık olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısı ve normal dağılımda liste bazı yöntemi kayıp veri oranı arttıkça giderek artmış ve yaklaşık 4 katına çıkmıştır. Güçlü veri yapısı ve çarpık dağılımda ise çoklu atama (MI) yöntemlerine ilişkin hata miktarları küçük örneklem büyüklüğünde en fazla hata olan diğer yöntemlerdir. NORM çoklu atama yöntemi bu koşulda hata miktarı en fazla olan ikinci yöntemdir. Küçük örneklem, 0.20 kayıp veri oranında, güçlü veri ve çarpık dağılımda FIML ve EM yöntemlerinin hata miktarları benzer düzeyde olup çoklu atama yöntemlerinin hata miktarları 0.20'ye yaklaşmıştır. En çok hata çıkaran MI yöntemleri sırasıyla NORM, PMM ve CART olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında ise FIML yöntemi tüm koşullarda en az hata içeren yöntem olarak elde edilmiş en çok hata ise liste bazında silme yöntemiyle elde edilmiştir. Ancak orta düzeyde yapısında hata miktarları değişkenlik göstermektedir. 500 ve 1000 örneklemlerde liste bazında silme yöntemi hariç diğer yöntemlerin orta düzeyde yapısında hata miktarları 0'a yakın elde edilmiştir. Küçük örneklem büyüklüğünde ise normal dağılımda çoklu atama yöntemlerinden NORM yöntemi liste bazından sonra orta düzeyde veri yapısında en fazla hata elde edilen diğer yöntem olmuştur. Orta düzey ve çarpık dağılımda 100 örneklem büyüklüğünde 0.10 kayıp veri oranında MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı, aynı veri yapısındaki normal dağılıma sahip 100 örneklem büyüklüğünde ve 0.20 kayıp veri oranında bu yöntemlerle kestirilen hata miktarına benzer olarak elde edilmiştir. Özellikle çarpık dağılımda örneklem büyümesi MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarını normal dağılıma göre daha da artırmıştır. Kayıp veri oranı arttıkça özellikle küçük örneklemlerde hata miktarının artış oranı orta düzeyde yapısında da daha yüksektir. Orta düzey ve güçlü veri yapısı birlikte incelendiğinde ise 500 ve 1000 örneklemlerde hata miktarları benzer düzeyde olup küçük örneklemlerde hata miktarı güçlü veri yapısında daha az olarak elde edilmiştir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri koşulunda çarpık dağılımlar incelendiğinde orta düzeyde yapısında FIML yönteminin kestirdiği hata miktarı güçlü veri yapısındaki aynı koşuldaki hata miktarına göre önemli düzeyde artmıştır. Benzer koşulda ancak normal dağılımda

ise FIML yönteminin kestirdiği hata miktarları benzerdir. Buradan hem veri yapısının etkisi hem de dağılımın hata miktarını özellikle küçük örneklem büyüklüğünde etkilediği ve hata miktarının çarpıklık arttıkça arttığı söylenebilir. Yanlılık bulguları hata miktarlarına benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında CFI Bulguları**

Bu kayıp veri mekanizmasında farklı koşullarda hata miktarları farklı yöntemler için en fazla olarak elde edilmiştir. Bu veri mekanizmasında de FIML yöntemi hem güçlü hem de orta düzeyde yapısında tüm koşullarda en az hata elde edilen yöntemdir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.2-0.3 arasında elde edilmiştir. Aynı koşulda liste bazı yöntemi için küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.05 ve 0.10 olduğu durumda hata miktarları arasında artış 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki artıştan daha fazla elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının 0.10'dan 0.20'ye çıktığı güçlü veri yapısı ve normal dağılımda hata miktarları liste bazı yöntemi için yaklaşık 2.5 katına çıkmıştır. Liste bazı yöntemi ile elde edilen hata miktarı, orta düzeyde veri yapısında ise 500 örneklemde ve normal dağılımda kayıp veri oranı 0.05'den 0.10'a çıkarken yaklaşık 4 katına, 1000 örneklem de ise kayıp veri oranı 0.10'dan 0.20'ye çıkarken yaklaşık 3 katına çıkmıştır. Küçük örneklem büyüklüğünde elde edilen farklılıklar dikkat çekici olarak görülmüştür. Güçlü veri yapısında hem normal hem de çarpık dağılımda hata miktarının çarpık dağılımda en fazla çoklu atama yöntemleriyle elde edilmiş en yüksek hata çarpık dağılımda sırasıyla NORM, PMM ve CART yöntemleri ile elde edilmiştir. Normal dağılımda ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklemde çoklu atama yöntemlerinin hata miktarları daha yüksek elde edilmiştir ve benzer sırada elde edilmiştir. Küçük örneklemde MI yöntemleri güçlü ve çarpık dağılıma sahip 0.10 kayıp veri oranında ki hata miktarları 0.20'den yüksek iken normal dağılımda kayıp veri oranının 0.20 olduğu durumda 0.20'den daha yüksek elde edilmiştir. Küçük örneklemde sadece CART yöntemi güçlü ve normal dağılımda 0.20 kayıp veri oranında hata miktarı çarpık dağılımdaki 0.10 kayıp veri oranındaki kestirilen hata miktarının neredeyse yarısına yakın olarak kestirilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde de yöntemlere göre farklılıklar elde edilmiştir. 0.20 kayıp veri oranının olduğu 500 örneklem büyüklüğünde normal dağılımda liste bazı yöntemi ile kestirilen hata

miktarı daha fazla ve 0.20 civarlarında iken çoklu atama yöntemleriyle kestirilen hata miktarları 0'a yakın olarak elde edilmiştir. Ancak veri dağılımı çarpıklaştıkça MI yöntemleriyle aynı koşulda kestirilen hata miktarı artmıştır ve en fazla hatayı sırasıyla PMM, CART ve NORM yöntemleri ile elde edilmiştir. Çarpık dağılımda PMM yöntemi ile bu koşulda kestirilen hata miktarı 0.20'den büyük iken NORM yöntemi ile kestirilen hata 0.10'a yakın olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde 1000 örneklem büyüklüğü ve çarpık dağılımda da hata miktarlarına ilişkin MI yöntemleriyle elde edilen hata miktarlarına ilişkin sıra aynı olup hata miktarı örneklem büyüdükçe düşmektedir. Orta düzeyde veri yapısında ise hata miktarları küçük örneklerde tüm yöntemler için güçlü veri yapısına göre artış göstermiştir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında orta düzeyde yapıda çoklu atama yöntemleriyle hata miktarı güçlü yapıdaki hata miktarlarının 2 katına çıkmıştır. Dolayısıyla veri yapısının zayıflaması çoklu atama yöntemlerinin küçük örneklem ve 0.20 kayıp veride performanslarını düşürmüştür. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde zayıf ve normal veri yapısında en fazla hatayı liste bazı yöntemiyle elde edilmiştir. Örneklem büyüklüğünün 500 ve 1000 olduğu orta düzey ve normal veri yapısındaki tüm kayıp veri oranlarında liste bazı yöntemi harici diğer yöntemlerle kestirilen hata miktarları 0'a yakın ve benzer olarak elde edilmiştir. Ancak çarpık dağılıma geçildiğinde ise 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çoklu atama yöntemlerine ilişkin hata miktarlarının kayıp veri oranı arttıkça önemli bir düzeyde arttığı görülmektedir. En önemli artış kayıp veri oranının 0.20 ve örneklem büyüklüğünün 500 olduğu orta düzeyde yapısındadır. Bu koşulda normal dağılımda MI yöntemleri ile elde edilen hata miktarları 0'a yakın olarak elde edilmişken çarpık dağılımda PMM yöntemi için 0.50 civarında, CART yöntemi için 0.40'dan yüksek ve norm yöntemi için ise 0.30'a yakın olarak elde edilmiştir. PMM ile kestirilen hata miktarı NORM yöntemi ile kestirilen hata miktarının yaklaşık olarak 1.5 katıdır. Örneklem büyüklüğünün 1000 ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu zayıf çarpık dağılımda ise MI yöntemlerinin hata miktarları düşmektedir ve en büyük düşüş PMM ve CART yöntemleri için elde edilmiş olup NORM yöntemi için kestirilen hata miktarı 500 örneklemdeki aynı koşula göre çok azdır. Ayrıca orta düzeyde veri yapısı ve çarpık dağılımda elde edilen diğer bir önemli bulgu ise küçük örneklerde kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu durumlar için EM yöntemi ile kestirilen hata miktarının en az olduğu elde edilmiştir. Zayıf ve normal dağılımda küçük örneklem büyüklüğünde en az hatayı FIML yöntemi kestirmiştir. Normal dağılımda kestirilen hata miktarı çarpık



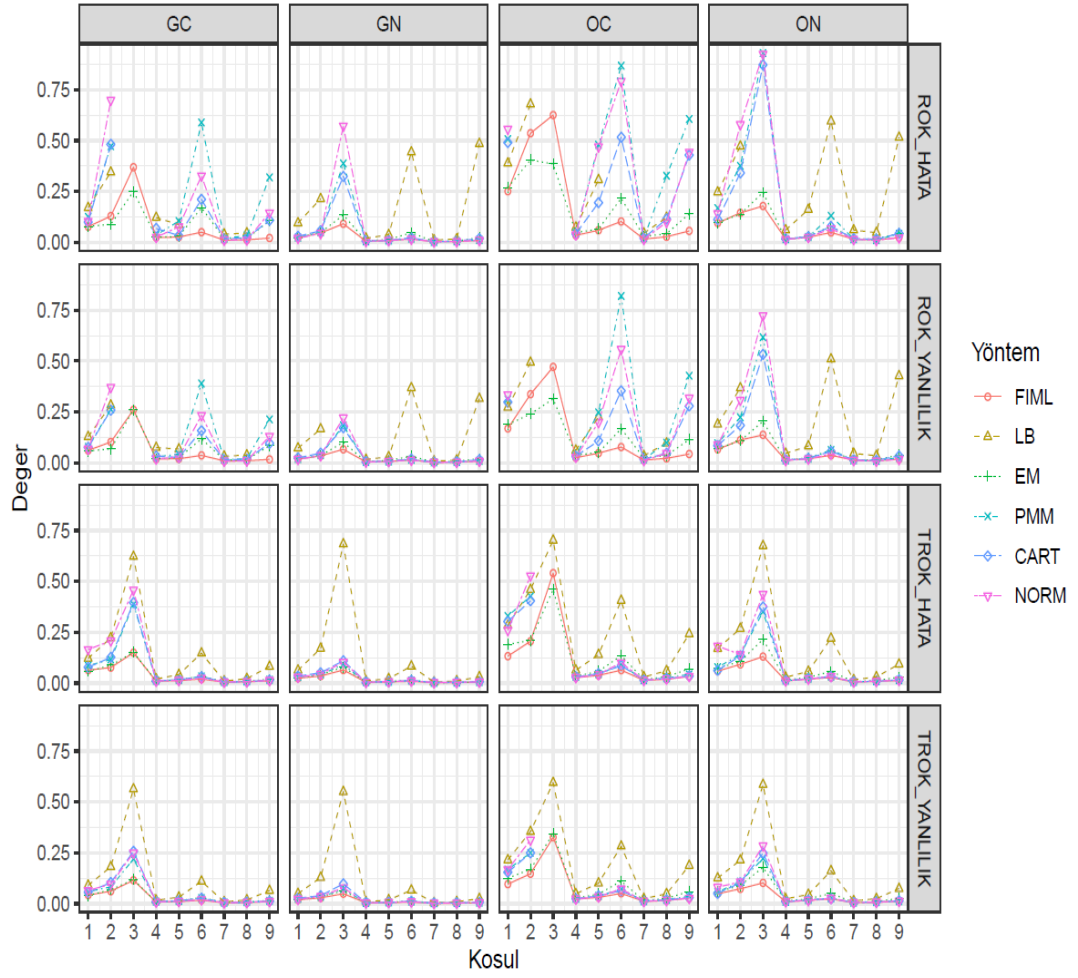
dağılımda kestirilen hata miktarlarına göre tüm yöntemler için daha az elde edilmiştir. Yanlılık için bulgular da hata miktarlarına benzer elde edilmiştir sadece değerler farklılık göstermekte ancak elde edilen sonuçlar değişmemektedir.

Son olarak TROK ve ROK mekanizmalarında CFI uyum indekslerine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise çoklu atama yöntemleri için küçük örneklem, 0.20 kayıp veri oranı güçlü ve normal dağılım gösteren veri yapısında TROK mekanizmasında göre ROK mekanizmasına göre kestirilen hata miktarı artmıştır. Bu koşulda TROK mekanizmasında 0'a yakın hata miktarları kestirilirken ROK mekanizmasında 0.10 civarlarında hata ile kestirim yapılmıştır. Güçlü ve normal dağılımda elde edilen bir diğer önemli farklılık ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde liste bazı ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında kestirilen hata miktarı TROK'a göre artışı önemlidir. Güçlü ve çarpık dağılımda ise 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde 0.20 kayıp veri oranının olduğu koşullarda ROK mekanizmasında MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarından daha fazladır. En fazla artış PMM yöntemi ile elde edilmiştir. Ancak küçük örneklem büyüklüğü ve 0.10 kayıp veri oranında ise SK veri mekanizmasında NORM ile kestirilen hata miktarı TROK örüntüsüne göre artışı en fazla olan çoklu atama yöntemidir. Aynı şekilde küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında ise FIML ve EM yöntemleri ile kestirilen hata miktarları da ROK mekanizmasında önemli bir artış göstermiştir. Orta düzeyde veri yapısında normal ve çarpık dağılımlar iki kayıp veri mekanizmasında karşılaştırıldığında benzer bulgular elde edilmiştir. Ayrıca iki veri mekanizmasında da elde edilen yanlılık düzeyleri de benzer olup sadece değerler farklıdır.

### **Araştırma Problem 3'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve ROK) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen uyum indekslerinden TLI değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?”*

TLI uyum indeksine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 6'da gösterilmiştir. TSK ve SK örüntülerine göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 6 TLI Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği

### TROK Mekanizmasında TLI Bulguları

Tamamıyla rassal dağılım (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem liste bazında yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve 0.50-0.60 arasında elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.50-0.60 arasında elde edilmiştir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemleri ile beklenti maksimizasyonu yönteminin (EM) performansları da güçlü veri yapısında en çok olabilirlik yöntemine benzer olarak elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklemde liste bazı hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı 0'a yakın elde

edilmiştir. TLI uyum indeksi için örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 arasında yöntemlere göre farklı kayıp veri oranlarında hata miktarlarının ve yanlılık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde yöntemlere göre farklılık olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısı ve normal dağılımda liste bazı yöntemi kayıp veri oranı arttıkça giderek artmış ve 0.75 yaklaşık 3 katına (0.70) çıkmıştır. Güçlü veri yapısı ve çarpık dağılımda ise çoklu atama yöntemlerine ilişkin hata miktarları küçük örneklem büyüklüğünde en fazla hata olan diğer yöntemlerdir. NORM çoklu atama yöntemi 100 örneklem ve 0.05-0.10 kayıp veri oranlarında liste bazı yöntemiyle benzer hata miktarları vermiştir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında çarpık dağılımda FIML ve EM yöntemlerinin hata miktarları benzer düzeyde olup çoklu atama yöntemlerinin hata miktarları 0.50'ye yaklaşmıştır. Bu koşulda en çok hata çıkaran MI yöntemleri sırasıyla NORM, PMM ve CART olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında ise FIML yöntemi tüm koşullarda en az hata içeren yöntem olarak elde edilmiş en çok hata ise liste bazında silme yöntemiyle ve küçük örneklemde MI yöntemleri elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında hata miktarları değişkenlik göstermektedir. 500 ve 1000 örneklemde liste bazında silme yöntemi hariç diğer yöntemlerin orta düzeyde normal dağılımda hata miktarları 0'a yakın elde edilmiştir. Küçük örneklem büyüklüğünde ise normal dağılımda çoklu atama yöntemlerinden NORM yöntemi liste bazından sonra en fazla hata elde edilen diğer yöntem olmuştur. Orta düzeyde yapısı ve çarpık dağılım incelendiğinde küçük örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşulda FIML ve EM yöntemleri ile kestirilen hata miktarları önemli bir şekilde normal dağılıma göre artmıştır. Orta düzey ve güçlü veri yapısı birlikte incelendiğinde kayıp veri oranının 0.20 ve örneklem büyüklüğünün 100 olduğu normal dağılımda çoklu atama yöntemleri orta düzeyde yapısındaki hata miktarındaki artış normal dağılıma göre daha fazladır. 500 ve 1000 örneklemde hata miktarları her iki dağılım ve veri yapısında da liste bazı yöntemi hariç benzer düzeyde olup küçük örneklemde hata miktarı güçlü veri yapısında daha az olarak elde edilmiştir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri koşulunda çarpık dağılımlar incelendiğinde orta düzeydeki veri yapısında tam bilgi en çok bilgi (FIML) yönteminin kestirdiği hata miktarı güçlü veri yapısındaki aynı koşuldaki hata miktarının yaklaşık 4 katına çıkmıştır. Yanlılık sonuçları da benzerdir.

## **ROK Mekanizmasında TLI Bulguları**

ROK kayıp veri mekanizmasının olduğu durumlarda farklı koşullarda hata miktarları farklı yöntemler için en fazla olarak elde edilmiştir. Bu veri mekanizmasında de tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) yöntemi hem güçlü hem de orta düzeydeki veri yapısında tüm koşullarda en az hata elde edilen yöntemdir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.50'ye yakında elde edilmiştir. Aynı koşulda liste bazı yöntemi için küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.05 ve 0.10 olduğu durumda hata miktarları arasında artış 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki artıştan daha fazla elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının 0.10'dan 0.20'ye çıktığı güçlü veri yapısı ve normal dağılımda hata miktarları liste bazı yöntemi hata miktarında yüksek bir artış elde edilmiştir. Güçlü veri yapısı için dağılım çarpıklaştıkça çoklu atama yöntemleri ile kestirilen hata miktarları arasında artış dikkat çekicidir. Küçük örneklem ve 0.10 kayıp veri oranında normal dağılımda çoklu atama yöntemleri ile kestirilen hata miktarı birbirine benzer 0.20'den daha az iken çarpık dağılımda yöntemlere göre hata miktarlarında artış görülmekte olup sırasıyla NORM, PMM ve CART yöntemleri ile edilmiştir. Bu yöntemlerle çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı liste bazı yöntemiyle elde edilen hata miktarından daha fazladır. Ayrıca çarpık dağılımda bu koşulda MI yöntemleri ile elde edilen hata miktarı normal dağılımdaki kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşulda kestirilen hata miktarından daha fazla elde edilmiştir. Güçlü veri yapısında 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde ve 0.20 kayıp veri oranının olduğu koşullar için farklılıklar elde edilmiştir. 0.20 kayıp veri oranının olduğu 500 örneklem büyüklüğünde normal dağılımda liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı daha fazla ve 0.50 civarlarında iken çoklu atama yöntemleriyle kestirilen hata miktarları 0'a yakın olarak elde edilmiştir. Ancak veri dağılımı çarpıklaştıkça MI yöntemleriyle aynı koşulda kestirilen hata miktarı artmıştır ve en fazla hatayı sırasıyla PMM, NORM ve CART yöntemleri ile elde edilmiştir. Çarpık dağılımda PMM yöntemi ile bu koşulda kestirilen hata miktarı 0.50'den büyük iken CART yöntemi ile kestirilen hata 0.20'ye yakın olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde 1000 örneklem büyüklüğü ve çarpık dağılımda da hata miktarlarına ilişkin MI yöntemleriyle elde edilen hata miktarlarına ilişkin sıra aynı olup hata miktarı örneklem büyüdükçe düşmektedir. Orta düzeyde yapısında

ise hata miktarları küçük örneklerde tüm yöntemler için güçlü veri yapısına göre artış göstermiştir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında orta düzeyde yapıda çoklu atama yöntemleriyle hata miktarı güçlü yapıdaki hata miktarlarına göre büyük artış göstermiştir. Dolayısıyla veri yapısının zayıflaması çoklu atama yöntemlerinin küçük örneklem ve 0.20 kayıp veride performanslarını önemli bir şekilde etkilemiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde zayıf ve normal veri yapısında en fazla hatayı liste bazı yöntemiyle elde edilmiştir. Örneklem büyüklüğünün 500 ve 1000 olduğu orta düzey ve normal veri yapısındaki tüm kayıp veri oranlarında liste bazı yöntemi harici diğer yöntemlerle kestirilen hata miktarları 0'a yakın ve benzer olarak elde edilmiştir. Ancak çarpık dağılıma geçildiğinde ise 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çoklu atama yöntemlerine ilişkin hata miktarlarının kayıp veri oranı arttıkça ciddi bir şekilde arttığı görülmektedir. En önemli artış kayıp veri oranının 0.20 ve örneklem büyüklüğünün 500 olduğu orta düzeyde yapısındadır. Bu koşulda normal dağılımda MI yöntemleri ile elde edilen hata miktarları 0'a yakın olarak elde edilmişken çarpık dağılımda PMM yöntemi için 0.85 civarında, CART yöntemi için 0.80'den yüksek ve norm yöntemi için ise 0.50'ye yakın olarak elde edilmiştir. NORM yöntemi bu koşulda diğer çoklu atama yöntemleri içinde en iyi performans gösteren yöntemdir. Örneklem büyüklüğünün 1000 ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu orta düzey ve çarpık dağılımda ise MI yöntemlerinin hata miktarları düşmektedir ve en büyük düşüş PMM ve CART yöntemleri için elde edilmiş olup NORM yöntemi için kestirilen hata miktarı 500 örneklemdeki aynı koşula göre çok azdır. Ayrıca orta düzeyde veri yapısı ve çarpık dağılımda elde edilen diğer bir önemli bulgu ise küçük örneklerde kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu durumlar için EM yöntemi ile kestirilen hata miktarının en az olduğu elde edilmiştir. Buna ek olarak FIML yöntemi küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında hata miktarı önemli bir şekilde artmıştır. Orta düzey veri yapısı ve normal dağılımda küçük örneklem büyüklüğünde en az hatayı FIML yöntemi kestirmiştir. Normal dağılımda kestirilen hata miktarı çarpık dağılımda kestirilen hata miktarlarına göre tüm yöntemler için daha az elde edilmiştir. Yanlılık için bulgular da hata miktarlarına benzer elde edilmiştir sadece değerler farklılık göstermekte ancak elde edilen sonuçlar değişmemektedir.

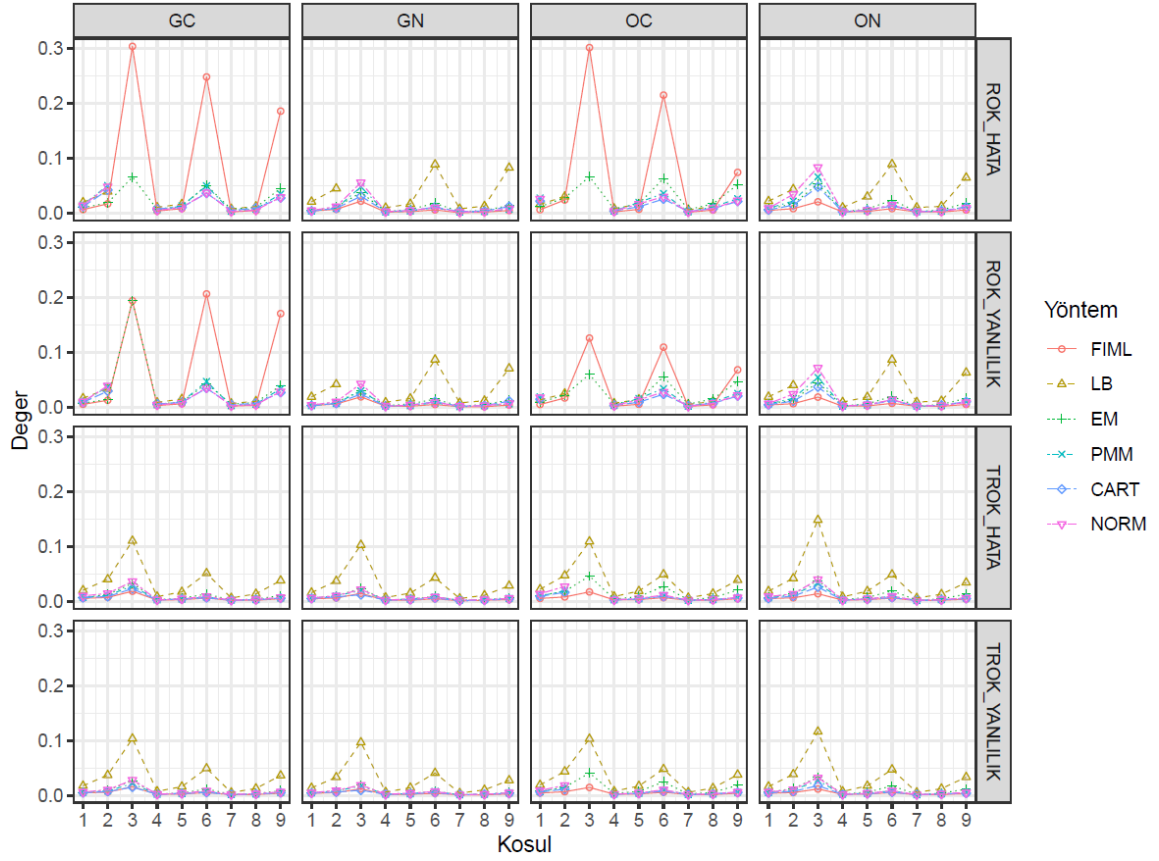
TROK ve ROK kayıp veri mekanizmalarında TLI uyum indekslerine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise çoklu atama yöntemleri için küçük örneklem, 0.20 kayıp veri oranı güçlü ve normal dağılım gösteren veri yapısında TSK

yöntemine göre ROK yönteminde kestirilen hata miktarı artmıştır. Bu koşulda TROK mekanizmasında 0'a yakın hata miktarları kestirilirken ROK mekanizmasında 0.30-0.50 aralığında kestirim yapılmıştır. Ayrıca aynı veri yapısında 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında TROK'a göre artışı önemlidir. Güçlü ve çarpık dağılımda da kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında TROK'a göre artmıştır. Küçük örneklem büyüklüğünde 0.20 kayıp veri oranının olduğu bu veri yapısında FIML ve EM yöntemlerine ilişkin hata miktarı ile 0.10 kayıp veri oranının olduğu aynı veri yapısında MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında önemli şekilde artmıştır. Zayıf ve normal veri yapısı karşılaştırıldığında liste bazı yöntemi için benzer bulgular elde edilmiştir. Güçlü yapıdaki normal dağılımdan farklı olarak orta düzeyde yapıda küçük örneklem büyüklüğünde 0.10 ve üzeri kayıp veri oranının olduğu koşulda MI yöntemleri ile kestirilen ROK mekanizmasında elde edilen hata miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarına göre önemli düzeyde artış göstermiştir. Son olarak zayıf ve çarpık dağılımda ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında daha yüksektir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında ise EM ve FIML yöntemleri ile kestirilen hata miktarlarında ROK mekanizmasında artış olmuştur. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

#### **Araştırma Problem 4'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500, 1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve MAR) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden elde edilen uyum indekslerinden SRMR değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?”*

SRMR uyum indeksine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 7'de gösterilmiştir. TROK ve ROK veri mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 7 SRMR Uyum İndeksine Göre Hata Miktarı ve Yanıllık Grafiği

### TROK Mekanizmasında SRMR Bulguları

Tamamıyla rassal kayıp (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem liste bazında yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örnekleme ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve 0.10-0.15 arasında elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 olduğu koşullar için tüm örnekleme büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.10 civarında elde edilmiştir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemleri ile beklenti maksimizasyonu yönteminin (EM) performansları da güçlü veri yapısında en çok olabilirlik yöntemine benzer olarak elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklemlerde liste bazı hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı 0'a yakın elde edilmiştir. SRMR uyum indeksi için örnekleme büyüklüğü 500 ve 1000 arasında yöntemlere göre farklı kayıp veri oranlarında hata miktarlarının ve yanıllık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında küçük örnekleme büyüklüğünde yöntemlere göre farklılık olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısı ve

normal dağılımda liste bazı yöntemi kayıp veri oranı arttıkça giderek artmıştır ancak diğer yöntemlere göre kayıp veri oranı arttıkça önemli bir artış olmamıştır. Orta düzeyde veri yapısında hata miktarları güçlü veri yapısındaki koşullara göre benzer olup küçük örneklem büyüklüğünde az da olsa farklılık görülmektedir. 100 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranı koşulu için orta düzeyde yapısı ve çarpık dağılımda beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemi en fazla hata içeren ikinci yöntem olarak elde edilmiş ancak hata miktarı 0.05'lerde olduğu için yüksek bir hata olmadığı söylenebilir. SRMR için çoklu atama yöntemleri ile elde edilen hata miktarları veri yapısında ya da dağılıma göre değişkenlik göstermeyip FIML ile benzer performansta çalışmıştır. Yanıllık sonuçları da bu veri mekanizmasında benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında SRMR Bulguları**

ROK kayıp veri mekanizmasında farklı koşullarda hata miktarları farklı yöntemler için en fazla olarak elde edilmiştir. Bu veri mekanizmasında hem güçlü hem de orta düzeyde veri yapısında yöntemlerin performansları arasında farklılık elde edilmiştir. FIML yöntemi diğer uyum indekslerinde olduğu gibi performansı en yüksek olan yöntem olarak elde edilmemiştir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.10'a yakın elde edilmiştir. Güçlü ve çarpık dağılımda ise en çok hata FIML yöntemi ile kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde elde edilmiş olup küçük örneklem büyüklüğünde elde edilen hata miktarı 0.30'dur. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu bu veri yapısında örneklem büyüklüğü arttıkça FIML ile kestirilen hata miktarı ise düşmüş olup 1000 örneklem büyüklüğünde 0.20'den daha azdır. Bu veri yapısında MI yöntemleri ile beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemleri ile kestirilen hata tüm koşullarda 0'a yakın olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında da dağılımlara göre elde edilen bulgular güçlü veri yapısındakine benzerdir. Zayıf ve normal veri yapısında güçlü veri yapısında ve normal dağılımda elde edilen hata miktarları ile karşılaştırıldığında benzer düzeyde olup liste bazı çalıştığı durumlar için en yüksek hatayı kestirmiştir. Orta düzey ve normal dağılımda küçük örneklem ve büyük kayıp veri oranında MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarında artış vardır ancak bu artış çok da yüksek değildir. Orta düzey ve çarpık dağılımda FIML yöntemi kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde en çok hatayı kestiren yöntemdir. Diğer yöntemlere göre çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı güçlü veri yapısındakine



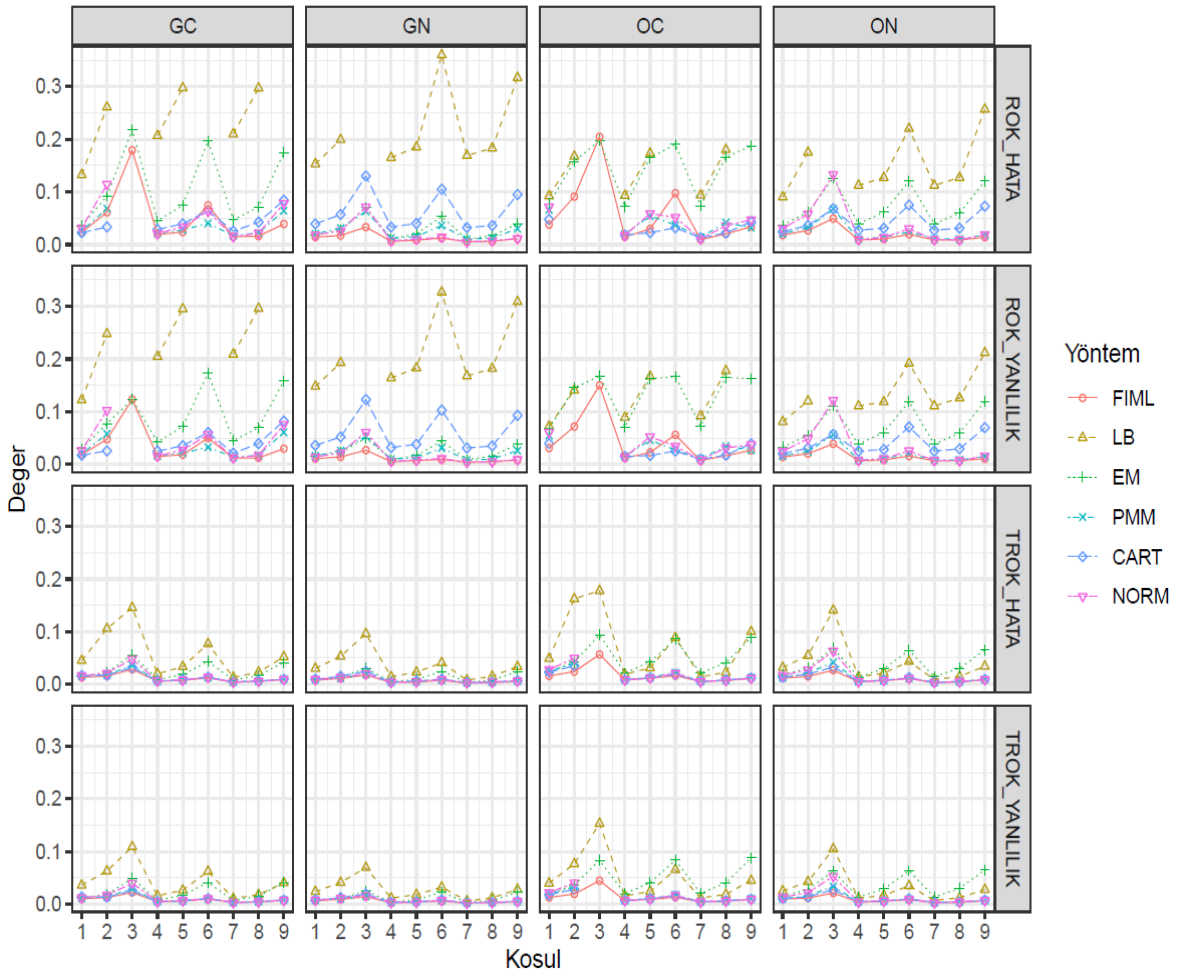
benzerdir. Yanlılık düzeylerine göre de elde edilen bulgular benzer olup söylenebilecek tek farklılık zayıf ve çarpık dağılımda FIML yöntemi ile elde edilen yanlılık değerleridir. Aynı koşuldaki hata miktarından daha az yanlılık değeri elde edilmiştir. Yani yanlılığı en yüksek olan FIML olup değeri hata miktarından daha düşüktür.

TROK ve ROK mekanizmalarında SRMR uyum indekslerine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise en belirgin fark FIML yöntemi için elde edilmiş olup çarpık dağılımlarda ROK mekanizmasında bu yöntem ile kestirilen hata miktarı kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullar için en fazla olmuştur. TROK mekanizmasında küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranındaki güçlü ve çarpık dağılımda FIML yönteminin kestirdiği hata miktarı 0.05'ler de iken ROK mekanizmasında 0.30'lara çıkmıştır. Diğer yöntemlere göre ise SRMR uyum indeksi için kestirilen hata miktarları arasında TSK ve ROK örüntülerinde belirgin fark bulunmamaktadır. Çoklu atama (MI) yöntemleri SRMR kestirimlerinde çalıştığı tüm koşullarda en az hata içeren yöntemler olarak elde edilmiştir. Yanlılık sonuçları da iki kayıp veri örüntüsü için hata miktarları ile benzer olarak elde edilmiştir.

### **Araştırma Problem 5'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve MAR) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile elde edilen faktör yükleri değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?”*

Faktör yüklerine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 8'de gösterilmiştir. TROK ve ROK mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 8 Faktör Yüklerine Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği

### TROK Mekanizmasında Faktör Yükleri Bulguları

Tamamıyla rassal dağılım (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem liste bazında yöntemi ile bazı durumlar için beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için elde edilen en fazla hata miktarı 0.15 olup EM yöntemi için en fazla 0.10'dan daha az olarak elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi ile EM yöntemleri olup benzer yanlılık düzeylerine sahiptir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) yöntemi güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemleri çalıştığı tüm koşullarda FIML ile benzer olarak elde edilmiştir. Güçlü veri yapısında 500 ve 1000 örneklerde tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı 0'a yakın elde edilmiştir. Güçlü veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde yöntemlere göre farklılık olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında her iki dağılımda da liste bazı

yöntemi kayıp veri oranı arttıkça giderek artmıştır ancak çarpık dağılımdaki artış miktarı daha fazla olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde veri yapısında hata miktarları benzer düzeyde olarak elde edilmiştir yani orta düzeyde yapısı bu veri mekanizmasında faktör yüklerini kestirmede önemli bir faktör olmadığı söylenebilir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren veri yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklemlerde EM yöntemi tarafından kestirilen hata miktarı en fazladır ve 0.05 düzeyindedir. Ancak liste bazı yöntemi de bu koşulda EM yöntemine çok yakın hata miktarı kestirmiştir. Çoklu atama yöntemleri arasında faktör yüklerini kestirmede ise farklılık yoktur ve 0'a yakın olarak elde edilmiştir. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında Faktör Yükleri Bulguları**

Rassal kayıp (ROK) mekanizmasının olduğu durumlarda farklı koşullarda hata miktarları liste bazı yönteminin çalıştığı tüm koşullarda en fazla hata kestiren yöntem olarak elde edilmiştir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazı yönteminin kestirdiği en yüksek hata miktarı 0.30-0.35 olarak elde edilmiştir. Bu veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.05 olduğu tüm koşullar için liste bazı ile kestirilen hata miktarı 0.10-0.15 arasında elde edilmiştir. CART yönteminin kestirdiği hata miktarı güçlü ve normal dağılımda 0.20 kayıp veri oranında tüm örneklem büyüklüklerinde 0.10 civarında elde edilmiştir. NORM çoklu atama yöntemi ise FIML yöntemi ile 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki güçlü ve normal veri yapısında en iyi performans gösteren iki yöntem olup hata miktarı tüm koşullarda 0'a yakın olarak elde edilmiştir. Güçlü ve çarpık dağılımda ise yöntemler arasında farklılıklar elde edilmiştir. FIML yöntemi genel olarak en az hata içeren yöntem olmasına rağmen çarpık dağılımdan etkilenmiş ve küçük örnekleme kayıp veri oranı arttıkça hata miktarında ki artış büyüktür. FIML yöntemi için 100 örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranı 0.10'dan 0.20'ye gittikçe hata miktarı yaklaşık 3 katına çıkmıştır. Liste bazından sonra tüm koşullarda en çok hata kestirilen yöntem ise EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Özellikle kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklemlere ilişkin çarpık dağılımda EM tarafından kestirilen hata miktarı 0.20 düzeyinde elde edilmiştir. Orta düzeydeki veri yapısında ise liste bazı yönteminin çalıştığı koşullarda en yüksek hata bu yöntem ile kestirilmiş olup 0.20 düzeyindedir. Orta düzeyde yapısında hem normal hem de çarpık dağılım için liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı güçlü veri yapısında aynı koşulda elde edilen

hata miktarından daha düşük olarak elde edilmiştir. Faktör yüklerinin düşmesiyle liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı da düşmüştür ancak diğer yöntemleri için veri zayıfladıkça hata miktarları birbirine benzer ya da artış görülmektedir. Beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemi orta düzeydeki veri yapısında hatayı en fazla kestiren diğer bir yöntem olarak elde edilmiş olup normal dağılımda en fazla 0.10 düzeyinde çarpık dağılımda ise 0.20 düzeyine çıkmış olup yaklaşık iki kat artış göstermiştir. Örneklem büyüklüğünün 500 ve 1000 olduğu koşullarda orta düzeyde normal dağılım gösteren veri yapısında FIML, PMM ve NORM benzer hata miktarları göstermiş olup CART yöntemi özellikle 0.20 kayıp veri oranında hata miktarı bu yöntemlere göre artmıştır. Çarpık dağılımda küçük örneklem büyüklüğünde liste bazı hariç yöntemlerin faktör yüklerine göre hata miktarında az da olsa artış vardır. FIML yöntemi orta düzeyde veri yapısında çarpık dağılımdan etkilenmiş ve 100 örneklem ile 0.20 kayıp veri yapısında 0.20 düzeyinde hata miktarı ile kestirim yapmıştır. Ayrıca 500 örneklem büyüklüğünde 0.20 kayıp veri oranında MI yöntemleri FIML yönteminden daha iyi performans gösterip hatayı daha az kestirmiştir. Yanlılık sonuçları da bu örüntüde elde edilen hata sonuçlarına benzer olarak elde edilmiştir.

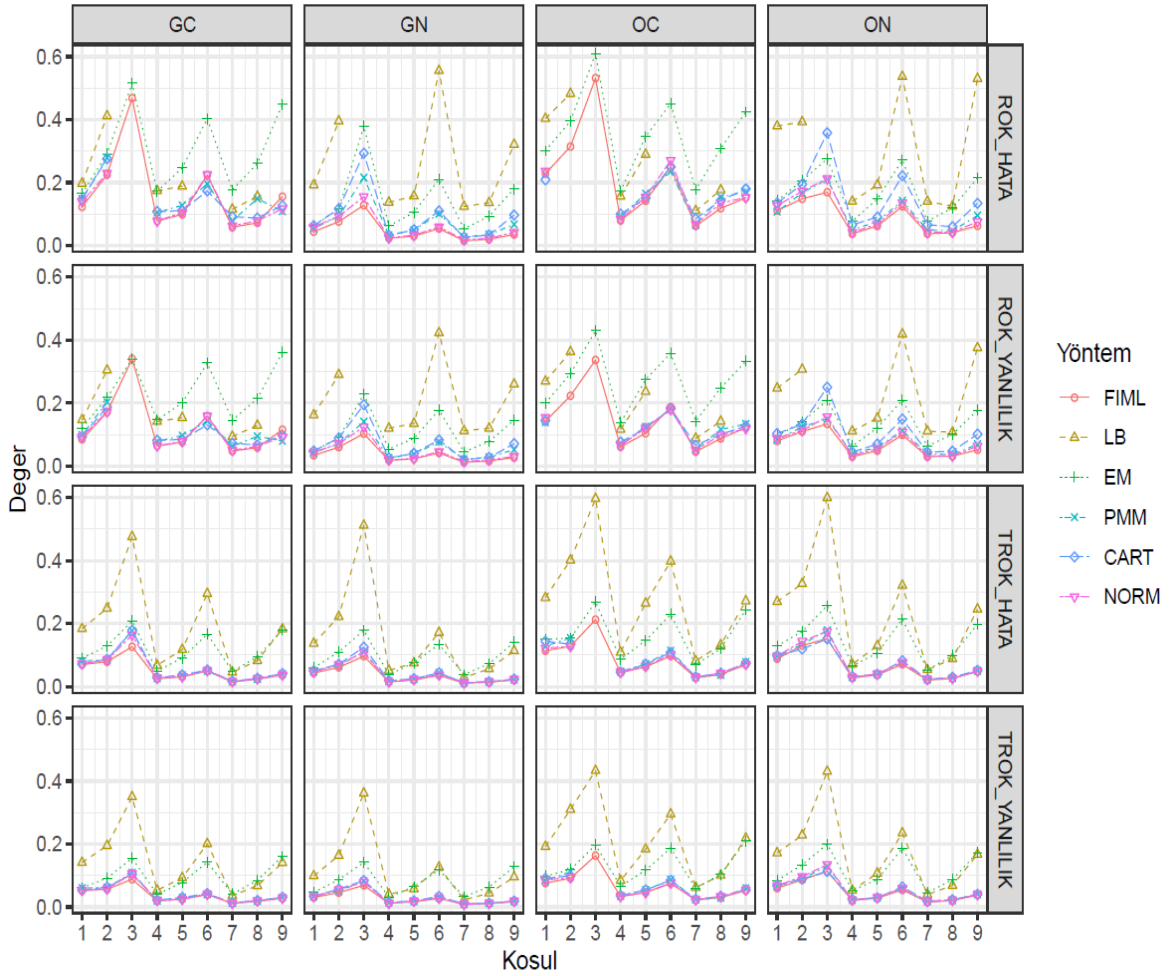
TROK ve ROK örüntülerinde faktör yüklerine göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise tüm yöntemler için ROK mekanizmasında hata miktarları genel olarak artış göstermiştir. Liste bazı yöntemi artışın en çok olduğu yöntem olup ROK veri mekanizmasında güçlü veri yapısında 4-5 kat aralığında artış olmuştur. Güçlü veri yapısı ve normal dağılımda bir önemli artış ise CART yöntemi için olmuş olup ROK veri mekanizmasında hata miktarı 0.10'un üzerine çıkmıştır ancak bu yöntem TROK mekanizmasında aynı koşulda kestirilen hata miktarı ise 0'a yakındır. 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde PMM ve NORM ile kestirilen hata miktarları iki veri mekanizmasında da hatayı az kestirmiştir sadece çarpık dağılımda ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda 0.10'a yaklaşık değerler ile kestirim elde edilmiştir. Ayrıca 100 örneklem, 0.20 kayıp veri oranındaki güçlü ve çarpık veri yapısında FIML yönteminin ROK veri mekanizmasında kestirdiği hata miktarı TROK mekanizmasına göre de ciddi artış göstermiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerindeki güçlü ve çarpık dağılıma sahip koşullarda EM yöntemi ile kestirilen hata miktarı da ROK mekanizmasında TROK'a göre artışı önemlidir. Orta düzeydeki veri yapısında da hem normal hem de çarpık değerler için benzer

bulgular elde edilmiş olup normal dağılımı için beklenti maksimizasyonu yöntemi 0.20 kayıp veri oranlarında ROK veri mekanizmasındaki hata miktarındaki artış büyüktür. Çarpık dağılımda ise FIML yöntemi kayıp veri oranının 0.20 olduğu 100 ve 500 örneklem büyüklüklerinde ROK veri mekanizmasında kestirdiği hata miktarı daha fazladır. Çoklu atama yöntemleri genel olarak hem ROK hem de TROK veri mekanizmasında faktör yüklerine ilişkin hatayı kestirmede bu yöntemlerin çalıştığı koşullarda az hatalı kestirim yapmıştır. Orta düzeyde çarpık veri dağılımında MI yöntemleri iki veri mekanizmasında da benzer performans gösterirken, normal veri dağılımında ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklemde NORM yöntemi ile kestirilen hata miktarı ile 500 ve 1000 örneklemde CART yöntemiyle kestirilen hata miktarı ROK veri mekanizmasında büyük artış göstermiştir.

### **Araştırma Problem 6'ya İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve MAR) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile elde edilen F12 yol katsayısı değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?”*

F12 yol katsayısı değerlerine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 9'da gösterilmiştir. TROK ve ROK mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 9 F12 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği

### TROK Mekanizmasında F12 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular

Tamamıyla rassal dağılım (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem liste bazında yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve en fazla 0.60 düzeyinde elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.40'a yakın elde edilmiştir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. Ancak çoklu atama (MI) yöntemleri ile yönteminin (EM) performansları da güçlü veri yapısında en çok olabilirlik yöntemine benzer olarak elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklemde liste bazı ve beklenti maksimizasyonu yöntemleri hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı en az elde edilmiştir. F12 yol katsayısı için örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 arasında FIML ve MI yöntemlerinin farklı kayıp veri oranlarında hata miktarlarının ve

yanlılık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde yöntemlere göre farklılık olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısı ve normal dağılımda liste bazı yöntemi kayıp veri oranı arttıkça giderek artmış ve yaklaşık 3 katına çıkmıştır. Güçlü veri yapısı normal ve çarpık dağılım incelendiğinde hata miktarları yöntemlere göre benzer düzeyde elde edilmiş olup normal dağılımda 500 ve 1000 örneklem büyüklüğünde liste bazı yöntemi ile elde edilen hata miktarı çarpık dağılıma göre önemli bir şekilde azalmıştır. Liste bazı yönteminden sonra tüm örneklem büyüklüklerinde kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu çarpık ve normal dağılım için ise beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemi hata miktarının en fazla olduğu yöntem olarak elde edilmiştir ve maksimum 0.20 olarak elde edilmiştir. Hata miktarı örneklem büyüdükçe azalmıştır. Orta düzeyde veri yapısında hata miktarları değişkenlik göstermektedir. Öncelikle küçük örneklem büyüklüğünde yöntemler tarafından kestirilen hata ve yanlılık miktarı güçlü veri yapı ile karşılaştırıldığında tüm yöntemler için arttığı görülmektedir. En fazla artış ise liste bazı yöntemi ile elde edilmiştir. Güçlü yapı ile benzer şekilde EM yöntemi ise en fazla hata elde edilen ikinci yöntem olarak elde edilmiş olup 0.20'den fazla elde edilmiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu orta düzeyde yapısında tüm örneklemelerde hata miktarı en fazladır. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında F12 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular**

Rassal kayıp (ROK) mekanizmasının olduğu durumlarda farklı koşullarda hata miktarları farklı yöntemler için en fazla olarak elde edilmiştir. Bu veri mekanizmasında en az hata içeren yöntemler ise FIML ile MI yöntemleri olarak elde edilmiştir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.55'e yakın elde edilmiştir. Güçlü veri yapısında liste bazı yöntemi için küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.05 ve 0.10 olduğu durumda hata miktarları arasında artış 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki artıştan daha fazla elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının 0.10'dan 0.20'ye çıktığı güçlü veri yapısı ve normal dağılımda hata miktarları liste bazı yöntemi için yaklaşık 5 katına çıkmıştır. Güçlü ve normal dağılıma sahip veri yapısında ise EM yöntemi hata miktarı en fazla olan ikinci yöntemdir. Bu veri yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde MI

yöntemleri arasında da farklılıklar elde edilmiştir. CART yöntemi küçük örneklem büyüklüğünde en fazla hata elde edilen MI yöntemi olurken NORM yöntemi ise FIML ile birlikte en az hata elde edilen yöntem olmuştur. Örneklem büyüklüğü arttıkça tüm yöntemler için elde edilen hata miktarları azalmıştır. Güçlü ve çarpık dağılım incelendiğinde ise hata miktarı genel olarak tüm yöntemler için artmıştır. Beklenti maksimizasyonu yöntemi çalıştığı koşullarda liste bazı yönteminden daha fazla hata kestirmiştir. Çarpık dağılımdan en çok etkilenen yöntem olduğu söylenebilir. NORM yöntemi çalıştığı koşullarda FIML ile birlikte en az hata elde edilen yöntem olmuştur. Küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında güçlü ve çarpık dağılımda FIML ile kestirilen hata miktarı 0.40 ve üzerinde elde edilmiştir. Aynı koşulda normal dağılımda elde edilen hata miktarının 2 katına çıkmıştır. Dolayısıyla çarpık dağılım özellikle küçük ve yüksek kayıp veri oranında FIML yöntemini etkilediği söylenebilir. Orta düzeyde yapısında ise genel olarak hem çarpık hem de normal dağılımda hata miktarı güçlü yapıya göre tüm yöntemler için artış göstermiştir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde 0.20 kayıp veri oranında kestirilen hata miktarları 0.20-0.40 arasında elde edilmiş olup CART yöntemi ile elde edilen hata miktarı en fazladır. En az hata ise FIML, PMM ve NORM yöntemleri elde edilmiştir. Küçük örneklemde 0.10 ve daha az kayıp veri oranında liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı diğer yöntemlerle elde edilen hata miktarının yaklaşık 2 katı olup 0.40 düzeyinde elde edilmiştir. Orta düzeyde normal dağılımda kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda en fazla hata elde edilen yöntemler CART ve EM yöntemleri olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde yapısı ve çarpık dağılım incelendiğinde ise hata miktarı normal dağılıma göre tüm koşullarda artış göstermiştir. FIML ve EM yöntemleri küçük örneklemde ve büyük kayıp veri oranlarında bu veri yapısında çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı normal dağılımdakine göre önemli bir şekilde artmıştır ve çarpık dağılım bu iki yöntemi etkilediği söylenebilir. Ayrıca MI yöntemleri de bu veri yapısında çarpık dağılımdan etkilenmiştir. CART yöntemi ile çarpık dağılımdaki hata miktarı normal dağılıma göre çok değişkenlik göstermemiştir. Ancak PMM ve NORM yöntemleri ile elde edilen hata miktarı 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde 0.20 kayıp veri oranlarındaki çarpık dağılımdaki artışları önemli olarak elde edilmiş olup 500 örneklemdeki artışları daha fazladır. Ancak yine de en çok etkilenen yöntem EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Yanlılık sonuçları da benzer olarak elde edilmiştir.

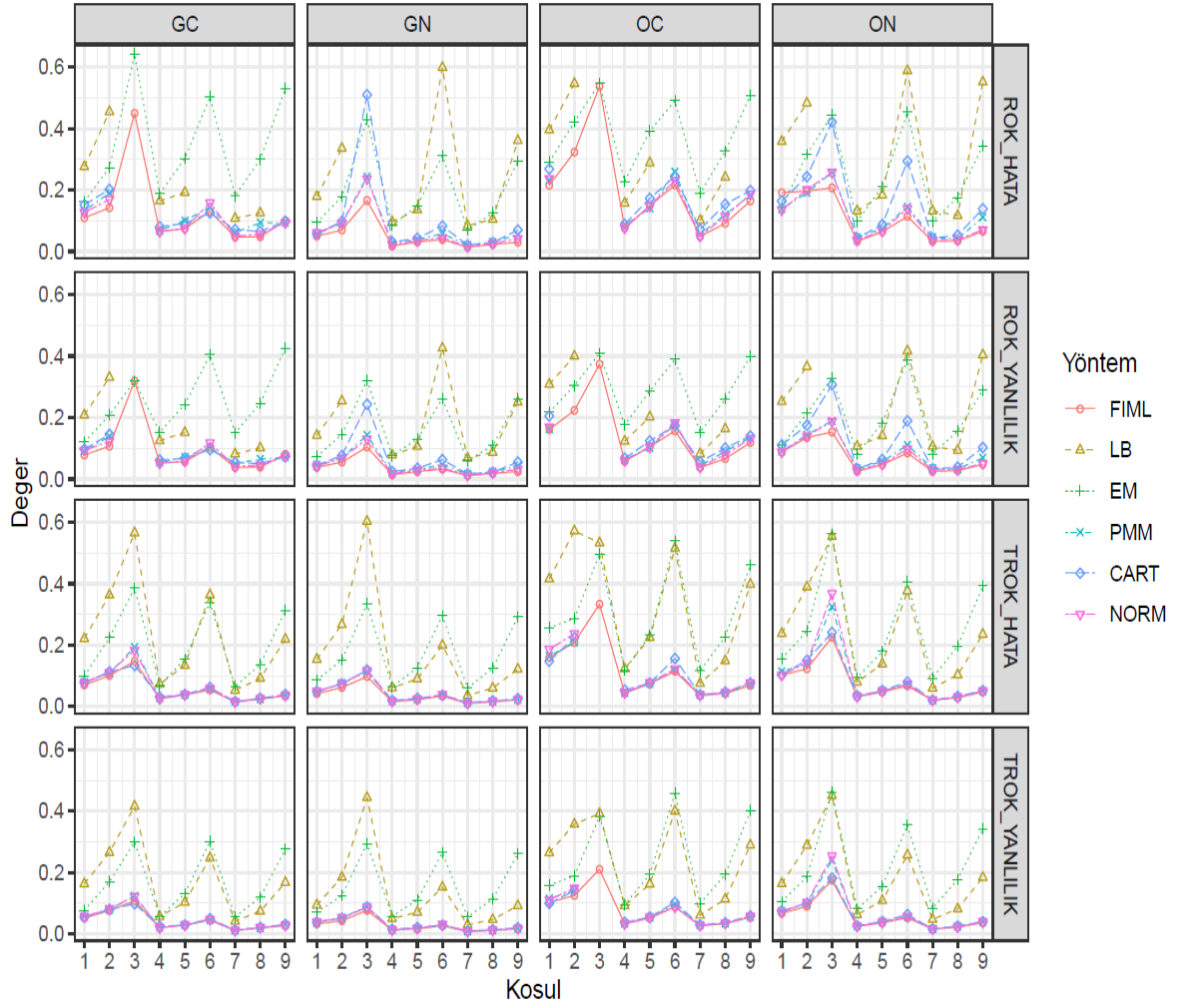


TROK ve ROK mekanizmasında F12 yol katsayısına göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında hem güçlü hem de orta düzeyde yapısı için ROK veri mekanizmasında kestirilen hata ve yanlışlık miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarından çoğunlukla daha fazladır. Güçlü ve normal dağılımlar karşılaştırıldığında liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı özellikle 500 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında ciddi bir şekilde arttığı söylenebilir. Ayrıca CART yöntemi ile elde edilen hata miktarı kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde ROK veri mekanizmasında artışı diğer önemli bir bulgudur. Ancak diğer yöntemler için her iki veri mekanizmasında güçlü ve normal dağılım için kestirilen hata miktarları benzerdir. Güçlü ve çarpık dağılımda iki kayıp veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda çalışan tüm yöntemler için ROK mekanizmasında ki artış önemlidir. FIML ve EM yöntemleri ile ROK mekanizmasında küçük örneklem ve büyük kayıp veri oranında elde edilen hata miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarının yaklaşık olarak 3 katıdır. EM yöntemi ile 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ROK veri mekanizmasında kestirilen hata miktarı TROK'a göre kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu tüm koşullarda büyük artış göstermiştir. Tüm çoklu atama yöntemleri 500 ve 0.20 kayıp veri olduğu koşulda ROK mekanizmasında kestirilen hata miktarı TROK'ya göre artışı önemlidir. Orta düzeyde yapısında da güçlü veri yapısındakine benzer bulgular elde edilmiştir sadece hata miktarı değerleri farklılık göstermektedir. Yanlılık sonuçları da her iki veri yapısı için benzerdir.

### **Araştırma Problem 7'ye İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500,1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve MAR) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile elde edilen F13 yol katsayısı değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlışlık (BIAS) nasıldır?”*

F13 yol katsayısı değerlerine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlışlık miktarlarına ilişkin grafik şekil 10'da gösterilmiştir. TROK ve ROK mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 10 F13 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanıllık Grafiği

### TROK Mekanizmasında F13 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular

Tamamıyla rassal kayıp (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem hem güçlü hem de orta düzeyde yapısı için liste bazı yöntemi ile birlikte EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve en fazla 0.60 düzeyinde elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.40'a yakın elde edilmiştir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) ve MI yöntemleri güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. 500 ve 1000 örneklemde liste bazı ve beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemleri hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı en az elde edilmiştir. F13 yol katsayısı için örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 arasında yöntemlere göre farklı kayıp veri oranlarında hata

miktarlarının ve yanlışlık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısı ve normal dağılımda liste bazı yöntemi küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranı arttıkça giderek önemli bir şekilde artmıştır. Güçlü ve normal dağılım gösteren koşulda liste bazı ile kestirilen hata miktarı FIML ve MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarının yaklaşık 3 katı, EM yöntemi ile kestirilen hata miktarının 2 katına yakın olarak elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinin tüm kayıp veri koşullarında EM yöntemi ile kestirilen hata miktarı liste bazı ile kestirilen hata miktarına benzer ya da daha fazla elde edilmiştir. BU iki yöntem arasındaki kestirilen hata miktarı en çok kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda farklılaşmıştır. Çarpık dağılımda ise tüm yöntemleri için hata miktarlarında artış olmuştur. Ancak genel olarak çarpık dağılımda kestirilen hata miktarları arasındaki farklılık liste bazı yöntemi hariç önemsiz olduğu söylenebilir. Liste bazı yöntemi küçük örnekleme her iki dağılımda da benzer düzeyde hata miktarı elde edilmiş olmasına rağmen kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı normal dağılıma göre önemli artış görülmektedir. Bundan dolayı EM yöntemi ile liste bazı yöntemi arasında normal dağılımda elde edilen hata miktarları arasındaki fark çarpık dağılımda azalmıştır çünkü EM yöntemi ile her iki dağılımda kestirilen hata miktarı tüm koşullarda benzer iken liste bazı yöntemi çarpık dağılımda daha yüksek hata elde edilmiştir. Orta düzeyde yapısı incelendiğinde ise en yüksek hata liste bazı yöntemi ile EM yöntemleri tarafından kestirilmiş olup güçlü yapıya benzer olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde yapıda tüm yöntemler için kestirilen hata miktarı tüm koşullarda güçlü yapıya göre artış göstermiştir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren veri yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklem büyüklüğünde NORM ve PMM yöntemleri ile kestirilen hata miktarı güçlü yapıdaki aynı koşula göre artış göstermiştir ve 0.20'den fazla olup CART yöntemi ile kestirilen hata miktarındaki artış ise 0.10 düzeyinde elde edilmiştir. Orta düzeyde yapıda elde edilen en önemli farklılık bu olup güçlü ve normal dağılım gösteren yapıdaki bulgulara benzer olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde çarpık dağılım incelendiğinde hata miktarı normal dağılıma göre özellikle kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda tüm yöntemler için artış göstermiştir. Çarpık dağılımdan bu veri yapısında FIML ve EM yöntemleri küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranının olduğu koşulda etkilenmiştir. Çoklu atama yöntemleri ise çarpık dağılımda hata miktarları artmasına rağmen çalıştığı tüm koşullarda normal

dağılıma göre olan hata miktarı artışı diğer yöntemler kadar büyük değildir. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında F13 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular**

Rassal kayıp (ROK) mekanizmasının olduğu durumlarda liste bazı, EM ve CART yöntemleri genel olarak en çok hata elde edilen yöntemler olarak elde edilmiştir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.60'a yakın elde edilmiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu güçlü ve normal dağılım gösteren küçük örneklem büyüklüğünde ise en çok hata elde edilen yöntem CART yöntemi olarak elde edilmiştir. Aynı koşulda liste bazı yöntemi için küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.05 ve 0.10 olduğu durumda hata miktarları arasında artış 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki artıştan daha fazla elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının 0.10'dan 0.20'ye çıktığı güçlü veri yapısı ve normal dağılımda hata miktarları liste bazı yöntemi için yaklaşık 6 katına çıkmıştır. Ayrıca güçlü ve normal dağılıma sahip veri yapısında EM yöntemi hata miktarı en fazla olan diğer yöntemdir. Hata miktarı özellikle kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde önemli bir şekilde EM yöntemi için arttığı söylenebilir. Güçlü ve çarpık dağılım incelendiğinde ise elde edilen en önemli fark hata miktarının 0.60'dan daha büyük elde edilmesidir. Tüm yöntemler için çarpık dağılımda elde edilen hata miktarları artış göstermesine rağmen en fazla olan artışlardan biri kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda EM yöntemi ile kestirilen hata miktarında elde edilen artıştır. Ayrıca küçük örneklem büyüklüğü ve 0.20 kayıp veri oranındaki çarpık dağılımda FIML ile kestirilen hata miktarında da önemli artış görülmekte olup normal dağılımdaki aynı koşuldaki hata miktarının 2 katına çıkmıştır. Dolayısıyla FIML yöntemi ise küçük örneklem büyüklüğünde çarpık dağılımdan etkilenmiştir. 500 ve 1000 örneklemde ise çarpık dağılım için MI ve FIML yöntemleri ile elde edilen hata miktarları arasındaki artış fazla değildir. Orta düzeyde yapısında ise genel olarak hem çarpık hem de normal dağılımda hata miktarı güçlü yapıya göre tüm yöntemler için artış göstermiştir. Orta düzeyde yapısında farklı örneklem büyüklüklerinde yöntemler arasında farklılıklar elde edilmiştir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklemde kestirilen en fazla hata miktarı CART ve EM yöntemleri elde edilmiştir. CART çoklu atama yöntemi orta düzeyde normal veri

yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 örneklem büyüklüğünde elde edilen hata miktarı güçlü veri yapısına göre artışı önemlidir. 1000 örneklem büyüklüğünde de orta düzeyde yapısında aynı yöntem için artış olmasına rağmen bu artış çok yüksek değildir. Orta düzeyde yapısında özellikle küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.10 ve daha az olduğu koşullarda FIML yönteminin performansı azalmış olup kestirilen hata miktarı 2 katına çıkmıştır. PMM ve NORM yöntemleri ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu örneklem büyüklüklerinde orta düzeyde yapısında güçlü yapıya göre önemli artış göstermiştir. Orta düzeyde yapısı ve çarpık dağılım incelendiğinde ise hata miktarı aynı veri yapısındaki normal dağılıma göre tüm koşullarda artış göstermiştir. FIML ve EM yöntemleri küçük örneklemde ve büyük kayıp veri oranlarında bu veri yapısında çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı normal dağılımdakine göre önemli bir şekilde artmıştır ve çarpık dağılım bu iki yöntemi etkilediği söylenebilir. FIML yöntemi küçük örneklem büyüklüğünde Orta düzeyde çarpık dağılımda kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olan koşullar için normal dağılıma göre hata miktarında önemli düzeyde artış olduğu; EM yöntemi için ise tüm kayıp veri oranlarında önemli düzeyde artış olduğu söylenebilir. NORM ve PMM yöntemleri için ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çarpık dağılımlarındaki artış önemlidir. CART yöntemi her iki dağılımda da diğer MI yöntemlerinden daha fazla hata miktarı kestirmiştir. Ancak yine de en çok etkilenen yöntem EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Yanlılık sonuçları da benzer olarak elde edilmiştir.

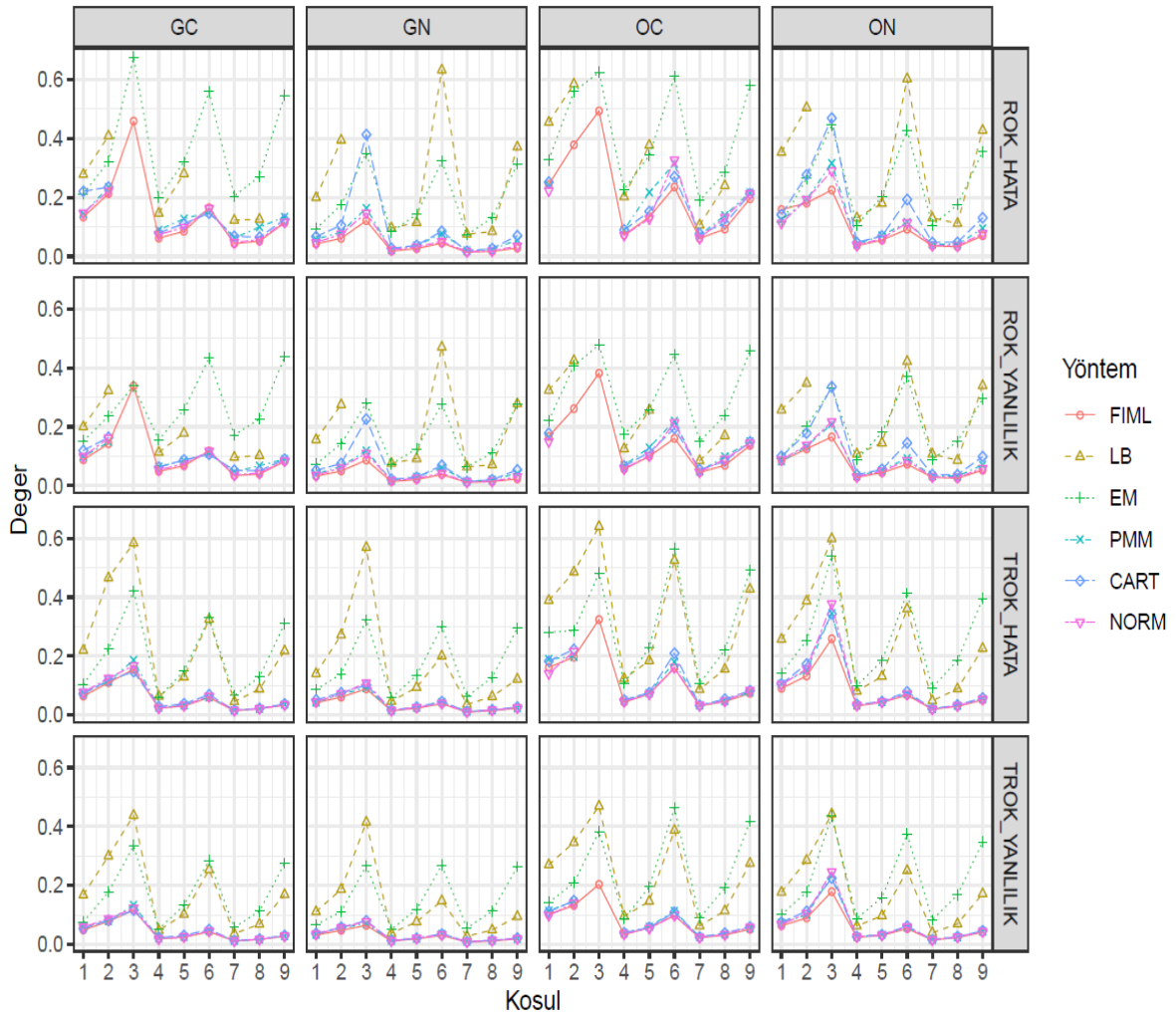
TROK ve ROK örüntülerinde F13 yol katsayısına göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında hem güçlü hem de orta düzeyde yapısı için ROK veri mekanizmasında kestirilen hata ve yanlılık miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarından çoğunlukla daha fazladır. Güçlü ve normal dağılımlar karşılaştırıldığında liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı özellikle 500 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında ciddi bir şekilde arttığı söylenebilir. Ayrıca EM ve CART yöntemi ile elde edilen hata miktarları kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklem büyüklüğündeki bu veri yapısında ROK mekanizmasında artışı diğer önemli bir bulgudur. Ancak diğer yöntemler için her iki veri mekanizmasında güçlü ve normal dağılım için kestirilen hata miktarları benzerdir. Güçlü ve çarpık dağılımda iki kayıp veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda çalışan tüm yöntemler için ROK mekanizmasında ki artış önemlidir. FIML ve EM ile

ROK mekanizmasında TROK'ya göre küçük örneklem ve büyük kayıp veri oranında elde edilen hata miktarında artış benzer düzeyde ve yüksektir. EM yöntemi ile 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ROK veri mekanizmasında kestirilen hata miktarı TROK'ya göre kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu tüm koşullarda büyük artış göstermiştir. Tüm çoklu atama yöntemleri için ise iki veri mekanizmasında güçlü ve çarpık dağılımda kestirilen hata miktarları arasında artış azdır. Orta düzeyde yapısında ve normal dağılımda güçlü yapıda elde edilen bulgudan farklı olarak CART ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında TROK'a göre kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı önemli düzeyde artmıştır. Liste bazı yöntemi kayıp veri oranının 0.20 olduğu bu veri yapısında 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ROK mekanizmasında en fazla hata elde edilen yöntem iken TS mekanizmasında ise en fazla hata kestirilen ikinci yöntemdir. Son olarak orta düzeyde çarpık dağılım için ise küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında FIML yöntemi ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında önemli derecede artış göstermiştir. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

### **Araştırma Problem 8'e İlişkin Bulgu ve Yorumlar**

*“Yapısal eşitlik modellerinde değişen örneklem büyüklüğü (100, 500, 1000), kayıp veri oranları (0.05, 0.10, 0.20), dağılım (normal, çarpık), veri yapısı (güçlü ve orta düzeyde yapı) ve kayıp veri örüntüsü (TROK ve MAR) durumlarına göre kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile elde edilen F23 yol katsayısı değerlerine göre hata düzeyleri (RMSE) ve yanlılık (BIAS) nasıldır?”*

F23 yol katsayısı değerlerine göre belirlenen koşullarda hata ve yanlılık miktarlarına ilişkin grafik şekil 11'de gösterilmiştir. TROK ve ROK mekanizmalarına göre ayrı ayrı bulgular verilmiş olup sonrasında bu iki örüntüye göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 11 F23 Yol Katsayısına Göre Hata Miktarı ve Yanlılık Grafiği

### TROK Mekanizmasında F23 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular

Tamamıyla rassal dağılım (TROK) gösteren durumlarda hata miktarının en fazla olduğu yöntem hem güçlü hem de orta düzeyde yapısı için liste bazı yöntemi ile birlikte EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Liste bazında silme yöntemi için 100 örneklem ve kayıp veri oranının 0.20 olduğu her iki dağılım ve her iki veri yapısında da hata miktarı en fazladır ve en fazla 0.60 düzeyinde elde edilmiştir. Kayıp veri oranı 0.20 için tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı en fazla olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde en yanlı yöntem liste bazı yöntemi olup en fazla 0.40'a yakın elde edilmiştir. Tam bilgi en çok olabilirlik yöntemi (FIML) ve MI yöntemleri güçlü veri yapısında hata miktarı en az olan yöntemdir. 500 ve 1000 örneklemde liste bazı ve beklenti maksimizasyonu (EM) yöntemleri hariç tüm yöntemler için tüm koşullarda hata miktarı en az elde edilmiştir. F23 yol katsayısı için örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 arasında yöntemlere göre farklı kayıp veri oranlarında FIML

ve MI yöntemleriyle elde edilen hata miktarlarının ve yanlılık düzeylerinin çok düşük olduğu söylenebilir. Güçlü veri yapısında liste bazı yöntemi küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranı arttıkça giderek önemli bir şekilde artmıştır. Güçlü ve normal dağılım gösteren koşulda liste bazı ile kestirilen hata miktarı küçük örneklem büyüklüğünde FIML ve MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarının yaklaşık 3 katı, EM yöntemi ile kestirilen hata miktarının 2 katına yakın olarak elde edilmiştir. Bu veri yapısında elde edilen önemli bir bulgu ise örneklem büyüdükçe liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı en fazla düşüş gösteren yöntemdir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinin tüm kayıp veri koşullarında EM yöntemi ile kestirilen hata miktarı liste bazı ile kestirilen hata miktarına benzer ya da daha fazla elde edilmiştir. Bu iki yöntem arasındaki kestirilen hata miktarı en çok kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda farklılaşmıştır. Çarpık dağılımda ise tüm yöntemleri için hata miktarlarında özellikle küçük örneklem büyüklüğünde olan artış önemlidir. Ancak genel olarak çarpık dağılımda kestirilen hata miktarları arasındaki farklılık liste bazı yöntemi hariç önemsiz olduğu söylenebilir. Liste bazı yöntemi küçük örneklemde her iki dağılımda da benzer düzeyde hata miktarı elde edilmiş olmasına rağmen kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı normal dağılıma göre önemli artış görülmektedir. Bundan dolayı EM yöntemi ile liste bazı yöntemi arasında normal dağılımda elde edilen hata miktarları arasındaki fark çarpık dağılımda azalmıştır çünkü EM yöntemi ile her iki dağılımda kestirilen hata miktarı tüm koşullarda benzer iken liste bazı yöntemi çarpık dağılımda daha yüksek hata elde edilmiştir. Orta düzeyde yapısı incelendiğinde ise en yüksek hata liste bazı yöntemi ile EM yöntemleri tarafından kestirilmiş olup güçlü yapıya benzer olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde yapıda tüm yöntemler için kestirilen hata miktarı tüm koşullarda güçlü yapıya göre artış göstermiştir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren veri yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklem büyüklüğünde MI yöntemleri ile kestirilen hata miktarı güçlü yapıdaki aynı koşula göre artış göstermiştir ve 0.20'den fazla olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde yapıda elde edilen en önemli farklılık bu olup güçlü ve normal dağılım gösteren yapıdaki bulgulara benzer olarak elde edilmiştir. Orta düzeyde çarpık dağılım incelendiğinde hata miktarı normal dağılıma göre özellikle kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda tüm yöntemlerde kestirilen hata miktarındaki artış önemlidir. Çarpık dağılımdan bu veri yapısında FIML ve EM yöntemleri küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranının olduğu koşulda etkilenmiştir.



Çoklu atama yöntemleri ise çarpık dağılımda hata miktarları artmasına rağmen çalıştığı tüm koşullarda normal dağılıma göre olan hata miktarı artışı diğer yöntemler kadar büyük değildir. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

### **ROK Mekanizmasında F23 Yol Katsayısına İlişkin Bulgular**

Rassal kayıp (ROK) örüntüsünün olduğu durumlarda liste bazı, EM ve CART yöntemleri genel olarak en çok hata elde edilen yöntemler olarak elde edilmiştir. Güçlü veri yapısı incelendiğinde normal dağılımda liste bazının çalıştığı koşullar için hata miktarı liste bazı yöntemi en çok hata elde edilen yöntemdir ve 0.60'a yakın elde edilmiştir. Kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklem büyüklüğünde ise en çok hata elde edilen yöntem CART yöntemi olarak elde edilmiştir. Aynı koşulda liste bazı yöntemi için küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.05 ve 0.10 olduğu durumda hata miktarları arasında artış 500 ve 1000 örneklem büyüklüğündeki artıştan daha fazla elde edilmiştir. 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü için kayıp veri oranının 0.10'dan 0.20'ye çıktığı güçlü veri yapısı ve normal dağılımda hata miktarları liste bazı yöntemi için yaklaşık 6 katına çıkmıştır. Ayrıca bu veri yapısında küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranı 0.10'dan 0.20'ye çıktığı durumda CART yöntemi tarafından kestirilen hata miktarı en fazladır. Güçlü ve çarpık dağılım incelendiğinde ise elde edilen en önemli fark hata miktarının 0.60'dan daha büyük elde edilmesi olup EM yöntemi ile kestirilen hata miktarı örneklem büyüklüğünün 500 ve 1000 olduğu tüm koşullar için en fazla hata elde edilen yöntem olmasıdır. Tüm yöntemler için çarpık dağılımda elde edilen hata miktarları artış göstermesine rağmen en önemli artış kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda EM yöntemi ile kestirilen hata miktarında elde edilen artıştır. Çarpık dağılım en fazla EM yönteminin performansını etkilemiştir. Ayrıca küçük örneklem büyüklüğü ve 0.20 kayıp veri oranındaki çarpık dağılımda FIML ile kestirilen hata miktarında da önemli artış görülmekte olup normal dağılımdaki aynı koşuldaki hata miktarının 2 katından daha fazla hata miktarı kestirilmiştir. Dolayısıyla FIML yöntemi ise küçük örneklem büyüklüğünde çarpık dağılımda etkilenmiştir. 500 ve 1000 örneklemde ise çarpık dağılım için MI ve FIML yöntemleri ile elde edilen hata miktarları arasındaki artış olmasına rağmen bu artış önemsizdir. Orta düzeyde yapısında ise genel olarak hem çarpık hem de normal dağılımda hata miktarı güçlü yapıya göre tüm yöntemler için artış göstermiştir. Orta düzeyde yapısında farklı örneklem büyüklüklerinde yöntemler arasında farklılıklar elde edilmiştir. Orta düzeyde normal dağılım gösteren

kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örnekleme kestirilen en fazla hata miktarı EM ve CART çoklu atama yöntemleri tarafından kestirilmiştir ve 0.50'ye yakındır. Orta düzeyde normal veri yapısında kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 örneklem büyüklüğünde EM ve CART yöntemleri ile elde edilen hata miktarındaki artış güçlü veri yapısına kıyasla önemlidir. Orta düzeyde yapısında özellikle küçük örneklem büyüklüğünde kayıp veri oranının 0.10 ve daha az olduğu koşullarda FIML yönteminin performansı güçlü yapıya göre azalmış olup kestirilen hata miktarı 2 katına çıkmıştır ancak yine en az hata kestirilen yöntem FIML yöntemi olarak elde edilmiştir. PMM ve NORM yöntemleri ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu örneklem büyüklüklerinde orta düzeyde yapısında güçlü yapıya göre önemli artış göstermiştir. Orta düzeyde yapısı ve çarpık dağılım incelendiğinde ise hata miktarı aynı veri yapısındaki normal dağılıma göre tüm koşullarda artış göstermiştir. FIML ve EM yöntemleri küçük örnekleme ve büyük kayıp veri oranlarında bu veri yapısında çarpık dağılımda elde edilen hata miktarı normal dağılımdakine göre önemli bir şekilde artmıştır ve çarpık dağılım bu iki yöntemi etkilediği söylenebilir. FIML yöntemi küçük örneklem büyüklüğünde Orta düzeyde çarpık dağılımda kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olan koşullar için normal dağılıma göre hata miktarında önemli düzeyde artış olduğu (0.50'ye yaklaştığı); EM yöntemi için ise tüm kayıp veri oranlarında önemli düzeyde artış olduğu söylenebilir. NORM ve PMM yöntemleri için ise kayıp veri oranının 0.20 olduğu 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde çarpık dağılımlarındaki artış önemlidir. CART yöntemi her iki dağılımda da diğer MI yöntemlerinden daha fazla hata miktarı kestirmiştir. Ancak yine de en çok etkilenen yöntem EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Yanlılık sonuçları da benzer olarak elde edilmiştir.

TROK ve ROK örüntülerinde F23 yol katsayısına göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında hem güçlü hem de orta düzeyde yapısı için ROK veri mekanizmasında kestirilen hata ve yanlılık miktarı TROK mekanizmasında elde edilen hata miktarından çoğunlukla daha fazladır. Güçlü ve normal dağılımlar karşılaştırıldığında liste bazı yöntemi ile kestirilen hata miktarı özellikle 500 örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında ciddi bir şekilde arttığı söylenebilir. Ayrıca EM ve CART yöntemi ile elde edilen hata miktarları kayıp veri oranının 0.20 olduğu küçük örneklem büyüklüğündeki bu veri yapısında ROK mekanizmasında artışı diğer önemli bir bulgudur. Ancak diğer yöntemler için her iki veri mekanizmasında

güçlü ve normal dağılım için kestirilen hata miktarları benzerdir. Güçlü ve çarpık dağılımda iki kayıp veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu koşullarda çalışan tüm yöntemler için ROK mekanizmasında ki artış önemlidir. FIML ve EM yöntemleri ROK mekanizmasında TROK'a göre küçük örneklem ve büyük kayıp veri oranında elde edilen hata miktarında artış benzer düzeyde ve yüksektir. EM yöntemi ile 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ROK veri mekanizmasında kestirilen hata miktarı TROK'a göre kayıp veri oranının 0.10 ve üzeri olduğu tüm koşullarda büyük artış göstermiştir. Tüm çoklu atama yöntemleri için ise iki veri mekanizmasında güçlü ve çarpık dağılımda kestirilen hata miktarları arasında artış azdır. Orta düzeyde yapısında ve normal dağılımda güçlü yapıda elde edilen bulgudan farklı olarak CART ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında TROK'a göre kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde hata miktarı önemli düzeyde artmıştır. Liste bazı yöntemi kayıp veri oranının 0.20 olduğu bu veri yapısında 500 ve 1000 örneklem büyüklüklerinde ROK mekanizmasında en fazla hata elde edilen yöntem iken TROK mekanizmasında ise en fazla hata kestirilen yöntem EM yöntemidir. Son olarak orta düzeyde çarpık dağılım için ise küçük örneklem ve 0.20 kayıp veri oranında FIML yöntemi ile kestirilen hata miktarı ROK mekanizmasında önemli derecede artış göstermiştir. Yanlılık bulguları da benzer olarak elde edilmiştir.

YEM modelinden elde edilen parametre kestirimlerine göre genellikle liste bazı yöntemi çalıştığı tüm koşullarda en yüksek hata ve yanlılık oluşturan yöntemdir. Dolayısıyla silme yöntemi olarak varsayılan olarak bulunan bu yöntemin kullanılmamasına yönelik olan literatürde var olan görüşleri desteklemektedir (Allison, 2003; Brown, 1994; Enders, 2010; Enders ve Bandalos, 2001; Little ve Rubin, 1987; Peugh ve Enders, 2004; Schafer ve Graham, 2002). TROK kayıp veri mekanizmasında liste bazında silme yöntemi ile elde edilen hata miktarı ve yanlılık ROK kayıp veri mekanizmasına göre genel olarak daha az elde edilmiştir. Enders ve Bandalos (2001) silme yöntemlerinin YEM'de parametre kestiriminde TROK mekanizmasında ROK mekanizmasına göre daha az yanlı parametre kestirimleri elde edildiğini belirtmiştir ve bu çalışmada liste bazı yöntemi ile elde edilen bulgular literatürü desteklemektedir. Liste bazı yönteminin performansını etkileyen başlıca faktörler kayıp veri oranının yüksek olması (0.20), verinin çarpık dağılması ve ROK

veri mekanizmasıdır. Faktör yükünün azalması ise liste bazı yönteminde etkili olmadığı söylenebilir.

Model veri uyumlarına göre incelendiğinde RMSEA ve SRMR için elde edilen hata ve yanlışlık miktarı CFI ve TLI uyum indekslerinden daha az elde edilmiştir. Genel olarak model veri uyumlarında ki-kare istatistiği ya da RMSEA uyum indeksleri kayıp veri ile baş etme yöntemleri ile incelenmiştir (Allison, 2003; Enders, 2001; Enders ve Bandalos, 2001; Li ve Lomax, 2016; Liu ve Sriutaisuk, 2019). RMSEA uyum indeksi için hem TROK hem de ROK kayıp veri mekanizmasında özellikle örneklem büyüklüğü küçük (N=100) ve kayıp veri oranı arttıkça hata ve yanlışlık miktarının arttığı görülmüştür ve bu uyum indeksi için bu çalışmada ele alınan koşullara göre önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Li ve Lomax (2016) örneklem büyüdükçe ve faktör yükü arttıkça RMSEA için yanlışlığın azaldığını ancak bu değişikliğin çok önemli olmadığını belirtmiştir. Ayrıca TROK veri mekanizması için faktör yükü ve veri dağılımı RMSEA kestiriminde yöntemlere göre önemli bir etki olmadığı belirtilmiştir. Bu yönüyle bu çalışmayı destekler niteliktedir. CFI ve TLI uyum indeksleri için veri yapısı ve veri çarpıklığı olabirlik yöntemleri ile MI yöntemlerinin performanslarını etkilemiştir. İşikoğlu ve Atar (2020) ölçme değişmezliği ile ilgili yaptığı çalışmada TROK kayıp veri mekanizmasında kayıp verinin %10 olduğu durumda EM yönteminin ve %20 olduğu durumda ise çoklu atama yönteminin en iyi çalışan yöntemler olduklarını belirtmiştir. Kayıp veri %10 olduğu durum için olabirlik yöntemleri en az yanlış olan yöntemler olması nedeniyle bu görüşü desteklerken, orta düzeyde faktör yapısının olduğu normal dağılımda ise %20 kayıp veri oranında ise MI yöntemlerinin performansları olabirlik yöntemlerinden daha kötüdür bu yönüyle farklıdır. ROK veri mekanizması için genel olarak çoklu atama yöntemlerinin daha iyi çalıştığına ilişkin görüşler yer alır (Allison, 2003; Baraldi ve Enders, 2010; Rubin, 1987; Schafer, 1999). Ancak model veri uyumlarında özellikle küçük örneklem büyüklüğünde FIML yöntemi CFI ve TLI için MI yöntemlerine göre daha iyi çalışmış ve MI yöntemleri ile elde edilen hata ve yanlışlık miktarı yüksektir. ROK veri mekanizmasında faktör yükünün azalması, verinin çarpıklaşması ve en büyük kayıp veri oranı (0.20) çoklu atama yöntemlerini etkilemiştir. Son olarak SRMR uyum indeksi için elde edilen sonuçlar RMSEA'ya benzer olup en az hata ve yanlışlık elde edilen uyum indeksidir. Bu uyum indeksi için ise elde edilen ve bu çalışmaya özgü olan en önemli bulgu ise ROK veri

mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu çarpık dağılımda FIML yöntemi en kötü yöntem olarak elde edilmiştir. Çoklu atama ve EM yöntemleri ile elde edilen hata ve yanlışlık miktarı ise bu koşullarda en iyi çalışan yöntemlerdir. Enders (2001b) yaptığı çalışmada normal olmayan veri dağılımının ise standart hataların negatif olarak elde edilmesinden ötürü olabilirlik yöntemlerini ve özellikle FIML yöntemini negatif etkilediğini belirtmiştir. SRMR uyum indeksi için FIML yöntemi ile elde edilen bu sonuç literatürü desteklemektedir.

Faktör yüklerini kestirmede ise TROK' kayıp veri mekanizması için FIML ve MI yöntemlerinin en iyi yöntemler olduğu elde edilmiştir ancak ROK veri mekanizmasında veri yapısı, dağılım, küçük örneklem ve yüksek kayıp veri oranı yöntemler arasında farklılığa sebep olmuştur. Güçlü veri yapısında ve normal dağılımda çoklu atama yöntemlerinden CART kayıp veri oranının en yüksek olduğu tüm örneklem büyüklüğünde en fazla hatayı veren modern yöntem olup EM yöntemi ise güçlü veri yapısı çarpık dağılım ile orta düzey veri yapısı normal ve çarpık dağılımda en yüksek kayıp veri oranına ilişkin tüm örneklem büyüklüğünde ise en yanlış sonuç veren modern yöntem olarak elde edilmiştir. Li ve Lomax (2016) EM yönteminin verinin normal dağıldığı koşullarda bile kayıp veriye olan duyarlılığından dolayı en yanlış yöntem sonuçlar verdiğini belirtmiştir. FIML yöntemi ise ROK veri mekanizmasında faktör yüklerini kestirmede en yansız yöntem olarak elde edilmiştir. Faktör yükünü kestirmede olabilirlik yöntemleri arasında farklılıklar gözlenmiştir. Bu yönüyle model veri uyumunda elde edilen sonuçlardan farklılık göstermektedir. Son olarak yol katsayıları incelendiğinde faktör yüklerine göre hata ve yanlışlık miktarının tüm koşullarda arttığı görülmektedir. TROK için en iyi çalışan yöntem FIML ve MI olup EM yöntemi ise en yanlış modern yöntem olarak elde edilmiştir. Özellikle kayıp veri oranı artması yol katsayılarında EM yönteminin performansını negatif yönde etkilemiştir. ROK veri mekanizmasında ise kayıp veri oranının en yüksek olduğu koşullarda FIML yöntemleri MI'a göre daha iyi performans göstermiştir.

Son olarak model veri uyumları, faktör yükleri ve yol katsayıları için ele alındığında FIML yönteminin genel olarak hem TROK hem de ROK veri mekanizmalarında normal dağılıma sahip güçlü ve orta düzey veri yapısında en iyi seçenek olduğu görülmüştür. Allison (2003) çoklu atama yöntemleri ile ilgili olarak uygulanması kolay ve her durumda kullanılabilir olduğunu, Olinsky vd., (2003) MI

yöntemlerinin YEM’de özellikle standart hataları kestirmede en iyi yöntem olduğunu ve bundan dolayı bu yöntemin FIML’ye göre kullanılması gerektiğini belirlemiştir. Ancak bu çalışmada MI yöntemleri küçük örneklem büyüklüğü, çarpık dağılım ve yüksek kayıp veri oranında çalışmadıkları görülmüş olup özellikle yol katsayılarına ilişkin parametre kestirimlerinde FIML’ye göre daha yanlı sonuçlar elde edilmiştir.

## Bölüm 5

### Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde araştırma problemlerinden elde edilen sonuçlar ile bu sonuçlara göre önerilere yer verilmiştir. Çalışmada ele alınan koşullar ve incelenen parametrelere göre ayrı ayrı sonuçlara yer verilmiştir.

#### Sonuçlar

Bu araştırmanın amacı FIML, EM, PMM, CART, NORM ve liste bazında silme kayıp veri ile baş etme yöntemleri değişen örneklem büyüklüğü, kayıp veri oranı, veri dağılımı, veri yapısı ve kayıp veri mekanizmalarında yapısal eşitlik modelindeki uyum indeksleri, faktör yükleri ve faktörler arasındaki yol katsayılarına göre elde edilen hata miktarı ve yanlılık düzeylerini incelemektir.

Yapısal eşitlik modelinde liste bazı ile silme yöntemi kayıp verinin 0.10'dan yüksek olduğu durumlarda her iki kayıp veri mekanizmasında da hata ve yanlılığı genel olarak en yüksek yöntem olarak elde edilmiştir. Kayıp veri oranının %5 olduğu durumlarda tüm parametre kestirimlerinde yöntemler benzer sonuçlar elde etmiştir. Ancak kayıp veri oranı %10 ve üzerinde olduğunda farklı parametreler için farklı yöntemler arasında belirgin farklılıklar elde edilmiştir. Kayıp veri oranı %10 ve üzerinde olduğunda YEM için olabilirlik ya da çoklu atama yöntemleri tercih edilmelidir. Sonuç olarak en ideal koşul güçlü faktör yapısındaki normal dağılıma sahip ve TROK veri mekanizması olup en kötü koşul ise orta güçlükte veri yapısı çarpık dağılım ve ROK veri mekanizması koşulu olarak elde edilmiştir.

Model veri uyumları için RMSEA ve SRMR için hata ve yanlılık en az, CFI ve TLI için ise en fazla elde edilmiştir. Ayrıca TROK mekanizmasında elde edilen hata ve yanlılık miktarı ROK mekanizmasında elde edilen hata ve yanlılık miktarına göre daha azdır. CFI ve TLI uyum indekslerinde çoklu atama yöntemleri ile elde edilen hata ve yanlılık miktarları, ROK veri mekanizmasında kayıp veri oranının %20 olduğu 500 örneklem ve çarpık dağılımda yüksek olarak bulunmuştur. 9 maddelik bir YEM modeli için 500 örneklem büyüklüğü yeterli olarak düşünüldüğünde kayıp veri oranı %20 olması ve çarpık dağılım olması MI yöntemleri ile kestirilen hata ve yanlılık miktarı 0.10 civarında ya da daha yüksek elde edilmiştir. Dolayısıyla çarpık dağılımda kayıp veri oranının yüksek olması örneklem büyüklüğü yeterince büyük

olsa dahi parametre kestirimlerinde hata miktarını FIML yöntemi kadar düşürmemiştir. Çarpık dağılımdan etkilenen bir diğer yöntem ise FIML olup SRMR uyum indeksi için ROK veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde önemli düzeyde hata ve yanlılık elde edilmiştir. Benzer durumda çoklu atama yöntemleri en iyi performans gösteren yöntemlerdir. Veri dağılımının çarpıklaşması ve yüksek kayıp veri oranı genel olarak model veri uyumlarında yöntemlerle kestirilen hata ve yanlılık miktarını artırmıştır.

Faktör yüklerine göre TROK veri mekanizmasında tüm koşullarda modern yöntemlerin performansları benzerdir. ROK veri mekanizmasında kayıp veri oranının 0.20 olduğu tüm örneklem büyüklüklerinde genel olarak en yanlı yöntem EM yöntemi olarak elde edilmiştir. Faktör yükleri için çoklu atama yöntemlerinden PMM ve NORM yöntemleri ile FIML yöntemleri en iyi performans gösteren yöntemlerdir.

Yol katsayıları ise genel olarak hatanın en fazla olduğu parametrelerdir. TROK veri mekanizmasında FIML yöntemi ile MI yöntemleri en az yanlı olan yöntem olup EM ise en çok yanlı olan modern yöntemdir. EM yöntemi için hata ve yanlılık miktarı en fazla 0.20 kayıp veri oranından tüm örneklem büyüklüğündeki koşullarda elde edilmiştir. ROK veri mekanizması için ise NORM yöntemi ile FIML yöntemi örneklem büyüklüğünün 500-1000 olduğu tüm koşullarda en az hatalı yöntemler olarak elde edilmiştir. ROK veri mekanizmasında en yanlı modern yöntem ise EM yöntemi olarak elde edilmiştir.

## **Öneriler**

### **Araştırma Sonuçlarına Yönelik Öneriler**

Bu bölümde bu araştırma sonuçlarına göre araştırmacı tarafından yapılan önerilere yer verilmiştir.

- YEM için kayıp veri oranı %5'den yüksek olduğunda, modern kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden biri kullanılması önerilmektedir.
- YEM ile kayıp veriyle baş etme yöntemleri ile ilgili çalışmalarda geleneksel yöntemlerden olan silme yöntemleri kullanılmaması önerilmektedir. Sadece kayıp veri oranının %5 olduğu koşullarda TROK kayıp veri mekanizmasında kullanılabilir.



- YEM için 100 örneklem büyüklüğü ve %20 kayıp veri oranında ROK veri mekanizmasında çoklu atama yöntemleri çalışmamaktadır. Dolayısıyla YEM'de kayıp veri ile baş etme yöntemlerinden çoklu atama yöntemleri kullanılacaksa, benzer sayıda değişken içeren modeller için 100 örneklem büyüklüğü yeterli olmayabilir.
- YEM'de tüm sonuçları en çok etkileyen iki önemli unsur veri dağılımı ile faktör yapısıdır. Çarpık dağılım ve faktör yapısının orta güçlükte olması yanlılık ve hata miktarını artırmaktadır. Maddeler için veri dağılımı kontrol edilmeli ve faktör yapısında faktör yükü yüksek olan maddeler için YEM modelleri tercih edilmelidir.
- Bu çalışmada üretilen YEM modeli için 500 ve 1000 örneklem büyüklüğü benzer sonuçlar vermiştir. Örneklem büyüklüğü büyüdükçe yöntemler arasında farklılıklar önemsizdir dolayısıyla olabilirlik ya da çoklu atama yöntemleri kullanılabilir.
- YEM'de ROK kayıp veri mekanizmasında, FIML yöntemi MI yöntemleri ile benzer performansta olup bazı koşullarda MI yöntemlerinden küçük örneklem büyüklüğünde hata miktarı ve yanlılığı daha az elde edilmiştir. Bundan dolayı YEM için ROK veri mekanizmasında FIML yöntemleri de kullanılabilir.
- YEM için veri dağılımının çarpıklaşması modern yöntemlerin performanslarını etkilemiştir. Veri dağılımı çarpık olduğunda, YEM'de farklı kayıp veri ile baş etme yöntemleri kullanılması önerilmektedir.
- FIML yöntemi sürekli verilerde olduğu gibi sıralı veriler için de yanlılığı ve hatası en az olan yöntemdir ve YEM'de kayıp veriyle baş etme yöntemlerinin de kullanılması önerilmektedir.
- Yol katsayıları ile faktör yüklerini kestirmede FIML ve MI yöntemleri tercih edilmesi önerilmektedir.

## **Araştırma Yapıcaklara Yönelik Öneriler**

Bu bölümde ise araştırma sonuçlarına göre bu konuda araştırma yapacak uygulamalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

- Bu araştırmada sağa çarpık bir evren korelasyon matrisinden veri üretilerek YEM modeli üretilmiş ve kayıp veri ile baş etme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Çarpıklığın solda olduğu durumlarda benzer koşullarda yöntemlerin performansları incelenebilir.
- Farklı bir YEM modeli için benzer koşullarda yöntemler arası karşılaştırmalar yapılabilir.
- MI yöntemleri 500 ve yüksek örneklem büyüklüklerinde çalışmakta olup çoğu koşulda FIML ile en az yanlı sonuçlar kestiren yöntemlerdir. Ancak faktör yükleri, yol katsayıları için MI yöntemlerinin kendi içlerinde de yüksek kayıp veri oranlarında farklılıklar elde edilmiştir. Bu farklılıklar farklı simülasyon çalışmalarında araştırılabilir.
- Benzer koşullarda gerçek veri üzerinden oluşturulan bir YEM modeli ile yöntemler arasında karşılaştırmalar yapılabilir.

## Kaynaklar

- Afifi, A. A. ve Elashoff, R. M. (1966). Missing Observations in Multivariate Statistics: I. Review of the Literature. *Journal of the American Statistical Association*, 61(315), 595-604. doi:10.2307/2282773
- Akbaş, U. ve Tavşancil, E. (2015). Farklı Örneklem Büyüklüklerinde ve Kayıp Veri Örüntülerinde Ölçeklerin Psikometrik Özelliklerinin Kayıp Veri Baş Etme Teknikleri ile İncelenmesi. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 6(1), 38-57. doi:10.21031/epod.26476
- Allison, P. D. (2003). Missing data techniques for structural equation modeling. *Journal of Abnormal Psychology*, 112(4), 545-557. doi:10.1037/0021-843X.112.4.545
- Arbuckle, J. L. (1996). Full information estimation in the presence of incomplete data. G. A. Marcoulides ve R. E. Schumacker (Ed.), *Advanced Structural Equation Modeling: Issues and Techniques* içinde (1st edition., ss. 243-277). Mahwah, N.J: Psychology Press.
- Babakus, E., Ferguson, C. E. ve Jöreskog, K. G. (1987). The Sensitivity of Confirmatory Maximum Likelihood Factor Analysis to Violations of Measurement Scale and Distributional Assumptions. *Journal of Marketing Research*, 24(2), 222-228. doi:10.2307/3151512
- Bagozzi, R. P. ve Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94. doi:10.1007/BF02723327
- Baraldi, A. N. ve Enders, C. K. (2010). An introduction to modern missing data analyses. *Journal of School Psychology*, 48(1), 5-37. doi:10.1016/j.jsp.2009.10.001
- Bennett, D. A. (2001). How can I deal with missing data in my study? *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 25(5), 464-469. doi:10.1111/j.1467-842X.2001.tb00294.x
- Bentler, P. M. ve Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606. doi:10.1037/0033-2909.88.3.588

- Bollen, K. A. (1989). Structural Equations with Latent Variables. *Structural Equations with Latent Variables* içinde (ss. 1-9). John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9781118619179.ch1
- Brick, J. M. ve Kalton, G. (1996). Handling missing data in survey research. *Statistical Methods in Medical Research*, 5(3), 215-238. doi:10.1177/096228029600500302
- Brown, R. L. (1994). Efficacy of the indirect approach for estimating structural equation models with missing data: A comparison of five methods. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 1(4), 287-316. doi:10.1080/10705519409539983
- Byrne, B. M. (1998). *Structural Equation Modeling With Lisrel, Prelis, and Simplis: Basic Concepts, Applications, and Programming*. New York: Psychology Press. doi:10.4324/9780203774762
- Cheema, J. R. (2014). A Review of Missing Data Handling Methods in Education Research. *Review of Educational Research*, 84(4), 487-508. doi:10.3102/0034654314532697
- Cheung, M. W.-L. (2007). Comparison of Methods of Handling Missing Time-Invariant Covariates in Latent Growth Models Under the Assumption of Missing Completely at Random. *Organizational Research Methods*, 10(4), 609-634. doi:10.1177/1094428106295499
- Chou, C. P., Bentler, P. M. ve Satorra, A. (1991). Scaled test statistics and robust standard errors for non-normal data in covariance structure analysis: A Monte Carlo study. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 44 ( Pt 2), 347-357. doi:10.1111/j.2044-8317.1991.tb00966.x
- Çokluk, Ö. B. ve Kayri, M. (2011). Kayıp değerlere yaklaşık değer atama yöntemlerinin ölçme araçlarının geçerlik ve güvenilirliği üzerindeki etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11(1), 289-309.
- Çüm, S. ve Gelbal, S. (2015). Kayıp Veriler Yerine Yaklaşık Değer Atamada Kullanılan Farklı Yöntemlerin Model Veri Uyumu Üzerindeki Etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(35), 87-111. doi:10.21764/efd.89074

- DiStefano, C. (2002). The Impact of Categorization With Confirmatory Factor Analysis. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9(3), 327-346. doi:10.1207/S15328007SEM0903\_2
- Dong, Y. ve Peng, C.-Y. J. (2013a). Principled missing data methods for researchers. *SpringerPlus*, 2(1), 222. doi:10.1186/2193-1801-2-222
- Dong, Y. ve Peng, C.-Y. J. (2013b). Principled missing data methods for researchers. *SpringerPlus*, 2(1), 222. doi:10.1186/2193-1801-2-222
- Enders, C. K. (2001). The impact of nonnormality on full information maximum-likelihood estimation for structural equation models with missing data. *Psychological Methods*, 6(4), 352-370.
- Enders, C.K. (2010). *Applied missing data analysis*. Applied missing data analysis (ss. xv, 377). New York, NY, US: Guilford Press.
- Enders, Craig K. ve Bandalos, D. L. (2001). The Relative Performance of Full Information Maximum Likelihood Estimation for Missing Data in Structural Equation Models. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 8(3), 430-457. doi:10.1207/S15328007SEM0803\_5
- Fan, X., Thompson, B. ve Wang, L. (1999). Effects of sample size, estimation methods, and model specification on structural equation modeling fit indexes. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 56-83. doi:10.1080/10705519909540119
- Feinberg, R. A. ve Rubright, J. D. (2016). Conducting Simulation Studies in Psychometrics. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 35(2), 36-49. doi:10.1111/emip.12111
- Finch, J. F., West, S. G. ve MacKinnon, D. P. (1997). Effects of sample size and nonnormality on the estimation of mediated effects in latent variable models. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 4(2), 87-107. doi:10.1080/10705519709540063
- Gana, K. ve Broc, G. (2019). Structural Equation Modeling with lavaan | Wiley. *Wiley.com*. 3 Aralık 2021 tarihinde <https://www.wiley.com/en-us/Structural+Equation+Modeling+with+lavaan-p-9781786303691> adresinden erişildi.

- Gerbing, D. W. ve Anderson, J. C. (1984). On the Meaning of within-Factor Correlated Measurement Errors. *Journal of Consumer Research*, 11(1), 572-580.
- Ginkel, J. R. V., Van der Ark, L. A., Sijtsma, K. ve Vermunt, J. K. (2007). Two-way imputation: A Bayesian method for estimating missing.
- Graham, J. W., Hofer, S. M. ve MacKinnon, D. P. (1996). Maximizing the Usefulness of Data Obtained with Planned Missing Value Patterns: An Application of Maximum Likelihood Procedures. *Multivariate Behavioral Research*, 31(2), 197-218. doi:10.1207/s15327906mbr3102\_3
- Graham, John W. (2009). Missing Data Analysis: Making It Work in the Real World. *Annual Review of Psychology*, 60(1), 549-576. doi:10.1146/annurev.psych.58.110405.085530
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. ve Black, W. C. (1995). *Multivariate Data Analysis: With Readings* (4th edition.). Englewood Cliffs, N.J.: Pearson College Div.
- Hogarty, K. Y., Hines, C. V., Kromrey, J. D., Ferron, J. M. ve Mumford, K. R. (2005). The Quality of Factor Solutions in Exploratory Factor Analysis: The Influence of Sample Size, Communalities, and Overdetermination. *Educational and Psychological Measurement*, 65(2), 202-226. doi:10.1177/0013164404267287
- Hoyle, R. H. (1995). *Structural Equation Modeling: Concepts, Issues, and Applications*. SAGE.
- Hu, L. ve Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. doi:10.1080/10705519909540118
- Işikoğlu, M. A. ve Atar, B. (2020). Investigation of the Effect of Missing Data Handling Methods on Measurement Invariance of Multi-Dimensional Structures. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 11(3), 312-324. doi:10.21031/epod.749370

- Jia, F. ve Wu, W. (2019). Evaluating methods for handling missing ordinal data in structural equation modeling. *Behavior Research Methods*, 51(5), 2337-2355. doi:10.3758/s13428-018-1187-4
- Jöreskog, K. G. ve Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language (ss. xvi, 202). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kahn, J. D. (2006). *Factor Analysis in Counseling Psychology Research, Training, and Practice: Principles, Advances, and Applications* -. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0011000006286347> adresinden erişildi.
- Kaplan, D. W. (2008). *Structural Equation Modeling: Foundations and Extensions* (2nd edition.). Los Angeles: SAGE Publications, Inc.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (4th Edition.). Guilford Publications.
- Kürşad, M. Ş. (2014). Sıklıkla kullanılan kayıp veri yöntemlerinin betimsel istatistik, güvenilirlik ve geçerlik açısından karşılaştırması. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Abant İzzet Baysal, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Lei, P.-W. (2007). Evaluating estimation methods for ordinal data in structural equation modeling. *Quality and Quantity*, 43(3), 495. doi:10.1007/s11135-007-9133-z
- Li, J. ve Lomax, R. G. (2016). Effects of Missing Data Methods in SEM Under Conditions of Incomplete and Nonnormal Data. *The Journal of Experimental Education*, 85(2), 231-258. doi:10.1080/00220973.2015.1134418
- Little, R. J. A. (1988). A Test of Missing Completely at Random for Multivariate Data with Missing Values. *Journal of the American Statistical Association*, 83(404), 1198-1202. doi:10.2307/2290157
- Little, R., J. A. ve Rubin, D., B. (1987). *Statistical Analysis with Missing Data*. *Statistical Analysis with Missing Data* içinde (ss. i-xv). New York: John Wiley. doi:10.1002/9781119013563.fmatter

- Liu, Y. ve Sriutaisuk, S. (2019). Evaluation of Model Fit in Structural Equation Models with Ordinal Missing Data: An Examination of the D2 Method. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 27(4), 561-583. doi:10.1080/10705511.2019.1662307
- Longford, N. T. (Ed.). (2005). Missing Data and Small-Area Estimation. *Missing Data and Small-Area Estimation: Modern Analytical Equipment for the Survey Statistician* içinde , Statistics for Social Science and Public Policy (ss. 143-171). London: Springer. doi:10.1007/1-84628-195-4\_6
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Preacher, K. J. ve Hong, S. (2001). Sample Size in Factor Analysis: The Role of Model Error. *Multivariate Behavioral Research*, 36(4), 611-637. doi:10.1207/S15327906MBR3604\_06
- MacCallum, Robert C., Browne, M. W. ve Sugawara, H. M. (1996). Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling. *Psychological Methods*, 1(2), 130-149. doi:10.1037/1082-989X.1.2.130
- McKnight, P. E., McKnight, K. M., Sidani, S. ve Figueredo, A. J. (2007). *Missing Data: A Gentle Introduction* (Illustrated edition.). New York: The Guilford Press.
- Muthen, B. ve Kaplan, D. (1992). A comparison of some methodologies for the factor analysis of non-normal Likert variables: A note on the size of the model. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 45(1), 19-30. doi:10.1111/j.2044-8317.1992.tb00975.x
- Muthén, B., Kaplan, D. ve Hollis, M. (1987). On structural equation modeling with data that are not missing completely at random. *Psychometrika*, 52(3), 431-462. doi:10.1007/BF02294365
- Myers, T. A. (2011). Goodbye, Listwise Deletion: Presenting Hot Deck Imputation as an Easy and Effective Tool for Handling Missing Data. *Communication Methods and Measures*, 5(4), 297-310. doi:10.1080/19312458.2011.624490
- Olinsky, A., Chen, S. ve 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. K., Harwell, Micheal. R., Liou, S. M. ve Ehman, L. H. (2006). Advances in missing data methods and implications for educational research. S. S. Sawilowsky (Ed.), *Real Data Analysis* içinde (ss. 31-78).
- Peugh, J. L. ve 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
- Raykov, T. ve Marcoulides, G., A. (2006). A First Course in Structural Equation Modeling. *Routledge & CRC Press*. 4 Aralık 2021 tarihinde <https://www.routledge.com/A-First-Course-in-Structural-Equation-Modeling/Raykov-Marcoulides/p/book/9780805855883> adresinden erişildi.
- Rhemtulla, M., Brosseau-Liard, P. É. ve Savalei, V. (2012). When can categorical variables be treated as continuous? A comparison of robust continuous and categorical SEM estimation methods under suboptimal conditions. *Psychological Methods*, 17(3), 354-373. doi:10.1037/a0029315
- Rigdon, E. E. ve Ferguson, C. E. (1991). The Performance of the Polychoric Correlation Coefficient and Selected Fitting Functions in Confirmatory Factor Analysis with Ordinal Data. *Journal of Marketing Research*, 28(4), 491-497. doi:10.2307/3172790
- Rubin, D., B. (1987). Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys. *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys* içinde (ss. i-xxix). John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9780470316696.fmatter
- Savalei, V. (2008). Is the ML Chi-Square Ever Robust to Nonnormality? A Cautionary Note With Missing Data. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 15(1), 1-22. doi:10.1080/10705510701758091
- Schafer, J. L. (1999). Multiple imputation: A primer. *Statistical Methods in Medical Research*, 8(1), 3-15. doi:10.1177/096228029900800102
- Schafer, J. L. ve Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, 7(2), 147-177.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. ve Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures, 8(2), 52.

- Schlomer, G. L., Bauman, S. ve Card, N. A. (2010). Best practices for missing data management in counseling psychology. *Journal of Counseling Psychology*, 57(1), 1-10. doi:10.1037/a0018082
- Schumacker, R. E. ve Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling, 3rd ed.* A beginner's guide to structural equation modeling, 3rd ed (ss. xx, 510). New York, NY, US: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Steiger, J. H. (1990). Structural Model Evaluation and Modification: An Interval Estimation Approach. *Multivariate Behavioral Research*, 25(2), 173-180. doi:10.1207/s15327906mbr2502\_4
- Sümer, N. (2000). Yapısal Eşitlik Modelleri: Temel Kavramlar ve Örnek Uygulamalar, 6(49), 49-74.
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics* (6th edition.). Boston: Pearson.
- van Buuren, S. (2018). *Flexible Imputation of Missing Data* (Sevcond Edt.). Chapman & Hall/CRC. <https://stefvanbuuren.name/fimd/> adresinden erişildi.
- Wilkinson, L. ve Task Force on Statistical Inference. (1999). Statistical Methods in Psychology Journals. *American Psychologist*, 11.
- Wolgast, A., Schwinger, M., Hahnel, C. ve Stiensmeier-Pelster, J. (2017). Handling missing data in structural equation models in R. A replication study for applied researchers. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 15(1), 5-45. doi:10.14204/ejrep.41.16125
- Wu, W., Jia, F. ve Enders, C. (2015). A Comparison of Imputation Strategies for Ordinal Missing Data on Likert Scale Variables. *Multivariate Behavioral Research*, 50(5), 484-503. doi:10.1080/00273171.2015.1022644

## EK-A: Tez Çalışmasında Kullanılan R Kodları

```
rm(list=ls())
```

```
install.packages("lavaan")
install.packages("GenOrd")
install.packages("mice")
install.packages("psych")
install.packages("semTools")
install.packages("moments")
install.packages("BaylorEdPsych")
install.packages("mvnmle")
install.packages("randomForest")
install.packages("mvdalab")
install.packages("Rcpp")
install.packages("Rtools")
library(lavaan)
library(GenOrd)
library(mice)
library(psych)
library(semTools)
library(moments)
library(BaylorEdPsych)
library(mvnmle)
library(randomForest)
library(mvdalab)
library(Rcpp)
library(Rtools)
```

```
Options (scipen = 999)
```

```
npop <- 500000 #evren büyüklüğü ve bu değer sabit olacak
```

```
#####~~~~~~Simülasyon Koşulları~~~~~~#####
```

```
NCat <- 1 ### Kategori sayısı 5
Thsd <- 1 ### threshold: 1 = simetrik, 2 = simetrik değil
N <- 100 ### örneklem 100,500,1000
MissMec <- 1 ### missing data mechanism: 1 = MCAR; 2 = MARH;
missper <- 0.05 ### kayıp veri oranı 0.05, 0.10 ve 0.20
replication <- 100 ###number of replikasyon
m<-10 ## çoklu atama sayısı
```

```
#####POPULASYON KOREASYON MATRİSİ ÜRETME#####
```

```
##### 1. Latent covaraince matrix#####
```

```
latent.b1 <- matrix(c(0.4,0.286), 2, byrow = TRUE)
latent.b23 <- matrix(c(0, 0, 0.286, 0), 2, byrow = TRUE) ##y B32
latent.rsv <- matrix(c(0.412, 0, 0, 0.378), 2) ##Artık korelasyon matrisi
```

```
latent.sigma.yy <- solve(diag(2) - latent.b23) %*% ((latent.b1 * 0.49) %*% t(latent.b1) + latent.rsv)
%*% t(solve(diag(2) - latent.b23))
latent.sigma.xx <- 0.49
latent.sigma.yx <- solve(diag(2) - latent.b23) %*% (0.49 * latent.b1)
latent.sigma.xy <- 0.49 * t(latent.b1) %*% t(solve(diag(2) - latent.b23))
latent.sigma.left <- rbind(latent.sigma.yy, latent.sigma.xy)
latent.sigma.right <- rbind(latent.sigma.yx, latent.sigma.xx)
latent.sigma <- cbind(latent.sigma.left, latent.sigma.right)
```

```
colnames(latent.sigma) <- c("f2", "f3", "f1")
rownames(latent.sigma) <- c("f2", "f3", "f1")
```

```

lambda.mx <- matrix(0, 9, 3)
lambda.mx[1:3, 1] <-1.142857
lambda.mx[4:6, 2] <-1.142857
lambda.mx[7:9, 3] <-1.142857
res.var <- rep(0.36, 9)

obs.sigma <- lambda.mx %*% latent.sigma %*% t(lambda.mx) + diag(res.var) ### pop cov
colnames(obs.sigma) <- c("x4", "x5", "x6", "x7", "x8", "x9", "x1", "x2", "x3")
obs.rho <- cov2cor(obs.sigma) ### os.rho populasyon kovaryans matrisi

```

**##### YEMMODELİ #####**

```

model <- "
# measurement model
    f1 =~ x1 + x2 + x3
    f2 =~ x4 + x5 + x6
    f3 =~ x7 + x8 + x9
# regressions
    f2 ~ f1
    f3 ~ f1 + f2

    f1 ~~ f1
    f2 ~~ f2
    f3 ~~ f3
"

```

```

fit <- sem(model, sample.cov = obs.sigma, sample.nobs = npop)
se<-summary(fit, standardized = TRUE, fit.measures = TRUE)

```

**##### Kayıp Veri Mekanizmaları #####**

```

MARFunction<-function(data, missper, N){per <- 1.5*missper sample.size=N

data[,c("x1")][order(data[,c("x3")], decreasing = T)[1:(sample.size*per)]] <- NA
data[,c("x2")][order(data[,c("x3")], decreasing = F)[1:(sample.size*per)]] <- NA
data[,c("x4")][order(data[,c("x6")], decreasing = T)[1:(sample.size*per)]] <- NA
data[,c("x5")][order(data[,c("x6")], decreasing = F)[1:(sample.size*per)]] <- NA
data[,c("x7")][order(data[,c("x9")], decreasing = T)[1:(sample.size*per)]] <- NA
data[,c("x8")][order(data[,c("x9")], decreasing = F)[1:(sample.size*per)]] <- NA

return(data)
}
CreateMCAR <- function(dat, missVars, missProp){
dat.miss <- dat
for (i in 1:length(missVars)){
dat.miss[sample(1: nrow(dat.miss), missProp*nrow(dat.miss)), missVars[i]] <- NA
}
return(dat.miss)
}

```

## #####Evren için Sıralama Ölçeğinde 5 Kategorili Veri Üretimi#####

```
cum.prob <- list(ord.dist5 = list(sym = c(0.07, 0.31, 0.69, 0.93),
                                       sasy = c(0.72, 0.82, 0.89, 0.99)))
ord.dist <- cum.prob[[NCat]][[Thsd]]
marginal <- rep(list(ord.dist),9)
obs.rho <- matrix(obs.rho, nrow=nrow(obs.rho), ncol=ncol(obs.rho))
set.seed(190528)
pop.ordinal <- ordsample(npop, marginal, obs.rho, cormat="continuous")
pop.ordinal <- as.data.frame(pop.ordinal)
colnames(pop.ordinal) <- colnames(obs.sigma)
```

```
fit.2 <- sem(model, data = pop.ordinal, mimic="Lavaan", estimator = "MLR")
output<-summary(fit.2, standardized = TRUE, fit.measures=TRUE)
```

**Her bir replikasyon için tam veri matrisinden elde edilen çıktılar ile eksik very matrisinden elde edilen çıktılar 8\*100'lük bir matrise yazdırılır.**

```
seed<- c(1:length(seedm))
#dongu icin bos matrislerin olusturulması
s=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
o=matrix(0,ncol = 1,nrow=length(seedm))
b=matrix(0,ncol = 1,nrow=length(seedm))
Fiml_res=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
Listwise=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
EM_res=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
PMM_res=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
Cart_res=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
norm_res=matrix(0,ncol = 8,nrow=length(seedm))
```

**#####Evrenden her bir koşul için 100 replikasyon yapılarak tam veri elde edilir. Elde edilen her bir veriden YEM modelinde araştırmada kullanılan çıktılar elde edilir ve sonuçlar yazdırılır. Elde edilen her bir veriden de kayıp veri mekanizmalarında eksik veri setleri elde edilir. #####**

```
for (i in 1:length(seedm)) {
  tryCatch({
    set.seed(seedm[i])
    print(paste("Seed noktası:",i))
    #set.seed(2562)
    ord <- pop.ordinal[sample(1:npop, N),]
    ord <- as.data.frame(ord)
    #o[i,]<-mean(round(skewness(ord),5))
    #b[i,]<-mean(round(kurtosi(ord),5))
    fit.sample <- sem(model, data = ord, mimic="Lavaan", estimator = "MLR")
    o.sample<-summary(fit.sample, standardized = TRUE, fit.measures=TRUE)
    #yukarıda tanımlanan s matrisinin her bir satırına her bir replikasyonu yazacak
    s[i,]<-c(o.sample$FIT[c('rmsea.scaled','cfi.scaled','tli.scaled',
                          'srmr')],mean(o.sample$PE$std.lv[1:9]), o.sample$PE$est[10:12])
    #s<-c(o.sample$FIT[c('rmsea.scaled','cfi.scaled','tli.scaled', 'srmr')],mean(o.sample$PE$std.lv[1:9]),
    o.sample$PE$est[10:12])
```



```

fit.pmm <- runMI(model, estimator="MLR",
               data=imp.pmm,
               fun="sem", miPackage = "mice")
PMM<-summary(fit.pmm, standardized = TRUE, fit.measures=TRUE)
PMM_fit<-fitmeasures(fit.pmm)
PMM_res[i,]<-c(c(PMM_fit["rmsea.scaled"],PMM_fit["cfi.scaled"],PMM_fit["tli.scaled"],
PMM_fit["srmr"]), mean(PMM$std.lv[1:9]), PMM$est[10:12])

fit.cart <- runMI(model, estimator="MLR",
               data=imp.cart,
               fun="sem", miPackage = "mice")
cart<-summary(fit.cart, standardized = TRUE, fit.measures=TRUE)
PMM_cart<-fitmeasures(fit.cart)
Cart_res[i,]<-c(c(PMM_cart["rmsea.scaled"],PMM_cart["cfi.scaled"],PMM_cart["tli.scaled"],
PMM_cart["srmr"]), mean(cart$std.lv[1:9]), cart$est[10:12])

fit.norm <- runMI(model, estimator="MLR",
               data=imp.norm,
               fun="sem", miPackage = "mice")
norm<-summary(fit.norm, standardized = TRUE, fit.measures=TRUE)
PMM_norm<-fitmeasures(fit.norm)
norm_res[i,]<-c(c(PMM_norm["rmsea.scaled"], PMM_norm["cfi.scaled"], PMM_norm["tli.scaled"],
PMM_norm["srmr"]), mean(norm$std.lv[1:9]), norm$est[10:12])

}, error=function(e){cat("ERROR :",conditionMessage(e), "\n")})
}

```

**Bu bölümde ise her bir matristen elde edilen çıktılar için hata ve yanlışlık hesaplanır.**

```

##### RMSE hesaplama#####
RMSE<-rbind(round(sqrt(colMeans((Fiml_res-s)^2)),7),round(sqrt(colMeans((Listwise-s)^2)),7),
            round(sqrt(colMeans((EM_res-s)^2)),7), round(sqrt(colMeans((PMM_res-s)^2)),7),
            round(sqrt(colMeans((Cart_res-s)^2)),7), round(sqrt(colMeans((norm_res-s)^2)),7))

result1= data.frame(yontem= c("Fiml","listwise","Em","PMM","Cart","norm"),RMSE)

colnames(result1)<-c("yontem","RMSEA","CFI","TLI","SRMR","FL","F12","F13","F23")

####Yanlılık Hesaplama#####
Bias<- rbind(colMeans(abs(Fiml_res-s)),colMeans(abs(Listwise-s)),
            colMeans(abs(EM_res-s)),colMeans(abs(PMM_res-s)),colMeans(abs(Cart_res-s)),
            colMeans(abs(norm_res-s)))

result2= data.frame(yontem= c("Fiml","listwise","Em","PMM","Cart","norm"),Bias)
colnames(result2)<-c("yontem","RMSEA","CFI","TLI","SRMR","FL","F12","F13","F23")

result<-data.frame(result1,result2)   ####hata ve yanlışlık birleştirilmiş sonuç elde edilir.

return(result)

```

## TÜM KOŞULLARA İLİŞKİN GRAFİKLER İSE ŞU ŞEKİLDE OLUŞTURULDU.

```
dat<-read.xlsx(file.choose(), sheetIndex = 1)
colnames(dat)[2] <- "Missingness"

koşul <- paste("c",sep="", 0:8)
k <- 8 # number of reg coefficients
koşul. <- c(rep(koşul[1],k), rep(koşul[2],k), rep(koşul[3],k),
            rep(koşul[4],k), rep(koşul[5],k), rep(koşul[6],k),
            rep(koşul[7],k), rep(koşul[8],k), rep(koşul[9],k))

dat[, "Koşul"] <- koşul.
dat$Missingness <- rep(c(rep("MCAR",4),rep("MAR",4)),9)
head(dat)
colnames(dat)[3] <- "Yapi"

colnames(dat)[4] <- "Measurement"

library(tidyr)
dt <- gather(dat, Yöntem, Değer, "FIML":"NORM", factor_key=TRUE)

dt$Koşul<- as.numeric(as.factor(dt$Koşul))
dt$Missingness <- as.factor(dt$Missingness)
dt$Yapi <- as.factor(dt$Yapi)
dt$Measurement <- as.factor(dt$Measurement)
dt$Yöntem <- as.factor(dt$Yöntem)

install.packages("ggplot2")
install.packages("ggpubr")
library(ggplot2)
library(ggpubr)

dt$MM <- paste(dt$Missingness,dt$Measurement,sep = "_")

#### all coefs-BW
ggplot(data=dt, aes(x=Koşul, y=Değer, colour=Yöntem #or Prior: however they wish
)) +
  xlab("Koşul") + ylab("Değer") +
  geom_point(aes(shape = Yöntem),size = 1.1) + geom_line(aes(linetype = Yöntem),size = .3) +
  scale_linetype_manual(values = 1:13) + scale_shape_manual(values=1:13) +
  theme(panel.grid.major = element_blank(),panel.grid.minor = element_blank())+
  scale_x_continuous(breaks = 1:10)+
  facet_grid(rows=vars(MM),cols = vars(Yapi))+
  theme_bw()
```



## EK-B: TROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,018	0,039	0,064	0,005	0,013	0,07	0,07	0,065
		LB	0,049	0,074	0,122	0,02	0,045	0,184	0,221	0,22
		EM	0,02	0,034	0,058	0,007	0,015	0,09	0,099	0,105
		PMM	0,024	0,052	0,086	0,007	0,015	0,081	0,079	0,077
		CART	0,025	0,042	0,078	0,006	0,016	0,072	0,078	0,073
		NORM	0,026	0,108	0,165	0,01	0,016	0,073	0,077	0,078
	Yüzde10	FIML	0,027	0,045	0,077	0,007	0,016	0,079	0,101	0,11
		LB	0,082	0,136	0,223	0,04	0,105	0,249	0,363	0,465
		EM	0,037	0,052	0,088	0,013	0,022	0,129	0,224	0,223
		PMM	0,032	0,063	0,116	0,011	0,018	0,085	0,108	0,114
		CART	0,039	0,047	0,127	0,009	0,017	0,086	0,113	0,118
		NORM	0,037	0,115	0,208	0,014	0,021	0,085	0,111	0,125
	Yüzde20	FIML	0,038	0,088	0,15	0,018	0,028	0,127	0,147	0,155
		LB	0,286	0,401	0,622	0,11	0,145	0,476	0,565	0,584
		EM	0,065	0,089	0,152	0,032	0,056	0,208	0,386	0,42
		PMM	0,041	0,215	0,388	0,028	0,036	0,177	0,194	0,187
		CART	0,05	0,182	0,396	0,023	0,032	0,178	0,134	0,147
		NORM	0,051	0,244	0,458	0,036	0,048	0,164	0,183	0,168
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,005	0,01	0,002	0,006	0,025	0,026	0,023
		LB	0,015	0,009	0,02	0,008	0,02	0,067	0,073	0,063
		EM	0,008	0,006	0,011	0,003	0,009	0,05	0,068	0,061
		PMM	0,008	0,005	0,012	0,003	0,006	0,027	0,027	0,025
		CART	0,007	0,004	0,011	0,003	0,006	0,028	0,031	0,029
		NORM	0,008	0,005	0,01	0,003	0,006	0,027	0,025	0,023
	Yüzde10	FIML	0,008	0,006	0,012	0,003	0,007	0,031	0,038	0,031
		LB	0,022	0,018	0,042	0,017	0,033	0,118	0,134	0,129
		EM	0,013	0,008	0,017	0,005	0,018	0,091	0,155	0,149
		PMM	0,009	0,005	0,016	0,004	0,008	0,036	0,039	0,034
		CART	0,009	0,006	0,017	0,004	0,008	0,037	0,039	0,038
		NORM	0,008	0,007	0,014	0,005	0,008	0,032	0,039	0,033
	Yüzde20	FIML	0,012	0,009	0,02	0,006	0,012	0,05	0,054	0,06
		LB	0,062	0,093	0,148	0,051	0,077	0,295	0,363	0,325
		EM	0,029	0,019	0,034	0,013	0,043	0,167	0,339	0,33
		PMM	0,011	0,008	0,033	0,008	0,013	0,05	0,057	0,061
		CART	0,013	0,008	0,032	0,006	0,013	0,053	0,062	0,069
		NORM	0,014	0,013	0,024	0,009	0,013	0,051	0,059	0,064
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,005	0,003	0,005	0,002	0,004	0,015	0,015	0,014
		LB	0,011	0,005	0,01	0,006	0,013	0,046	0,053	0,046
		EM	0,007	0,003	0,006	0,002	0,008	0,048	0,065	0,066
		PMM	0,006	0,003	0,006	0,002	0,004	0,017	0,016	0,016
		CART	0,005	0,003	0,006	0,002	0,004	0,017	0,016	0,016
		NORM	0,006	0,003	0,006	0,002	0,004	0,016	0,016	0,015
	Yüzde10	FIML	0,006	0,003	0,006	0,002	0,006	0,024	0,024	0,022
		LB	0,018	0,011	0,022	0,014	0,023	0,082	0,092	0,088
		EM	0,01	0,005	0,009	0,004	0,017	0,095	0,137	0,13
		PMM	0,006	0,003	0,008	0,003	0,006	0,025	0,024	0,022
		CART	0,006	0,003	0,008	0,003	0,006	0,026	0,027	0,023
		NORM	0,006	0,004	0,007	0,003	0,006	0,026	0,026	0,022
	Yüzde20	FIML	0,009	0,006	0,012	0,005	0,009	0,036	0,035	0,034
		LB	0,042	0,046	0,082	0,038	0,052	0,183	0,219	0,218
		EM	0,021	0,011	0,019	0,01	0,041	0,18	0,314	0,31
		PMM	0,01	0,005	0,016	0,006	0,01	0,04	0,036	0,036
		CART	0,01	0,005	0,015	0,006	0,009	0,041	0,039	0,038
		NORM	0,01	0,008	0,014	0,007	0,009	0,038	0,037	0,035

### EK-C: TROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23	
N=100	Yüzde 5	FIML	0,011	0,020	0,042	0,004	0,010	0,052	0,052	0,049	
		LB	0,038	0,048	0,090	0,017	0,036	0,142	0,164	0,168	
		EM	0,013	0,020	0,040	0,005	0,012	0,061	0,077	0,076	
		PMM	0,016	0,028	0,059	0,005	0,012	0,060	0,058	0,059	
		CART	0,017	0,023	0,056	0,005	0,013	0,055	0,055	0,054	
		NORM	0,014	0,034	0,064	0,006	0,012	0,054	0,057	0,059	
	Yüzde10	FIML	0,020	0,031	0,061	0,006	0,012	0,057	0,076	0,078	
		LB	0,071	0,105	0,181	0,037	0,063	0,195	0,266	0,300	
		EM	0,029	0,037	0,068	0,010	0,018	0,092	0,170	0,178	
		PMM	0,023	0,034	0,082	0,008	0,014	0,062	0,079	0,080	
		CART	0,029	0,032	0,103	0,007	0,013	0,062	0,080	0,082	
		NORM	0,024	0,048	0,096	0,010	0,017	0,058	0,082	0,087	
	Yüzde20	FIML	0,030	0,061	0,115	0,016	0,022	0,088	0,108	0,117	
		LB	0,268	0,364	0,563	0,104	0,109	0,350	0,416	0,438	
		EM	0,055	0,068	0,118	0,026	0,049	0,155	0,300	0,335	
		PMM	0,029	0,095	0,219	0,021	0,029	0,109	0,124	0,134	
		CART	0,036	0,069	0,257	0,015	0,025	0,105	0,098	0,116	
		NORM	0,037	0,131	0,249	0,028	0,040	0,106	0,122	0,123	
	N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,003	0,008	0,002	0,005	0,020	0,020	0,019
			LB	0,010	0,005	0,016	0,007	0,016	0,053	0,057	0,048
			EM	0,005	0,003	0,008	0,002	0,007	0,041	0,058	0,052
			PMM	0,004	0,003	0,010	0,002	0,005	0,021	0,022	0,021
			CART	0,004	0,002	0,009	0,002	0,005	0,022	0,025	0,023
			NORM	0,004	0,003	0,008	0,002	0,005	0,022	0,020	0,019
Yüzde10		FIML	0,005	0,003	0,010	0,002	0,006	0,025	0,029	0,024	
		LB	0,015	0,010	0,031	0,016	0,026	0,093	0,103	0,102	
		EM	0,009	0,005	0,013	0,004	0,017	0,078	0,132	0,133	
		PMM	0,005	0,003	0,013	0,003	0,006	0,029	0,029	0,026	
		CART	0,005	0,003	0,014	0,003	0,007	0,030	0,029	0,031	
		NORM	0,005	0,004	0,011	0,004	0,007	0,025	0,030	0,026	
Yüzde20		FIML	0,008	0,006	0,017	0,005	0,009	0,040	0,045	0,043	
		LB	0,048	0,061	0,110	0,049	0,062	0,201	0,248	0,254	
		EM	0,025	0,015	0,030	0,012	0,041	0,142	0,302	0,285	
		PMM	0,007	0,004	0,027	0,007	0,010	0,041	0,045	0,046	
		CART	0,007	0,004	0,026	0,005	0,010	0,043	0,050	0,050	
		NORM	0,009	0,008	0,020	0,008	0,011	0,041	0,048	0,045	
N=1000		Yüzde 5	FIML	0,003	0,002	0,004	0,001	0,003	0,012	0,012	0,012
			LB	0,008	0,003	0,009	0,005	0,011	0,036	0,042	0,036
			EM	0,005	0,002	0,005	0,002	0,007	0,041	0,057	0,058
			PMM	0,004	0,002	0,005	0,002	0,003	0,014	0,012	0,013
			CART	0,003	0,001	0,004	0,001	0,003	0,014	0,013	0,013
			NORM	0,004	0,002	0,004	0,002	0,003	0,013	0,012	0,013
	Yüzde10	FIML	0,004	0,002	0,005	0,002	0,004	0,019	0,020	0,017	
		LB	0,014	0,007	0,018	0,013	0,018	0,068	0,074	0,069	
		EM	0,008	0,003	0,007	0,003	0,015	0,085	0,119	0,113	
		PMM	0,004	0,002	0,007	0,003	0,005	0,020	0,020	0,017	
		CART	0,004	0,002	0,007	0,002	0,005	0,021	0,022	0,018	
		NORM	0,004	0,003	0,006	0,003	0,005	0,020	0,021	0,017	
	Yüzde20	FIML	0,007	0,004	0,010	0,004	0,007	0,028	0,027	0,028	
		LB	0,032	0,030	0,064	0,036	0,040	0,141	0,168	0,169	
		EM	0,018	0,009	0,016	0,008	0,040	0,161	0,277	0,276	
		PMM	0,006	0,003	0,013	0,005	0,008	0,031	0,030	0,029	
		CART	0,007	0,003	0,012	0,005	0,007	0,031	0,031	0,031	
		NORM	0,007	0,005	0,011	0,006	0,007	0,029	0,029	0,029	

## EK-Ç: TROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,019	0,011	0,024	0,005	0,007	0,043	0,042	0,042
		LB	0,038	0,034	0,063	0,016	0,030	0,137	0,154	0,141
		EM	0,021	0,013	0,028	0,006	0,009	0,060	0,086	0,086
		PMM	0,022	0,014	0,030	0,006	0,009	0,050	0,047	0,043
		CART	0,023	0,015	0,034	0,005	0,010	0,050	0,049	0,052
		NORM	0,019	0,012	0,030	0,006	0,009	0,046	0,050	0,045
	Yüzde10	FIML	0,023	0,018	0,035	0,006	0,011	0,061	0,062	0,061
		LB	0,074	0,104	0,171	0,037	0,053	0,222	0,267	0,272
		EM	0,031	0,021	0,041	0,010	0,014	0,110	0,152	0,140
		PMM	0,025	0,020	0,043	0,010	0,012	0,067	0,077	0,071
		CART	0,026	0,019	0,051	0,008	0,015	0,071	0,073	0,076
		NORM	0,025	0,022	0,045	0,010	0,013	0,070	0,074	0,072
	Yüzde20	FIML	0,031	0,035	0,065	0,014	0,017	0,097	0,097	0,089
		LB	0,309	0,434	0,684	0,103	0,096	0,512	0,603	0,569
		EM	0,058	0,045	0,079	0,023	0,030	0,178	0,334	0,323
		PMM	0,032	0,043	0,091	0,020	0,019	0,111	0,113	0,092
		CART	0,037	0,027	0,110	0,012	0,024	0,125	0,119	0,101
		NORM	0,035	0,044	0,104	0,022	0,020	0,109	0,117	0,110
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,002	0,004	0,002	0,003	0,015	0,016	0,015
		LB	0,012	0,005	0,011	0,007	0,014	0,051	0,061	0,047
		EM	0,010	0,003	0,005	0,002	0,005	0,037	0,065	0,058
		PMM	0,008	0,003	0,005	0,003	0,004	0,017	0,018	0,016
		CART	0,009	0,002	0,005	0,002	0,004	0,019	0,020	0,017
		NORM	0,007	0,002	0,004	0,002	0,004	0,015	0,017	0,016
	Yüzde10	FIML	0,008	0,003	0,006	0,002	0,004	0,021	0,022	0,023
		LB	0,019	0,011	0,022	0,015	0,023	0,075	0,090	0,094
		EM	0,014	0,004	0,008	0,004	0,009	0,076	0,126	0,135
		PMM	0,009	0,003	0,007	0,004	0,005	0,024	0,024	0,025
		CART	0,009	0,003	0,007	0,003	0,006	0,025	0,027	0,027
		NORM	0,009	0,003	0,008	0,004	0,005	0,023	0,024	0,026
	Yüzde20	FIML	0,011	0,004	0,009	0,005	0,007	0,036	0,034	0,039
		LB	0,054	0,049	0,084	0,043	0,041	0,172	0,200	0,201
		EM	0,024	0,008	0,015	0,009	0,025	0,134	0,296	0,300
		PMM	0,012	0,006	0,013	0,008	0,008	0,043	0,038	0,045
		CART	0,013	0,004	0,013	0,006	0,010	0,043	0,037	0,046
		NORM	0,011	0,005	0,012	0,008	0,009	0,038	0,039	0,040
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002	0,011	0,010	0,010
		LB	0,009	0,003	0,005	0,005	0,008	0,029	0,036	0,036
		EM	0,006	0,001	0,002	0,001	0,004	0,038	0,060	0,062
		PMM	0,005	0,001	0,002	0,002	0,003	0,012	0,011	0,012
		CART	0,006	0,001	0,003	0,001	0,003	0,012	0,013	0,012
		NORM	0,006	0,001	0,003	0,002	0,003	0,012	0,011	0,011
	Yüzde10	FIML	0,007	0,002	0,003	0,002	0,003	0,014	0,016	0,015
		LB	0,015	0,005	0,011	0,011	0,015	0,056	0,060	0,063
		EM	0,009	0,002	0,004	0,003	0,008	0,073	0,125	0,128
		PMM	0,006	0,002	0,003	0,003	0,004	0,016	0,017	0,017
		CART	0,007	0,001	0,004	0,002	0,004	0,015	0,018	0,018
		NORM	0,008	0,002	0,004	0,003	0,004	0,015	0,017	0,017
	Yüzde20	FIML	0,008	0,002	0,005	0,003	0,005	0,021	0,021	0,023
		LB	0,028	0,015	0,031	0,028	0,033	0,114	0,122	0,122
		EM	0,016	0,004	0,007	0,006	0,024	0,141	0,291	0,295
		PMM	0,009	0,003	0,006	0,005	0,006	0,022	0,023	0,023
		CART	0,009	0,002	0,007	0,004	0,007	0,024	0,025	0,027
		NORM	0,009	0,003	0,006	0,005	0,006	0,023	0,023	0,024

## EK-D: TROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,010	0,006	0,018	0,004	0,006	0,031	0,033	0,032
		LB	0,027	0,022	0,049	0,014	0,024	0,099	0,095	0,111
		EM	0,014	0,008	0,021	0,004	0,007	0,047	0,071	0,067
		PMM	0,014	0,009	0,023	0,005	0,008	0,034	0,038	0,034
		CART	0,015	0,009	0,027	0,004	0,008	0,035	0,039	0,037
		NORM	0,011	0,006	0,021	0,005	0,007	0,034	0,040	0,035
	Yüzde10	FIML	0,015	0,012	0,028	0,005	0,009	0,046	0,043	0,048
		LB	0,056	0,067	0,128	0,033	0,041	0,164	0,185	0,187
		EM	0,023	0,014	0,034	0,008	0,011	0,087	0,125	0,111
		PMM	0,015	0,012	0,033	0,008	0,010	0,051	0,053	0,056
		CART	0,016	0,010	0,039	0,006	0,012	0,057	0,051	0,058
		NORM	0,015	0,013	0,035	0,009	0,011	0,055	0,053	0,057
	Yüzde20	FIML	0,021	0,021	0,049	0,012	0,014	0,069	0,077	0,065
		LB	0,265	0,357	0,550	0,097	0,069	0,362	0,444	0,415
		EM	0,048	0,033	0,063	0,019	0,024	0,142	0,294	0,267
		PMM	0,022	0,025	0,071	0,017	0,015	0,082	0,089	0,070
		CART	0,023	0,015	0,097	0,009	0,019	0,084	0,088	0,081
		NORM	0,023	0,024	0,078	0,019	0,017	0,079	0,087	0,078
N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,001	0,003	0,002	0,003	0,012	0,013	0,012
		LB	0,008	0,003	0,009	0,006	0,011	0,041	0,050	0,038
		EM	0,006	0,002	0,004	0,002	0,004	0,031	0,058	0,051
		PMM	0,005	0,002	0,004	0,002	0,003	0,014	0,014	0,013
		CART	0,005	0,001	0,004	0,002	0,003	0,014	0,015	0,014
		NORM	0,004	0,001	0,004	0,002	0,003	0,012	0,014	0,013
	Yüzde10	FIML	0,005	0,002	0,005	0,002	0,004	0,017	0,017	0,019
		LB	0,013	0,006	0,018	0,014	0,018	0,058	0,071	0,077
		EM	0,010	0,003	0,007	0,003	0,008	0,065	0,111	0,119
		PMM	0,005	0,002	0,006	0,003	0,004	0,019	0,019	0,020
		CART	0,005	0,002	0,006	0,003	0,004	0,020	0,021	0,021
		NORM	0,006	0,002	0,006	0,004	0,004	0,019	0,018	0,021
	Yüzde20	FIML	0,008	0,003	0,008	0,004	0,006	0,027	0,027	0,031
		LB	0,041	0,031	0,066	0,041	0,032	0,127	0,153	0,148
		EM	0,021	0,006	0,012	0,007	0,023	0,118	0,265	0,269
		PMM	0,008	0,004	0,010	0,007	0,007	0,032	0,031	0,036
		CART	0,009	0,002	0,011	0,005	0,008	0,034	0,029	0,035
		NORM	0,007	0,003	0,009	0,007	0,007	0,029	0,031	0,033
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,009	0,008	0,008
		LB	0,006	0,001	0,004	0,004	0,006	0,023	0,030	0,028
		EM	0,004	0,001	0,002	0,001	0,003	0,033	0,055	0,056
		PMM	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,010	0,009	0,010
		CART	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,010	0,010	0,009
		NORM	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,009	0,009	0,009
	Yüzde10	FIML	0,005	0,001	0,002	0,001	0,003	0,012	0,012	0,012
		LB	0,011	0,003	0,009	0,010	0,012	0,044	0,047	0,049
		EM	0,007	0,001	0,003	0,002	0,007	0,064	0,114	0,113
		PMM	0,004	0,001	0,003	0,002	0,003	0,013	0,013	0,014
		CART	0,004	0,001	0,003	0,002	0,003	0,012	0,014	0,014
		NORM	0,005	0,001	0,003	0,002	0,003	0,012	0,013	0,014
	Yüzde20	FIML	0,005	0,001	0,004	0,002	0,004	0,017	0,017	0,019
		LB	0,021	0,009	0,024	0,027	0,028	0,095	0,092	0,095
		EM	0,013	0,003	0,006	0,005	0,023	0,128	0,261	0,264
		PMM	0,006	0,002	0,005	0,005	0,005	0,018	0,018	0,019
		CART	0,006	0,001	0,006	0,003	0,005	0,019	0,020	0,022
		NORM	0,006	0,002	0,005	0,005	0,005	0,019	0,018	0,020

## EK-E: TROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,021	0,064	0,133	0,005	0,016	0,114	0,160	0,162
		LB	0,048	0,138	0,284	0,022	0,049	0,282	0,415	0,389
		EM	0,030	0,087	0,191	0,010	0,023	0,150	0,256	0,281
		PMM	0,026	0,135	0,330	0,010	0,024	0,128	0,164	0,190
		CART	0,027	0,135	0,303	0,009	0,023	0,144	0,148	0,183
		NORM	0,029	0,140	0,260	0,014	0,028	0,122	0,186	0,140
	Yüzde10	FIML	0,029	0,116	0,206	0,008	0,024	0,128	0,209	0,196
		LB	0,086	0,266	0,460	0,047	0,162	0,402	0,571	0,485
		EM	0,042	0,092	0,210	0,018	0,042	0,153	0,286	0,287
		PMM	0,036	0,192	0,427	0,019	0,041	0,155	0,210	0,198
		CART	0,035	0,179	0,405	0,016	0,035	0,135	0,224	0,223
		NORM	0,044	0,252	0,528	0,027	0,049	0,128	0,237	0,216
	Yüzde20	FIML	0,036	0,223	0,541	0,017	0,057	0,213	0,333	0,324
		LB	0,272	0,401	0,702	0,109	0,178	0,597	0,533	0,640
		EM	0,083	0,248	0,461	0,046	0,094	0,269	0,496	0,482
		PMM								
		CART								
		NORM								
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,013	0,027	0,003	0,008	0,044	0,043	0,044
		LB	0,015	0,028	0,063	0,009	0,019	0,109	0,123	0,124
		EM	0,011	0,017	0,033	0,004	0,021	0,087	0,119	0,108
		PMM	0,007	0,013	0,031	0,003	0,008	0,048	0,045	0,050
		CART	0,008	0,014	0,031	0,003	0,008	0,046	0,054	0,051
		NORM	0,007	0,013	0,028	0,003	0,008	0,046	0,045	0,046
	Yüzde10	FIML	0,009	0,018	0,038	0,003	0,011	0,063	0,074	0,072
		LB	0,024	0,077	0,140	0,019	0,031	0,264	0,225	0,185
		EM	0,019	0,031	0,058	0,009	0,042	0,146	0,232	0,229
		PMM	0,010	0,019	0,045	0,005	0,013	0,072	0,074	0,075
		CART	0,011	0,021	0,047	0,004	0,012	0,071	0,077	0,076
		NORM	0,010	0,022	0,043	0,005	0,012	0,064	0,079	0,071
	Yüzde20	FIML	0,012	0,032	0,064	0,007	0,016	0,097	0,115	0,159
		LB	0,053	0,240	0,407	0,049	0,088	0,398	0,515	0,525
		EM	0,046	0,076	0,136	0,027	0,086	0,230	0,539	0,564
		PMM	0,012	0,044	0,091	0,011	0,022	0,114	0,121	0,181
		CART	0,012	0,042	0,086	0,009	0,019	0,108	0,156	0,210
		NORM	0,015	0,058	0,101	0,011	0,020	0,102	0,122	0,162
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,005	0,007	0,014	0,002	0,005	0,028	0,035	0,031
		LB	0,011	0,016	0,030	0,006	0,014	0,081	0,076	0,087
		EM	0,008	0,009	0,018	0,003	0,021	0,069	0,117	0,107
		PMM	0,005	0,007	0,015	0,002	0,005	0,030	0,038	0,033
		CART	0,005	0,007	0,015	0,002	0,005	0,031	0,038	0,033
		NORM	0,005	0,008	0,015	0,002	0,005	0,030	0,038	0,033
	Yüzde10	FIML	0,006	0,010	0,019	0,002	0,007	0,038	0,043	0,046
		LB	0,016	0,031	0,061	0,014	0,022	0,132	0,149	0,156
		EM	0,015	0,018	0,032	0,007	0,041	0,121	0,227	0,220
		PMM	0,007	0,011	0,024	0,003	0,008	0,037	0,044	0,048
		CART	0,007	0,010	0,023	0,003	0,008	0,043	0,047	0,054
		NORM	0,006	0,012	0,021	0,003	0,007	0,043	0,045	0,048
	Yüzde20	FIML	0,009	0,014	0,033	0,005	0,011	0,070	0,068	0,074
		LB	0,041	0,140	0,242	0,039	0,100	0,272	0,398	0,427
		EM	0,034	0,040	0,071	0,020	0,089	0,243	0,461	0,492
		PMM	0,009	0,014	0,044	0,007	0,013	0,078	0,072	0,077
		CART	0,009	0,013	0,035	0,006	0,012	0,074	0,077	0,083
		NORM	0,009	0,017	0,034	0,007	0,011	0,071	0,077	0,083

## EK-F: TROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23	
N=100	Yüzde 5	FIML	0,013	0,038	0,096	0,004	0,012	0,076	0,103	0,102	
		LB	0,038	0,097	0,215	0,019	0,040	0,192	0,265	0,270	
		EM	0,020	0,050	0,125	0,008	0,019	0,098	0,158	0,142	
		PMM	0,016	0,064	0,168	0,007	0,018	0,084	0,115	0,114	
		CART	0,015	0,053	0,154	0,006	0,018	0,091	0,099	0,111	
		NORM	0,019	0,078	0,167	0,009	0,022	0,086	0,110	0,098	
	Yüzde10	FIML	0,020	0,061	0,147	0,007	0,019	0,092	0,126	0,132	
		LB	0,070	0,192	0,354	0,044	0,076	0,310	0,357	0,346	
		EM	0,033	0,070	0,169	0,015	0,036	0,119	0,189	0,209	
		PMM	0,024	0,096	0,249	0,014	0,033	0,112	0,142	0,146	
		CART	0,023	0,080	0,249	0,011	0,028	0,099	0,141	0,149	
		NORM	0,032	0,142	0,313	0,018	0,040	0,094	0,150	0,140	
	Yüzde20	FIML	0,027	0,136	0,326	0,014	0,044	0,163	0,211	0,204	
		LB	0,246	0,344	0,594	0,103	0,153	0,433	0,392	0,469	
		EM	0,070	0,178	0,344	0,041	0,083	0,197	0,383	0,384	
		PMM									
		CART									
		NORM									
	N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,007	0,022	0,002	0,007	0,034	0,033	0,034
			LB	0,009	0,015	0,048	0,008	0,016	0,084	0,092	0,096
			EM	0,008	0,011	0,027	0,003	0,020	0,066	0,095	0,087
PMM			0,004	0,007	0,024	0,002	0,007	0,035	0,034	0,038	
CART			0,005	0,008	0,024	0,002	0,007	0,036	0,038	0,040	
NORM			0,004	0,008	0,022	0,002	0,007	0,035	0,034	0,036	
Yüzde10		FIML	0,006	0,011	0,030	0,003	0,009	0,046	0,051	0,057	
		LB	0,016	0,039	0,101	0,017	0,024	0,184	0,163	0,147	
		EM	0,015	0,022	0,047	0,007	0,040	0,117	0,195	0,196	
		PMM	0,006	0,012	0,037	0,004	0,010	0,054	0,054	0,061	
		CART	0,007	0,013	0,038	0,003	0,010	0,054	0,055	0,058	
		NORM	0,007	0,014	0,033	0,004	0,009	0,046	0,055	0,055	
Yüzde20		FIML	0,008	0,019	0,050	0,006	0,013	0,075	0,089	0,098	
		LB	0,042	0,143	0,282	0,048	0,065	0,295	0,400	0,387	
		EM	0,042	0,060	0,111	0,025	0,084	0,187	0,458	0,463	
		PMM	0,008	0,024	0,071	0,009	0,018	0,087	0,097	0,113	
		CART	0,008	0,021	0,064	0,008	0,015	0,085	0,103	0,110	
		NORM	0,011	0,033	0,072	0,010	0,017	0,077	0,088	0,098	
N=1000		Yüzde 5	FIML	0,003	0,004	0,011	0,002	0,004	0,023	0,027	0,023
			LB	0,007	0,009	0,024	0,006	0,011	0,062	0,061	0,063
			EM	0,005	0,006	0,014	0,002	0,020	0,059	0,099	0,090
	PMM		0,003	0,004	0,012	0,002	0,004	0,024	0,029	0,025	
	CART		0,003	0,004	0,012	0,002	0,004	0,025	0,029	0,025	
	NORM		0,003	0,004	0,012	0,002	0,004	0,023	0,028	0,024	
	Yüzde10	FIML	0,004	0,006	0,015	0,002	0,006	0,030	0,034	0,032	
		LB	0,012	0,020	0,048	0,013	0,019	0,101	0,114	0,114	
		EM	0,011	0,012	0,026	0,005	0,040	0,104	0,194	0,192	
		PMM	0,004	0,006	0,019	0,002	0,006	0,029	0,035	0,035	
		CART	0,004	0,006	0,018	0,002	0,006	0,034	0,037	0,039	
		NORM	0,004	0,007	0,016	0,003	0,006	0,034	0,036	0,033	
	Yüzde20	FIML	0,006	0,009	0,027	0,004	0,009	0,053	0,055	0,052	
		LB	0,031	0,088	0,187	0,038	0,045	0,219	0,289	0,276	
		EM	0,031	0,033	0,060	0,018	0,088	0,210	0,402	0,418	
		PMM	0,006	0,008	0,036	0,006	0,010	0,060	0,055	0,055	
		CART	0,006	0,008	0,030	0,005	0,009	0,055	0,059	0,060	
		NORM	0,006	0,010	0,026	0,006	0,009	0,055	0,058	0,058	

## EK-G: TROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,020	0,030	0,060	0,005	0,012	0,088	0,102	0,091
		LB	0,040	0,092	0,170	0,019	0,032	0,270	0,238	0,257
		EM	0,027	0,038	0,072	0,007	0,018	0,129	0,156	0,142
		PMM	0,022	0,042	0,078	0,006	0,013	0,097	0,114	0,106
		CART	0,019	0,027	0,063	0,005	0,013	0,098	0,104	0,105
		NORM	0,025	0,101	0,182	0,009	0,017	0,097	0,103	0,103
	Yüzde10	FIML	0,022	0,042	0,092	0,006	0,015	0,130	0,123	0,133
		LB	0,066	0,152	0,269	0,042	0,055	0,327	0,389	0,387
		EM	0,037	0,056	0,108	0,014	0,031	0,175	0,245	0,254
		PMM	0,026	0,076	0,141	0,012	0,022	0,134	0,140	0,152
		CART	0,024	0,050	0,135	0,009	0,019	0,119	0,150	0,173
		NORM	0,024	0,071	0,141	0,013	0,027	0,144	0,142	0,156
	Yüzde20	FIML	0,034	0,065	0,131	0,014	0,027	0,153	0,226	0,259
		LB	0,271	0,420	0,675	0,148	0,141	0,599	0,554	0,599
		EM	0,080	0,122	0,216	0,038	0,069	0,257	0,563	0,540
		PMM	0,040	0,213	0,351	0,032	0,042	0,178	0,324	0,345
		CART	0,042	0,168	0,375	0,026	0,033	0,152	0,241	0,343
		NORM	0,045	0,263	0,438	0,040	0,063	0,175	0,368	0,378
N=500	Yüzde 5	FIML	0,006	0,005	0,012	0,002	0,005	0,027	0,032	0,031
		LB	0,014	0,013	0,029	0,008	0,014	0,071	0,079	0,081
		EM	0,009	0,007	0,016	0,003	0,014	0,065	0,095	0,100
		PMM	0,006	0,005	0,012	0,002	0,005	0,030	0,034	0,033
		CART	0,008	0,006	0,013	0,002	0,006	0,032	0,034	0,036
		NORM	0,006	0,005	0,012	0,002	0,005	0,030	0,033	0,034
	Yüzde10	FIML	0,010	0,009	0,020	0,003	0,007	0,037	0,047	0,044
		LB	0,022	0,031	0,058	0,019	0,021	0,130	0,139	0,131
		EM	0,019	0,015	0,028	0,007	0,030	0,107	0,179	0,184
		PMM	0,010	0,011	0,022	0,005	0,007	0,040	0,051	0,045
		CART	0,011	0,009	0,022	0,004	0,008	0,039	0,052	0,046
		NORM	0,009	0,009	0,020	0,004	0,007	0,040	0,050	0,045
	Yüzde20	FIML	0,011	0,013	0,028	0,006	0,011	0,071	0,067	0,068
		LB	0,050	0,124	0,221	0,049	0,043	0,321	0,376	0,360
		EM	0,039	0,033	0,058	0,019	0,064	0,214	0,406	0,414
		PMM	0,012	0,015	0,033	0,009	0,012	0,076	0,072	0,073
		CART	0,012	0,010	0,032	0,007	0,012	0,082	0,080	0,079
		NORM	0,011	0,015	0,034	0,009	0,011	0,077	0,073	0,071
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,005	0,003	0,006	0,002	0,003	0,021	0,020	0,020
		LB	0,011	0,007	0,016	0,006	0,009	0,053	0,060	0,049
		EM	0,007	0,003	0,007	0,002	0,014	0,053	0,093	0,093
		PMM	0,005	0,003	0,006	0,002	0,003	0,023	0,021	0,021
		CART	0,006	0,003	0,007	0,001	0,004	0,023	0,021	0,021
		NORM	0,005	0,003	0,006	0,002	0,003	0,023	0,021	0,020
	Yüzde10	FIML	0,006	0,004	0,009	0,002	0,004	0,026	0,029	0,030
		LB	0,016	0,015	0,031	0,013	0,015	0,088	0,103	0,089
		EM	0,013	0,006	0,013	0,004	0,030	0,099	0,197	0,186
		PMM	0,006	0,004	0,010	0,003	0,005	0,027	0,032	0,032
		CART	0,006	0,003	0,010	0,003	0,005	0,030	0,033	0,034
		NORM	0,006	0,004	0,010	0,003	0,005	0,026	0,031	0,031
	Yüzde20	FIML	0,007	0,006	0,013	0,004	0,008	0,048	0,047	0,051
		LB	0,031	0,050	0,094	0,034	0,034	0,246	0,235	0,226
		EM	0,027	0,017	0,029	0,013	0,066	0,198	0,392	0,396
		PMM	0,007	0,007	0,015	0,006	0,009	0,050	0,051	0,055
		CART	0,008	0,005	0,016	0,005	0,009	0,051	0,052	0,058
		NORM	0,007	0,006	0,015	0,006	0,009	0,050	0,050	0,054

**EK-Ğ: TROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu**

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,013	0,020	0,048	0,004	0,010	0,060	0,067	0,064
		LB	0,029	0,054	0,126	0,016	0,025	0,172	0,164	0,177
		EM	0,018	0,025	0,058	0,006	0,015	0,085	0,105	0,101
		PMM	0,014	0,023	0,057	0,005	0,010	0,067	0,075	0,073
		CART	0,012	0,018	0,050	0,004	0,010	0,068	0,075	0,075
		NORM	0,016	0,034	0,081	0,006	0,013	0,068	0,071	0,068
	Yüzde10	FIML	0,015	0,026	0,073	0,005	0,011	0,087	0,090	0,090
		LB	0,051	0,105	0,214	0,038	0,043	0,228	0,289	0,286
		EM	0,029	0,041	0,089	0,012	0,028	0,134	0,186	0,179
		PMM	0,018	0,043	0,108	0,010	0,016	0,091	0,099	0,100
		CART	0,016	0,028	0,103	0,007	0,014	0,090	0,100	0,113
		NORM	0,016	0,041	0,106	0,011	0,022	0,097	0,103	0,105
	Yüzde20	FIML	0,025	0,044	0,102	0,012	0,021	0,114	0,175	0,179
		LB	0,214	0,380	0,585	0,116	0,105	0,431	0,450	0,443
		EM	0,071	0,096	0,178	0,033	0,063	0,200	0,462	0,436
		PMM	0,027	0,116	0,221	0,027	0,033	0,130	0,240	0,234
		CART	0,029	0,077	0,248	0,018	0,027	0,113	0,182	0,225
		NORM	0,033	0,148	0,284	0,032	0,053	0,135	0,254	0,247
N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,003	0,009	0,002	0,004	0,021	0,025	0,024
		LB	0,009	0,008	0,023	0,007	0,011	0,053	0,063	0,063
		EM	0,006	0,005	0,013	0,002	0,013	0,053	0,082	0,088
		PMM	0,004	0,003	0,010	0,002	0,004	0,022	0,026	0,026
		CART	0,004	0,003	0,010	0,002	0,005	0,024	0,027	0,027
		NORM	0,004	0,003	0,010	0,002	0,004	0,022	0,025	0,026
	Yüzde10	FIML	0,006	0,005	0,016	0,002	0,005	0,028	0,036	0,031
		LB	0,016	0,018	0,045	0,017	0,017	0,108	0,109	0,098
		EM	0,014	0,011	0,023	0,006	0,029	0,088	0,155	0,160
		PMM	0,007	0,006	0,018	0,004	0,006	0,030	0,040	0,033
		CART	0,007	0,005	0,018	0,003	0,006	0,029	0,041	0,033
		NORM	0,006	0,005	0,016	0,004	0,006	0,031	0,038	0,032
	Yüzde20	FIML	0,007	0,008	0,023	0,005	0,008	0,055	0,053	0,054
		LB	0,037	0,074	0,161	0,047	0,035	0,235	0,257	0,251
		EM	0,035	0,027	0,050	0,017	0,063	0,187	0,355	0,375
		PMM	0,008	0,009	0,027	0,008	0,009	0,058	0,056	0,058
		CART	0,007	0,005	0,024	0,006	0,010	0,064	0,063	0,062
		NORM	0,007	0,009	0,027	0,008	0,009	0,060	0,057	0,059
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,016	0,016	0,015
		LB	0,007	0,004	0,013	0,005	0,007	0,040	0,048	0,040
		EM	0,004	0,002	0,006	0,002	0,014	0,045	0,084	0,083
		PMM	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,018	0,017	0,016
		CART	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,019	0,017	0,016
		NORM	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,018	0,017	0,016
	Yüzde10	FIML	0,004	0,002	0,007	0,002	0,004	0,021	0,022	0,024
		LB	0,011	0,009	0,024	0,012	0,012	0,069	0,082	0,070
		EM	0,010	0,005	0,011	0,004	0,030	0,087	0,177	0,168
		PMM	0,004	0,002	0,008	0,003	0,004	0,022	0,025	0,025
		CART	0,004	0,002	0,008	0,002	0,004	0,023	0,026	0,027
		NORM	0,004	0,002	0,008	0,003	0,004	0,022	0,023	0,025
	Yüzde20	FIML	0,004	0,003	0,011	0,003	0,007	0,038	0,037	0,041
		LB	0,023	0,030	0,074	0,033	0,028	0,168	0,184	0,172
		EM	0,025	0,013	0,025	0,011	0,065	0,174	0,341	0,348
		PMM	0,004	0,004	0,012	0,005	0,007	0,041	0,040	0,045
		CART	0,004	0,003	0,014	0,004	0,007	0,041	0,040	0,046
		NORM	0,004	0,003	0,012	0,005	0,007	0,040	0,039	0,043



## EK-H: ROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,024	0,042	0,077	0,007	0,023	0,123	0,110	0,133
		LB	0,051	0,100	0,170	0,020	0,132	0,197	0,276	0,278
		EM	0,031	0,040	0,078	0,010	0,036	0,165	0,163	0,211
		PMM	0,024	0,072	0,125	0,015	0,026	0,148	0,132	0,144
		CART	0,023	0,051	0,100	0,012	0,023	0,147	0,152	0,221
		NORM	0,027	0,061	0,104	0,014	0,032	0,139	0,127	0,146
	Yüzde10	FIML	0,034	0,073	0,129	0,017	0,061	0,225	0,142	0,212
		LB	0,085	0,212	0,345	0,039	0,261	0,412	0,455	0,408
		EM	0,040	0,047	0,089	0,019	0,092	0,291	0,273	0,322
		PMM	0,047	0,257	0,472	0,051	0,068	0,279	0,191	0,235
		CART	0,050	0,237	0,482	0,042	0,033	0,276	0,202	0,235
		NORM	0,071	0,335	0,699	0,049	0,114	0,230	0,169	0,222
	Yüzde20	FIML	0,088	0,245	0,369	0,304	0,179	0,468	0,450	0,459
		LB								
		EM	0,098	0,159	0,250	0,066	0,218	0,515	0,643	0,675
		PMM								
		CART								
		NORM								
N=500	Yüzde 5	FIML	0,011	0,011	0,024	0,004	0,019	0,078	0,065	0,062
		LB	0,021	0,074	0,122	0,011	0,207	0,174	0,165	0,146
		EM	0,017	0,012	0,024	0,007	0,045	0,172	0,189	0,199
		PMM	0,013	0,011	0,036	0,007	0,021	0,104	0,068	0,089
		CART	0,014	0,043	0,069	0,008	0,028	0,108	0,081	0,080
		NORM	0,012	0,012	0,025	0,005	0,021	0,078	0,066	0,073
	Yüzde10	FIML	0,011	0,013	0,026	0,008	0,024	0,099	0,074	0,085
		LB	0,024	0,050	0,087	0,017	0,297	0,188	0,192	0,280
		EM	0,025	0,016	0,029	0,012	0,074	0,246	0,303	0,321
		PMM	0,019	0,066	0,104	0,013	0,028	0,128	0,101	0,128
		CART	0,013	0,015	0,033	0,011	0,039	0,111	0,091	0,111
		NORM	0,017	0,050	0,077	0,010	0,033	0,105	0,075	0,099
	Yüzde20	FIML	0,016	0,028	0,050	0,249	0,074	0,223	0,131	0,165
		LB								
		EM	0,077	0,110	0,170	0,051	0,197	0,403	0,504	0,559
		PMM	0,051	0,351	0,589	0,050	0,040	0,196	0,145	0,150
		CART	0,034	0,137	0,211	0,036	0,064	0,173	0,126	0,146
		NORM	0,046	0,200	0,327	0,038	0,063	0,225	0,159	0,162
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,006	0,005	0,011	0,002	0,014	0,058	0,047	0,043
		LB	0,012	0,020	0,040	0,008	0,210	0,115	0,108	0,123
		EM	0,016	0,009	0,018	0,007	0,047	0,177	0,181	0,204
		PMM	0,008	0,004	0,018	0,004	0,017	0,079	0,061	0,062
		CART	0,008	0,007	0,017	0,005	0,025	0,091	0,071	0,068
		NORM	0,007	0,006	0,011	0,003	0,015	0,062	0,050	0,047
	Yüzde10	FIML	0,008	0,006	0,012	0,005	0,016	0,072	0,048	0,052
		LB	0,017	0,022	0,045	0,012	0,297	0,156	0,125	0,126
		EM	0,022	0,010	0,019	0,011	0,071	0,261	0,300	0,271
		PMM	0,011	0,019	0,033	0,008	0,022	0,149	0,094	0,099
		CART	0,012	0,012	0,022	0,009	0,042	0,087	0,065	0,065
		NORM	0,009	0,006	0,012	0,006	0,021	0,079	0,056	0,056
	Yüzde20	FIML	0,011	0,010	0,021	0,186	0,039	0,156	0,100	0,114
		LB								
		EM	0,067	0,069	0,106	0,045	0,174	0,449	0,532	0,546
		PMM	0,034	0,211	0,319	0,035	0,064	0,109	0,094	0,134
		CART	0,027	0,070	0,108	0,028	0,084	0,127	0,098	0,125
		NORM	0,034	0,094	0,145	0,029	0,078	0,117	0,093	0,116

## EK-I: ROK, Çarpık Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,016	0,027	0,061	0,005	0,019	0,085	0,078	0,088
		LB	0,038	0,066	0,128	0,016	0,122	0,147	0,208	0,200
		EM	0,022	0,026	0,058	0,008	0,029	0,121	0,121	0,151
		PMM	0,016	0,031	0,078	0,010	0,020	0,098	0,091	0,098
		CART	0,015	0,027	0,075	0,009	0,017	0,093	0,097	0,119
		NORM	0,018	0,031	0,068	0,010	0,026	0,093	0,093	0,099
	Yüzde10	FIML	0,025	0,051	0,102	0,013	0,048	0,171	0,107	0,142
		LB	0,069	0,162	0,283	0,034	0,248	0,304	0,331	0,323
		EM	0,030	0,032	0,068	0,014	0,077	0,217	0,208	0,236
		PMM	0,032	0,129	0,262	0,037	0,058	0,203	0,139	0,148
		CART	0,033	0,105	0,258	0,029	0,026	0,188	0,145	0,164
		NORM	0,049	0,192	0,371	0,039	0,103	0,172	0,123	0,162
	Yüzde20	FIML	0,048	0,155	0,260	0,194	0,123	0,340	0,319	0,339
		LB								
		EM	0,048	0,155	0,260	0,194	0,123	0,340	0,319	0,339
		PMM								
		CART								
		NORM								
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,007	0,018	0,003	0,015	0,064	0,052	0,049
		LB	0,014	0,035	0,074	0,009	0,205	0,141	0,125	0,113
		EM	0,013	0,008	0,019	0,006	0,042	0,146	0,153	0,155
		PMM	0,008	0,006	0,029	0,005	0,017	0,078	0,054	0,065
		CART	0,009	0,013	0,033	0,006	0,025	0,082	0,061	0,063
		NORM	0,008	0,008	0,019	0,004	0,016	0,064	0,051	0,054
	Yüzde10	FIML	0,008	0,007	0,019	0,006	0,018	0,076	0,056	0,067
		LB	0,018	0,031	0,067	0,015	0,295	0,154	0,152	0,178
		EM	0,021	0,012	0,025	0,010	0,072	0,201	0,243	0,258
		PMM	0,012	0,017	0,042	0,010	0,021	0,097	0,072	0,085
		CART	0,009	0,009	0,027	0,009	0,035	0,084	0,068	0,087
		NORM	0,010	0,015	0,028	0,008	0,027	0,078	0,058	0,074
	Yüzde20	FIML	0,011	0,015	0,036	0,207	0,050	0,159	0,103	0,118
		LB								
		EM	0,069	0,073	0,118	0,044	0,174	0,327	0,404	0,433
		PMM	0,042	0,243	0,390	0,047	0,033	0,142	0,103	0,109
		CART	0,030	0,100	0,157	0,035	0,060	0,131	0,096	0,106
		NORM	0,040	0,148	0,233	0,036	0,056	0,159	0,118	0,117
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,004	0,003	0,009	0,002	0,012	0,048	0,038	0,034
		LB	0,009	0,012	0,032	0,007	0,209	0,094	0,082	0,096
		EM	0,012	0,006	0,014	0,006	0,045	0,146	0,151	0,172
		PMM	0,005	0,002	0,015	0,003	0,014	0,063	0,050	0,047
		CART	0,005	0,004	0,014	0,004	0,021	0,072	0,053	0,053
		NORM	0,005	0,003	0,009	0,003	0,012	0,050	0,041	0,037
	Yüzde10	FIML	0,005	0,003	0,010	0,004	0,012	0,058	0,039	0,040
		LB	0,013	0,014	0,038	0,011	0,296	0,129	0,101	0,102
		EM	0,019	0,008	0,015	0,009	0,070	0,214	0,247	0,226
		PMM	0,007	0,006	0,020	0,006	0,017	0,095	0,065	0,068
		CART	0,008	0,007	0,017	0,007	0,039	0,067	0,050	0,050
		NORM	0,006	0,004	0,009	0,005	0,017	0,063	0,045	0,043
	Yüzde20	FIML	0,008	0,006	0,016	0,171	0,030	0,116	0,081	0,082
		LB								
		EM	0,061	0,053	0,084	0,040	0,158	0,362	0,426	0,438
		PMM	0,030	0,139	0,213	0,034	0,061	0,080	0,071	0,090
		CART	0,025	0,061	0,095	0,027	0,082	0,098	0,073	0,089
		NORM	0,032	0,084	0,130	0,029	0,076	0,093	0,073	0,085

## EK-İ: ROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,013	0,011	0,022	0,004	0,014	0,044	0,050	0,042
		LB	0,036	0,045	0,095	0,021	0,153	0,192	0,179	0,199
		EM	0,018	0,010	0,023	0,005	0,018	0,062	0,094	0,093
		PMM	0,016	0,008	0,023	0,004	0,020	0,054	0,057	0,058
		CART	0,018	0,010	0,029	0,004	0,039	0,063	0,058	0,067
		NORM	0,014	0,009	0,020	0,005	0,018	0,059	0,061	0,046
	Yüzde10	FIML	0,020	0,023	0,046	0,007	0,017	0,076	0,070	0,061
		LB	0,057	0,119	0,214	0,045	0,199	0,395	0,336	0,394
		EM	0,036	0,024	0,048	0,011	0,027	0,117	0,179	0,175
		PMM	0,022	0,017	0,049	0,009	0,031	0,093	0,092	0,082
		CART	0,027	0,018	0,057	0,009	0,057	0,117	0,098	0,105
		NORM	0,021	0,016	0,044	0,012	0,026	0,093	0,092	0,076
	Yüzde20	FIML	0,030	0,049	0,091	0,022	0,033	0,128	0,166	0,121
		LB								
		EM	0,085	0,080	0,134	0,038	0,070	0,379	0,430	0,350
		PMM	0,048	0,205	0,388	0,048	0,063	0,216	0,244	0,163
		CART	0,043	0,113	0,324	0,031	0,130	0,293	0,510	0,413
		NORM	0,055	0,235	0,572	0,056	0,071	0,155	0,237	0,147
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,003	0,005	0,002	0,006	0,023	0,018	0,018
		LB	0,014	0,008	0,020	0,010	0,165	0,137	0,097	0,096
		EM	0,011	0,004	0,007	0,003	0,011	0,062	0,085	0,083
		PMM	0,008	0,002	0,005	0,002	0,012	0,033	0,027	0,022
		CART	0,009	0,003	0,006	0,003	0,033	0,032	0,031	0,027
		NORM	0,007	0,003	0,005	0,003	0,007	0,024	0,022	0,022
	Yüzde10	FIML	0,010	0,004	0,008	0,003	0,008	0,030	0,031	0,026
		LB	0,020	0,018	0,037	0,017	0,185	0,157	0,136	0,115
		EM	0,021	0,008	0,014	0,007	0,020	0,105	0,149	0,142
		PMM	0,010	0,003	0,008	0,004	0,015	0,049	0,039	0,036
		CART	0,012	0,005	0,010	0,005	0,040	0,050	0,043	0,037
		NORM	0,011	0,004	0,009	0,005	0,010	0,033	0,036	0,032
	Yüzde20	FIML	0,010	0,008	0,017	0,006	0,012	0,054	0,039	0,045
		LB	0,099	0,289	0,443	0,089	0,360	0,555	0,599	0,632
		EM	0,046	0,030	0,047	0,018	0,053	0,210	0,312	0,323
		PMM	0,011	0,006	0,018	0,010	0,036	0,101	0,058	0,077
		CART	0,011	0,010	0,022	0,011	0,105	0,110	0,083	0,085
		NORM	0,010	0,007	0,016	0,010	0,014	0,059	0,045	0,050
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,006	0,001	0,003	0,001	0,005	0,015	0,014	0,014
		LB	0,011	0,005	0,011	0,008	0,169	0,124	0,084	0,075
		EM	0,009	0,002	0,004	0,003	0,010	0,053	0,070	0,073
		PMM	0,005	0,001	0,002	0,002	0,010	0,027	0,021	0,020
		CART	0,006	0,002	0,003	0,003	0,032	0,026	0,021	0,017
		NORM	0,006	0,001	0,003	0,002	0,005	0,018	0,016	0,016
	Yüzde10	FIML	0,007	0,002	0,004	0,002	0,006	0,020	0,023	0,017
		LB	0,014	0,008	0,016	0,013	0,183	0,136	0,105	0,084
		EM	0,017	0,004	0,007	0,005	0,017	0,093	0,126	0,131
		PMM	0,008	0,002	0,005	0,003	0,012	0,035	0,031	0,024
		CART	0,009	0,003	0,006	0,004	0,036	0,033	0,029	0,026
		NORM	0,008	0,002	0,004	0,003	0,007	0,023	0,026	0,018
	Yüzde20	FIML	0,010	0,005	0,010	0,005	0,011	0,035	0,030	0,028
		LB	0,065	0,292	0,485	0,083	0,317	0,321	0,361	0,371
		EM	0,038	0,014	0,022	0,014	0,039	0,180	0,294	0,314
		PMM	0,010	0,004	0,011	0,007	0,030	0,067	0,055	0,055
		CART	0,013	0,011	0,018	0,012	0,095	0,097	0,070	0,070
		NORM	0,011	0,005	0,010	0,008	0,011	0,042	0,042	0,035

## EK-J: ROK, Normal Dağılım ve Güçlü Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,007	0,006	0,017	0,003	0,011	0,034	0,038	0,032
		LB	0,025	0,027	0,072	0,019	0,148	0,162	0,142	0,156
		EM	0,012	0,007	0,018	0,004	0,015	0,047	0,073	0,073
		PMM	0,009	0,005	0,018	0,003	0,016	0,043	0,046	0,040
		CART	0,011	0,006	0,024	0,003	0,036	0,048	0,044	0,052
		NORM	0,008	0,005	0,017	0,004	0,014	0,044	0,042	0,035
	Yüzde10	FIML	0,013	0,012	0,034	0,006	0,014	0,060	0,055	0,050
		LB	0,042	0,075	0,166	0,042	0,193	0,290	0,254	0,275
		EM	0,026	0,015	0,035	0,009	0,022	0,090	0,145	0,142
		PMM	0,014	0,009	0,038	0,007	0,026	0,071	0,069	0,065
		CART	0,017	0,010	0,047	0,007	0,052	0,089	0,077	0,075
		NORM	0,014	0,010	0,035	0,010	0,022	0,071	0,067	0,061
	Yüzde20	FIML	0,021	0,028	0,066	0,019	0,027	0,103	0,104	0,087
		LB								
		EM	0,073	0,056	0,101	0,030	0,050	0,228	0,321	0,280
		PMM	0,027	0,064	0,183	0,030	0,053	0,141	0,143	0,119
		CART	0,027	0,036	0,172	0,024	0,123	0,195	0,243	0,226
		NORM	0,032	0,094	0,221	0,043	0,061	0,124	0,130	0,110
N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,001	0,004	0,002	0,005	0,018	0,014	0,014
		LB	0,009	0,005	0,016	0,009	0,164	0,120	0,078	0,076
		EM	0,007	0,002	0,005	0,003	0,009	0,054	0,076	0,074
		PMM	0,005	0,001	0,004	0,002	0,010	0,026	0,021	0,018
		CART	0,005	0,002	0,005	0,002	0,032	0,026	0,024	0,022
		NORM	0,004	0,002	0,004	0,002	0,006	0,019	0,017	0,018
	Yüzde10	FIML	0,006	0,002	0,006	0,002	0,007	0,023	0,024	0,021
		LB	0,014	0,010	0,029	0,016	0,183	0,135	0,106	0,092
		EM	0,016	0,005	0,011	0,006	0,017	0,088	0,130	0,125
		PMM	0,006	0,002	0,006	0,003	0,012	0,038	0,031	0,030
		CART	0,008	0,003	0,008	0,004	0,038	0,040	0,035	0,028
		NORM	0,007	0,003	0,007	0,004	0,008	0,024	0,029	0,025
	Yüzde20	FIML	0,006	0,004	0,014	0,005	0,009	0,042	0,032	0,038
		LB	0,085	0,231	0,368	0,087	0,327	0,423	0,426	0,470
		EM	0,042	0,019	0,032	0,015	0,044	0,178	0,261	0,277
		PMM	0,006	0,003	0,015	0,008	0,031	0,077	0,047	0,061
		CART	0,007	0,005	0,018	0,010	0,103	0,083	0,063	0,069
		NORM	0,006	0,004	0,013	0,009	0,011	0,046	0,036	0,042
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,003	0,001	0,002	0,001	0,004	0,012	0,011	0,011
		LB	0,008	0,003	0,008	0,008	0,168	0,112	0,068	0,064
		EM	0,007	0,001	0,003	0,002	0,009	0,045	0,060	0,064
		PMM	0,003	0,001	0,002	0,001	0,008	0,022	0,016	0,015
		CART	0,004	0,001	0,003	0,002	0,031	0,020	0,016	0,014
		NORM	0,004	0,001	0,002	0,002	0,004	0,014	0,013	0,013
	Yüzde10	FIML	0,004	0,001	0,003	0,001	0,005	0,016	0,018	0,014
		LB	0,010	0,005	0,013	0,012	0,182	0,120	0,087	0,071
		EM	0,015	0,003	0,007	0,005	0,016	0,078	0,109	0,111
		PMM	0,005	0,001	0,004	0,003	0,010	0,028	0,023	0,020
		CART	0,006	0,002	0,004	0,003	0,035	0,027	0,022	0,020
		NORM	0,005	0,001	0,003	0,003	0,005	0,019	0,020	0,015
	Yüzde20	FIML	0,007	0,003	0,008	0,004	0,008	0,027	0,024	0,023
		LB	0,080	0,186	0,315	0,071	0,309	0,260	0,250	0,278
		EM	0,036	0,013	0,020	0,013	0,038	0,146	0,261	0,277
		PMM	0,008	0,002	0,009	0,006	0,026	0,052	0,043	0,042
		CART	0,010	0,008	0,015	0,011	0,093	0,071	0,055	0,054
		NORM	0,008	0,003	0,008	0,007	0,009	0,031	0,032	0,030

## EK-K: ROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Hata Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,030	0,154	0,251	0,006	0,038	0,228	0,216	0,244
		LB	0,042	0,214	0,389	0,016	0,092	0,403	0,395	0,455
		EM	0,037	0,157	0,269	0,012	0,077	0,301	0,291	0,326
		PMM	0,042	0,262	0,507	0,028	0,066	0,226	0,232	0,243
		CART	0,038	0,246	0,490	0,022	0,048	0,209	0,269	0,252
		NORM	0,044	0,289	0,557	0,026	0,071	0,236	0,237	0,222
	Yüzde10	FIML	0,039	0,265	0,536	0,024	0,091	0,314	0,324	0,378
		LB	0,073	0,368	0,679	0,030	0,167	0,482	0,547	0,584
		EM	0,055	0,205	0,405	0,028	0,158	0,395	0,421	0,559
		PMM								
		CART								
		NORM								
	Yüzde20	FIML	0,044	0,294	0,625	0,302	0,205	0,532	0,538	0,493
		LB								
		EM	0,103	0,164	0,385	0,067	0,198	0,609	0,548	0,625
		PMM								
		CART								
		NORM								
N=500	Yüzde 5	FIML	0,007	0,016	0,034	0,003	0,014	0,080	0,076	0,072
		LB	0,016	0,037	0,074	0,008	0,093	0,156	0,158	0,202
		EM	0,015	0,021	0,048	0,008	0,073	0,173	0,229	0,227
		PMM	0,008	0,024	0,047	0,004	0,019	0,092	0,086	0,090
		CART	0,009	0,021	0,042	0,004	0,018	0,100	0,089	0,089
		NORM	0,008	0,020	0,038	0,004	0,018	0,084	0,077	0,071
	Yüzde10	FIML	0,011	0,029	0,059	0,007	0,030	0,142	0,149	0,133
		LB	0,027	0,151	0,307	0,016	0,173	0,289	0,288	0,377
		EM	0,028	0,029	0,065	0,017	0,165	0,346	0,392	0,342
		PMM	0,030	0,269	0,479	0,020	0,054	0,165	0,141	0,217
		CART	0,020	0,119	0,195	0,012	0,022	0,151	0,173	0,152
		NORM	0,030	0,240	0,469	0,017	0,059	0,154	0,148	0,128
	Yüzde20	FIML	0,016	0,054	0,103	0,215	0,097	0,249	0,216	0,235
		LB								
		EM	0,085	0,132	0,217	0,063	0,190	0,451	0,491	0,610
		PMM	0,048	0,557	0,868	0,036	0,037	0,235	0,260	0,315
		CART	0,036	0,308	0,516	0,026	0,032	0,250	0,244	0,270
		NORM	0,046	0,453	0,792	0,030	0,052	0,270	0,231	0,327
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,006	0,006	0,016	0,002	0,009	0,062	0,049	0,061
		LB	0,013	0,021	0,045	0,006	0,094	0,110	0,101	0,106
		EM	0,014	0,012	0,028	0,007	0,074	0,177	0,190	0,189
		PMM	0,007	0,007	0,020	0,002	0,014	0,067	0,056	0,071
		CART	0,007	0,009	0,021	0,003	0,013	0,085	0,071	0,077
		NORM	0,005	0,007	0,015	0,002	0,011	0,067	0,050	0,061
	Yüzde10	FIML	0,008	0,014	0,027	0,006	0,020	0,118	0,091	0,092
		LB	0,017	0,066	0,122	0,012	0,180	0,177	0,242	0,240
		EM	0,028	0,020	0,042	0,017	0,166	0,308	0,327	0,286
		PMM	0,019	0,132	0,327	0,012	0,041	0,153	0,120	0,139
		CART	0,014	0,073	0,114	0,009	0,022	0,143	0,154	0,111
		NORM	0,014	0,063	0,098	0,009	0,036	0,135	0,114	0,132
	Yüzde20	FIML	0,010	0,029	0,056	0,074	0,034	0,151	0,164	0,195
		LB								
		EM	0,070	0,088	0,140	0,052	0,187	0,425	0,508	0,581
		PMM	0,032	0,348	0,606	0,027	0,032	0,170	0,183	0,216
		CART	0,032	0,253	0,429	0,021	0,043	0,180	0,198	0,211
		NORM	0,034	0,270	0,443	0,023	0,047	0,152	0,186	0,212

## EK-L: ROK, Çarpık Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,020	0,086	0,169	0,005	0,031	0,142	0,161	0,167
		LB	0,032	0,127	0,272	0,013	0,072	0,269	0,308	0,324
		EM	0,027	0,087	0,188	0,010	0,068	0,200	0,217	0,221
		PMM	0,028	0,150	0,312	0,019	0,055	0,139	0,163	0,166
		CART	0,025	0,135	0,298	0,015	0,040	0,145	0,205	0,178
		NORM	0,030	0,170	0,334	0,018	0,061	0,154	0,169	0,150
	Yüzde10	FIML	0,028	0,170	0,337	0,017	0,072	0,223	0,223	0,261
		LB	0,056	0,262	0,493	0,025	0,141	0,363	0,400	0,424
		EM	0,044	0,121	0,240	0,022	0,145	0,294	0,304	0,407
		PMM								
		CART								
		NORM								
	Yüzde20	FIML	0,034	0,211	0,471	0,126	0,150	0,337	0,374	0,382
		LB								
		EM	0,093	0,137	0,314	0,060	0,168	0,430	0,408	0,478
		PMM								
		CART								
		NORM								
N=500	Yüzde 5	FIML	0,004	0,009	0,025	0,002	0,012	0,061	0,058	0,056
		LB	0,012	0,025	0,061	0,007	0,089	0,116	0,123	0,125
		EM	0,012	0,013	0,038	0,006	0,071	0,138	0,176	0,176
		PMM	0,006	0,012	0,034	0,003	0,015	0,068	0,064	0,069
		CART	0,006	0,012	0,032	0,003	0,015	0,076	0,067	0,067
		NORM	0,006	0,011	0,028	0,003	0,014	0,066	0,060	0,058
	Yüzde10	FIML	0,008	0,017	0,047	0,005	0,023	0,104	0,105	0,100
		LB	0,021	0,093	0,225	0,014	0,167	0,236	0,202	0,256
		EM	0,024	0,020	0,050	0,014	0,163	0,275	0,286	0,259
		PMM	0,020	0,140	0,248	0,016	0,046	0,125	0,101	0,130
		CART	0,014	0,054	0,107	0,009	0,017	0,119	0,124	0,113
		NORM	0,018	0,107	0,198	0,013	0,052	0,121	0,104	0,102
	Yüzde20	FIML	0,011	0,030	0,077	0,110	0,056	0,188	0,157	0,161
		LB								
		EM	0,077	0,099	0,167	0,055	0,166	0,358	0,389	0,445
		PMM	0,043	0,466	0,820	0,034	0,027	0,179	0,178	0,220
		CART	0,029	0,215	0,354	0,024	0,025	0,182	0,174	0,195
		NORM	0,039	0,334	0,558	0,028	0,035	0,180	0,183	0,214
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,003	0,004	0,013	0,002	0,007	0,046	0,037	0,045
		LB	0,009	0,013	0,035	0,005	0,092	0,088	0,082	0,085
		EM	0,011	0,009	0,023	0,005	0,073	0,142	0,152	0,150
		PMM	0,004	0,004	0,017	0,002	0,011	0,053	0,043	0,049
		CART	0,004	0,005	0,017	0,003	0,010	0,066	0,056	0,054
		NORM	0,003	0,004	0,012	0,002	0,008	0,051	0,039	0,047
	Yüzde10	FIML	0,005	0,008	0,021	0,004	0,016	0,088	0,066	0,069
		LB	0,013	0,039	0,096	0,010	0,178	0,142	0,163	0,170
		EM	0,026	0,017	0,036	0,015	0,165	0,248	0,260	0,238
		PMM	0,011	0,046	0,098	0,009	0,035	0,116	0,090	0,099
		CART	0,009	0,023	0,046	0,007	0,018	0,101	0,101	0,083
		NORM	0,009	0,025	0,046	0,007	0,031	0,099	0,080	0,090
	Yüzde20	FIML	0,007	0,016	0,043	0,068	0,027	0,122	0,119	0,136
		LB								
		EM	0,065	0,069	0,114	0,047	0,162	0,333	0,400	0,458
		PMM	0,028	0,262	0,427	0,026	0,027	0,134	0,135	0,150
		CART	0,028	0,172	0,279	0,020	0,039	0,127	0,140	0,149
		NORM	0,030	0,201	0,319	0,022	0,037	0,118	0,131	0,145

## EK-M: ROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,020	0,051	0,095	0,005	0,018	0,111	0,191	0,159
		LB	0,043	0,133	0,247	0,022	0,090	0,379	0,358	0,353
		EM	0,027	0,055	0,097	0,008	0,037	0,142	0,143	0,114
		PMM	0,024	0,100	0,168	0,009	0,020	0,107	0,138	0,122
		CART	0,020	0,053	0,112	0,006	0,024	0,135	0,165	0,142
		NORM	0,025	0,082	0,141	0,009	0,030	0,127	0,136	0,112
	Yüzde10	FIML	0,028	0,076	0,145	0,008	0,027	0,148	0,197	0,181
		LB	0,068	0,253	0,472	0,044	0,175	0,392	0,483	0,505
		EM	0,046	0,076	0,139	0,017	0,062	0,206	0,316	0,265
		PMM	0,041	0,228	0,376	0,022	0,032	0,167	0,191	0,193
		CART	0,032	0,177	0,341	0,015	0,036	0,194	0,244	0,276
		NORM	0,053	0,303	0,579	0,034	0,058	0,172	0,202	0,193
	Yüzde20	FIML	0,030	0,091	0,178	0,021	0,049	0,169	0,207	0,225
		LB								
		EM	0,099	0,142	0,245	0,053	0,126	0,275	0,445	0,445
		PMM	0,068	0,464	0,930	0,066	0,068	0,211	0,258	0,316
		CART	0,048	0,413	0,872	0,048	0,068	0,358	0,421	0,469
		NORM	0,074	0,530	0,925	0,084	0,133	0,212	0,258	0,290
N=500	Yüzde 5	FIML	0,008	0,007	0,016	0,002	0,008	0,037	0,033	0,036
		LB	0,016	0,028	0,060	0,010	0,112	0,140	0,132	0,130
		EM	0,011	0,007	0,015	0,003	0,039	0,077	0,098	0,106
		PMM	0,008	0,006	0,015	0,002	0,011	0,049	0,046	0,041
		CART	0,009	0,008	0,018	0,003	0,027	0,066	0,043	0,047
		NORM	0,008	0,007	0,015	0,003	0,009	0,041	0,037	0,037
	Yüzde10	FIML	0,011	0,013	0,025	0,003	0,010	0,062	0,064	0,055
		LB	0,102	0,139	0,161	0,030	0,127	0,192	0,184	0,180
		EM	0,021	0,015	0,030	0,008	0,061	0,148	0,211	0,203
		PMM	0,012	0,012	0,026	0,005	0,014	0,076	0,075	0,071
		CART	0,012	0,012	0,027	0,005	0,031	0,090	0,088	0,069
		NORM	0,012	0,012	0,025	0,006	0,013	0,068	0,066	0,060
	Yüzde20	FIML	0,013	0,023	0,048	0,008	0,019	0,124	0,114	0,092
		LB	0,105	0,383	0,595	0,090	0,220	0,536	0,589	0,602
		EM	0,051	0,047	0,079	0,024	0,120	0,271	0,454	0,429
		PMM	0,018	0,081	0,131	0,015	0,024	0,142	0,146	0,116
		CART	0,016	0,040	0,078	0,013	0,075	0,221	0,294	0,193
		NORM	0,015	0,038	0,067	0,015	0,030	0,136	0,140	0,114
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,008	0,007	0,016	0,002	0,008	0,037	0,033	0,036
		LB	0,016	0,028	0,060	0,010	0,112	0,140	0,132	0,130
		EM	0,011	0,007	0,015	0,003	0,039	0,077	0,098	0,106
		PMM	0,008	0,006	0,015	0,002	0,011	0,049	0,046	0,041
		CART	0,009	0,008	0,018	0,003	0,027	0,066	0,043	0,047
		NORM	0,008	0,007	0,015	0,003	0,009	0,041	0,037	0,037
	Yüzde10	FIML	0,006	0,006	0,012	0,002	0,008	0,041	0,034	0,032
		LB	0,013	0,024	0,047	0,012	0,127	0,125	0,117	0,112
		EM	0,017	0,009	0,018	0,006	0,060	0,119	0,176	0,175
		PMM	0,007	0,005	0,011	0,004	0,010	0,047	0,041	0,041
		CART	0,008	0,008	0,015	0,004	0,031	0,060	0,053	0,047
		NORM	0,007	0,005	0,011	0,004	0,009	0,042	0,039	0,036
	Yüzde20	FIML	0,009	0,012	0,023	0,006	0,014	0,063	0,066	0,070
		LB	0,066	0,308	0,516	0,065	0,257	0,530	0,552	0,427
		EM	0,042	0,027	0,044	0,018	0,120	0,215	0,344	0,355
		PMM	0,011	0,025	0,042	0,011	0,018	0,095	0,112	0,095
		CART	0,011	0,026	0,044	0,011	0,072	0,134	0,139	0,131
		NORM	0,010	0,012	0,022	0,009	0,019	0,075	0,071	0,077

## EK-N: ROK, Normal Dağılım ve Orta Düzeyde Yapıya İlişkin Yanlılık Tablosu

Örnekleme	Kayıp Veri	Yöntem	RMSEA	CFI	TLI	SRMR	FL	F12	F13	F23
N=100	Yüzde 5	FIML	0,013	0,027	0,066	0,004	0,014	0,080	0,088	0,084
		LB	0,031	0,085	0,189	0,019	0,081	0,247	0,252	0,257
		EM	0,019	0,030	0,070	0,006	0,032	0,096	0,110	0,092
		PMM	0,015	0,042	0,095	0,006	0,016	0,084	0,090	0,083
		CART	0,012	0,029	0,084	0,005	0,020	0,103	0,111	0,100
		NORM	0,016	0,039	0,089	0,007	0,025	0,088	0,088	0,088
	Yüzde10	FIML	0,019	0,047	0,111	0,007	0,020	0,110	0,135	0,125
		LB	0,053	0,176	0,367	0,040	0,120	0,307	0,366	0,348
		EM	0,036	0,051	0,108	0,013	0,055	0,139	0,213	0,201
		PMM	0,029	0,116	0,224	0,016	0,024	0,124	0,144	0,133
		CART	0,020	0,075	0,183	0,011	0,031	0,133	0,175	0,178
		NORM	0,034	0,155	0,308	0,024	0,049	0,113	0,140	0,137
	Yüzde20	FIML	0,020	0,053	0,137	0,019	0,039	0,134	0,153	0,165
		LB								
		EM	0,089	0,110	0,204	0,045	0,111	0,209	0,329	0,333
		PMM	0,046	0,300	0,617	0,054	0,056	0,149	0,189	0,209
		CART	0,032	0,233	0,532	0,037	0,057	0,250	0,307	0,336
		NORM	0,055	0,376	0,723	0,072	0,122	0,157	0,188	0,217
N=500	Yüzde 5	FIML	0,005	0,004	0,012	0,002	0,007	0,030	0,025	0,029
		LB	0,011	0,017	0,046	0,009	0,111	0,111	0,106	0,107
		EM	0,008	0,005	0,012	0,002	0,038	0,064	0,082	0,090
		PMM	0,005	0,004	0,012	0,002	0,008	0,039	0,035	0,033
		CART	0,006	0,005	0,014	0,002	0,025	0,044	0,033	0,037
		NORM	0,004	0,004	0,012	0,002	0,007	0,033	0,030	0,030
	Yüzde10	FIML	0,007	0,007	0,019	0,002	0,008	0,049	0,047	0,044
		LB	0,025	0,039	0,082	0,019	0,119	0,152	0,141	0,145
		EM	0,017	0,011	0,024	0,006	0,061	0,121	0,182	0,180
		PMM	0,008	0,007	0,020	0,004	0,011	0,060	0,056	0,053
		CART	0,008	0,008	0,021	0,004	0,028	0,070	0,063	0,055
		NORM	0,008	0,007	0,019	0,005	0,011	0,055	0,048	0,049
	Yüzde20	FIML	0,009	0,013	0,037	0,007	0,016	0,099	0,085	0,073
		LB	0,090	0,314	0,509	0,087	0,192	0,419	0,417	0,422
		EM	0,047	0,034	0,060	0,020	0,119	0,210	0,389	0,371
		PMM	0,011	0,026	0,063	0,013	0,019	0,112	0,111	0,093
		CART	0,012	0,022	0,056	0,012	0,071	0,149	0,189	0,145
		NORM	0,010	0,018	0,044	0,014	0,026	0,108	0,098	0,085
N=1000	Yüzde 5	FIML	0,005	0,004	0,012	0,002	0,007	0,030	0,025	0,029
		LB	0,011	0,017	0,046	0,009	0,111	0,111	0,106	0,107
		EM	0,008	0,005	0,012	0,002	0,038	0,064	0,082	0,090
		PMM	0,005	0,004	0,012	0,002	0,008	0,039	0,035	0,033
		CART	0,006	0,005	0,014	0,002	0,025	0,044	0,033	0,037
		NORM	0,004	0,004	0,012	0,002	0,007	0,033	0,030	0,030
	Yüzde10	FIML	0,004	0,003	0,009	0,002	0,007	0,032	0,027	0,025
		LB	0,009	0,013	0,035	0,012	0,126	0,107	0,093	0,086
		EM	0,014	0,007	0,015	0,005	0,059	0,101	0,156	0,150
		PMM	0,004	0,003	0,009	0,003	0,008	0,036	0,033	0,033
		CART	0,006	0,005	0,012	0,004	0,029	0,047	0,039	0,037
		NORM	0,004	0,003	0,008	0,003	0,007	0,032	0,031	0,028
	Yüzde20	FIML	0,007	0,007	0,018	0,005	0,011	0,052	0,048	0,053
		LB	0,053	0,224	0,427	0,063	0,212	0,375	0,404	0,339
		EM	0,040	0,022	0,038	0,016	0,120	0,178	0,289	0,295
		PMM	0,007	0,011	0,025	0,010	0,015	0,069	0,069	0,070
		CART	0,008	0,016	0,034	0,010	0,070	0,101	0,102	0,099
		NORM	0,007	0,007	0,017	0,009	0,016	0,063	0,050	0,059



## EK-O: Etik Komisyonu Onay Bildirimi



Hacettepe Üniversitesi  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Tez Çalışması/Araştırma Etik Komisyon İzin Muafiyeti Formu

F46

04 / 01 / 2022

Hacettepe Üniversitesi  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Ana Bilim Dalı Başkanlığına

<b>Tez/Araştırma Başlığı</b>	Kayıp Veri İle Başa Çıkma Yöntemlerinin Yapısal Eşitlik Modellerine Etkisi
------------------------------	--

Yukarıda başlığı/konusu verilen tez/araştırma çalışmam,

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır.
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne veya ruh sağlığına müdahale içermemektedir.
4. Anket, ölçek (test), mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme gibi teknikler kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen araştırmalar niteliğinde değildir.
5. Diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri kullanımını (kitap, belge vs.) gerektirmektedir. Ancak bu kullanım, diğer kişi ve kurumların izin verdiği ölçüde Kişisel Bilgilerin Korunması Kanuna riayet edilerek gerçekleştirilecektir.

Çalışmada kullanacağım veriler:

- Kamusal erişime açık (buraya yazınız):  
 Özel izin ve onaya tabi (buraya yazınız):  
 Üretilmiş veri (buraya yazınız): Simülasyon verisi kullanılacaktır.  
 Diğer (buraya yazınız):

Yükseköğretim Kurumları Etik Kurulları ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre 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.

Haydar KARAMAN  
(Araştırmacı Adı Soyadı, İmzası)

### Araştırmacı Bilgileri

<b>Adı Soyadı</b>	Haydar KARAMAN
<b>Öğrenci ise No</b>	N14245487
<b>Ana Bilim Dalı</b>	EĞİTİM BİLİMLERİ
<b>Programı</b>	EĞİTİMDE ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME
<b>Statüsü</b>	<input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/> Bütünleşik Dr. <input type="checkbox"/> Diğer

### Danışman Görüşü ve Onayı\*

Çalışmada simülasyon verileri kullanılacağı için etik kurul izni gerekmemektedir.

Doç.Dr. Burcu ATAR  
(İmza)  
(Danışmanın Unvanı, Adı ve Soyadı)

\*Tez ve tezden üretilen yayınlarda gerekli

### **EK-P: 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.

24/01/2022

Haydar KARAMAN

## EK-R: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu

28/02/2022

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

Tez Başlığı: Kayıp Veri ile Başa Çıkma Yöntemlerinin Yapısal Eşitlik Modellerinde Etkisi

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
28/02/2022	94	163235	24/01/2022	%4	1773151590

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:** Haydar KARAMAN  
**Öğrenci No.:** N14248457  
**Ana Bilim Dalı:** Eğitim Bilimleri  
**Programı:** Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme  
**Statüsü:**  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

İmza

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.  
(Doç. Dr. Burcu ATAR)

## EK-S: Thesis/Dissertation Originality Report

28/02./2022

HACETTEPE UNIVERSITY  
Graduate School of Educational Sciences  
To The Department of Educational Sciences

Thesis Title: The Effect Of Missing Data Handling Methods In Structural Equation Models

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
28/02/2022	94	163235	24/01/2022	4%	1773151590

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:** Haydar KARAMAN

**Student No.:** N14248457

**Department:** Educational Sciences

**Program:** Educational Measurement and Evaluation

**Status:**  Masters  Ph.D.  Integrated Ph.D.

Signature

### ADVISOR APPROVAL

APPROVED  
Doç. Dr. Burcu ATAR

## EK-T: Yayınlanma 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 kararı 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 tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

24 /01 /2022

Haydar KARAMAN

---

"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 internetten paylaşılması durumunda 3 şahıslara veya kurumlara haksız kazanç; imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı 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.