

**MADDE TEPKİ MODELLEMESİNDE GENELLENEBİLİRLİK  
İLE  
İKİ YÜZEYLİ DESENLERİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF TWO FACETS DESIGN  
WITH  
GENERALIZABILITY IN ITEM RESPONSE MODELING**

**Gülden KAYA UYANIK**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı

Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalı İçin Öngördüğü

Doktora Tezi

olarak hazırlanmıştır.

2014

Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼đ¼'ne,

G¼lden Kaya Uyanık'ın hazırladığı “Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik İle İki Y¼zeyli Desenlerin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma j¼rimiz tarafından **Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitimde Őlme ve Değerlendirme Bilim Dalı'nda Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. H¼lya KELECIŐĐLU

¼ye (Danışman) Prof. Dr. Selahattin GELBAL

¼ye Doç. Dr. Duygu ANIL

¼ye Doç. Dr. Neşe G¼LER

¼ye Yrd. Doç. Dr. Ömer KUTLU

ONAY

Bu tez Hacettepe ¼niversitesi Lisans¼st¼ Eğitim-Őđretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki j¼ri ¼yeleri tarafından ..... /...../..... tarihinde uygun gör¼lm¼ř ve Enstit¼ Yönetim Kurulunca ...../...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Berrin AKMAN  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼r¼

# MADDE TEPKİ MODELLEMESİNDE GENELLENEBİLİRLİK İLE İKİ YÜZEYLİ DESENLERİN İNCELENMESİ

Gülden KAYA UYANIK

## ÖZ

Bu çalışmada, Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımı farklı koşullar altında iki yüzeyle  $bx(m:t)$  deseni ile incelenmiş ve sonuçlar Genellenebilirlik Kuramından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada simülasyon verisi kullanılmıştır. Veri üretmede tek model kullanıp yanlı sonuçlar elde etme olasılığını ortadan kaldırmak için bu çalışmada üç farklı modele göre veri üretilmiştir. Bu modeller sırasıyla Genellenebilirlik Kuramı (GK), ilişkisiz madde takımı tepki kuramı (MTTK) ve ilişkili madde takımı tepki kuramı olarak adlandırılmıştır. GK doğrusal veri seti  $bx(m:t)$  dengelenmiş rastgele deseni için üretilmiştir. İkinci veri seti tamamlayıcı çok boyutlu madde takımı tepki kuramına (ÇBMTTK) göre üretilmiş ve ilişkisiz MTTK olarak isimlendirilmiştir. Üçüncü veri seti ise ikinci veri seti gibi tamamlayıcı ÇBMTTK'na göre üretilmiştir ancak yetenek ve madde takımı etkisinin ilişkili olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle bu veri seti ilişkili MTTK olarak isimlendirilmiştir.

Oluşturulan veriler madde takımı etkisi, örtük yeteneğe ait korelasyonlar ve madde takımı uzunluğu / madde takımı sayısı açısından farklılık göstermektedir. Üretilen veriler toplamda yedi evrenden ve her evren dört farklı koşuldandır.

Araştırmanın sonucunda tüm evrenlere ait koşulların varyans kestirimleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar ile GK ile elde edilen sonuçlar arasında bir fark olmadığı görülmüştür. Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları çalışma elde edilen bu sonucu destekler niteliktedir. MTMG yaklaşımı ile kestirilen değerler ile GK ile kestirilen değerler arasında fark yoktur ancak MTMG yaklaşımı ile hata varyansını etkileşim varyansından ayrı olarak gözlenebilir.

Çalışmada ayrıca madde takımları güvenilirliği farklı koşullar altında incelenmiştir. Birey-madde takımı etkileşiminin küçük olduğu durumlarda etkileşimin büyük olduğu durumlara göre daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Bunun yanında madde takımı etkisi arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir. Benzer şekilde madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki arttıkça daha düşük

güvenirlik elde edilmiştir. Ayrıca tüm evrenlere ait koşullar incelendiğinde madde takımları için madde sayısı artıka güvenilirliğin arttığı gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Madde tepki modellemede genellenebilirlik, genellenebilirlik kuramı, madde takımı, madde takımı tepki kuramı, güvenilirlik

**Danışman:** Prof. Dr. Selahattin GELBAL, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalı

# **INVESTIGATION OF TWO FACETS DESIGN WITH GENERALIZABILITY IN ITEM RESPONSE MODELING**

**Gülden KAYA UYANIK**

## **ABSTRACT**

An approach called generalizability in item response modeling (GIRM) is investigated with two facets  $bx(m:t)$  design and results are compared with results of generalizability theory in this study.

In this study simulated data is used. Three different models are employed to generate data for having unbiased results. These models are named respectively generalizability theory (GT), uncorrelated testlet response theory (TRT) and correlated testlet response theory. In GT linear model random facets  $bx(m:h)$  design are used for generating data. The second model is generated as the multidimensional TRT and referred to as uncorrelated MTRT. The third model adopted is the same MTRT model but there are correlation between general ability and testlet effect. Therefore this model is referred to as correlated MTRT.

Generated data are differed by factors. These factors are testlet effect, correlations of latent traits, testlet length and number of testlet. All generated data consist of seven different universes and all universes have four different conditions.

According to the results of this study the estimates of variance components obtained using GIRM approach are generally quite similar to those obtained using GT approach. Briggs and Wilson's (2007) study is supported this result. There is no difference between results of GIRM and GT but with GIRM error variance could be separated from residual variance.

This study also examines the reliability of testlets under different conditions. Testlets are more reliable when person-item variance is smaller. Furthermore when testlet effect is increased then reliability is decreased. Also correlation between testlet effect and testlets causes low reliability. When condition of all universes are investigated it is concluded that it is effective to have more items to increase reliability

**Keywords:** Generalizability in item response modeling, generalizability theory, testlet, testlet response theory, reliability

**Advisor:** Prof. Dr. Selahattin GELBAL, Hacettepe University, Department of Educational Sciences, Division of Educational Measurement and Evaluation

## ETİK BEYANNAMESİ

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 tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

İmza

Gülden KAYA UYANIK

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı tamamlamamda değerli hocalarımla, sevgili arkadaşlarımla ve ailemin büyük katkıları bulunmaktadır.

Bu süreçte;

Çalışmamı tamamlamamda bana her konuda destek veren, yardımlarını ve değerli yorumlarını benden esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Selahattin GELBAL'a

Kıymetli eleştirileri ile çalışmamı ışık tutan sayın jüri üyelerim Prof. Dr. Hülya KELECİOĞLU'na, Doç. Dr. Duygu ANIL'a, Yrd. Doç. Dr. Ömer KUTLU'ya ve akademik gelişmemde büyük katkıları olan Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalında bulunan tüm hocalarıma,

Üç ay boyunca ortak bir çalışma yürüttüğümüz, her türlü sorumu sonsuz sabır ve disiplinle cevaplayan Barselona Üniversitesi İstatistik bölümü öğretim üyeleri Dr. Miquel Calvo Llorca ve Dr. Esteban Vegas Lozano'ya

Yaptığım bu çalışmanın her aşamasında desteğini esirgemeyen, gerek fikirleriyle gerekse güler yüzüyle hayata farklı bir açıdan bakmamı sağlayan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Neşe GÜLER'e,

Hep beraber çalışmanın ne kadar güzel ve eğlenceli olabileceğinin kanıtı olan iş arkadaşlarım Dr. Gülşen TAŞDELEN TEKER ve Araş. Gör. Süleyman DEMİR'e

Hayatımın her anında varlığına binlerce kez şükrettiğim her şeyim, canım annem Selma KAYA'ya, hayat yolumun en güzel rehberi, sırtımı dayadığım dağım, babam Mehmet KAYA'ya ve hayatımın en büyük kazancı, gelecek umudum, kardeşim Mert KAYA'ya,

Huzurun, mutluluğun ve sevginin ne demek olduğunu yanında geçirdiğim her anda daha iyi anladığım, ömrümü paylaştığım biricik eşim Onur UYANIK'a;

Bu çalışmanın öncesinde, çalışma sırasında ve sonrasında keyifle vakit geçirmemi sağlayan, heyecanımı ve endişemi paylaşan ve hayatıma renk katan herkese,

Ne kadar teşekkür etsem azdır.



## İÇİNDEKİLER

ÖZ .....	iii
ABSTRACT .....	v
ETİK BEYANNAMESİ .....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi:.....	4
1.3. Problem Cümlesi: .....	5
1.3.1. Alt Problemler:.....	6
1.4. Sayıtlar:.....	7
1.5. Sınırlılıklar:.....	7
1.6. Tanımlar.....	8
1.7. Araştırmanın Kuramsal Temeli .....	9
1.7.1 Genellenabilirlik Kuramı .....	9
1.7.2 Madde Tepki Kuramı .....	11
1.7.3 Madde Takımı Tepki Modeli .....	15
2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	18
2.1. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik Yaklaşımı İle İlgili Çalışmalar .....	18
2.2. Madde Takımı ile İlgili Çalışmalar .....	19
2.3. İlgili Araştırmalar Özet .....	21
3. YÖNTEM.....	23
3.1. Araştırmanın Yöntemi .....	23
3.2. Çalışma Verileri .....	23
3.2.1. Madde Takımı Etkisi.....	24
3.2.2. Örtük Yeteneğe Ait Korelasyonlar .....	24
3.2.3. Madde Takımı Uzunluğu ve Madde Takımı Sayısı.....	24
3.3. Verilerin İşlenmesi ve Çözümlemesi .....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	26
4.1. Üretilen Verilere Ait Özellikler .....	26
4.1.1. Güvenirlik .....	26
4.1.2. Madde Güçlüğü.....	27
4.2. Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Bulgular .....	29
4.3. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Bulgular.....	43
4.4. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine Ait Bulgular.....	57
4.5. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemine Ait Bulgular .....	70

4.6. Araştırmanın Beşinci Alt Problemine Ait Bulgular .....	84
4.7. Araştırmanın Altıncı Alt Problemine Ait Bulgular .....	97
4.8. Araştırmanın Yedinci Alt Problemine Ait Bulgular .....	111
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	126
5.1. Sonuçlar.....	126
5.2. Öneriler.....	132
5.2.1. Araştırmaya Dönük Öneriler.....	132
5.2.2. Uygulamaya Dönük Öneriler .....	133
KAYNAKÇA.....	135
EKLER DİZİNİ .....	140
EK 1. ETİK KURUL ONAY BİLDİRİMİ .....	141
EK 2. R WinBUGS BETİKLERİ.....	142
EK 3. ORJİNALLİK RAPORU .....	144
ÖZGEÇMİŞ .....	145

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Araştırmada yer alan çalışma koşulları.....	25
Tablo 2. Veri setlerine ait güvenilirlik değerleri.....	26
Tablo 3. Veri setlerine ait madde güçlükleri.....	28
Tablo 4. A evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	30
Tablo 5. A evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	38
Tablo 6. B evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	44
Tablo 7. B evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	52
Tablo 8. C evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	57
Tablo 9. C evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	65
Tablo 10. D evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	71
Tablo 11. D evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	79
Tablo 12. E evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	84
Tablo 13. E evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	92
Tablo 14. F evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	98
Tablo 15. F evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	106
Tablo 16. G evrenine ait kestirilen varyans değerleri.....	112
Tablo 17. G evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri.....	120

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

**bx(m:t):** Maddelerin madde takımı içinde yuvalandığı bunların bireylerle çaprazlandığı desen

**a:** madde ayırt ediciliği parametresi

**b:** madde güçlüğü parametresi

**c:** şans parametresi

**$Eb^2$ :** Genellenebilirlik katsayısı

**$\phi$ :** Phi katsayısı

**$\sigma^2(\delta)$ :** Bağlı hata varyansı

**$\sigma^2(\Delta)$ :** Mutlak hata varyansı

**MTMG:** Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik

**GK:** Genellenebilirlik Kuramı

**MTK:** Madde Tepki Kuramı

**KTK:** Klasik Test Kuramı

**MZMC:** Markov Zinciri Monte Carlo

**MT:** Madde Takımı

**MTTK:** Madde Takımı Tepki Kuramı

# 1. GİRİŞ

Bu bölümde araştırmanın problem durumu, amacı ve önemi, problem cümlesi, sayıtları, sınırlılıkları, tanımları ve araştırmanın kuramsal temelleri yer almaktadır.

## 1.1. Problem Durumu

Eğitim çalışmalarında Klasik Test Kuramı (KTK) Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Kuramı (MTK) olmak üzere üç temel kuram yer almaktadır. Bazı araştırmacılar test kuramlarını puanların analiz edilmesi ve yorumlanması bakımından klasik ve modern olmak üzere ikiye ayırırlar. Bu iki kuramda farklı matematiksel modeller kullanılır. Modern test kuramının popülerliği gün geçtikçe artsa da KTK hâlâ en pratik kuram olarak görülmektedir. Günümüzde hala birçok test KTK'ya göre geliştirilmektedir.

Genellenebilirlik Kuramının hata kaynaklarını çözümlenmede ANOVA'yı kullanıyor olmasından dolayı genel olarak GK KTK'nın uzantısı olarak görülmektedir (Feldt ve Quails,1989). Bu nedenle GK da sıklıkla MTK'dan farklı olarak klasik kuramın içinde ele alınmaktadır.

Madde Tepki Kuramı ve klasik kuramların tamamen farklı olmadığı, bir arada kullanılabilir ya da birbirini tamamlayıcı olarak kullanılabileceğine yönelik iddialar da söz konusudur. Buna dayalı olarak araştırmacılar KTK ve GK'yı MTK ile birbirine bağlayan çalışmalar üzerine yoğunlaşmışlardır. Örneğin Kolen ve Harris (1987) hem MTK hem de KTK'ya dayalı olarak çok değişkenli test modelleri ortaya atmışlardır. Benzer şekilde güvenilirlik konusu içinde MTK'yı klasik kuramlarla birleştiren çalışmalar söz konusudur. Samejima (1977) güvenilirliğin ve ölçmenin standart hatasının tahmini için KTK ile MTK'yı birbirine test bilgi fonksiyonunu üzerinden bağlamıştır ve 1994 yılında yaptığı çalışma ile test bilgi fonksiyonu için tahmini güvenilirlik önermiştir. Lord (1983) paralel formların yeteneğe dayalı güvenilirlik katsayılarının kestirimi için eşitlikler ileri sürmüştür. Raju ve Oshime (2005) kısa ve uzun testler için yeteneğe dayalı güvenilirlik kestirimini yapan iki eşitlik ortaya koymuşlardır ve bu eşitliklerden birinin Spearman Brown eşitliği ile aynı olduğunu ispatlamışlardır. Dimitrov (2003) ikili puanlanan maddeler için gerçek puan kestirimlerini, MTK ve KTK'yı birleştirerek elde edilen eşitlikler üzerine çalışmıştır.

GK ve MTK'nın beraber kullanılmasının önemi anlaşılmış olmasına rağmen birleşimi oluşturmak zaman almıştır. Konuyla ilgili ilk adım Linacre (1989, 1999) tarafından atılmıştır ancak yapılan çalışmalar tatmin edici olamamıştır. Linacre puanlayıcılar tarafından ikili puanlanan madde puanlarını incelemiştir. Elde ettiği model Rasch modelin basit bir genellemesi olarak sunulmuştur (Rasch, 1960).

Alanyazında GK ile MTK'nın birlikte kullanıldığı çalışmalarda genel olarak her maddenin birden çok puanlayıcı tarafından puanlandığı desenler üzerinde çalışılmıştır (Alkahtani, 2012; Bock, Brennan ve Muraki, 2002; Kim ve Wilson, 2008; Patz, Junker, Johnson ve Mariano, 2002; Verhelst ve Verstralen, 2001; Wilson ve Hoskens, 2001; Zhang ve Roberts, 2013). Ancak yapılan bu çalışmalar MTK'nın yerel bağımsızlık varsayımını ihlal ettiği gerekçesiyle eleştirilmiştir. Glas (1989) farklı puanlayıcıların verdikleri puanların öğrencilerin cevaplarına bağlı olduğunu; bu nedenle bu modelin MTK'nın yerel bağımsızlık varsayımını ihlal ettiğini öne sürmüştür. Bu durumla başa çıkmak için MTK'da başka modeller üzerinde çalışılmıştır. Örneğin ilk olarak Zwinderman (1991) MTK modeli ile yapısal ANOVA modelini birleştirme üzerine çalışmalar yapmıştır. Daha sonra Fox ve Glas (2001) çalışmaların üzerinde durmuş ancak kesin sonuca ulaşamamışlardır. MTK ile GK'nın birleştirilmesi ilk olarak Briggs ve Wilson'ın (2004, 2007) yapmış oldukları çalışmalar ile gerçekleşmiştir.

Briggs ve Wilson (2004, 2007) çalışmalarında örnekleme modeli olan Genellenebilirlik Kuramını ölçekleme modeli olan Madde Tepki Kuramı ile birleştirmiş ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) isimli yeni bir model ortaya atmışlardır. Yaptıkları çalışmada MTMG yaklaşımının GK'yı MTK'nın içine ilgili madde yüzeyinde dağılımsal varsayımlar yaparak dâhil ettiklerini ileri sürmüşlerdir.

MTMG yaklaşımında, Genellenebilirlik Kuramında geleneksel olarak kullanılan gözlenen puanlar yerine Markov Zinciri Monte Carlo (MZMC) tekniği ile elde edilen beklenen puanlar kullanılır. MTMG'de MZMC yönteminin esnekliğinden de yararlanılarak GK varyans bileşenlerini MTK parametreleri üzerinden kestirmek mümkün olur.

Briggs ve Wilson (2004, 2007) çalışmalarında GK ve MTMG arasındaki farkları şu şekilde sıralamışlardır:

- GK yaklaşımı varyans bileşenleri kestiriminde gözlenen puanları kullanırken MTMG beklenen puanlar matrisini kullanır.
- Etkileşim varyansı ve hata GK'da birbirinden ayrılamazken MTMG'de ayrı ayrı kestirilebilir.

MTMG yaklaşımında beklenen puanlar matrisinin kullanılması daha güvenilir kestirimler yapmaya olanak sağlamaktadır. Diğer yandan GK'nın en büyük dezavantajlarından biri olan hata varyansı sorunu MTMG ile çözümlenebilir hale gelmektedir.

MTMG yaklaşımının tanıtılması ve örneklendirilmesi bireylerin maddeler ile çaprazlandığı " bxm" deseni üzerinden yapılmıştır. Çalışmada ölçme modeli olarak MTK'nın Rasch modeli, yapısal model olarak GK kullanılmıştır.

MTMG yaklaşımı Briggs ve Wilson'ın (2004,2007) yapmış oldukları çalışma ile sınırlı kalmıştır. Yaklaşımın farklı desenler ve farklı çalışma koşulları altında nasıl sonuçlar verdiği henüz bilinmemektedir.

GK ve MTK'nın kullanıldığı diğer çalışma konusu ise madde takımlarıdır. Madde takımları; sınavı alan bireylerin takip edeceği önceden belirlenmiş belli sayıdaki yolu içeren tek bir konuya ait bir grup ilişkili madde olarak tanımlanır (Wainer, Lewis; 1990).

Madde takımları ile kestirilen yetenek; hem bireyin genel yeteneği hem de konu ile ilgili belirli bir yeteneğe bağlıdır (Demars, 2006). Tek uygulama ile birden çok cevap bulan madde takımlarının kullanımı özellikle zamansal açıdan ekonomik olması nedeniyle son zamanlarda artmıştır.

Madde takımları konusu hem GK ile hem de MTK ile ele alınabilir. GK'ya göre incelenen madde takımlarında; madde takımları maddelerin içinde yuvalandığı bir desen olarak ele alınmalıdır. Madde takımları yok sayılıp bir yüzey olarak düşünülmediğinde ölçmenin standart hatası için alt, güvenilirlik için ise üst kestirim yapılır (Yen, 1993; Wainer ve Thissen, 1996; Wainer ve Wang, 2000).

Madde takımları maddelerin sahip oldukları karakteristik özelliklerden dolayı madde tepki kuramında yer alan yerel bağımsızlık varsayımını ihlal ederler. Yapılan birçok araştırma ile madde takımlarının yerel bağımsızlığı bozduğu sonucuna ulaşılmıştır (Rosenbaum, 1988; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve

Thissen, 1996; Jiao, Kamata, Wang ve Jin, 2012). Yerel bağımsızlık varsayımının karşılanmadığı durumlarda bireylerin performansları, madde parametreleri ya da test istatistikleri için elde edilen sonuçlar hatalıdır (Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang 1999). Yerel bağımsızlık varsayımının ihlal edildiği madde takımları için madde takımına dayalı madde tepki modelleri (MTTM) geliştirilmiştir (Bradlow, Wainer ve Wang, 1999; Wainer, Bradlow ve Du, 2000).

## **1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi:**

Eğitim çalışmalarında klasik test kuramından farklı olarak iki temel kuram vardır. Bu kuramlar bireylerin belli bir alandaki doğrudan gözlenemeyen yetenekleri ile bu alanı yoklayan sorulardan oluşan test maddelerine verdikleri yanıtlar arasındaki matematiksel ilişkiyi barındıran madde tepki kuramı ile ölçme sonuçlarının güvenilirliğinin belirlenmesini, güvenilir gözlemlerin tasarımını, araştırılmasını ve kavramsallaştırılmasını sağlayan istatistiksel bir kuram olan Genellenebilirlik Kuramıdır. Madde tepki kuramı (MTK) ve Genellenebilirlik Kuramı (GK) en azından yüzeysel açıdan birbirinden farklı olarak görülür. Örneğin Brennan (2001) Genellenebilirlik Kuramının örnekleme modeli, madde tepki kuramının ise bir ölçekleme modeli olduğunu belirtmiştir. Ancak her iki yaklaşım da desene ve ölçme araçlarının analizine ilişkin önemli bilgiler sağladığı için MTK'yı ve GK'yı hem büyük ölçekli sınavlarda hem de daha küçük ölçek çalışmalarında beraber kullanmak yararlı olabilir (Bock, Brennan ve Muraki, 2002).

MTK ve GK Briggs ve Wilson (2004,2007) yaptıkları çalışmalar ile birleştirilmiş ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik isimli yeni bir yaklaşım ortaya atılmıştır. MTMG yaklaşımı iki birbirinden uzak modeli, bir bireyin tek bir madde üzerindeki beklenen puanı üzerinden birbirine bağlar. Bir bireyin tek bir madde üzerindeki beklenen puanı ise MTK'da yer alan bir maddenin doğru cevaplandırılma olasılığına denk gelir. Bu durumun tek yüzeysel desenler için mümkün olduğu Briggs ve Wilson'ın (2004, 2007) yaptıkları çalışmalar ile ispatlanmıştır.

MTMG yaklaşımı elde edilen ümit verici sonuçların yanında alanyazında çok az gerçekleştirilen birbirlerinden farklı iki ölçme kuramını bir arada kullanması



açısından değerlidir. Ancak MTMG çalışmaları tek yüzeyli desenler ile sınırlı kalmıştır. MTMG yaklaşımının çok yüzeyli durumlarda nasıl işlediğini bilmek gereklidir. Örneğin MTMG çok yüzeyli modellerde çalışmazsa adres gösterilen sorunlarda GK'nın yerine kullanılabileceği söylenemez. Bu nedenle bu çalışmanın temel amacı Briggs ve Wilson'ın (2004, 2007) yaptıkları çalışmayı tek yüzeyli desenden çok yüzeyli desene çıkartmaktır.

Çalışmada kullanılan çok yüzeyli desen, maddelerin takımlara yuvalandığı ve bireylerin bunlarla çaprazlandığı rastgele dengelenmiş  $bx(m:t)$  yuvalanmış desendir. MTMG yaklaşımı için kullanılan rastgele  $bx(m:t)$  yuvalanmış deseni için MTK 'da madde takımı tepki kuramı (MTTK) kullanılmıştır.

Madde takımlarından oluşan testlerin kullanımı beraberinde getirdiği avantajlar nedeniyle hem ulusal hem de uluslararası sınavlarda artış göstermektedir. Ancak madde takımlarının yerel madde bağımsızlığı ihlali göz ardı edildiğinde kestirimde hatalara neden olduğu açıktır. Bu çalışmada madde takımlarının farklı koşullar altında elde edilen parametreleri incelenmiştir. Bu koşullar; birey-madde takımlarının etkileşimlerinin varyans büyüklükleri; madde takımlarında yer alan maddeler arasında ilişkinin varlığı, madde takımları sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısıdır.

Bu çalışma birbirinden farklı olan kuramları birleştirmesi açısından önemlidir. Aynı zamanda çalışmada madde takımının olduğu farklı durumlar, farklı kuramlar çerçevesinde incelenmiştir. Bu nedenle, madde takımlarının sıklıkla kullanıldığı ulusal çapta yürütülen geniş ölçekli sınavlarda parametre kestirimleri için farklı bir yaklaşım önermesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

### **1.3. Problem Cümlesi:**

Yukarıda durumu, amacı ve önemi tanımlanan çalışmanın problem cümlesi aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

Farklı koşullar altında iki yüzeyli  $bx(m:t)$  deseninden elde edilen varyans değerleri açısından Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik Yaklaşımı ve Genellenebilirlik Kuramından elde edilen sonuçlar arasında fark var mıdır?

### 1.3.1. Alt Problemler:

1. Birey-madde etkileşim varyansının diğer varyans değerleri arasında en küçük, madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (A evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

2. Birey-madde etkileşim varyansının diğer varyans değerleri arasında en büyük, madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (B evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

3. Madde takımı etkisi 0,2; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (C evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

4. Madde takımı etkisi 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (D evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

5. Madde takımı etkisi 0,8; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (E evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

6. Genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (F evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

7. Genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki 0,2; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (G evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

#### **1.4. Sayıtlılar:**

Çalışmada simülasyon yolu ile üretilen verilerin gerçek koşullara uygun olduğu varsayılmıştır.

#### **1.5. Sınırlılıklar:**

Bu araştırmada veriler simülasyon yoluyla elde edilmiştir. Bu nedenle bu çalışma simülasyon yoluyla elde edilen veri setleri ile sınırlıdır. Ayrıca çalışmada üç farklı veri setine dayalı yedi farklı evren ve her evrene ait dört farklı koşul işlenmiştir. Çalışma bu evren ve koşullar ile sınırlandırılmıştır.

## 1.6. Tanımlar

**Madde Takımı:** İlk olarak bilgisayar ortamında bireyselleştirilmiş test uygulamalarındaki kapsam etkisi ve madde sıralanışı gibi sorunları aşmak için ortaya atılan madde takımları, sınavı alan bireylerin takip edeceği önceden belirlenmiş belli sayıdaki yolu içeren tek bir konuya ait bir grup ilişkili madde olarak tanımlanır.

**A evreni:** Çalışmada birey-madde takımı varyans kaynağı, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. A evreninin her koşulunda birey-madde etkileşim varyans değeri diğer varyans değerleri arasında en küçük değerdir. Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**B evreni:** Çalışmada birey-madde takımı varyans kaynağı, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. B evreninin her koşulunda birey-madde etkileşim varyans değeri diğer varyans değerleri arasında en büyük değerdir. Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**C evreni:** Çalışmada madde takımı etkisi, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. C evreninin her koşulunda madde takımı etki değeri 0,2'dir. Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**D evreni:** Çalışmada madde takımı etkisi, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. D evreninin her koşulunda madde takımı etki değeri 0,5'tir. Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**E evreni:** Çalışmada madde takımı etkisi, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. E evreninin her koşulunda madde takımı etki değeri 0,8'dir. Koşullar birbirinden

madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**F evreni:** Çalışmada örtük yeteneğe ait ilişki, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. F evreninin her koşulunda genel yetenek ve tüm madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5, madde takımları arasındaki ilişki 0,5 değerindedir. Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

**G evreni:** Çalışmada örtük yeteneğe ait ilişki, madde takımı sayısı ve madde takımı uzunluğu manipüle edilerek elde edilen evrendir. Dört farklı koşuldan oluşur. G evreninin her koşulunda genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki yüksek (0,8) madde takımlarının arasındaki ilişkin düşüktür (0,2). Koşullar birbirinden madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı açısından farklılaşmaktadır.

### **1.7. Araştırmanın Kuramsal Temeli**

Madde Tepki Kuramında Genellenebilirlik yaklaşımının araştırıldığı bu çalışma kuramsal olarak Genellenebilirlik Kuramı, Madde Tepki Kuramı, madde takımı ve Madde Takımı Tepki Kuramı kavramlarına dayalıdır. Bu kavram ve kuramlara ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

#### **1.7.1 Genellenebilirlik Kuramı**

Genellenebilirlik Kuramı (GK), performans ölçümlerinin güvenilirlikleri ile ilgili istatistiksel bir kuramdır. GK, araştırmacıya varyans analizi yoluyla farklı hata kaynaklarını bir arada kullanarak onların büyüklüklerini kestirmeyi sağlar. Tek bir analizle bir ölçmedeki birden fazla hata kaynağının ele alınması, Genellenebilirlik Kuramının avantajıdır (Shavelson ve Webb, 1991).

Ölçmedeki hata kaynaklarının hem ayrı ayrı hem de birbirleriyle etkileşimlerinin sonucu ortaya çıkardıkları etkileri vardır (Thompson, 2003). Klasik test kuramının (KTK) aksine GK bu durumu da göz önünde bulundurmaktadır.

GK ayrıca, KTK'dan farklı olarak uygulayıcılara, puanların güvenilirliğini farklı yorumlamalar için kestirebilmeyi sağlar. KTK sonuçlarına dayalı olarak yapılabilecek tek yorum, bireylerin birbirlerine göre durumlarını karşılaştırmada

kullanılan görelî karar verebilecekleri bilgi sağlarken, GK hem görelî hem de mutlak kararlar için yeterli bilgiyi aynı anda sunmaktadır (Cronbach, Linn, Brennan ve Haertel 1995).

Genellenebilirlik Kuramında ölçme, kabul edilebilir gözlemler evreninin bir örneklemdir ve bu gözlemler verilecek kararın amacına göre değişebilir. Tek yüzeyli evrende, tek bir hata kaynağı varken sosyal bilimlerdeki ölçmelerin karmaşıklığından dolayı birden fazla yüzey içeren ölçme durumlarıyla karşılaşmak olasıdır.

Pek çok ölçme durumunda bireyler, ölçme objesidir. Bir başka deyişle bireyler, istenilen kararların alınacağı ölçmenin hedefleri durumundadırlar. Bu sebeple, bireylere bağlı test kuramında “hata kaynağı” olarak tanımlanmadığı gibi GK’da da yüzey olarak düşünülmez (Güler, Kaya Uyanık ve Taşdelen Teker, 2012). Bireyler dışında kalan ve ölçmelerde farklılıklara sebep olan diğer değişkenlik kaynakları ise yüzey olarak tanımlanmaktadır. Ölçme objesinin (bireyler) tanımladığı varyans bileşenine ilişkin değer, bireyler arasındaki farklılığı gösterir ve bu farklılık istenen bir durumdur. Ancak tüm ölçme durumlarında ölçme objesinin bireyler olması bir zorunluluk değildir, diğer değişkenler de ölçme objesi olabilir.

GK’da eğer bir değişkenlik kaynağının koşulları diğer bir değişkenlik kaynağının bütün koşullarıyla örtüşüyorsa çapraz (crossed) bir desen oluşuyorken, bir değişkenlik kaynağının koşulları diğer değişkenin bazı koşullarıyla örtüşüyorsa değişkenlik kaynakları yuvalanmış (nested) olarak nitelendirilmektedir (Shavelson ve Webb, 1991).

GK’da güvenirliliğin araştırılması iki adımda gerçekleşmektedir: (1) genellenebilirlik (G) çalışması ve (2) karar (K) çalışması. G çalışmasında araştırmacı, üzerinde ölçme yaptığı örnekleme ölçmenin evrenine genellemekle ilgilenir. Diğer taraftan, K çalışmasında ise belirli bir amaç için karar vermek üzere G çalışmasından elde edilen bilgilerden yararlanır (Güler, Kaya Uyanık ve Taşdelen Teker, 2012).

Genellenebilirlik Kuramında yüzeyler, tesadüfî ya da sabit olarak ele alınır. Bir yüzeyin tesadüfî ya da sabit olarak ele alınması tamamen araştırmacının kararına bağlıdır. Örneklem büyüklüğü evren büyüklüğünden çok küçükse ve örneklem evrenden tesadüfî olarak seçilmiş veya aynı evrenden seçilebilecek başka herhangi bir örneklem ile değiştirilebilecek durumdaysa, bu tür örneklem

*tesadüfî* olarak adlandırılırlar. Diğer taraftan, eğer araştırmacının amacı örneklemin ötesinde bir genelleme yapmak değilse, ele alınan değişkenlik kaynağı *sabit* olarak tanımlanır. Genellenebilirlik Kuramında, ölçmenin ne derece genellenebilir olduğu eldeki verilerin karar çalışmasında nasıl kullanıldığına bağlıdır. Sosyal bilimlerdeki ölçmeler genel olarak iki şekilde kullanılır: (1) bireyleri sıralamak ve (2) bir bireyin bilgi, beceri veya tutumunu mutlak bir düzeyde belirlemek. Eğer bir öğrencinin bir sınavdan geçmesi veya kalması sınavı alan diğer öğrencilerin o sınavdaki performanslarına bağlı ise araştırmacı göreceli model kullanmalı; eğer öğrencinin sınavdan geçmesi veya kalması diğer öğrencilerin o sınavdaki performanslarından bağımsız olarak sadece kendi performansına bağlı ise araştırmacı mutlak model kullanmalıdır.

GK'da ölçme hataları, göreceli kararlar ve mutlak kararlar için ölçme hataları olarak değerlendirilir ve hesaplanan genellenebilirlik (G) katsayısı göreceli ve mutlak değerlendirmeler için ayrı ayrı hesaplanabilir (Shavelson ve Webb, 1991; Brennan, 2001). GK'da göreceli modeller için G-Katsayısı elde edilirken mutlak modeller için ise Phi-katsayısı (güvenirlilik indeksi) elde edilir. G katsayısı, bir bireyin gözlenen puanından o bireyin evren puanının ne derece doğru genellendiğinin bir göstergesidir. Klasik test kuramındaki güvenirlilik katsayısı gibi, genellenebilirlik katsayısı bireylerin puanlarındaki çeşitliliğin oranını yansıtır.

### **1.7.2 Madde Tepki Kuramı**

Diğer bir adı da Örtük Özellikler Kuramı olan Madde Tepki Kuramı (MTK), klasik test kuramına karşı 1930'lu yıllarda ilk olarak ortaya atılmış, konu ile ilgili asıl çalışmalar ise 1950'li yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Klasik test kuramındaki bazı sınırlılıkları ortadan kaldırmak adına üzerinde çalışılan madde tepki kuramı her ne kadar daha ileri bir kuram olarak görülse de, uygulanmasında ve hesaplanmasındaki zorluklar sebebiyle, klasik test kuramının yerini tam anlamıyla alamamıştır (Shavelson ve Webb, 1991). Günümüzde hala klasik test kuramı kolay ve uygulanabilir olması sebebiyle daha çok tercih edilmektedir. MTK'nın test geliştirme, soru bankası oluşturma, bireye uyarlanmış test geliştirme, madde yanlılığının belirlenmesi, seçenekleri ağırlıklandırma ve test eşitleme konularında karşılaşılan sorunlara çözüm getirdiği düşünülmektedir (Hambelton ve Swaminathan,1985).

MTK'ya göre, bireylerin belli bir alandaki doğrudan gözlenemeyen yetenekleri ya da özellikleri ile bu alanı yoklayan sorulardan oluşan test maddelerine verdikleri yanıtlar arasında bir ilişki vardır ve bu ilişki matematiksel olarak ifade edilebilir (Hambleton ve Swaminathan,1985). MTK'nın temel varsayımı, testi alan bireyin o teste ilişkin performansının, bireyin özellikler (traits) olarak adlandırılan yeteneklerinin tanımlanması ve bu özelliklerle ilişkili olarak bireylerin yetenek puanlarının tahmin edilerek, madde ve test performanslarının açıklanıp kestirilebileceği esasına dayanmaktadır (Hambleton, Swaminathan ve Rogers, 1991).

KTK'da madde güçlük ve ayırıcılık gücü indeksleri testin geliştirildiği gruptan kestirilmektedir. Bu nedenle KTK'da bireylerin aldıkları puanlar o testin güçlük düzeyine göre değişmektedir (Lord ve Novick, 1968) ve grup değiştiğinde değerler de değişebilmektedir. MTK'da ise kestirimler gruptan bağımsızdır ve parametre kestirimleri değişmez (Hambleton, 1990). Değişmezlik yetenek ve madde parametrelerinin değişmezliği olarak değerlendirilir. Yetenek parametrelerinin değişmezliği aynı özelliği ölçmeye yönelik olarak hazırlanmış olan farklı maddelere verilen tepkilere dayalı olarak kestirilir. Madde parametrelerinin değişmezliği ise aynı testin farklı bireylere uygulanmasıyla elde edilir. Değişmezlik özelliği bir testin MTK ile bir kez ölçeklendikten sonra pek çok kez kullanılmasına olanak sağlar. Gruba ve bireye uygulanan maddelere bağımlı olmaması MTK'yı daha kullanışlı yapmaktadır (Kolen ve Harris,1987). Ancak bu değişmezliğin sağlanması, madde parametrelerinin elde edilmesinde yapılan deneme uygulamasının ve bu uygulamanın yapıldığı grubun bazı koşulları sağlamasına bağlıdır (Hambleton ve Swaminathan,1985; Hambleton, 1990; Hambleton, Swaminathan ve Rogers, 1991; Kelecioğlu, 2001).

Ölçme hataları KTK'da tüm grup için hesaplanırken, MTK'da her birey için ayrı ayrı kestirilebilmektedir. Benzer şekilde güvenilirlik katsayısı KTK'da cevaplayıcı grubun puan dağılımı için tek bir değer olarak hesaplanırken, MTK'da her bir madde ve yetenek düzeyi için güvenilirlik madde ve test bilgi fonksiyonu şeklinde hesaplanabilmektedir. Klasik test kuramında elde edilen tek katsayı, güvenilirliğin farklı yetenek düzeyleri için değişmediği anlamına gelmekte iken, tekrarlı ölçmelerle hesaplanan güvenilirlik katsayılarına bakıldığında, bunların ölçülen özelliğe üst düzeyde sahip bireyler için daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu



durum farklı yetenek düzeyindeki bireyler için ölçme aracının aynı düzeyde güvenilirliğe sahip olamayacağını göstermektedir (Nartgün, 2002).

Madde tepki kuramında bazı parametreler vardır. Bu parametrelerden biri b parametresidir ve madde güçlüğü olarak adlandırılır. Bir maddenin P olasılıkla doğru yanıtlanması için gerekli yetenek düzeyini gösterir. Madde güçlüğü “ $-\infty, + \infty$ ” arasında değerler alır fakat genelde “-3,+3” aralığında tanımlanır. Maddelerin b değeri arttıkça, maddeyi doğru yanıtlamak için gerekli yetenek düzeyi artar. Pozitif b değeri maddenin zor, negatif b değeri maddenin kolay olduğunu gösterir.

Diğer bir parametre olan a parametresi madde ayırıcılık parametresidir. Madde karakteristik eğrisinin eğimine denk gelir. Ölçülen yetenek düzeyinin, gerçek yetenek ölçüsü hakkında ne kadar bilgi verdiğini göstermesi yönüyle geçerlik ölçüsü olarak kabul edilir. “a” değerinin artması ayırıcılığı artırır.

Şans parametresi olarak adlandırılan c parametresi ise madde karakteristik eğrisinin y eksenini kestiği noktadır. Düşük yetenek düzeyindeki bireylerin bir maddeyi doğru yanıtlama olasılığını gösterir.

Madde tepki kuramının iki temel varsayımı vardır. Bunlar tek boyutluluk ve yerel bağımsızlıktır. Tek boyutluluk, kişinin testteki performansını belirleyen faktörün testin ölçmeye çalıştığı faktör olmasıdır. Bireyin performansını etkileyen birden fazla faktör olduğunda tek boyutluluk sağlanamaz. MTK'nın ikinci sayılısı olan yerel bağımsızlık, test performansını etkileyen yetenek sabit tutulduğunda, bireylerin maddelere vereceği tepkilerin istatistiksel olarak bağımsız veya ilişkisiz olmasıdır (Hambleton ve Swaminathan, 1985).

MTK'da bireyin bir maddeye ilişkin performansı ile ölçülen özelliği arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ortaya konulabileceği varsayılmaktadır. Bu matematiksel tanım madde karakteristik fonksiyonu ve eğrisidir (Crocker ve Algina, 1986). Madde karakteristik fonksiyonu, madde puanının  $\theta$  vektörü üzerindeki regresyonu olup  $P_i(\theta)$  şeklinde ifade edilir. Ölçülen örtük özellik tek boyutlu olduğunda, fonksiyonu belirleyen parametreler sabit parametreler olur ve fonksiyon madde karakteristik eğrisi adını alır (Lord ve Novick, 1968).  $P_i(\theta)$  fonksiyonu gözlenen yanıtlardan hareketle gözlenmeyen özelliklerin kestirilmesinde kullanılır; doğrusal olmayan bir eğridir ve örtük uzay tamamen tanımlanmışsa farklı gruplarda değişmezliğini korur. Madde karakteristik eğrisi,

belirli bir yetenek düzeyindeki kişinin maddeyi doğru yanıtlandırma olasılığı hakkında bilgi verir (Hambelton ve Swaminathan, 1985).

### **1.7.2.1. Madde Takımı**

Madde takımı kavramı ilk olarak bilgisayar ortamında bireyselleştirilmiş test uygulamalarındaki kapsam etkisi ve madde sıralanışı gibi sorunları aşmak için Wainer ve Kiely (1987) tarafından ortaya atılmıştır. Wainer ve Kiely (1987) yaptıkları tanıma göre madde takımı sınavı alan bireylerin takip edeceği önceden belirlenmiş belli sayıdaki yolu içeren tek bir konuya ait bir grup ilişkili maddedir.

Madde takımının özellikleri daha sonra Wainer ve Lewis (1990) tarafından daha genel ifade edilmiştir. Buna göre madde takımı manipüle edilecek kadar küçük ancak kendi kapsamlarını taşıyacak/oluşturacak kadar büyüktür.

Madde takımı kavramını daha geniş bir alana uygulayabilmek için Lee, Brennan ve Frisbie (2000) madde takımlarını test geliştirmede (Wainer ve Wang, 2000), uygulamada (Wainer ve Kiely, 1987) ve puanlamada (Wainer ve Thissen, 1996) bir ölçme birimi olarak yeniden tanımlamışlardır.

Madde takımları maddelerin sahip oldukları karakteristik özelliklerden dolayı madde tepki kuramında yer alan yerel bağımsızlık varsayımını ihlal etmeleri açısından 1990'ların başlarından beri üzerinde çalışılan bir konudur. Araştırmalarda madde takımlarının genel olarak yerel bağımsızlığı bozduğu görülmüştür (Rosenbaum, 1988; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Jiao, Kamata, Wang ve Jin, 2012). Bir bireyin bir testteki farklı maddelere verdiği cevapların birbirinden istatistiksel olarak bağımsız olması olarak tanımlanan yerel bağımsızlık varsayımının ihlal edildiği durumlarda yerel madde bağıllığından bahsedilir. Maddeler yerel bağımsızlık varsayımını karşılamadıkları zaman bireylerin performanslarında, madde parametrelerinde ya da test istatistiklerinde hatalı sonuçlara neden olurlar (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Bradlow, Wainer ve Wang 1999; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999;).

Yerel bağımsızlık varsayımının ihlal edildiği madde takımları için madde takımına dayalı madde tepki modelleri (MTTM) geliştirilmiştir (Bradlow, Wainer ve Wang, 1999; Wainer, Bradlow ve Du, 2000; Wang, Bradlow ve Wainer, 2002; Li, Bolt ve

Fu, 2006). Tüm MTTM'lerde MTK parametrelerine ek olarak madde takımı parametreleri elde edilir.

### **1.7.3 Madde Takımı Tepki Modeli**

Eğitimde kullanılan standartlaştırılmış testlerde, madde takımlarının kullanımının artması nedeniyle madde takımlarının nasıl puanlanacağı ve nasıl analiz edileceği son on yılda önemli araştırma konusu haline gelmiştir.

Madde takımı puanlanması farklı yöntemlerle yapılır. Geleneksel olarak kullanılan yöntemde maddeler madde takımlarından bağımsız gibi düşünülerek bir diğer deyişle madde takımlarının etkisini yok sayarak ayrı ayrı puanlanmaktadır. Ancak araştırmalar gösteriyor ki bu tür puanlamalar güvenilirlikte üst kestirim; standart hata ve yetenek kestiriminde alt kestirime neden olmaktadır (Sireci, Wainer ve Thissen, 1991; Wainer, 1995; Wainer ve Wang, 2000; Wainer ve Thissen, 1996; Yen, 1993; Demars, 2006). Bunun yanında madde takımı etkisini yok saymak madde parametrelerinde yanlış kestirim yapılmasına sebep olur (Ackerman, 1989,1994; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999; Wainer, Bradlow ve Du, 2000). Bradlow, Wainer ve Wang (1999) çalışmalarında madde takımı etkisinin yok sayılmasının madde takımına ait maddelerde madde ayırt ediciliği parametresi için alt kestirime, bağımsız maddelere ait madde ayırt ediciliği parametresi için ise üst kestirime neden olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Diğer bir puanlama yöntemi ise madde takımı puanlamadır. Madde takımı puanlamada, madde takımları tek bir madde gibi düşünülüp çoklu puanlanmakta ve bu süreçte çok boyutlu madde tepki modelleri kullanılmaktadır (Sireci, Wainer ve Thissen, 1991; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996).

Madde takımı puanlamada, madde takımını oluşturan maddelerin birbirlerine bağlı olmalarının göz önünde bulundurulması olumlu bir durum iken bu maddeleri cevaplandıran bireyin cevap deseni ile ilgili bilgi kaybı söz konusudur. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak adına, orijinal MTK modellerine kişiye özgü tesadüfî madde takımı etkisinin de eklenmesi yeni bir strateji olarak ele alınmaktadır (Bradlow, Wainer ve Wang, 1999; Wainer, Bradlow ve Du, 2000; Wang, Bradlow ve Wainer, 2002; Li, Bolt ve Fu, 2006). Bu strateji ise "Madde Takımı Tepki Kuramı" (MTTK) (Testlet Response Theory – TRT) olarak anılmaktadır (Wainer, Bradlow ve Du 2000). Dresher (2004) MTTK modelinin

kullanılmasının, madde ayırıcılık ve güçlük parametrelerinin madde takımı oluşturan maddelerin birbirlerine bağımlılıklarını yok sayan madde takımı puanlama ya da tek boyutlu MTK modellerine göre daha iyi kestirim yaptığını bulmuştur (Akt. Chien, 2008).

MTTK'da temel olarak kişiye özgü tesadüfi madde takımı etkisini ele alan pek çok madde takımı modeli bulunmaktadır (Bradlow, Wainer ve Wang, 1999; Wainer, Bradlow ve Du, 2000; Wang, Bradlow ve Wainer, 2002; Li, Bolt ve Fu, 2006). Bütün MTTK modelleri, her bir bireydeki yerel madde bağılılığı miktarını belirtmek için, geleneksel MTK parametrelerinin yanında bir de madde takımı parametresini önermektedir. Genel olarak, geliştirilen bütün MTTK modelleri, çok boyutlu MTK modellerinden ya da daha önce önerilen bir MTTK modelinden uyarlanmıştır.

İlk MTTK modeli bağımsız 1-0 maddeler ve madde takımı maddelerinin karışımından oluşan bir test için Bradlow, Wainer ve Wang (1999) tarafından ileri sürülmüştür. İleri sürülen bu modelde "b" bireyinin "m" maddesiyle kestirilen yeteneğini ( $t_{bm}$ ) kestirmek için iki parametrelili lojistik model (2PL) temel alınmıştır. 2PL modelde  $t_{bm}$  ;

$$t_{bm} = a_m (\theta_b - b_m) + \varepsilon_{bm}$$

$a_m$  = m maddesine ait ayırt edicilik parametresi

$\theta_b$  = b bireyine ait yetenek

$b_m$  = m maddesine ait güçlük parametresi

Bradlow, Wainer ve Wang (1999) tarafından ileri sürülen modelde ise 2PL model temel alınmış ve bireye özgü madde takımı etkisi eklenmiştir. 2PL MTT modeline göre bireyin yetenek puanı;

$$t_{bm} = a_{mt} (\theta_b - b_{mt} - \gamma_{bt}) + \varepsilon_{bmt}$$

Formülde yer alan  $\gamma_{bt}$  madde takımındaki maddeleri alan "b" bireyi için madde takımı etkisi parametresidir.  $\gamma_{bt}$  bireyin yeteneğinden ve madde parametrelerinden bağımsızdır;  $\sum \gamma_{bt} = 0$  olduğu varsayılır ve madde takımının sadece bir maddesi varsa  $\gamma_{bt} = 0$  olur.

Wainer, Bradlow ve Du (2000) çalışmalarında şans parametresini var olan modele ekleyerek 2PL MTT modelini yeniden düzenlemiş ve 3PL MTT modelini ortaya atmışlardır. Bu modele göre ;

$$P(X_{bmt}=1) = c_{mt} + (1-c_{mt}) \frac{\exp [amt (\theta b - bmt - \gamma bt)]}{1 + \exp [amt (\theta b - bmt - \gamma bt)]}$$

Şans parametresinin ( $c_{mt}$ ) sıfır olması durumunda 3 PLMTTK, 2PLMTTK'nın özel bir hali olur.

Farklı formlarda soru tiplerinin beraber kullanıldığı testlerin artmasıyla beraber Wang, Bradlow ve Wainer (2002) 3PL MTT modelini genişleterek "karışık formda (mixed format) MTT" modelini geliştirmişlerdir. Karışık formda MTT modeli 3PL MTTK ile Samejima'nın madde tepki modelini temel alır.

Li, Bolt ve Fu (2006) yaptıkları çalışmalarında aynı ayırt edicilik parametresinin hem birincil özellik hem de madde takımı faktörü için kullanılmasının hataya sebep olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle Li, Bolt ve Fu (2006) uyarlanmış 2PLMTTK ile iki parametrelili normal ogive(2PNO) MTK birleşiminden oluşan çok boyutlu MTTK'yı geliştirmişlerdir. Çok boyutlu MTTK'da madde takımında yer alan maddeler için madde ayırt edicilik parametresi genel yeteneğe ve madde takımı faktörüne göre ayrışır.

## 2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde, ilgili alanyazında bulunan, araştırmının kapsamını oluşturan Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımı ve madde takımları ile ilgili olan çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik Yaklaşımı İle İlgili Çalışmalar

Briggs ve Wilson (2007) çalışmalarında Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımını ortaya atmışlardır. Çalışmalarında MTMG'nin örnekleme modeli olan Genellenebilirlik Kuramı ile ölçkleme modeli olan Madde Tepki Kuramını birleştirdiğini ve MTMG yaklaşımının GK'yı MTK'nın içine ilgili madde yüzeyinde dağılımsal varsayımlar yaparak dâhil ettiklerini ileri sürmüşlerdir. MTMG tek yüzeyli birey x madde (bxm) deseni üzerinden tanıtılmış ve yaklaşımın avantajları Genellenebilirlik Kuramı ile hem simülasyon hem de gerçek veri üzerinden karşılaştırılarak sunulmuştur. Araştırmanın simülasyon kısmında bxm deseni için 500 birey ve 5 maddeden oluşan veri R programı ile üretilmiş ve analizleri WinBUGS programı ile yapılmıştır. Elde edilen varyans değerleri MTMG için  $\sigma^2(b)=0,033$   $\sigma^2(m)=0,028$   $\sigma^2(bm)=0,002$  ve  $\sigma^2(e)=0,181$ 'dir. GK için ise  $\sigma^2(b)=0,033$   $\sigma^2(m)=0,034$  ve  $\sigma^2(bm,e)=0,183$ 'tür. MTMG yaklaşımı ile elde edilen genellenebilirlik katsayısı 0,474; Phi katsayısı ise 0,439'tür. GK ile elde edilen genellenebilirlik katsayısı 0,471; Phi katsayısı ise 0,430'dur. Gerçek veri kullanılarak da desteklenen çalışmada 349 öğrenciye 36 maddeden oluşan Colorado fizik dersine karşı tutum ölçeği uygulanmıştır. Elde edilen veriler hem MTMG hem de GK ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda MTMG için varyans değerleri  $\sigma^2(b)=0,030$   $\sigma^2(m)=0,025$   $\sigma^2(bm)=0,001$  ve  $\sigma^2(e)=0,190$ 'dir. GK için ise  $\sigma^2(b)=0,031$   $\sigma^2(m)=0,025$  ve  $\sigma^2(bm,e)=0,192$ 'dir. MTMG yaklaşımı ile elde edilen genellenebilirlik katsayısı 0,851; Phi katsayısı ise 0,834'tür. GK ile elde edilen genellenebilirlik katsayısı 0,850; Phi katsayısı ise 0,830'dur. Temel araştırma niteliği taşıyan bu çalışmaya göre bxm deseni için MTMG ile elde edilen varyans değerleri GK ile elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiş bunun yanında MTMG'nin avantajı olan etkileşim varyansını hata varyansından ayrı olarak elde edilebilmiştir.

## 2.2. Madde Takımı ile İlgili Çalışmalar

Lee ve Frisbie (1999) madde takımı içeren testlerin maddeye dayalı yöntemlerle kestirilmesi sonucunda güvenilirlikte üst kestirim yapması bulgusuna dayanarak madde takımlarını Genellenebilirlik Kuramı ile incelemişlerdir. Yapılan çalışmada madde takımları göz ardı edildiğinde b<sub>xm</sub> deseni; madde takımları için ise b<sub>x(m:t)</sub> deseni kullanılmıştır. Çalışmada madde takımı sayısı ve madde takımlarında bulunan madde sayısı farklı olan beş ayrı test kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda madde takımı parametresini saymayarak hesaplanan güvenirliliğin üst kestirim yaptığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca toplamda aynı sayıda madde içeren testler karşılaştırıldığında madde takımı sayısı daha fazla olan testlerin daha yüksek güvenilirlik değeri verdiği görülmüştür.

Lee, 2000 yılında yaptığı simülasyon çalışmasında madde takımları içeren bir testin standart hatasını farklı yöntemler ile kestirmiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Lee, karşılaştırdığı yöntemleri maddeye dayalı ve madde takımına dayalı olarak ikiye ayırmıştır. Testte yer alan madde takımlarını göz ardı ederek yapılan kestirimlere maddeye dayalı kestirim demiş ve bu başlık altında 3 parametrelili lojistik model ve p<sub>xm</sub> deseni ile kestirim yapmıştır. Aynı veri üzerinde madde takımlarını hesaba katarak yaptığı kestirimlere ise madde takımına dayalı kestirim olarak belirtmiş ve p<sub>x(i:t)</sub> deseni, Bock'un nominal modeli ve Samejima'nın dereceli modelini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda maddeye dayalı kestirimlerin ölçmenin hatası yönünden alt kestirim yaptığı ve madde takımlarında yer alan maddeler arasında ilişki arttıkça hatanın da arttığı gözlenmiştir. Ayrıca madde takımına dayalı modellerde en uygun kestirim Madde Tepki Kuramına dayalı modeller ile yapıldığı ortaya atılmıştır.

Hendrickson (2001) çalışmasında madde takımlarından oluşan testlerde puan güvenirliliği yöntemlerini tek değişkenli ve çok değişkenli Genellenebilirlik Kuramı altında karşılaştırmıştır. 3000 kişi üzerinde yürütülen çalışma madde takımında bulunan madde sayısı ve madde takımı sayısının genellenebilirlik katsayısı üzerinde etkisi p<sub>x(i:t)</sub> ve p•x(i°:t°) desenleri açısından incelenmiştir. Çalışmada madde düzeyindeki güvenirliliğin üst kestirim yaptığı ve madde takımı düzeyindeki güvenirliliğin ise alt kestirim yaptığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada madde takımlarının ve madde takımlarındaki madde sayısının artmasının güvenirliliği arttırdığına değinmişlerdir. Çalışmada çok değişkenli genellenebilirliğin test deseni

ile ilgili daha çok bilgi vermesine dayanarak daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Wang ve Wilson (2005) yaptıkları çalışmada madde takımları içinde hem ikili hem de çoklu puanlanan maddeler için kullanılan Rasch modeli araştırmışlardır. Çalışma simülasyon verisi üzerinden yürütülmüştür daha sonra empirik bir örnek ile desteklenmiştir. Çalışma da analizler ikili Rasch madde takımı modeli (dichotomous Rasch testlet model) ve kısmi puan madde takımı modeli (partial-credit testlet model) ile yürütülmüştür. Çalışmada dört bağımsız değişken manipüle edilmiştir. Bu değişkenler; (a) madde türü: tümü ikili puanlanan; tümü çoklu puanlanan ve hem ikili hem çoklu puanlanan maddelerin birlikte bulunduğu; (b) madde takımı sayısı; (c) örneklem büyüklüğü; (d) madde takımı etkisidir. Hem simülasyon hem de gerçek veri üzerinde yürütülen araştırmada tüm madde türleri için madde takımı sayısı, örneklem büyüklüğü ve madde takımı etkisi artıkça hatanın azaldığı sonucuna varılmıştır.

Li, Bolt ve Fu (2006) madde takımları için alternatif modellerin karşılaştırılmasına dayalı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Madde Tepki Kuramına dayalı üç alternatif model kullanılmıştır. Bu modeller sırasıyla: madde takımı etkisini diğer bir yetenek boyutu olarak alan çok boyutlu Madde Tepki Kuramı modeli, çok boyutlu ayırt edicilik parametresinin sabit alındığı model ve madde takımı etkisi altındaki ikincil yeteneğe ait ayırt edicilik parametresinin sabit alındığı modeldir. Çalışma hem simülasyon verisi hem de gerçek veri üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada ayırt edicilik parametresi açısından herhangi bir varsayım yapmayan ve madde takımı etkisini diğer bir yetenek boyutu olarak alan çok boyutlu Madde Tepki Kuramı modelinin; madde takımı etkisini en iyi ortaya çıkaran ve her maddenin yetenek ve madde takımı üzerindeki etkisi hakkında daha fazla bilgi veren model olduğu sonucuna varılmıştır.

Lee ve Park (2012) yapmış oldukları simülasyon çalışmasında madde takımlarının yer aldığı testlerde genellenebilirlik ve madde tepki kuramlarında yer alan farklı yaklaşımlara göre güvenilirlik hesaplamış ve bu kestirimleri karşılaştırmışlardır. Yazarlar bu çalışmayı yapma amaçlarını madde takımı etkisi göz ardı edilerek kestirilen güvenilirlik değerlerinde alt kestirim elde edilmesi olarak açıklamışlardır. Yapılan çalışmada üretilen verinin güvenilirlik kestirimleri Genellenebilirlik Kuramında ve Madde Tepki Kuramında madde takımı etkisinin eklendiği ve



eklenmediği durumlar olarak ikişer farklı durum için elde edilmiştir. Genellenebilirlik Kuramında madde takımı etkisi eklenmemiş durumda desen  $b \times m$  iken, eklenmiş halinde  $b \times (m:t)$ 'tir. Benzer şekilde Madde Tepki Kuramında aynı veri için güvenilirlik bir 2 parametrelili lojistik model ile birde madde takımı tepki kuramına göre elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında hem genellenebilirlik hem de Madde Tepki Kuramında madde takımı etkisi eklenmiş olan durumların güvenilirlikleri eklenmemiş olana göre yüksek çıkmıştır. Ayrıca madde takımı eklenmiş durumda Madde Tepki Kuramıyla elde edilen güvenilirlik Genellenebilirlik Kuramıyla elde edilene göre daha yüksek olarak elde edilmiştir.

Taşdelen Teker (2014) yapmış olduğu doktora çalışmasında yerel madde bağımlılığı gösteren madde takımları üzerinde güvenilirlik ve değişen madde fonksiyonunu (DMF) incelemiştir. Her bir madde takımında yer alan madde sayıları birbirinden farklılık gösterdiğinden güvenilirlik analizleri dengelenmemiş desenlerde genellenebilirlik (G) kuramı yürütülerek gerçekleştirilmiştir. Değişen madde fonksiyonu analizleri ise madde takımı etkisini ele alan ve almayan yöntemler ile cinsiyet ve bölüm değişkenleri üzerinden yürütülmüştür. Çalışmanın amaçlarından biri, madde takımlarından oluşan testlerin güvenilirliğe etkisini belirlemek olduğu için, madde takımı etkisinin ele alınıp alınmadığı durumlar için elde edilen güvenilirlik katsayıları karşılaştırılmıştır ve madde takımı etkisi ele alınmadığında güvenliliğin görece yüksek kestirildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında çalışmada güvenliliği artırmak adına madde takımı sayısındaki artışın, madde takımlarını oluşturan madde sayısındaki artıştan daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ayrıca, madde takımlarının değişen madde fonksiyonuna (DMF) etkisini belirlemek adına, madde takımı etkisini ele alan ve almayan iki yöntem kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Madde takımı etkisini ele alan DMF belirleme yöntemi ile hem anlamlı düzeyde DMF gösteren madde sayısı hem de kestirilen DMF düzeyi madde takımı etkisini ele almayan yöntemle oranla daha fazla çıkmıştır.

### **2.3. İlgili Araştırmalar Özet**

İlgili araştırmalar kısmı çalışmanın temelini oluşturan "Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik" (MTMG) yaklaşımı ve madde takımlarıyla ilgili çalışmaları içeren iki temel başlığa ayrılmıştır.

Alanyazında “Madde Tepki Modellemesinde Genellenabilirlik” (MTMG) yaklaşımı ile ilgili Briggs ve Wilson’ın (2007) yapmış oldukları çalışma dışında çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle MTMG yaklaşımının tanıtılması ve farklı desenler üzerinden örneklendirilmesi konusunda bir açık söz konusudur.

Madde takımı ile yapılan araştırmalarda daha çok güvenilirlik üzerinde durulduğu görölmüştür. Madde takımlarının var olduğu testlerde maddeye dayalı ve madde takımlarına dayalı analizler yapılmıştır ve maddeye dayalı analizlerin hatada alt kestirim güvenilirlikte ise üst kestirim yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmalarda güvenilirliği arttırmak adına madde takımı sayısındaki artışın, madde takımlarını oluşturan madde sayısındaki artıştan daha etkili olduğu belirtilmiştir. Madde takımları ile ilgili çalışmalarda analizler için ya sadece Genellenebilirlik Kuramı ve Madde Tepki Kuramı kullanılmıştır ya da iki kuram ayrı ayrı analiz edilmiş ve bu kuramlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmalara göre hem genellenebilirlik hem de Madde Tepki Kuramında madde takımı etkisi eklenmiş olan durumların güvenilirlikleri eklenmemiş olanlara göre düşük çıkmıştır. Ayrıca madde takımı eklenmiş durumda Madde Tepki Kuramıyla elde edilen güvenilirlik Genellenebilirlik Kuramıyla elde edilene göre daha yüksek olarak elde edilmiştir. Madde takımlarıyla ilgili çalışmalar incelendiğinde madde takımlarının hem genellenebilirlik hem de Madde Tepki Kuramının birleştirildiği bir yaklaşım ile incelenmesinin alana katkı yapacağı görölmüştür.

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, çalışma verileri, verilerin işlenmesi ve çözümlenmesi bölümlerine yer verilmiştir.

#### 3.1. Araştırmanın Yöntemi

Bu araştırmada farklı koşullar için Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımı (MTMG) ile sonuçlar elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar aynı koşullar için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Kontrollü koşulların oluşturularak uygun verilerin türetilmesi bakımından araştırma, bir simülasyon çalışmasıdır. Araştırmada simülasyon verileri ile farklı koşullar oluşturulmakta ve koşulların durumları/sonuçları değerlendirilmektedir. Araştırma bu yönüyle de yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağından temel araştırma olarak kabul edilebilir (Karasar, 2004).

#### 3.2. Çalışma Verileri

Çalışmada simülasyon veri kullanılmıştır. Veri üretmede tek model kullanıp yanlı sonuçlar elde etme olasılığını ortadan kaldırmak için bu çalışmada üç farklı modele göre veri üretilmiştir. Bu modeller sırasıyla Genellenebilirlik Kuramı doğrusal veri, ilişkisiz madde takımı tepki kuramı ve ilişkili madde takımı tepki kuramı olarak adlandırılmıştır. Çalışmada verilerin üretimi için 100 tekrar yapılmış böylelikle hata en aza düşürülmeye çalışılmıştır. Yedi farklı evren her evrene ait dört farklı koşuldan oluşan 10 farklı veri elde edilmiş ve analizler 10 tekrar üzerinden yürütülmüştür. Ancak bulgular kısmında tüm tekrarların ortalaması paylaşılmıştır.

GK doğrusal veri seti  $b_x$  (m:t) dengelenmiş rastgele deseni için üretilmiştir. İkinci veri seti Li, Bolt ve Fu'nın (2006) önerdiği tamamlayıcı çok boyutlu madde takımı tepki kuramına (ÇBMTTK) göre üretilmiş ve ilişkisiz MTTK olarak isimlendirilmiştir. Üçüncü veri seti ise ikinci veri seti gibi tamamlayıcı ÇBMTTK göre üretilmiştir ancak yetenek ve madde takımı etkisinin ilişkili olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle bu veri seti ilişkili MTTK olarak isimlendirilmiştir.

Oluşturulan tüm veri setlerinde birey sayısı ve 1-0 şeklinde puanlanan toplam madde sayısından oluşan  $n_b \times n_m$  gözlenen puan matrisi elde edilmiştir. Toplam madde sayısı; madde takımı sayısı ve madde takımlarında yer alan maddelerin çarpımı ile elde edilmiştir. Her madde sadece bir madde takımında yuvalanmıştır.

$n_m$  ve  $n_t$  farklı çalışma koşullarına göre değişiklik gösterir ancak birey sayısı ( $n_b$ ) bu çalışma için 1000'e sabitlenmiştir.

Oluşturulan veriler madde takımı etkisi, örtük yeteneğe ait korelasyonlar, madde takımı uzunluğu ve madde takımı sayısı açısından farklılık göstermektedir.

### 3.2.1. Madde Takımı Etkisi

Veri üretmek için uyarlanan ilk model Genellenabilirlik Kuramı doğrusal veri olarak adlandırılmış ve  $bx(m:t)$  dengelenmiş rastgele deseni için üretilmiştir. GK doğrusal veri setinde madde takımı etkisi olan  $\sigma^2_{(t)}$  yerine madde takımlarının anlam ya da zorluk bakımından bireyden bireye farklılık gösterip göstermediğini belirten birey ve madde takımı etkileşiminin ( $\sigma^2_{(bt)}$ ) iki farklı durumu kullanılmıştır. Bu durumlar birey-madde takımı etkileşiminin diğer varyans kaynakları arasında en büyük değere ve en küçük değere sahip olması bakımından değişiklik gösterir. Varyans kaynaklarının değerleri gerçek durumları yansıtmaları için yapılan birçok çalışma (Lee ve Frisbie, 1999; Lee, Brennan ve Frisbie, 2000; Chien 2008) incelenerek oluşturulmuştur.

Diğer bir model olan ilişkisiz MTTK modelinde veri üretme için ;  $P_{bmt} (X_{bmt} = 1) = \phi \{a_{1mt} \Theta_b - b_{mt} + a_{2mt} \gamma_{bt}\}$  formülü kullanılmıştır. Formülde yer alan " $\gamma_{bt}$ " madde takımı etkileri gerçek veri setlerini yansıtmaları açısından üç farklı düzeyde seçilmiştir. Bu düzeyler sırasıyla 0,2 ; 0,5 ; 0,8'dir.

İlişkili MTTK modelinde yeteneğe ait korelasyonlar farklılık gösterdiği ve çalışma koşullarını uygun sayıda tutmak için  $P_{bmt} (X_{bmt} = 1) = \phi \{a_{1mt} \Theta_b - b_{mt} + a_{2mt} \gamma_{bt}\}$  formülünde yer alan madde takımı etkisi 0,5'e sabitlenmiştir.

### 3.2.2. Örtük Yeteneğe Ait Korelasyonlar

İlişkili MTTK modelinde örtük yeteneğe ait iki farklı ilişki incelenmiştir. Birincisi genel yetenek ve tüm madde takımı etkisi arasındaki ilişkinin 0,5, madde takımları arasındaki ilişkinin de 0,5 olduğu durumdur. Diğer ilişki ise genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişkinin yüksek (0,8) madde takımlarının arasındaki ilişkinin düşük (0,2) olduğu durumdur.

### 3.2.3. Madde Takımı Uzunluğu ve Madde Takımı Sayısı

Bu çalışmada  $bx(m:t)$  deseni dengelenmiş olarak inceleneceği için madde takımı uzunluğu ve madde takımı sayısı çarpımı toplam madde sayısını vermektedir.

Çalışmada gerçek durumlara uygun olması açısından uluslar arası (PIRLS; ITBS RC) ve ulusal sınavlar (ALES, KPSS, bazı üniversitelere ait hazırlık geçme sınavları) incelenmiş ve madde takımı uzunluklar 6 ve 9; madde takımı sayıları 3 ve 5 olarak belirlenmiştir. Belirlenen madde takımı uzunluğu ve madde takımı sayılarına göre veride kullanılan madde sayıları sırasıyla 18, 30, 27, 45'tir.

Aşağıda yer alan tablo 1'de çalışma koşulları özetlenmiştir.

**Tablo 1. Araştırmada yer alan çalışma koşulları**

	<i>GK</i>	<i>İlişkisiz MTTK</i>	<i>İlişkili MTTK</i>
<i>Madde takımı etkisi</i>	Küçük $\sigma^2(bt)$ Büyük $\sigma^2(bt)$	$\sigma^2t=0,2$ $\sigma^2t=0,5$ $\sigma^2t=0,8$	$\sigma^2t=0,5$
<i>Örtük Yeteneğe ait korelasyon</i>			$\rho\theta=0,5$ ve $\rho t=0,5$ $\rho\theta=0,8$ ve $\rho t=0,2$
<i>Madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı</i>	6-3 6-5 9-3 9-5	6-3 6-5 9-3 9-5	6-3 6-5 9-3 9-5
<i>Özet Çalışma koşulları</i>	A Küçük ve 6-3 Küçük ve 6-5 Küçük ve 9-3 Küçük ve 9-5 B Büyük ve 6-3 Büyük ve 6-5 Büyük ve 9-3 Büyük ve 9-5	C 0,2 ve 6-3 0,2 ve 6-5 0,2 ve 9-3 0,2 ve 9-5 D 0,5 ve 6-3 0,5 ve 6-5 0,5 ve 9-3 0,5 ve 9-5 E 0,8 ve 6-3 0,8 ve 6-5 0,8 ve 9-3 0,8 ve 9-5	F 0,5, 0,5 ve 6-3 0,5, 0,5 ve 6-5 0,5, 0,5 ve 9-3 0,5, 0,5 ve 9-5 G 0,8, 0,2 ve 6-3 0,8, 0,2 ve 6-5 0,8, 0,2 ve 9-3 0,8, 0,2 ve 9-5

### 3.3. Verilerin İşlenmesi ve Çözülmesi

Araştırmanın verileri R programı ile üretilmiştir. Her evrene ait her koşul için 10 farklı veri elde edilmiştir. Üretilen verilerin Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik çözümlenmeleri WinBUGS, Genellenebilirlik Kuramı çözümlenmeleri ise EDUG programı ile yapılmıştır ve her durum için bu kestirimler karşılaştırılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırmanın elde edilen bulgularına ve bu bulgular için yapılan yorumlara yer verilmiştir. Bölümde öncelikle her tür simülasyon verisine- GK doğrusal veri; ilişkisiz MTTK; ilişkili MTTK- ait test güvenilirlikleri ve madde güçlükleri ile ilgili bilgilere yer verilmiş daha sonra araştırmanın problemleri cevaplanmıştır.

### 4.1.Üretilen Verilere Ait Özellikler

#### 4.1.1. Güvenirlik

Tablo 2’de üç farklı veri setinin farklı koşullarına ait 10 tekrardan oluşan verilerin ortalama güvenilirlik değeri, standart sapma değerleri ve verilerin almış olduğu maksimum ve minimum güvenilirlik değerleri yer almaktadır. Veri setlerine ait güvenilirlik katsayıları genellenebilirlik katsayılarıdır.

Tablo 2. Veri setlerine ait güvenilirlik değerleri

	<i>Evren</i>	<i>Koşullar</i>	<i>SS</i>	<i>Max. güvenirlik</i>	<i>Min. güvenirlik</i>	<i>Ortalama güvenirlik değeri</i>
<i>GK doğrusal veri seti</i>	A	Küçük ve 6-3	0,011	0,648	0,609	0,624
		Küçük ve 6-5	0,016	0,756	0,699	0,734
		Küçük ve 9-3	0,015	0,723	0,678	0,698
		Küçük ve 9-5	0,009	0,821	0,779	0,800
	B	Büyük ve 6-3	0,018	0,607	0,552	0,579
		Büyük ve 6-5	0,023	0,723	0,659	0,691
		Büyük ve 9-3	0,014	0,664	0,625	0,653
		Büyük ve 9-5	0,008	0,758	0,740	0,750
<i>İlişkisiz MTTK veri seti</i>	C	0,2 ve 6-3	0,015	0,803	0,747	0,767
		0,2 ve 6-5	0,017	0,869	0,814	0,840
		0,2 ve 9-3	0,015	0,832	0,793	0,812
		0,2 ve 9-5	0,011	0,898	0,863	0,880
	D	0,5 ve 6-3	0,035	0,751	0,658	0,696
		0,5 ve 6-5	0,019	0,826	0,767	0,801
		0,5 ve 9-3	0,017	0,791	0,752	0,768
		0,5 ve 9-5	0,014	0,854	0,804	0,832
	E	0,8 ve 6-3	0,036	0,714	0,610	0,656
		0,8 ve 6-5	0,016	0,792	0,725	0,761
		0,8 ve 9-3	0,023	0,709	0,628	0,681
		0,8 ve 9-5	0,015	0,794	0,747	0,772
<i>İlişkili MTTK veri seti</i>	F	0,5-0,5 ve 6-3	0,009	0,863	0,833	0,848
		0,5-0,5 ve 6-5	0,006	0,989	0,888	0,920
		0,5-0,5 ve 9-3	0,005	0,892	0,874	0,882
		0,5-0,5 ve 9-5	0,004	0,934	0,919	0,928
	G	0,8-0,2 ve 6-3	0,017	0,861	0,808	0,838
		0,8-0,2 ve 6-5	0,009	0,906	0,881	0,896
		0,8-0,2 ve 9-3	0,008	0,880	0,857	0,871
		0,8-0,2 ve 9-5	0,005	0,930	0,914	0,920

Tablo 2’de yer alan A ve B evrenlerine ait koşullardan elde edilen güvenilirlik katsayıları incelendiğinde madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığı görölmektedir. Bunun yanında eşit madde sayıları için A evreninden kestirilen güvenilirlik katsayıları B evrenine göre daha yüksektir. Bu beklenen bir sonuçtur çünkü B evreninde birey-madde takımı etkisi A evrenine göre daha büyük bir değerdedir ve bu değerin büyük olması hataya sebep olmaktadır. Genel olarak GK doğrusal veri setine ait güvenilirlik değerleri 0,609 ve 0,821 arasında değerler almaktadır.

İlişkisiz MTTK veri setine ait değerler incelendiğinde her evren için uzun testlere ait güvenilirliklerin kısa testlere göre daha güvenilir sonuçlar verdiği görölmektedir. C; D ve E evrenleri birbirinden madde takımı etki değerleri açısından farklılaşmaktadır. Bu açıdan evrenlere ait güvenilirlik değerleri karşılaştırıldığında aynı madde sayısı için madde takımı etkisi arttıkça güvenilirlik azalmıştır. Genel olarak ilişkisiz MTTK veri setine ait güvenilirlik değerleri 0,610 ile 0,898 arasında değerler almaktadır.

İlişkili MTTK veri setine ait değerler incelendiğinde ise testte yer alan madde sayısı arttıkça güvenilirlik değerlerinin arttığı görölmektedir. Ayrıca F ve G evrenleri genel yetenek ve madde takımları arasındaki ilişki açısından farklılaşmaktadır ve bu iki evren karşılaştırıldığında ilişki arttıkça güvenilirlik değerlerinin azaldığı belirtilmektedir. Genel olarak ilişkili MTTK veri setine ait güvenilirlik değerleri 0,808 ile 0,989 arasındadır.

#### **4.1.2. Madde Güçlüğü**

Madde güçlüğü KTK’ya göre maddeye doğru cevap verenlerin yüzdesi; MTK’ya göre ise maddenin P olasılıkla doğru yanıtlanması için gerekli yetenek düzeyi olarak tanımlanır. Tablo 3’te üç veri setinin farklı koşulları için elde edilen 10 tekrar verisine ait ortalama madde güçlüğü değerleri; standart sapma değerleri ve alınan maksimum ve minimum madde güçlüğü değerleri yer almaktadır.

**Tablo 3. Veri setlerine ait madde güçlükleri**

	<i>Evren</i>	<i>Koşullar</i>	<i>SS</i>	<i>Max. değer</i>	<i>Min. değer</i>	<i>Ortalama madde güçlük değeri</i>
<i>GK doğrusal veri seti</i>	A	Küçük ve 6-3	0,110	0,920	0,385	0,650
		Küçük ve 6-5	0,095	0,915	0,390	0,680
		Küçük ve 9-3	0,105	0,880	0,355	0,650
		Küçük ve 9-5	0,085	0,890	0,355	0,675
	B	Büyük ve 6-3	0,120	0,945	0,275	0,740
		Büyük ve 6-5	0,230	0,980	0,324	0,700
		Büyük ve 9-3	0,100	0,930	0,390	0,665
		Büyük ve 9-5	0,095	0,935	0,237	0,675
<i>İlişkısiz MTTK</i>	C	0,2 ve 6-3	0,235	0,925	0,029	0,490
		0,2 ve 6-5	0,240	0,984	0,025	0,485
		0,2 ve 9-3	0,270	0,985	0,027	0,480
		0,2 ve 9-5	0,255	0,982	0,012	0,495
	D	0,5 ve 6-3	0,217	0,982	0,011	0,515
		0,5 ve 6-5	0,230	0,976	0,026	0,520
		0,5 ve 9-3	0,235	0,981	0,013	0,505
		0,5 ve 9-5	0,230	0,988	0,041	0,520
	E	0,8 ve 6-3	0,245	0,969	0,022	0,515
		0,8 ve 6-5	0,210	0,971	0,081	0,495
		0,8 ve 9-3	0,245	0,987	0,036	0,480
		0,8 ve 9-5	0,200	0,983	0,031	0,500
<i>İlişkili MTTK</i>	F	0,5-0,5 ve 6-3	0,231	0,991	0,024	0,520
		0,5-0,5 ve 6-5	0,225	0,974	0,036	0,485
		0,5-0,5 ve 9-3	0,230	0,967	0,031	0,510
		0,5-0,5 ve 9-5	0,216	0,962	0,054	0,493
	G	0,6-0,2 ve 6-3	0,229	0,995	0,033	0,523
		0,6-0,2 ve 6-5	0,220	0,969	0,056	0,505
		0,6-0,2 ve 9-3	0,225	0,932	0,041	0,485
		0,6-0,2 ve 9-5	0,219	0,955	0,025	0,497

Tablo 3 incelendiğinde GK doğrusal veri seti için madde güçlüğü ortalamasının 0,6-0,7 aralığında olduğu görülmüştür. Veri setinde yer alan soruların kolay olmasının nedeni veri seti üretilirken kesme noktasının -0,2 seçilmiş olmasıdır. En zor soruya ait madde güçlüğü değeri 0,237 olduğu için çok zor bir sorunun olmadığı görülmektedir.

İlişkısiz MTTK veri setine ait evrenler incelendiğinde her koşul için ortalama madde güçlüğü 0,5 dolaylarında olduğu görülmektedir. Maksimum madde güçlüğü değeri 0,988 iken minimum değer 0,011'dir. Bu durum ilişkısiz MTTK veri setinde yer alan maddelerin çok kolaydan çok zora doğru dağılım yaptığını göstermektedir.

İlişkili MTTK veri setinin evrenlerine ait sonuçlar incelendiğinde her koşul için ortalama madde güçlüğü 0,5 dolaylarında olduğu görülmektedir. Maksimum madde güçlüğü değeri 0,995 iken minimum 0,024'tür. Bu sonuçlara göre ilişkili



MTTK veri setinde yer alan maddeler ilişkisiz MTTK veri setinde olduğu gibi çok kolaydan çok zora doğru dağılım göstermektedir.

#### 4.2.Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Bulgular

Birinci alt problem: Birey-madde etkileşim varyansının diğer varyans değerleri arasında en küçük, madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (A evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

Çalışmada varyans değerleri elde edilen değişkenlik kaynakları şunlardır;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ): Değişkenliğin ilk kaynağı ölçme objesi olan öğrencilerin maddelerden aldıkları farklı puanlardır. Evren puanı için olan bu varyans bileşeni, bireylerin birbirinden ne derece sistematik bir şekilde farklılık gösterdiğini ifade etmektedir. Bu nedenle birey değişkenlik kaynağı değerinin olabildiğince büyük olması istenen bir durumdur.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı değişkenliği madde takımları arasındaki tutarsızlıktan kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle bir madde takımının bir bireye kolay gelirken diğer madde takımının aynı birey için zor gelmesi madde takımındaki varyansın sebebidir. Bu değerler, madde takımlarının birbiri arasındaki değişkenliğin derecesini vermektedir. Bu nedenle madde takımı varyans bileşeni değerinin olabildiğince küçük olması istenen bir durumdur.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Madde takımlarının bazı bireyler için kolaylık-zorluk anlamında tutarsızlıkları olabilir. Bu tutarsızlıkların derecesi birey- madde takımı değişkenlik kaynağında incelenir. Bu değerler, birey-madde takımlarının etkileşiminin derecesini vermektedir. Birey - madde takımı değişkenlik kaynağı A ve B evrenleri için manipüle edilen değişkenlik kaynağıdır. A evreninde bu değişkenlik kaynağı diğer değişkenlik kaynakları içerisinde en küçük B evrenine ise en büyük değer olarak elde edilmiştir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Her bir madde takımında yer alan maddelere ilişkin; bireyler bazı maddelerde geçmiş yaşantılarından dolayı

daha avantajlı iken bazılarında bu durum söz konusu olmayabilir. Maddelerin güçlük düzeyleri arasındaki farklılıklar, maddeler farklı madde takımlarında yer aldığı için, her bir madde takımında yer alan maddeler üzerinden yorumlanıp, madde takımlarından bağımsız bir yorum yapılamaz. Bu değerler, maddelerin madde takımlarının içinde yuvalanmış olmasından kaynaklanan etki değerlerini verir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : İki yüzeyli  $bx(m:t)$  deseninde yer alan son değişkenlik kaynağı birey, madde ve madde takımı etkileşiminin ve tesadüfi hataların yol açtığı değişkenliktir. GK'da etkileşim varyansı hata varyansından ayrılamazken MTMG'de hata varyansı ayrı olarak elde edilebilir. Bu nedenle birey- madde - madde takımı etkileşimi için elde edilen varyans değerleri için GK ve MTMG kestirimi arasındaki fark MTMG ile elde edilen hata varyansı değerini de kapsamaktadır.

Tablo 4'te A evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 4. A evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>A evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,01982	0,02004	0,01988	0,02068
		<i>MTMG</i>	0,01980	0,02002	0,01987	0,02066
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00002	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00524	0,00527	0,00515	0,00488
		<i>MTMG</i>	0,00523	0,00526	0,00513	0,00487
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,00039	0,00112	0,00100	0,00111
		<i>MTMG</i>	0,00038	0,00111	0,00099	0,00110
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,00920	0,01080	0,00995	0,01018
		<i>MTMG</i>	0,00919	0,01078	0,00994	0,01016
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,18642	0,18801	0,18787	0,19052
		<i>MTMG</i>	0,18582	0,18742	0,18728	0,18995
		<i>FARK</i>	0,00060	0,00059	0,00060	0,00057
	$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00059	0,00056	0,00058	0,00055

A evreninin birinci koşulunda birey-madde takımı etkileşimin varyans değerinin diğer varyanslar arasında en küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3'tür. Birinci koşul için elde edilen değerler incelendiğinde:

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,01760 ile 0,02168 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01758 ile 0,02166 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01982 MTMG kestirimi için ise 0,01980'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00446 ile 0,00650 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00444 ile 0,00648 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00524 MTMG kestirimi için ise 0,00523'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00020 ile 0,00079 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00019 ile 0,00078 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00039 MTMG kestirimi için ise 0,00038'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00285 ile 0,01437 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00284 ile 0,01436 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00920 MTMG kestirimi için ise 0,00921'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,16873 ile 0,19576 arasında; MTMG kestirimi ile 0,16810 ile 0,19511 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,18642 MTMG kestirimi için ise 0,18582'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00052 ile 0,00066 arasında değişmektedir. Tablo 4'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00051 ile 0,00065 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle A evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

A evreninin ikinci koşulunda birey-madde takımı etkileşimi varyans değeri diğer varyanslar arasında en küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 5'tir.

İkinci koşul değerleri incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01800 ile 0,022217 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01798 ile 0,02215

arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02004 MTMG kestirimi için ise 0,02002'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00381 ile 0,00615 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00380 ile 0,00614 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00527 MTMG kestirimi için ise 0,00526'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00030 ile 0,000186 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00029 ile 0,00184 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,000112 MTMG kestirimi için ise 0,00111'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00745 ile 0,01486 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00743 ile 0,01485 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01080 MTMG kestirimi için ise 0,01078'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde

edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,17345 ile 0,19735 arasında; MTMG kestirimi ile 0,17292 ile 0,19676 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,18801 MTMG kestirimi için ise 0,18742'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00052 ile 0,00064 arasında değişmektedir. Tablo 4'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00051 ile 0,00062 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle A evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı etkileşimin varyans değerinin diğer varyanslar arasında en küçük olduğu, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3 olması durumu A evreninin üçüncü koşuludur. Üçüncü koşul incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,01754 ile 0,02107 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01752 ile 0,02105 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01989 MTMG kestirimi için ise 0,01987'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00385 ile 0,00635 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00383 ile 0,00633 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00515 MTMG kestirimi için ise 0,0051'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00012 ile 0,00270 arasında; MTMG kestirimi ile 0,000210 ile 0,00268 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00100 MTMG kestirimi için ise 0,00099'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00503 ile 0,01532 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00502 ile 0,01530 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00995 MTMG kestirimi için ise 0,00993'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,17941 ile 0,19880 arasında; MTMG kestirimi ile 0,17878 ile

0,19824 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,18787 MTMG kestirimi için ise 0,18728'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00052 ile 0,00064 arasında değişmektedir. Tablo 4'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00051 ile 0,00062 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle A evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

A evreninin dördüncü koşulunda birey-madde takımı etkileşimin varyans değeri diğer varyanslar arasında en küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5'tir. Buna göre dördüncü koşul değerleri incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01896 ile 0,02211 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01894 ile 0,02210 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02068 MTMG kestirimi için ise 0,02066'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00417 ile 0,00560 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00415 ile 0,00559 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00488 MTMG kestirimi için ise 0,00487'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni dördüncü koşulunda



madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00022 ile 0,000257 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00024 ile 0,00256 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,000111 MTMG kestirimi için ise 0,00110'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00714 ile 0,01298 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00712 ile 0,01296 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01018 MTMG kestirimi için ise 0,01016'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; A evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,18506 ile 0,19445 arasında; MTMG kestirimi ile 0,18450 ile 0,19391 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,19052 MTMG kestirimi için ise 0,18995'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00051 ile 0,00064 arasında değişmektedir. Tablo 4'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00050 ile 0,00061 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata

varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle A evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

A evreninde birey ve madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2_{(bt)}$ ) diğer varyanslar arasında en küçük değerdir ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda A evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

A evrenine ait GK ve MTMG yöntemleri ile kestirilen bağıl ve mutlak hata varyans değerleri ile G ve Phi katsayılarını incelenmiş ve evrene ait koşullar çerçevesinde değerler ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır. Tablo 5'te elde edilen değerler yer almaktadır.

**Tablo 5. A evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>A evreni</b>	<b><math>\sigma^2(\delta)</math></b>	<b>GK</b>	0,01208	0,00722	0,00856	0,00517
		<b>MTMG</b>	0,01207	0,00721	0,00854	0,00515
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002
	<b><math>Eb^2</math></b>	<b>GK</b>	0,62410	0,73403	0,69841	0,80034
		<b>MTMG</b>	0,62408	0,73402	0,69840	0,80032
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00002
	<b><math>\sigma^2(\Delta)</math></b>	<b>GK</b>	0,01292	0,00771	0,00900	0,00563
		<b>MTMG</b>	0,01291	0,00770	0,00899	0,00561
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002
	<b><math>\Phi</math></b>	<b>GK</b>	0,60426	0,72102	0,68668	0,78625
		<b>MTMG</b>	0,60425	0,72100	0,68666	0,78623
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002

A evreninin birinci koşulunda birey madde takımı etkileşim varyansı diğer varyans değerleri arasında en küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3'tür. Tablo 5'te yer alan birinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01056 ile 0,01296 arasındadır ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01208 değerinde

olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01055 ile 0,01295 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01207'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,60914 ile 0,64851 arasında; MTMG kestirimi için 0,60912 ile 0,64850 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,62410 MTMG kestirimi için 0,62408'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01163 ile 0,01403 arasında MTMG kestirimi için 0,01162 ile 0,01401 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01292 MTMG kestirimi için 0,01291'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,58321 ile 0,63970 arasında; MTMG kestirimi için 0,58320 ile 0,63970 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,60426 MTMG kestirimi için 0,60425'tir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

A evreninin ikinci koşulunda birey madde takımı etkileşimi küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. İkinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00684 ile 0,00769 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00722 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik

yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00682 ile 0,00767 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00721'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,69981 ile 0,75632 arasında; MTMG kestirimi için 0,69980 ile 0,75630 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,73403 MTMG kestirimi için 0,73402'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Tablo 5'te ikinci koşul için yer alan mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00726 ile 0,00836 arasında MTMG kestirimi için 0,00725 ile 0,00834 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00771 MTMG kestirimi için 0,00770'tir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,68036 ile 0,74215 arasında; MTMG kestirimi için 0,68035 ile 0,74213 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,72102 MTMG kestirimi için 0,72100'tir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Birey madde takımı etkileşim varyansının diğer varyans değerleri arasında en küçük olduğu, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3 olması durumu A evreninin üçüncü koşuludur. Tablo 5'te yer alan üçüncü koşul değerleri incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,0776 ile 0,00943 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00856

değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00774 ile 0,00942 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00854'tür. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,67814 ile 0,72364 arasında; MTMG kestirimi için 0,67812 ile 0,72362 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,69841 MTMG kestirimi için 0,69840'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Üçüncü koşulda yer alan mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00831 ile 0,00996 arasında MTMG kestirimi için 0,00830 ile 0,00995 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00900 MTMG kestirimi için 0,00899'dur. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,65831 ile 0,70964 arasında; MTMG kestirimi için 0,65830 ile 0,70962 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,68668 MTMG kestirimi için 0,68666'dır. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

A evreninin dördüncü koşulunda birey madde takımı etkileşimi küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3'tür. Dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00496 ile 0,00547 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00517

değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00494 ile 0,00546 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00515'tir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,77931 ile 0,82165 arasında; MTMG kestirimi için 0,77930 ile 0,82163 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,80034 MTMG kestirimi için 0,80032'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00529 ile 0,00589 arasında MTMG kestirimi için 0,00527 ile 0,00587 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00563 MTMG kestirimi için 0,00561'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,75931 ile 0,80265 arasında; MTMG kestirimi için 0,75930 ile 0,80264 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,78625 MTMG kestirimi için 0,78623'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

A evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit

olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmaları (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang 1999) destekler özelliindedir.

#### **4.3. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Bulgular**

İkinci alt problem: Birey-madde etkileşim varyansının diğer varyans değerleri arasında en büyük, madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (B evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

Tablo 6'da B evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 6. B evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>B evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,00956	0,00938	0,01002	0,00945
		<i>MTMG</i>	0,00954	0,00936	0,01000	0,00943
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00517	0,00569	0,00515	0,00543
		<i>MTMG</i>	0,00515	0,00568	0,00513	0,00541
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,01847	0,01784	0,01989	0,01836
		<i>MTMG</i>	0,01845	0,01782	0,01987	0,01834
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,00942	0,00603	0,00904	0,00894	
	<i>MTMG</i>	0,00940	0,00602	0,00902	0,00892	
	<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002	
$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,01808	0,01568	0,01848	0,01512	
	<i>MTMG</i>	0,01751	0,01496	0,01732	0,01432	
	<i>FARK</i>	0,00057	0,00072	0,00116	0,00080	
$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00055	0,00071	0,00115	0,00079	

B evreninin birinci koşulunda birey madde takımı etkileşimi varyansı diğer varyans değerleri arasında en büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 3'tür. Birinci koşul değerleri incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,0616 ile 0,01213 arasında; MTMG kestirimi ile 0,0614 ile 0,01211 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00956 MTMG kestirimi için ise 0,00954'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00041 ile 0,00911 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00040 ile 0,00910 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00517 MTMG kestirimi için ise



0,00515'tir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01511 ile 0,02067 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01510 ile 0,02065 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01847 MTMG kestirimi için ise 0,01845'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00652 ile 0,01606 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00650 ile 0,01604 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00942 MTMG kestirimi için ise 0,00940'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01509 ile 0,02012 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01453 ile 0,01959 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01808 MTMG kestirimi için ise 0,01751'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi

değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00051 ile 0,00063 arasında değişmektedir. Tablo 6'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00049 ile 0,00062 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey-madde-madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle B evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

B evreninin ikinci koşulunda birey madde takımı etkileşimi büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 5'tir. Buna göre ikinci koşulda yer alan değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ): Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,0742 ile 0,01225 arasında; MTMG kestirimi ile 0,0741 ile 0,01223 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00938 MTMG kestirimi için ise 0,00936'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00122 ile 0,00978 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00121 ile 0,00977 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00569 MTMG kestirimi için ise 0,00568'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01458 ile

0,02222 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01456 ile 0,02220 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01784 MTMG kestirimi için ise 0,01782'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00253 ile 0,00849 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00252 ile 0,00848 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00603 MTMG kestirimi için ise 0,00602'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01211 ile 0,02006 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01145 ile 0,01939 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01568 MTMG kestirimi için ise 0,01496'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00061 ile 0,00081 arasında değişmektedir. Tablo 6'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00059 ile 0,00082 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle B evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı

değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

B evreninin üçüncü koşulunda birey madde takımı etkileşimi büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 3'tür. Üçüncü koşul için elde edilen değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,0519 ile 0,01540 arasında; MTMG kestirimi ile 0,0517 ile 0,01538 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01002 MTMG kestirimi için ise 0,01000'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,00385 ile 0,00635 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00384 ile 0,00634 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00515 MTMG kestirimi için ise 0,00513'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,01754 ile 0,02107 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01752 ile 0,02105 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01989 MTMG kestirimi için ise 0,01987'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni

üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00695 ile 0,01157 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00693 ile 0,01155 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00904 MTMG kestirimi için ise 0,00902'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01545 ile 0,01988 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01487 ile 0,01862 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01848 MTMG kestirimi için ise 0,01732'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00040 ile 0,00183 arasında değişmektedir. Tablo 6'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00039 ile 0,00182 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle B evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

B evreninin dördüncü koşulunda birey madde takımı etkileşimi büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 5'tir. B evreninin dördüncü koşuluna göre elde edilen değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00784 ile 0,01130 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00782 ile 0,01129 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00945 MTMG kestirimi için ise 0,00943'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00221 ile 0,00817 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00219 ile 0,00815 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00543 MTMG kestirimi için ise 0,00541'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01736 ile 0,02007 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01734 ile 0,02005 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01836 MTMG kestirimi için ise 0,01834'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00749 ile 0,01165 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00747 ile 0,01163 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00894 MTMG

kestirimi için ise 0,00892'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; B evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,01423 ile 0,01602 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01341 ile 0,01524 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01512 MTMG kestirimi için ise 0,01432'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00073 ile 0,00082 arasında değişmektedir. Tablo 6'da yer alan  $\sigma^2(\text{e})$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00072 ile 0,00088 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle B evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

B evreninde birey ve madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2_{(bt)}$ ) diğer varyanslar arasında en büyük değerdir ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda B evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

B evreninin tüm koşulları için (birey-madde etkileşim varyansı diğer varyans değerleri arasında en büyük; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olup olmadı incelenmiştir.

Tablo 7’de B evreninin dört farklı koşuluna ait bağıl ve mutlak hata varyansları ile genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri yer almaktadır.

**Tablo 7. B evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>B evreni</b>	<b><math>\sigma^2(\delta)</math></b>	<b>GK</b>	0,01361	0,00786	0,00934	0,00613
		<b>MTMG</b>	0,01359	0,00784	0,00933	0,00612
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001
	<b><math>Eb^2</math></b>	<b>GK</b>	0,57973	0,69163	0,65353	0,75004
		<b>MTMG</b>	0,57972	0,69162	0,65352	0,75002
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002
	<b><math>\sigma^2(\Delta)</math></b>	<b>GK</b>	0,01572	0,00974	0,01154	0,00713
		<b>MTMG</b>	0,01571	0,00973	0,01152	0,00711
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002
	<b><math>\Phi</math></b>	<b>GK</b>	0,54355	0,63148	0,61845	0,72069
		<b>MTMG</b>	0,54354	0,63146	0,61843	0,72067
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002

B evreninin birey-madde takımı etkileşiminin büyük olduğu, madde takımında yer alan madde sayısının 6 ve madde takımı sayısının 3 olduğu birinci koşulunda elde edilen değerler aşağıda açıklanmıştır.

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01069 ile 0,01541 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01361 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01067 ile 0,01540 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01359’dur. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,55209 ile 0,60789 arasında; MTMG kestirimi için 0,55207 ile 0,60787 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,57973 MTMG kestirimi için 0,57972’dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için



0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01146 ile 0,01903 arasında MTMG kestirimi için 0,01145 ile 0,01902 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01572 MTMG kestirimi için 0,01571'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,48196 ile 0,58236 arasında; MTMG kestirimi için 0,48194 ile 0,58235 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,54355 MTMG kestirimi için 0,54354'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

B evreninin ikinci koşulunda birey madde takımı etkileşimi büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 7'de yer alan ikinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağlı hata varyansı değerlerinin 0,00682 ile 0,00853 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00786 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağlı hata varyansı ise 0,00680 ile 0,00851 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00784'tür. Bağlı hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağlı hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağlı hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,65931 ile 0,72369 arasında; MTMG kestirimi için 0,65930 ile 0,72367 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,69163 MTMG kestirimi için 0,69162'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00764 ile 0,01369 arasında MTMG kestirimi için 0,00763 ile 0,01367 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00974 MTMG kestirimi için 0,00973'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,53514 ile 0,71385 arasında; MTMG kestirimi için 0,53512 ile 0,71383 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,63148 MTMG kestirimi için 0,63146'dır. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

B evreninin üçüncü koşulunda, bir diğer deyişle birey madde takımı etkileşimin büyük olduğu, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3 olması durumunda elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00793 ile 0,00997 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00934 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşıımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00792 ile 0,00996 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00933'tür. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,62541 ile 0,66486 arasında; MTMG kestirimi için 0,62540 ile 0,66484 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,65353 MTMG kestirimi için 0,65352'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00893 ile 0,01298 arasında MTMG kestirimi için 0,00891 ile 0,01296 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01154 MTMG kestirimi için 0,01152'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,58369 ile 0,65514 arasında; MTMG kestirimi için 0,58367 ile 0,65512 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,61845 MTMG kestirimi için 0,61843'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Tablo 7'de yer alan B evreninin birey madde takımı etkileşimin büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5 olduğu dördüncü koşuluna ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağlı hata varyansı değerlerinin 0,00556 ile 0,00653 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00613 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağlı hata varyansı ise 0,00554 ile 0,00652 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00612'dir. Bağlı hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağlı hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağlı hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,74036 ile 0,75869 arasında; MTMG kestirimi için 0,74034 ile 0,75867 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,75004 MTMG kestirimi için 0,75002'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00621 ile 0,00796 arasında MTMG kestirimi için 0,00620 ile 0,00795 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00713 MTMG kestirimi için 0,00711'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,69745 ile 0,73951 arasında; MTMG kestirimi için 0,69743 ile 0,73950 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,72069 MTMG kestirimi için 0,72067'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

B evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmalarını (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliğindedir.

A ve B evrenleri birey-madde takımı etkileşimi varyansı açısından farklılık göstermektedir. İki evren güvenilirlik değerleri açısından karşılaştırıldığında her

koşul için birey-madde takımı etkileşiminin küçük olduğu A evreninde daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir.

#### 4.4.Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine Ait Bulgular

Üçüncü alt problem: Madde takımı etkisi 0,2; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (C evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

- a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?
- b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

Üçüncü alt problemde varyans değerleri kestirilmiş olan değişkenlik kaynakları birinci alt problemde yer alanlar ile aynıdır ve veri seti üretiminde madde takımı varyans kaynağı manipüle edilmiştir.

Tablo 8’de C evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 8. C evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>C evreni</b>	<b><math>\sigma^2(b)</math></b>	<b>GK</b>	0,03659	0,03466	0,03386	0,03467
		<b>MTMG</b>	0,03657	0,03465	0,03384	0,03465
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002
	<b><math>\sigma^2(t)</math></b>	<b>GK</b>	0,00649	0,00415	0,00510	0,00355
		<b>MTMG</b>	0,00648	0,00413	0,00508	0,00354
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00002	0,00002	0,00001
	<b><math>\sigma^2(bt)</math></b>	<b>GK</b>	0,00884	0,00769	0,00759	0,00679
		<b>MTMG</b>	0,00882	0,00767	0,00757	0,00677
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
	<b><math>\sigma^2(m:t)</math></b>	<b>GK</b>	0,05678	0,05722	0,06452	0,06006
		<b>MTMG</b>	0,05676	0,05720	0,06450	0,06004
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
	<b><math>\sigma^2(bm:t)</math></b>	<b>GK</b>	0,14849	0,14783	0,14384	0,14596
		<b>MTMG</b>	0,14772	0,14703	0,14328	0,14540
		<b>FARK</b>	0,00077	0,00080	0,00056	0,00056
<b><math>\sigma^2(e)</math></b>	<b>MTMG</b>	0,00075	0,00079	0,00054	0,00055	

Tablo 8’de C evreninin birinci koşulunda; bir diğer deyişle madde takımı etkisinin 0,2 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3 olması durumunda oluşan varyans değerleri yer almaktadır. Tablo 8’de yer alan değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03046 ile 0,04136 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03045 ile 0,04135 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03659 MTMG kestirimi için ise 0,03657’dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00102 ile 0,01056 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00101 ile 0,01054 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00649 MTMG kestirimi için ise 0,00648’dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00693 ile 0,01085 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00692 ile 0,01083 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00884 MTMG kestirimi için ise 0,00882’dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02725 ile 0,07296 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02723 ile 0,07294 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05678 MTMG kestirimi için ise 0,05979'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13842 ile 0,15526 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13761 ile 0,15457 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14849 MTMG kestirimi için ise 0,14772'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00066 ile 0,00086 arasında değişmektedir. Tablo 8'de yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00065 ile 0,00084 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle C evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

C evreninin ikinci koşulunda, bir diğer deyişle madde takımı etkisinin 0,2 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5 olması durumunda oluşan varyans değerleri incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02826 ile 0,04329 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02825 ile 0,04327 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03466 MTMG kestirimi için ise 0,03465'tir. Elde edilen bu değerler her iki

yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00108 ile 0,00706 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00107 ile 0,00705 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00415 MTMG kestirimi için ise 0,00413'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00575 ile 0,00924 arasında; MTMG kestirimi ile 0,006573 ile 0,00922 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00769 MTMG kestirimi için ise 0,00767'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03914 ile 0,07215 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03912 ile 0,07214 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05722 MTMG kestirimi için ise 0,05720'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu



durum; C evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,13658 ile 0,16005 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13572 ile 0,15917 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14783 MTMG kestirimi için ise 0,14703'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00069 ile 0,00088 arasında değişmektedir. Tablo 8'de yer alan  $\sigma^2(\text{e})$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00068 ile 0,00086 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle C evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

C evreninin üçüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,2 , madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3'tür. Bu değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(\text{b})$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,02635 ile 0,04025 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02634 ile 0,04023 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03386 MTMG kestirimi için ise 0,03384'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(\text{t})$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00115 ile 0,00965 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00113 ile 0,00963 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların

ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00510 MTMG kestirimi için ise 0,00508'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00615 ile 0,02062 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00613 ile 0,02060 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00759 MTMG kestirimi için ise 0,00757'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04321 ile 0,09125 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04320 ile 0,09123 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,06452 MTMG kestirimi için ise 0,06450'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13256 ile 0,15369 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13207 ile 0,15313 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14384 MTMG kestirimi için ise 0,14328'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer

almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00049 ile 0,00062 arasında değişmektedir. Tablo 8'de yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00048 ile 0,00061 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle C evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

C evreninin dördüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,2 , madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5'tir. Dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,032745 ile 0,043965 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02743 ile 0,03963 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03467 MTMG kestirimi için ise 0,03465'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00152 ile 0,00765 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00150 ile 0,00763 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00355 MTMG kestirimi için ise 0,00354'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,00588 ile 0,00785 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00586 ile 0,00783 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00679 MTMG kestirimi için ise 0,00677'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,05321 ile 0,07745 arasında; MTMG kestirimi ile 0,05320 ile 0,07743 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,06006 MTMG kestirimi için ise 0,056004'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; C evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,13654 ile 0,14962 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13599 ile 0,14913 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14596 MTMG kestirimi için ise 0,14540'tır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00049 ile 0,00063 arasında değişmektedir. Tablo 8'de yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00048 ile 0,00062 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu

görülür. Bu nedenle C evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

C evreninde madde takımı etkisi 0,2 ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda C evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

C evreninin tüm koşulları için (madde takımı etkisi 0,2; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olup olmadığı incelenmiştir.

C evreni ve evrenlere ait koşullar; bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri açısından ayrı ayrı incelenmiş ve değerler tablo 9'da açıklanmıştır.

**Tablo 9. C evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>C evreni</b>	$\sigma^2(\delta)$	<b>GK</b>	0,01115	0,00652	0,00760	0,00459
		<b>MTMG</b>	0,01113	0,00651	0,00759	0,00457
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00002
	$Eb^2$	<b>GK</b>	0,76766	0,84000	0,81234	0,88048
		<b>MTMG</b>	0,76765	0,83999	0,81232	0,88046
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(\Delta)$	<b>GK</b>	0,01589	0,00893	0,01122	0,00674
		<b>MTMG</b>	0,01587	0,00892	0,01120	0,00673
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00001
	$\Phi$	<b>GK</b>	0,69922	0,78993	0,75291	0,82584
		<b>MTMG</b>	0,69921	0,78992	0,75289	0,82583
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001

Tablo 9'da yer alan C evreninin birinci koşulunda madde takımı etkisinin 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3'tür. Bu koşul için elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01039 ile 0,01245 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01115 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01037 ile 0,01244 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01113'tür. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,74732 ile 0,80365 arasında; MTMG kestirimi için 0,74731 ile 0,80364 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,76766 MTMG kestirimi için 0,76765'tir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01384 ile 0,02156 arasında MTMG kestirimi için 0,01383 ile 0,02155 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01589 MTMG kestirimi için 0,01587'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,64692 ile 0,75326 arasında; MTMG kestirimi için 0,64691 ile 0,75324 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,69922 MTMG kestirimi için 0,69921'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

C evreninin ikinci koşulunda madde takımı etkisi 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 9'da yer alan ikinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00594 ile 0,00718 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00652 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00593 ile 0,00716 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,010651'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,81476 ile 0,86974 arasında; MTMG kestirimi için 0,81475 ile 0,86973 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,84000 MTMG kestirimi için 0,83999'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00827 ile 0,00954 arasında MTMG kestirimi için 0,00826 ile 0,00953 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00893 MTMG kestirimi için 0,00892'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,75634 ile 0,83941 arasında; MTMG kestirimi için 0,75632 ile 0,83940 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,78993 MTMG kestirimi için 0,78992'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Madde takımı etkisinin 0,2 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3 olması durumu C evreninin üçüncü koşuludur. Tablo 9'da yer alan üçüncü koşul değerleri incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00647 ile 0,00843 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00760 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00645 ile 0,00842 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00759'dur. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,79364 ile 0,83214 arasında; MTMG kestirimi için 0,79362 ile 0,83213 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,81234 MTMG kestirimi için 0,81232'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00946 ile 0,01463 arasında MTMG kestirimi için 0,00945 ile 0,01462 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01122 MTMG kestirimi için 0,01120'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,72269 ile 0,79963 arasında; MTMG kestirimi için 0,72267 ile 0,79961 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,75291 MTMG kestirimi için 0,75289'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

C evreninin dördüncü koşulunda, bir diğer deyişle madde takımı etkisinin 0,2 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5 olması durumunda elde edilen değerler incelendiğinde;



Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00434 ile 0,00478 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00459 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00432 ile 0,00476 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00457'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,86314 ile 0,89814 arasında; MTMG kestirimi için 0,86312 ile 0,89813 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,88048 MTMG kestirimi için 0,88046'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00603 ile 0,00843 arasında MTMG kestirimi için 0,00601 ile 0,00842 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00674 MTMG kestirimi için 0,00673'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,74963 ile 0,86423 arasında; MTMG kestirimi için 0,74961 ile 0,86422 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,82584 MTMG kestirimi için 0,82583'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

C evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan

üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmaları (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliindedir.

#### **4.5. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemine Ait Bulgular**

Dördüncü alt problem: Madde takımı etkisi 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (D evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

Tablo 10'da D evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 10. D evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>D evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,03156	0,03253	0,03677	0,03317
		<i>MTMG</i>	0,03155	0,03251	0,03676	0,03315
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00439	0,00455	0,00483	0,00359
		<i>MTMG</i>	0,00438	0,00453	0,00482	0,00357
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,01635	0,01640	0,01682	0,01738
		<i>MTMG</i>	0,01633	0,01638	0,01680	0,01736
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,05925	0,05809	0,05365	0,05367
		<i>MTMG</i>	0,05923	0,05808	0,05364	0,05366
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,14487	0,14265	0,14432	0,14930
		<i>MTMG</i>	0,14416	0,14211	0,14359	0,14857
		<i>FARK</i>	0,00071	0,00074	0,00073	0,00073
$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00069	0,00072	0,00071	0,00072	

D evreninin birinci koşulunda madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3'tür. Birinci koşul için elde edilen değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02263 ile 0,03895 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02262 ile 0,03894 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03156 MTMG kestirimi için ise 0,03155'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00125 ile 0,00932 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00124 ile 0,00931 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00439 MTMG kestirimi için ise

0,00438'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01263 ile 0,02014 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01261 ile 0,02012 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01635 MTMG kestirimi için ise 0,01633'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03665 ile 0,09312 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03663 ile 0,09310 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05925 MTMG kestirimi için ise 0,05923'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13654 ile 0,15463 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13589 ile 0,15359 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14487 MTMG kestirimi için ise 0,14416'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi

değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00064 ile 0,00079 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00063 ile 0,00078 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle D evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

D evreninin ikinci koşulunda madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. İkinci koşula ait değerler incelendiğinde; Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02865 ile 0,03785 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02863 ile 0,03784 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03253 MTMG kestirimi için ise 0,03251'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00105 ile 0,00913 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00104 ile 0,00911 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00455 MTMG kestirimi için ise 0,00453'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01365 ile

0,01862 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01363 ile 0,01861 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01640 MTMG kestirimi için ise 0,01638'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04412 ile 0,07362 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04411 ile 0,07360 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05809 MTMG kestirimi için ise 0,05808'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13562 ile 0,14963 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13490 ile 0,14889 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14265 MTMG kestirimi için ise 0,14211'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00069 ile 0,00079 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00068 ile 0,00078 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle D evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı

değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

D evreninin üçüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,5 , madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3'tür. Üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02631 ile 0,04215 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02630 ile 0,04213 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03677 MTMG kestirimi için ise 0,03676'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00145 ile 0,00751 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00143 ile 0,00750 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00483 MTMG kestirimi için ise 0,00482'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01214 ile 0,01896 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01213 ile 0,01895 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01682 MTMG kestirimi için ise 0,01680'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni

üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03965 ile 0,06752 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03964 ile 0,06751 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05365 MTMG kestirimi için ise 0,05364'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12596 ile 0,15189 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12517 ile 0,15117 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14432 MTMG kestirimi için ise 0,14355'tir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00064 ile 0,00079 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00063 ile 0,00077 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle D evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

D evreninin dördüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5'tir. Bu koşula ait elde edilen değerler incelendiğinde;



Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02689 ile 0,03955 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02687 ile 0,03953 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03317 MTMG kestirimi için ise 0,03315'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum D evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00123 ile 0,00965 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00121 ile 0,00963 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00359 MTMG kestirimi için ise 0,00357'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01406 ile 0,02156 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01405 ile 0,02154 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01738 MTMG kestirimi için ise 0,01736'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04321 ile 0,06321 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04320 ile 0,06320 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05367 MTMG

kestirimi için ise 0,05366'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; D evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13563 ile 0,19943 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13492 ile 0,19873 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14930 MTMG kestirimi için ise 0,14857'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00066 ile 0,00080 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00065 ile 0,00079 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle D evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

D evreninde madde takımı etkisi 0,5 ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda D evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

D evreninin tüm koşulları için (madde takımı etkisi 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımı ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olup olmadığı incelenmiştir.

D evreni ve evrenlere ait koşullar; bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri açısından ayrı ayrı incelenmiş ve değerler tablo 11'te açıklanmıştır.

**Tablo 11. D evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>D evreni</i>	$\sigma^2(\delta)$	<i>GK</i>	0,01357	0,00800	0,01082	0,00662
		<i>MTMG</i>	0,01356	0,00799	0,01080	0,00661
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001
	$Eb^2$	<i>GK</i>	0,69667	0,80157	0,76853	0,83258
		<i>MTMG</i>	0,69666	0,80156	0,76852	0,83257
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(\Delta)$	<i>GK</i>	0,01841	0,01074	0,01303	0,00843
		<i>MTMG</i>	0,01839	0,01072	0,01302	0,00842
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001
	$\Phi$	<i>GK</i>	0,62820	0,75112	0,73496	0,79672
		<i>MTMG</i>	0,62819	0,75111	0,73495	0,79671
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

Tablo 11'de yer alan D evreninin birinci koşulunda, bir diğer deyişle madde takımı etkisinin 0,5 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3 olması durumunda elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01184 ile 0,01493 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01357 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01183 ile 0,01492 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01356'dır. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,65841 ile 0,75136 arasında; MTMG kestirimi için 0,65840 ile 0,75135 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,69667 MTMG kestirimi için 0,69666'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01638 ile 0,02368 arasında MTMG kestirimi için 0,01636 ile 0,02366 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01841 MTMG kestirimi için 0,01839'dur. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,54596 ile 0,68215 arasında; MTMG kestirimi için 0,54595 ile 0,68213 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,62820 MTMG kestirimi için 0,62819'dur. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

D evreninin ikinci koşulunda madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 11'de yer alan üçüncü koşul değerleri incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00731 ile 0,00861 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00800 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşıımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00730 ile 0,00860 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00799'dur. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,76741 ile 0,82648 arasında; MTMG kestirimi için 0,76740 ile 0,82646 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,80157 MTMG kestirimi için 0,80156'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00973 ile 0,01306 arasında MTMG kestirimi için 0,00972 ile 0,01304 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01074 MTMG kestirimi için 0,01072'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,70965 ile 0,79463 arasında; MTMG kestirimi için 0,70963 ile 0,79462 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,75112 MTMG kestirimi için 0,75111'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

D evreninin üçüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3'tür. Üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00703 ile 0,01246 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01082 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00702 ile 0,01245 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01080'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,75268 ile 0,79158 arasında; MTMG kestirimi için 0,75267 ile 0,79157 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,76853 MTMG kestirimi için 0,76852'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01218 ile 0,01412 arasında MTMG kestirimi için 0,01216 ile 0,01411 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01303 MTMG kestirimi için 0,01302'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,68593 ile 0,76813 arasında; MTMG kestirimi için 0,68592 ile 0,76812 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,73496 MTMG kestirimi için 0,73495'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Madde takımı etkisinin 0,5 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5 olması durumu D evreninin dördüncü koşuluna aittir. Bu koşula ait elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağlı hata varyansı değerlerinin 0,00583 ile 0,00762 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00662 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağlı hata varyansı ise 0,00582 ile 0,00761 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00661'dir. Bağlı hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağlı hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağlı hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,80469 ile 0,85473 arasında; MTMG kestirimi için 0,80467 ile 0,85471 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,83258 MTMG kestirimi için 0,83257'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için

0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00764 ile 0,01023 arasında MTMG kestirimi için 0,00763 ile 0,01022 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00843 MTMG kestirimi için 0,00842'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,77163 ile 0,83369 arasında; MTMG kestirimi için 0,77161 ile 0,83367 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,79672 MTMG kestirimi için 0,79671'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşıım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşıım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

D evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmalar (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliindedir.

#### 4.6. Araştırmanın Beşinci Alt Problemine Ait Bulgular

Beşinci alt problemi: Madde takımı etkisi 0,8; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (E evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

- varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?
- bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

Tablo 12’de E evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler her koşul için ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 12. E evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>E evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,03148	0,03293	0,02963	0,02928
		<i>MTMG</i>	0,03146	0,03292	0,02961	0,02926
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00446	0,00293	0,00329	0,00426
		<i>MTMG</i>	0,00444	0,00291	0,00328	0,00425
		<i>FARK</i>	0,00006	0,00002	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,02536	0,02693	0,02571	0,02711
		<i>MTMG</i>	0,02535	0,02694	0,02569	0,02709
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,04937	0,04739	0,04973	0,05374
		<i>MTMG</i>	0,04935	0,04738	0,04972	0,05373
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,14237	0,14370	0,13988	0,14060
		<i>MTMG</i>	0,14173	0,14312	0,13923	0,13995
		<i>FARK</i>	0,00064	0,00058	0,00065	0,00065
$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00063	0,00057	0,00064	0,00063	

E evreninin birinci koşulunda madde takımı etkisinin 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3’tür. Tablo 12’de yer alan E evreni birinci koşula ait değerler incelendiğinde;



Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02469 ile 0,04052 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02467 ile 0,04050 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03148 MTMG kestirimi için ise 0,03146'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum E evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00113 ile 0,00962 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00111 ile 0,00961 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00446 MTMG kestirimi için ise 0,00444'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,01963 ile 0,03396 arasında; MTMG kestirimi ile 0,01962 ile 0,03394 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02536 MTMG kestirimi için ise 0,02535'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02763 ile 0,07232 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02762 ile 0,07231 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04937 MTMG

kestirimi için ise 0,04935'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13369 ile 0,14932 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13307 ile 0,14869 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14237 MTMG kestirimi için ise 0,14173'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00059 ile 0,00070 arasında değişmektedir. Tablo 12'de yer alan  $\sigma^2(\text{e})$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00058 ile 0,00069 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle E evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

E evreninin ikinci koşulunda; madde takımı etkisinin 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. İkinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(\text{b})$ ): Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02863 ile 0,03765 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02862 ile 0,03764 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,03293 MTMG kestirimi için ise 0,03292'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu

durum E evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00132 ile 0,00532 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00130 ile 0,00530 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00293 MTMG kestirimi için ise 0,00291'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02147 ile 0,03122 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02145 ile 0,03120 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02693 MTMG kestirimi için ise 0,02694'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03691 ile 0,05963 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03690 ile 0,05961 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04739 MTMG kestirimi için ise 0,04738'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(\text{bm:t})$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13847 ile 0,14931 arasında; MTMG kestirimi ile 0,13790 ile 0,14870 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14370 MTMG kestirimi için ise 0,14312'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00054 ile 0,00062 arasında değişmektedir. Tablo 12'de yer alan  $\sigma^2(\text{e})$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00053 ile 0,00061 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle E evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

E evreninin üçüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3'tür. Tablo 12'de yer alan üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(\text{b})$ ): Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02489 ile 0,03863 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02487 ile 0,03861 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02963 MTMG kestirimi için ise 0,02961'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(\text{t})$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00156 ile 0,00763 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00155 ile 0,00762 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00329 MTMG kestirimi için ise 0,00328'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri

arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02189 ile 0,03269 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02187 ile 0,03267 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02571 MTMG kestirimi için ise 0,02569'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03148 ile 0,06148 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03147 ile 0,06147 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04973 MTMG kestirimi için ise 0,04972'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12836 ile 0,14632 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12774 ile 0,14564 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13988 MTMG kestirimi için ise 0,13923'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00061

ile 0,00070 arasında değişmektedir. Tablo 12’de yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00059 ile 0,00069 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle E evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

E evreninin dördüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5’tir. Buna göre E evreni dördüncü koşuluna ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar 0,02365 ile 0,03456 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02363 ile 0,03455 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02928 MTMG kestirimi için ise 0,02926’dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar 0,00196 ile 0,00796 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00195 ile 0,00795 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00426 MTMG kestirimi için ise 0,00425’dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar 0,02176 ile

0,03007 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02174 ile 0,03005 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,02711 MTMG kestirimi için ise 0,02709'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03196 ile 0,07631 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03195 ile 0,07630 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05374 MTMG kestirimi için ise 0,05373'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; E evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12974 ile 0,14596 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12906 ile 0,14527 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,14060 MTMG kestirimi için ise 0,13995'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00060 ile 0,00069 arasında değişmektedir. Tablo 12'de yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00058 ile 0,00068 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle E evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı

değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

E evreninde madde takımı etkisi 0,8 ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda E evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

E evreni ve evrenlere ait koşullar (madde takımı etkisi 0,8; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri açısından ayrı ayrı incelenmiş ve değerler tablo 13'te açıklanmıştır.

**Tablo 13. E evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>E evreni</i>	$\sigma^2(\delta)$	<i>GK</i>	0,01632	0,01013	0,01507	0,00852
		<i>MTMG</i>	0,01630	0,01012	0,01505	0,00851
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00002	0,00001
	$Eb^2$	<i>GK</i>	0,65606	0,76137	0,68129	0,77218
		<i>MTMG</i>	0,65604	0,76136	0,68128	0,77217
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(\Delta)$	<i>GK</i>	0,02080	0,01295	0,01704	0,01006
		<i>MTMG</i>	0,02078	0,01294	0,01703	0,01005
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
	$\Phi$	<i>GK</i>	0,60045	0,72719	0,63223	0,74237
		<i>MTMG</i>	0,60044	0,72718	0,63221	0,74235
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002

Tablo 13'te yer alan E evreninin birinci koşulunda, bir diğer deyişle madde takımı etkisinin 0,8 olduğu madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3 olması durumunda elde edilen değerler incelenmiş ve aşağıda yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01384 ile 0,01932 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01632 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01382 ile 0,01931 arasında



değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01630'dur. Bağlı hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağlı hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağlı hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,61036 ile 0,71432 arasında; MTMG kestirimi için 0,61034 ile 0,71431 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,65606 MTMG kestirimi için 0,65604'tür. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01806 ile 0,02988 arasında MTMG kestirimi için 0,01805 ile 0,02987 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,02080 MTMG kestirimi için 0,02078'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,51968 ile 0,67889 arasında; MTMG kestirimi için 0,51966 ile 0,67887 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,60045 MTMG kestirimi için 0,60044'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

E evreninin ikinci koşulunda madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 13'te yer alan ikinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağlı hata varyansı değerlerinin 0,00893 ile 0,01136 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01013 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağlı hata varyansı ise 0,00891 ile 0,01134 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01012'dir. Bağlı hata varyansı

kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,72569 ile 0,79258 arasında; MTMG kestirimi için 0,72567 ile 0,79257 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,76137 MTMG kestirimi için 0,76136'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01094 ile 0,01975 arasında MTMG kestirimi için 0,01902 ile 0,01974 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01295 MTMG kestirimi için 0,01294'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,66675 ile 0,75236 arasında; MTMG kestirimi için 0,66674 ile 0,75235 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,72719 MTMG kestirimi için 0,72718'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

E evreninin üçüncü koşulunda madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 3'tür. Üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,01247 ile 0,02683 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01507 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,01245 ile 0,02682 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01505'tir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002

arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,62845 ile 0,70965 arasında; MTMG kestirimi için 0,62843 ile 0,70964 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,68129 MTMG kestirimi için 0,68128'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01483 ile 0,02326 arasında MTMG kestirimi için 0,01482 ile 0,02324 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01704 MTMG kestirimi için 0,01703'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,55713 ile 0,68536 arasında; MTMG kestirimi için 0,55711 ile 0,68534 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,63223 MTMG kestirimi için 0,63221'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

E evreninin dördüncü koşulunda; madde takımı etkisin 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 13'te yer alan dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00726 ile 0,00916 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00852 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00725 ile 0,00914 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00851'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002

arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,74756 ile 0,79464 arasında; MTMG kestirimi için 0,74754 ile 0,79462 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,77218 MTMG kestirimi için 0,77217'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00892 ile 0,01115 arasında MTMG kestirimi için 0,00891 ile 0,01114 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01006 MTMG kestirimi için 0,01005'tir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,71126 ile 0,77631 arasında; MTMG kestirimi için 0,71125 ile 0,77630 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,74237 MTMG kestirimi için 0,74235'tir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

E evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmaları

(Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliğindedir.

Üçüncü, dördüncü ve beşinci alt problemde ilişkisiz MTTK veri setine ait üç evren bulunmaktadır ve bu evrenler madde takımı etkisi açısından farklılaşmaktadır. Evrenlere ait madde takımı ve madde sayısı aynı olan koşullar karşılaştırıldığında madde takımı etkisi arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir.

#### **4.7. Araştırmanın Altıncı Alt Problemine Ait Bulgular**

Altıncı alt problem: Genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (F evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

İlişkili MTTK veri setinde örtük yeteneğe ait iki farklı ilişki incelenmiştir. Bunlardan biri genel yetenek ve tüm madde takımı etkisi arasındaki ilişkinin 0,5, madde takımları arasındaki ilişkinin de 0,5 olduğu durumdur ve bu durum F evrenini oluşturmaktadır. Altıncı alt problem incelenirken evrenlere ait koşullar varyans bileşenleri için ayrı ayrı incelenmiştir ve değerler tablo 14'te verilmiştir.

**Tablo 14. F evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>F evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,05389	0,05622	0,05668	0,05978
		<i>MTMG</i>	0,05388	0,05621	0,05667	0,05976
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00525	0,00465	0,00367	0,00334
		<i>MTMG</i>	0,00524	0,00464	0,00365	0,00333
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,00674	0,00812	0,00791	0,00784
		<i>MTMG</i>	0,00673	0,00810	0,00790	0,00783
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,05745	0,05254	0,05302	0,04709
		<i>MTMG</i>	0,05744	0,05253	0,05300	0,04708
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00002	0,00001
	$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,13603	0,13559	0,13407	0,13616
		<i>MTMG</i>	0,13528	0,13490	0,13331	0,13545
		<i>FARK</i>	0,00075	0,00069	0,00076	0,00071
	$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00073	0,00068	0,00074	0,00069

F evreninin birinci koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5 olduğu; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısının 3 olması durumunda oluşan varyans değerleri yer almaktadır. Buna göre F evrenini birinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04496 ile 0,06374 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04494 ile 0,06372 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05389 MTMG kestirimi için ise 0,05388'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00116 ile 0,00736 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00115 ile 0,00734 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların

ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00525 MTMG kestirimi için ise 0,00524'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00356 ile 0,01009 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00355 ile 0,01007 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00674 MTMG kestirimi için ise 0,00673'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02931 ile 0,06743 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02930 ile 0,06742 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05745 MTMG kestirimi için ise 0,05744'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni birinci koşulunda madde- madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12864 ile 0,14569 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12786 ile 0,14492 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13603 MTMG kestirimi için ise 0,13528'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer

almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00069 ile 0,00075 arasında değişmektedir. Tablo 14'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00068 ile 0,00078 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle F evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

F evreninin ikinci koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. İkinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04871 ile 0,06379 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04870 ile 0,06377 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05622 MTMG kestirimi için ise 0,05621'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00125 ile 0,00996 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00123 ile 0,00995 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00465 MTMG kestirimi için ise 0,00464'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.



Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00586 ile 0,01006 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00585 ile 0,01004 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00812 MTMG kestirimi için ise 0,00810'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03596 ile 0,07073 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03595 ile 0,07072 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05254 MTMG kestirimi için ise 0,05253'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni ikinci koşulunda madde- madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,13045 ile 0,14136 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12977 ile 0,14063 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13559 MTMG kestirimi için ise 0,13490'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00065 ile 0,00073 arasında değişmektedir. Tablo 14'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00064 ile 0,00071 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu

görülür. Bu nedenle F evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

F evreninin üçüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3'tür. Buna göre F evreni üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,04837 ile 0,06217 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04835 ile 0,06216 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05668 MTMG kestirimi için ise 0,05667'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00148 ile 0,00791 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00146 ile 0,00790 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00367 MTMG kestirimi için ise 0,00365'tir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00674 ile 0,00861 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00673 ile 0,00860 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00791 MTMG kestirimi için ise 0,00790'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde

edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04136 ile 0,07013 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04134 ile 0,07012 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05302 MTMG kestirimi için ise 0,05300'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni üçüncü koşulunda madde- madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12784 ile 0,14125 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12710 ile 0,14054 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13407 MTMG kestirimi için ise 0,13331'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00071 ile 0,00079 arasında değişmektedir. Tablo 14'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00070 ile 0,00078 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle F evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

F evreninin dördüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan

madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5'tir. Dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,04987 ile 0,06614 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04980 ile 0,06613 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05978 MTMG kestirimi için ise 0,05976'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00196 ile 0,00687 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00195 ile 0,00686 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00334 MTMG kestirimi için ise 0,00333'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00645 ile 0,00932 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00644 ile 0,00930 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00784 MTMG kestirimi için ise 0,00783'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04096 ile 0,06631 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04095 ile 0,06630 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04709 MTMG kestirimi için ise 0,04708'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; F evreni dördüncü koşulunda madde- madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12974 ile 0,14273 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12908 ile 0,14199 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13616 MTMG kestirimi için ise 0,13545'tir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00066 ile 0,00075 arasında değişmektedir. Tablo 14'te yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00065 ile 0,00074 arasında değerler aldığı görölmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu göröür. Bu nedenle F evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

F evreninde genel yetenek ve tüm madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5, madde takımları arasındaki ilişki 0,5 ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda F evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

F evrenine ait tüm koşulların (genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki 0,5; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9) GK ve MTMG kestirimleri ile elde edilen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri karşılaştırarak elde edilmiştir. Bunun yanında aynı evrene ait tüm koşullardan elde edilen değerler güvenilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan değerler tablo 15'te yer almaktadır.

**Tablo 15. F evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>F evreni</b>	$\sigma^2(\delta)$	<b>GK</b>	0,00960	0,00603	0,00747	0,00457
		<b>MTMG</b>	0,00958	0,00601	0,00745	0,00456
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001
	$Eb^2$	<b>GK</b>	0,84852	0,92054	0,88288	0,92827
		<b>MTMG</b>	0,84850	0,92053	0,88287	0,92826
		<b>FARK</b>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(\Delta)$	<b>GK</b>	0,01312	0,00835	0,00955	0,00576
		<b>MTMG</b>	0,01311	0,00834	0,00954	0,00575
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	$\Phi$	<b>GK</b>	0,80361	0,86948	0,85328	0,91124
		<b>MTMG</b>	0,80360	0,86947	0,85326	0,91122
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002

F evreninin birinci koşulunda, bir diğer deyişle genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5 olduğu; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3 olması durumunda elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00853 ile 0,01123 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00960 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00852 ile 0,01121 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00958'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,83314 ile 0,86314 arasında; MTMG kestirimi için 0,83312 ile 0,86312 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,84852 MTMG kestirimi için 0,84850'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01165 ile 0,01416 arasında MTMG kestirimi için 0,01164 ile 0,01414 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01312 MTMG kestirimi için 0,01311'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,77361 ile 0,83746 arasında; MTMG kestirimi için 0,77360 ile 0,83744 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,80361 MTMG kestirimi için 0,80360'tır. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

F evreninin ikinci koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 15'te yer alan ikinci koşul değerleri incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00549 ile 0,0671 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00603 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00547 ile 0,00670 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00601'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,88845 ile 0,98961 arasında; MTMG kestirimi için 0,88843 ile 0,98960 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,92054 MTMG kestirimi için 0,92053'tür. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00756 ile 0,01002 arasında MTMG kestirimi için 0,00754 ile 0,01001 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00835 MTMG kestirimi için 0,00834'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,85231 ile 0,89015 arasında; MTMG kestirimi için 0,85230 ile 0,89013 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,86948 MTMG kestirimi için 0,86947'tir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

F evreninin üçüncü koşulu için genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 3'tür. Tablo 15'te yer alan üçüncü koşul değerleri incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00681 ile 0,00793 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00747 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00680 ile 0,00792 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00745'tir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.



Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,87463 ile 0,89245 arasında; MTMG kestirimi için 0,87462 ile 0,89243 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,88288 MTMG kestirimi için 0,88287'dir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00917 ile 0,01023 arasında MTMG kestirimi için 0,00915 ile 0,01022 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00955 MTMG kestirimi için 0,00954'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,83556 ile 0,87003 arasında; MTMG kestirimi için 0,83554 ile 0,87002 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,85328 MTMG kestirimi için 0,85326'dır. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

F evreninin dördüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 5'tir. Dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00426 ile 0,00476 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00457 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00424 ile 0,00475 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00456'dır. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,91965 ile 0,93456 arasında; MTMG kestirimi için 0,91964 ile 0,93456 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,92827 MTMG kestirimi için 0,92826'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00541 ile 0,00663 arasında MTMG kestirimi için 0,00540 ile 0,00662 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00576 MTMG kestirimi için 0,00575'tir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,89564 ile 0,92156 arasında; MTMG kestirimi için 0,89562 ile 0,92155 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,91124 MTMG kestirimi için 0,91122'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

F evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldanda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmaları (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997;

Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliğindedir.

#### **4.8. Araştırmanın Yedinci Alt Problemine Ait Bulgular**

Yedinci alt problem: Genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki 0,2; madde takımı sayısı 3 veya 5 ve madde takımlarında yer alan madde sayısı 6 veya 9 olduğu durumlarda (G evreni) Madde Tepki Modelinde Genellenebilirlik yaklaşımına ve Genellenebilirlik Kuramına göre elde edilen;

a) varyans bileşenleri arasında fark var mıdır?

b) bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark var mıdır?

İlişkili MTTK modelinde örtük yeteneğe ait iki farklı ilişki incelenmiştir. Bunlardan biri altıncı alt problemde incelenen F evreni iken diğeri genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişkinin yüksek (0,8) ; madde takımlarının arasındaki ilişkinin düşük (0,2) olduğu G evrenine ait olan durumdur.

Tablo 16'da G evrenine ait her bir değişkenlik kaynağı için Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı ile kestirilen değerler her koşul için ayrı ayrı verilmiş ve aralarındaki fark hesaplanmıştır.

**Tablo 16. G evrenine ait kestirilen varyans değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<i>G evreni</i>	$\sigma^2(b)$	<i>GK</i>	0,05523	0,05831	0,05646	0,05975
		<i>MTMG</i>	0,05521	0,05830	0,05645	0,05973
		<i>FARK</i>	0,00002	0,00001	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(t)$	<i>GK</i>	0,00495	0,00434	0,00386	0,00326
		<i>MTMG</i>	0,00494	0,00432	0,00384	0,00325
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00002	0,00001
	$\sigma^2(bt)$	<i>GK</i>	0,01432	0,01121	0,01011	0,01108
		<i>MTMG</i>	0,01431	0,01120	0,01010	0,01107
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(m:t)$	<i>GK</i>	0,05299	0,04766	0,05055	0,04371
		<i>MTMG</i>	0,05298	0,04764	0,05054	0,04369
		<i>FARK</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00002
	$\sigma^2(bm:t)$	<i>GK</i>	0,13306	0,13366	0,13473	0,13422
		<i>MTMG</i>	0,13222	0,13281	0,13389	0,13336
		<i>FARK</i>	0,00084	0,00085	0,00084	0,00086
	$\sigma^2(e)$	<i>MTMG</i>	0,00082	0,00084	0,00083	0,00085

G evreninin birinci koşulunda, bir diğer deyişle genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2 olduğu; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısının 3 olması durumunda oluşan varyans değerleri tablo 16'da yer almaktadır. Buna göre G evreni birinci koşul için elde edilen değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,04574 ile 0,06824 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04572 ile 0,06823 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05523 MTMG kestirimi için ise 0,05521'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni birinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00225 ile 0,00932 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00224 ile 0,00931 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların

ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00495 MTMG kestirimi için ise 0,00494'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni birinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekraralarda 0,00963 ile 0,02621 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00962 ile 0,02620 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01432 MTMG kestirimi için ise 0,01431'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni birinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekraralarda 0,02784 ile 0,07963 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02782 ile 0,07962 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05299 MTMG kestirimi için ise 0,05296'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni birinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekraralarda 0,12756 ile 0,13869 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12674 ile 0,13788 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13306 MTMG kestirimi için ise 0,13222'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer

almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00079 ile 0,00088 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00078 ile 0,00086 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle G evreni birinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

G evreninin ikinci koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5'tir. İkinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,04869 ile 0,06377 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04868 ile 0,06376 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05831 MTMG kestirimi için ise 0,05830'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni ikinci koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00102 ile 0,00896 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00101 ile 0,00894 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00434 MTMG kestirimi için ise 0,00432'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni ikinci koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,00931 ile 0,01563 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00930 ile 0,01562 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01121 MTMG kestirimi için ise 0,01120'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni ikinci koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03214 ile 0,06541 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03212 ile 0,06540 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04766 MTMG kestirimi için ise 0,04764'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni ikinci koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12547 ile 0,13954 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12465 ile 0,13869 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13366 MTMG kestirimi için ise 0,13281'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00080 ile 0,00090 arasında değişmektedir. Tablo 16'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00079 ile 0,00089 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu

görülür. Bu nedenle G evreni ikinci koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2 olduğu; madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısının 3 olması durumu G evreni üçüncü koşuluna aittir. Tablo 16'da yer alan üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,04963 ile 0,06479 arasında; MTMG kestirimi ile 0,04962 ile 0,06477 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05646 MTMG kestirimi için ise 0,05645'tir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni üçüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,00116 ile 0,00569 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00114 ile 0,00567 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00386 MTMG kestirimi için ise 0,00384'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni üçüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar da 0,00864 ile 0,01265 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00862 ile 0,01264 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01011 MTMG kestirimi için ise 0,01010'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde



edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni üçüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,03395 ile 0,06179 arasında; MTMG kestirimi ile 0,03394 ile 0,06178 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05055 MTMG kestirimi için ise 0,05054'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni üçüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12845 ile 0,14465 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12765 ile 0,14381 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13473 MTMG kestirimi için ise 0,13389'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00080 ile 0,00090 arasında değişmektedir. Tablo 10'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00078 ile 0,00089 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle G evreni üçüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

G evreninin dördüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2, madde takımında yer alan madde

sayısı 9 ve madde takımı sayısı 5'tir. G evreni dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Birey değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(b)$ ) : Bireylere ait varyans değeri GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,05178 ile 0,06974 arasında; MTMG kestirimi ile 0,05176 ile 0,06972 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,05975 MTMG kestirimi için ise 0,05973'tür. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni dördüncü koşulunda birey değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(t)$ ): Madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00136 ile 0,00963 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00134 ile 0,00962 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,00326 MTMG kestirimi için ise 0,00325'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni dördüncü koşulunda madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde takımı değişkenlik kaynağı ( $\sigma^2(bt)$ ): Birey-madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlar arasında 0,00931 ile 0,01478 arasında; MTMG kestirimi ile 0,00930 ile 0,01477 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,01108 MTMG kestirimi için ise 0,01107'dir. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde takımı değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni dördüncü koşulunda birey-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Madde-madde takımı değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(m:t)$ : Madde - madde takımı varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,02964 ile 0,06214 arasında; MTMG kestirimi ile 0,02963 ile 0,06212 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,04371 MTMG kestirimi için ise 0,04369'dur. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00002 ile 0,00001 arasında değişmektedir. Bu durum; G evreni dördüncü koşulunda madde-etkileşimi madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Birey-madde-madde takımı (artık) değişkenlik kaynağı  $\sigma^2(bm:t)$ : Birey- madde - madde takımı etkileşimi varyans bileşeni için hesaplanan değer GK kestirimi ile tüm tekrarlarda 0,12694 ile 0,13882 arasında; MTMG kestirimi ile 0,12609 ile 0,13800 arasında bulunmuştur. Tüm tekrarların ortalaması alındığında GK kestirimi için bu değer 0,13422 MTMG kestirimi için ise 0,13336'dır. Elde edilen bu değerler her iki yaklaşım içinde diğer varyans değerleri arasında birinci sırada yer almaktadır. İki yaklaşım ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi değişkenlik kaynağına ait varyans değerleri arasındaki fark her tekrar için 0,00082 ile 0,00090 arasında değişmektedir. Tablo 16'da yer alan  $\sigma^2(e)$  değerleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile hesaplanabilen hata varyansının 0,00080 ile 0,00089 arasında değerler aldığı görülmektedir. MTMG ile elde edilen hata varyansı değerleri farktan çıkarıldığında birey- madde - madde takımı etkileşimi için kestirilen değerler arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 arasında olduğu görülür. Bu nedenle G evreni dördüncü koşulunda birey-madde-madde takımı değişkenlik kaynağı için GK ve MTMG kestirimi arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

G evreninde genel yetenek ve tüm madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8, madde takımları arasındaki ilişki 0,2 ve koşullar içinde madde takımı uzunluğu - madde takımı sayısı sırasıyla 6-3,6-5,9-3,9-5'tir. Yapılan analizler sonucunda F evreninin her koşulu için MTMG yaklaşımı ve GK yaklaşımı arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları MTMG çalışması ile örtüşmektedir.

G evrenine ait tüm koşulları için bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri GK ve MTMG ile elde edilmiştir. Ayrıca G evrenine ait tüm koşullardan elde edilen değerler güvenilirlik açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler tablo 17’de yer almaktadır.

**Tablo 17. G evreni koşullarına ait bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı değerleri**

		<i>Birinci koşul</i>	<i>İkinci koşul</i>	<i>Üçüncü koşul</i>	<i>Dördüncü koşul</i>	
<b>G evreni</b>	$\sigma^2(\delta)$	<b>GK</b>	0,01049	0,00660	0,00832	0,00511
		<b>MTMG</b>	0,01048	0,00659	0,00831	0,00509
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002
	$Eb^2$	<b>GK</b>	0,83886	0,89699	0,87124	0,92091
		<b>MTMG</b>	0,83885	0,89698	0,87123	0,92090
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	$\sigma^2(\Delta)$	<b>GK</b>	0,01486	0,00859	0,01044	0,00659
		<b>MTMG</b>	0,01485	0,00857	0,01043	0,00658
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001
	$\Phi$	<b>GK</b>	0,78671	0,87017	0,84328	0,90035
		<b>MTMG</b>	0,78670	0,87016	0,84327	0,90034
		<b>FARK</b>	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

G evreninin birinci koşulunda, bir diğer deyişle genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2 olduğu; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3 olması durumunda elde edilen değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00926 ile 0,01236 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,01049 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00925 ile 0,01235 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,01048’dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,80862 ile 0,86123 arasında; MTMG kestirimi için 0,80861 ile 0,86121 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik

katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,83886 MTMG kestirimi için 0,83885'tir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,01268 ile 0,02394 arasında MTMG kestirimi için 0,01267 ile 0,02393 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01486 MTMG kestirimi için 0,01485'tir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,67691 ile 0,83469 arasında; MTMG kestirimi için 0,67690 ile 0,83467 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,78671 MTMG kestirimi için 0,78670'tir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

G evreninin ikinci koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6 ve madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 17'de yer alan ikinci koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00613 ile 0,00741 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00660 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00612 ile 0,00740 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00659'dur. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,88136 ile 0,90647 arasında; MTMG kestirimi için 0,88134 ile 0,90646 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik

katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,89699 MTMG kestirimi için 0,89698'tir. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00789 ile 0,00983 arasında MTMG kestirimi için 0,00787 ile 0,00981 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00859 MTMG kestirimi için 0,00857'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,85032 ile 0,88631 arasında; MTMG kestirimi için 0,85031 ile 0,88630 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,87017 MTMG kestirimi için 0,87016'dır. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

G evreninin üçüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 3'tür. Tablo 17'de yer alan üçüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00766 ile 0,00931 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00832 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00765 ile 0,00930 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00831'dir. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,85716 ile 0,88034 arasında; MTMG kestirimi için 0,85714 ile 0,88032 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik

katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,87124 MTMG kestirimi için 0,87123'tür. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00991 ile 0,01126 arasında MTMG kestirimi için 0,00990 ile 0,01124 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,01044 MTMG kestirimi için 0,01043'tür. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,82597 ile 0,86531 arasında; MTMG kestirimi için 0,82595 ile 0,86530 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,84328 MTMG kestirimi için 0,84327'dir. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

G evreninin dördüncü koşulunda genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 9 ve madde takımı sayısı 5'tir. Tablo 17'de yer alan dördüncü koşula ait değerler incelendiğinde;

Genellenebilirlik Kuramına göre kestirilen bağıl hata varyansı değerlerinin 0,00479 ile 0,00549 arasında olduğu ve on tekrarın ortalaması alındığında 0,00511 değerinde olduğu görülmektedir. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımına göre kestirilen bağıl hata varyansı ise 0,00478 ile 0,00548 arasında değerler almıştır ve tekrarların ortalaması 0,00509'dur. Bağıl hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında bağıl hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Bağıl hata varyansına bağlı olarak hesaplanan genellenebilirlik katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,91467 ile 0,93061 arasında; MTMG kestirimi için 0,91466 ile 0,93060 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama genellenebilirlik

katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,92091 MTMG kestirimi için 0,92090'dır. Genellenebilirlik katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında genellenebilirlik katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyans değerleri GK kestirimi için 0,00603 ile 0,00816 arasında MTMG kestirimi için 0,010602 ile 0,00815 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama mutlak hata varyansı değerleri GK kestirimi için 0,00659 MTMG kestirimi için 0,00658'dir. Mutlak hata varyansı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında mutlak hata varyansı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

Mutlak hata varyansına bağlı olarak hesaplanan Phi katsayısı değerleri ise GK kestirimi için 0,88463 ile 0,91462 arasında; MTMG kestirimi için 0,88462 ile 0,91460 arasında değerler almıştır. Hesaplanan ortalama Phi katsayısı değeri GK kestirimleri için 0,90035 MTMG kestirimi için 0,90034'tür. Phi katsayısı kestiriminde iki yaklaşım arasındaki fark her tekrar için 0,00001 ile 0,00002 arasında değişmektedir bu nedenle iki yaklaşım arasında Phi katsayısı kestiriminde fark olmadığı söylenebilir.

G evrenine ait koşullar madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir. Araştırmanın bu bulgusu madde takımlarının güvenilirliği için yapılan çalışmaları (Thissen, Steinberg ve Mooney, 1989; Sireci, Thissen ve Wainer, 1991; Yen, 1993; Wainer, 1995; Wainer ve Thissen, 1996; Ferrara, Huynh ve Bagli, 1997; Ferrara, Huynh ve Michaels, 1999; Bradlow, Wainer ve Wang, 1999) destekler özelliindedir.



Altıncı ve yedinci alt problemde ilişkili MTTK veri setine ait iki evren bulunmaktadır ve bu evrenler genel yetenek ve madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki açısından farklılaşmaktadır. Evrenlere ait madde takımı ve madde sayısı aynı olan koşullar karşılaştırıldığında genel yetenek ve madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmanın bulgu ve yorumlarına dayalı olarak ulaşılan sonuçlara ve bu sonuçlardan yola çıkarak geliştirilen önerilere yer verilmiştir.

### 5.1. Sonuçlar

Araştırmada yer alan veriler üç farklı veri setine göre üretilmiştir. Bu veri setleri sırası ile “Genellenebilirlik Kuramı veri seti”; “ilişkisiz madde takımı tepki kuramı veri seti” ve “ilişkili madde takımı tepki kuramı veri seti” olarak isimlendirilmişlerdir. Her veri setinin koşulları birbirinden farklı olan evrenleri bulunmaktadır.

Genellenebilirlik Kuramı veri seti iki farklı evrenden ve her evren dört farklı koşuldur oluşmaktadır. Bu evrenler ve koşullarına ait özellikler şu şekildedir;

A evreni:

1. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5
3. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3
4. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin küçük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5

B evreni:

1. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5
3. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3 olması
4. Koşul: Birey madde takımı etkileşimin büyük, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5

Genellenebilirlik Kuramı (GK) ve Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) modeline göre A ve B evrenlerinin her koşulu için kestirilen birey ( $\sigma^2(b)$ ), madde takımı ( $\sigma^2(t)$ ), birey madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bt)$ ) ve madde-madde takımı ( $\sigma^2(m:t)$ ) varyans bileşenleri için fark 0,00001 ile 0,00002 arasında değerler almıştır. İki yaklaşım arasındaki varyans bileşenleri değerleri farkının en fazla on binde iki seviyesinde olması aralarında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Diğer yandan birey-madde-madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bm:t)$ ) varyans bileşeni değeri her iki evrenin her koşulu altında iki yaklaşım için en fazla farkın elde edildiği varyans bileşeni olmuştur. Ancak bu durum Genellenebilirlik Kuramı ile Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımı arasındaki temel farktan kaynaklanmaktadır. Bu fark; Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik yaklaşımının hata varyansını etkileşim varyansından ayırmasıdır. Bir diğer deyişle Genellenebilirlik Kuramı ile kestirilen birey-madde-madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bm:t)$ ) varyans değeri içinde hata varyansını da barındırır. Bu nedenle MTMG ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bm:t)$ ) varyans bileşeni ile hata  $\sigma^2(e)$  değerleri toplanıp GK'dan elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bm:t)$ ) varyans bileşeni ile karşılaştırıldığında aradaki farkın 0,00001 ile 0,00002 değerleri arasında olduğu ve bu durumun varyans değerleri arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabileceği görülmüştür.

Genellenebilirlik Kuramı veri seti A ve B evrenleri koşulları altında incelenen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında iki yaklaşım ile kestirilen değerler açısından fark 0,00001 ile 0,00002 arasındadır. Oldukça küçük olan bu değer madde tepki modelinde genellenebilirlik modeli ve Genellenebilirlik Kuramına göre bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Ayrıca A ve B evrenlerine ait koşullar kendi içlerinde madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşulda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşulda daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullarda daha yüksek güvenilirlik elde

edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir.

Bunun yanında A ve B evrenleri birey-madde takımı etkileşimi varyansı açısından farklılık göstermektedir. İki evren güvenilirlik değerleri açısından karşılaştırıldığında her koşul altında birey-madde takımı etkileşiminin küçük olduğu A evreninde daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir.

İlişkisiz madde takımı tepki kuramı veri seti üç farklı evrenden ve her evrene ait dörder farklı koşuldandır oluşmaktadır. Bu evren ve koşullar şu şekildedir;

C evreni;

1. Koşul: Madde takımı etkisi 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Madde takımı etkisi 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5 olması
3. Koşul: Madde takımı etkisi 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3
4. Koşul: Madde takımı etkisi 0,2, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5

D evreni;

1. Koşul: Madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5
3. Koşul: Madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3
4. Koşul: Madde takımı etkisi 0,5, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5

E evreni;

1. Koşul: Madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3

2.Koşul: Madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5

3. Koşul: Madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 3

4. Koşul: Madde takımı etkisi 0,8, madde takımında yer alan madde sayısı 9, madde takımı sayısı 5

İlişkisiz madde takımı tepki kuramı veri setinin C, D ve E evrenlerinin farklı koşulları altında kestirilen birey ( $\sigma^2(b)$ ), madde takımı ( $\sigma^2(t)$ ), birey madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bt)$ ) ve madde-madde takımı ( $\sigma^2(m:t)$ ) varyans bileşenleri arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 değerleri arasındadır. Aradaki fark değerinin ihmal edilebilecek kadar küçük olması iki yaklaşım arasında varyans değerleri kestirimi açısından fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde GK ile kestirilen birey-madde-madde takımı etkileşim varyansı ( $\sigma^2(bm:t)$ ), MTMG ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşim varyansı ( $\sigma^2(bm:t)$ ) ve hata varyansı ( $\sigma^2(e)$ ) toplamı ile karşılaştırıldığında iki değer kestirimler açısından fark göstermediği görülmüştür.

İlişkisiz madde takımı tepki kuramı veri seti C, D ve E evrenleri ve alt koşulları altında incelenen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında iki yaklaşım ile kestirilen değerler açısından fark 0,00001 ile 0,00002 arasındadır. Oldukça küçük olan bu değer Madde Tepki Kuramında genellenebilirlik modeli ve Genellenebilirlik Kuramına göre bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

C, D ve E evrenine ait koşullar kendi içlerinde madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde

edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir.

İlişkisiz MTTK veri setine ait üç evren bulunmaktadır ve bu evrenler madde takımı etkisi açısından farklılaşmaktadır. Evrenlere ait madde takımı ve madde sayısı aynı olan koşullar karşılaştırıldığında madde takımı etkisi arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir.

İlişkili madde takımı tepki kuramı veri seti iki farklı evren ve her evrene ait dört farklı koşuldan oluşmaktadır. Bu evren ve koşullar özetle şu şekildedir;

F evreni;

1. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5
3. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 9 madde takımı sayısı 3
4. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,5 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,5; madde takımında yer alan madde sayısı 9 madde takımı sayısı 5

G evreni;

1. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 3
2. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 6, madde takımı sayısı 5

3. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 9 madde takımı sayısı 3

4. Koşul: Genel yetenek ve madde takımı etkisi arasındaki ilişki 0,8 ve madde takımları arasındaki ilişki 0,2; madde takımında yer alan madde sayısı 9 madde takımı sayısı 5

İlişkili madde takımı tepki kuramı veri setinin F ve G evrenlerinin farklı koşulları altında kestirilen birey ( $\sigma^2(b)$ ), madde takımı ( $\sigma^2(t)$ ), birey madde takımı etkileşimi ( $\sigma^2(bt)$ ) ve madde-madde takımı ( $\sigma^2(m:t)$ ) varyans bileşenleri arasındaki fark 0,00001 ile 0,00002 değerleri arasındadır. Aradaki fark değerinin ihmal edilebilecek kadar küçük olması iki yaklaşım arasında varyans değerleri kestirimi açısından fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Benzer şekilde GK ile kestirilen birey-madde-madde takımı etkileşim varyansı ( $\sigma^2(bm:t)$ ), MTMG ile elde edilen birey-madde-madde takımı etkileşim varyansı ( $\sigma^2(bm:t)$ ) ve hata varyansı ( $\sigma^2(e)$ ) toplamı ile karşılaştırıldığında iki değer kestirimler açısından fark göstermediği görülmüştür.

İlişkili madde takımı tepki kuramı veri seti F ve G evrenleri ve alt koşulları altında incelenen bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında iki yaklaşım ile kestirilen değerler açısından fark 0,00001 ile 0,00002 arasındadır. Oldukça küçük olan bu değer Madde Tepki Kuramında genellenebilirlik modeli ve Genellenebilirlik Kuramına göre bağıl ve mutlak hata varyansı, genellenebilirlik ve Phi katsayısı arasında fark olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

F ve G evrenine ait koşullar kendi içlerinde madde takımı ve madde takımlarında yer alan madde sayıları açısından farklılık göstermektedir. Madde takımı sayısı 6 olan birinci ve ikinci koşul arasında madde takımında daha fazla madde bulunan ikinci koşuldaki daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Benzer şekilde madde takımı sayısı 9 olan üçüncü ve dördüncü koşullarda madde sayısı fazla olan dördüncü koşuldaki daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Madde takımlarında bulunan madde sayıları eşit olan birinci-üçüncü ve ikinci-dördüncü koşullarda madde takımı sayısı fazla olan koşullardan daha yüksek güvenilirlik elde edilmiştir. Tüm bu bulgular her dört koşul incelendiğinde toplam madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermektedir.

İlişkili MTTK veri setine ait olan iki evren genel yetenek ve madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki açısından farklılaşmaktadır. Evrenlere ait madde takımı ve madde sayısı aynı olan koşullar karşılaştırıldığında genel yetenek ve madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir.

Özetle tüm evrenlere ait koşulların varyans kestirimleri incelendiğinde MTMG yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar ile GK ile elde edilen sonuçlar arasında bir fark olmadığı görülmüştür. Briggs ve Wilson'ın (2007) yapmış oldukları çalışma elde edilen bu sonucu destekler niteliktedir. MTMG yaklaşımı ile kestirilen değerler ile GK ile kestirilen değerler arasında fark yoktur ancak MTMG yaklaşımı ile hata varyansını etkileşim varyansından ayrı olarak gözlenebilir.

Tüm evrenlere ait koşullar incelendiğinde madde takımları için madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığı gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuç madde takımlarının güvenilirliği üzerine yapılan çalışmaları destekler niteliktedir.

## **5.2. Öneriler**

### **5.2.1. Araştırmaya Dönük Öneriler**

#### **5.2.1.1. Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik Yaklaşımına Dair Öneriler**

Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik (MTMG) yaklaşımı Briggs ve Wilson (2004, 2007) tarafından ortaya atılmıştır. Briggs ve Wilson (2004, 2007) çalışmalarında GK ve MTMG arasındaki farkları şu şekilde sıralamışlardır;

- GK yaklaşımı varyans bileşenleri kestiriminde gözlenen puanları kullanırken MTMG beklenen puanlar matrisini kullanır.
- GK'da etkileşim varyansı ve hata birbirinden ayıramazken MTMG'de ayrı ayrı kestirilebilir.

Araştırmanın temel amacı Genellenebilirlik Kuramına alternatif olarak gösterilen MTMG yaklaşımının çok yüzeyli desenlerde de kullanılabileceğini göstermektir. Elde edilen bulgular sonucunda iki yüzeyli bx(m:t) deseni için MTMG ve GK yaklaşımları arasında varyans değerlerini, mutlak ve bağıl hata varyanslarını ve güvenilirlik katsayılarını kestirmede fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu durumda daha pratik ve kolay analiz yapılan programları olan Genellenebilirlik Kuramının yerine kestirimlerinin daha zor yapıldığı MTMG yaklaşımını kullanmak



önerilmemektedir. Ancak MTMG'nin GK karşısındaki en büyük avantajı hata varyansını etkileşim varyansından ayrı kestirebilmesidir. Bu sonuçlar doğrultusunda hata varyansını etkileşim varyansından ayrı olarak kestirebildiği için bx(m:t) deseni için MTMG yaklaşımının kullanılması önerilmektedir.

### **5.2.1.2 Madde Takımına Dayalı Öneriler**

Çalışmada kullanılan çok yüzeyli desen, maddelerin takımlara yuvalandığı ve bireylerin bunlarla çaprazlandığı rastgele dengelenmiş bx(m:t) yuvalanmış desendir. Çalışmada kullanılan tüm evrenler ve evrenlere ait koşulların tümünde elde edilen güvenilirlik değerleri madde sayısı arttıkça güvenilirliğin arttığını göstermiştir. Bu nedenle madde takımı ile yapılan çalışmalarda madde takımları ve madde takımlarında yer alan madde sayılarının mümkün olduğunca fazla olması önerilmektedir.

Yapılan çalışma ile daha yüksek güvenilirlik elde edilmesi için birey-madde takımı etkileşiminin küçük olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bezer şekilde madde takımı etkisi arttıkça güvenilirliğin düştüğü görülmüştür. Ayrıca genel yetenek ve madde takımı etkisi ile madde takımları arasındaki ilişki arttıkça güvenilirliğin düştüğü gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanarak madde takımlarının yer aldığı durumlarda güvenilirliği arttırmak için birey-madde takımı etkileşiminin küçük olması; madde takımı etkisinin düşük olması ve genel yetenek ve madde takımı arasındaki ilişki ve madde takımları arasındaki ilişkinin düşük olması önerilmektedir.

### **5.2.2. Uygulamaya Dönük Öneriler**

#### **5.2.2.1 Madde Tepki Modellemesinde Genellenebilirlik Yaklaşımına Dair Öneriler**

MTMG yaklaşımı elde edilen ümit verici sonuçların yanında birbirlerinden farklı iki ölçme kuramını bir arada kullanması açısından değerlidir. Ancak MTMG çalışmaları tek yüzeyli desenler ile sınırlı kalmıştır. MTMG yaklaşımının çok yüzeyli durumlarda nasıl işlediğini bilmek gereklidir. Örneğin MTMG çok yüzeyli modellerde çalışmazsa adres gösterilen sorunlarda GK'nın yerine kullanılabileceği söylenemez. Bu nedenle bu çalışmanın temel amacını Briggs ve Wilson'ın (2004, 2007) yaptıkları çalışmayı tek yüzeyli desenden çok yüzeyli desene çıkartmak oluşturmaktadır.

Bu temel amaç doğrultusunda elde edilen bilgiler MTMG yaklaşımının bx(m:t) iki yüzeyli deseni içinde uygun bir yaklaşım olduğunu göstermiştir. Ancak MTMG yaklaşımının daha fazla gelişmesi ve uygunluğunun test edilmesi için farklı sayıda yüzeyin bulunduğu farklı desenlerin kullanılması önerilmektedir.

#### **5.2.2.2. Madde Takımına Dayalı Öneriler**

Son yıllarda yapılan testlerde madde takımlarının kullanımını artması madde takımlarının nasıl puanlanacağı, nasıl analiz edileceği ve madde takımlarının güvenilirlik üzerinde etkisinin ne olacağı önemini arttıran bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışma ile kullanılan maddelerin madde takımları içinde yuvalandığı bx(m:t) deseni için güvenilirlik değerlerinin farklı koşullar altında nasıl değiştiği gözlenmiştir. Gözlem sonuçlarında madde takımı ve madde sayısı uzunluklarının; birey-madde takımı varyans değerinin; madde takımı etkisinin; madde takımları arasındaki ilişkinin güvenilirlik üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Gelecekte yapılacak çalışmalar için madde takımları üzerinde etkisinin olabileceği düşünülen diğer etmenlerinde araştırılması önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ackerman, T. A. (1989). Unidimensional IRT calibration of compensatory and noncompensatory multidimensional items. *Applied Psychological Measurement*, 13, 113-127.
- Ackerman, T. A. (1994). Using multidimensional item response theory to understand what items and tests are measuring. *Applied Measurement in Education*, 7, 255-278.
- Alkahtani, S. F. (2012). *Oral performace scoring using generalizability theory and many-facet Rasch measurement: A comparison study*. Unpublished Doctoral Dissertation, The Pennsylvania State University.
- Bock, R. D., Brennan, R. L. ve Muraki, E. (2002). The information in multiple ratings. *Applied Psychological Measurement*, 26, 364-375.
- Bradlow, E. T., Wainer, H. ve Wang, X. (1999). A bayesian random effects model for testlets. *Psychometrika*, 64, 153-168.
- Brennan, R. L. (2001). *Generalizability theory*. New-York: Springer-Verlag.
- Briggs, D. C. ve Wilson, M. (2004). *Generalizability theory in item response modeling. Presentation at the International Meeting of the Psychometric Society, Pacific Grove, CA*.
- Briggs, D. C. ve Wilson, M. (2007). Generalizability theory in item response modeling. *Journal of Educational Measurement*, 44(2), 131-155.
- Chien, Y. M. (2008). *An investigation of testlet-based item response models with a random facets design in generalizability theory*. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Iowa.
- Crocker, L. ve Algina, J. (1986). *Introduction to modern and classical test theory*. FL: Holt Rinehart ve Winston.
- Cronbach, L. J., Linn, R. L., Brennan, R. L. ve Haertel, E. (1995). Generalizability analysis for educational assessments. *Evaluation Comment. Los Angeles: UCLA's Center for the Study of Evaluation and The National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing*, <http://www.cse.ucla.edu>.
- DeMars, C. E. (2006). Application of the bi-factor multidimensional item response theory model to testlet-based tests. *Journal of Educational Measurement*, 43(2), 145-168.
- Dimitrov, D. M. (2003). Marginal true-score measures and reliability for binary items as a function of their IRT parameters. *Applied Psychological Measurement*, 27(6), 440- 458.
- Dresher, A. R. (2004). *An empirical investigation of LID using the testlet model: A further look*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education, San Diego, CA.

- Feldt, L. S. ve Quails A. L. (1989). Reliability. In R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed.) (pp. 105-146). New York: American Council on Education and Macmillan.
- Ferrara, S., Huynh, F. L. ve Bagli, H. (1997). Contextual characteristics of locally dependent open-ended item clusters on a large-scale performance assessment. *Applied Measurement in Education*, 12, 123-144.
- Ferrara, S., Huynh, F. L. ve Michaels, H. (1999). Contextual explanations of local dependence in item clusters in a large-scale hands-on science performance assessment. *Journal of Educational Measurement*, 36, 119-140.
- Fox, J. P. ve Glas, C. A. W. (2001). Bayesian estimation of a multilevel IRT model using Gibbs sampling. *Psychometrika*, 66, 271-288.
- Glas, C. A. W. (1989). *Contributions to estimating and testing Rasch models*. Unpublished Doctoral Dissertation. Enschede, University of Twente.
- Güler, N., Kaya Uyanık, G. ve Taşdelen Teker, G. (2012). *Genellenebilirlik kuramı*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Hambelton, R.K. (1990). Item response theory: introduction and bibliography. *Psicothema*, 2, 1, 97-107.
- Hambleton, R. K. ve Swaminathan, H. (1985). *Item response theory*. Boston: Kluwer/Nijhoff Publishing.
- Hambleton, R. K., Swaminathan, H. ve Rogers, H. J. (1991). *Fundamentals of Item Response Theory*. Newbury Park, CA: Sage.
- Hendrickson, A. B. (2001). *Reliability of scores from tests composed of testlets: a comparison of methods*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education (Seattle, WA, April 1-13, 2001).
- Jiao, H., Kamata, A., Wang, S. ve Jin, Y. (2012). A multilevel testlet model for dual local dependence. *Journal of Educational Measurement*, 49(1), 82-100.
- Karasar, N. (2004). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. 13. Baskı, Ankara: Nobel Yayınları.
- Kelecioğlu, H. (2001). Örtük Özellikler Teorisindeki b ve a Parametreleri ile Klasik Test Teorisindeki p ve r istatistikleri arasındaki ilişki. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20: 104-110.
- Kim, S. C. ve Wilson, M. (2008). A comparative analysis of the ratings in performance assessment using generalizability theory and the many-facet Rasch model. *Journal of Applied Measurement*, 10(4), 408-423.
- Kolen, M. ve Harris, D. (1987). *A multivariate test theory model based on item response theory and generalizability theory*. Paper presented at the American Educational Research Association, Washington, DC.
- Lee, G. (2000). A comparison of methods of estimating conditional standard errors of measurement for testlet-based test scores using simulation techniques. *Journal of Educational Measurement*, 37: 91-112.

- Lee, G. ve Park, I. Y. (2012). A comparison of the approaches of generalizability theory and item response theory in estimating the reliability of test scores for testlet-composed tests. *Asia Pacific Education Review*, 13(1), 47-54.
- Lee, G., Brennan, R. L. ve Frisbie, D. A. (2000). Incorporating the testlet concept in test score analyses. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 19(4), 9-15.
- Lee, G. ve Frisbie, D. A. (1999). Estimating reliability under a generalizability theory model for test scores composed of testlets. *Applied Measurement in Education*, 12(3), 237-255.
- Li, Y., Bolt, D. M. ve Fu, J. (2006). A comparison of alternative models for testlets. *Applied Psychological Measurement*, 30(1), 3-21.
- Linacre, J. M. (1989). *Many-facet Rasch measurement*. Chicago: MESA Press.
- Linacre, J. M. (1999). *FACETS (Version 3.17) [Computer software]*. Chicago: MESA Press.
- Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lord, F. M. (1983). Unbiased estimation of ability parameters, of their variance, and of their parallel forms reliability. *Psychometrika*, 48, 233-245
- Lord, F. M. ve Novick, M. R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Nartgün, Z. (2002). *Aynı tutumu ölçmeye yönelik likert tipi ölçek ile metrik ölçeğin madde ve ölçek özelliklerinin klasik test kuramı ve örtük özellikler kuramına göre incelenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Patz, R., Junker, B., Johnson, M. S. ve Mariano, L. (2002). The hierarchical rater model for rated test items and its application to large-scale educational assessment data. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 27, 341-384.
- Raju, N. S. ve Oshima, T. C. (2005). Two prophecy formulas for assessing the reliability of item response theory-based ability estimates. *Educational and Psychological Measurement*, 65(3), 361-375.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen: Danish Institute for Educational Research.
- Rosenbaum, P. R. (1988). Items bundles. *Psychometrika*, 53(3), 349-359.
- Samejima, F. (1977). A use of the information function in tailored testing. *Applied Psychological Measurement*, 1, 233-247.
- Samejima, F. (1994). Estimation of reliability coefficients using the test information function and its modifications. *Applied Psychological Measurement*, 18, 229-244.
- Shavelson, R. J. ve Webb, N. M. (1991). *Generalizability theory: A Primer*. USA: SAGE Publications.

- Sireci, S. G., Thissen, D. ve Wainer, H. (1991). On the reliability of testlet-based tests. *Journal of Educational Measurement*, 28, 237-247.
- Sireci, S. G., Wainer, H. ve Thissen, D. (1991). On the reliability of testlet-based tests. *Journal of Educational Measurement*, 24, 185-202.
- Taşdelen Teker, G. (2014) *Madde takımlarının güvenilirlik ve değişen madde fonksiyonu üzerine etkisi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Thissen, D., Steinberg, L. ve Mooney, J. (1989). Trace lines for testlets: A use of multiple-categorical response models. *Journal of Educational Measurement*, 26, 247- 260.
- Thompson, B. (2003). *Score reliability*. Thousand Oaks, Calif.: SAGE Publications.
- Verhelst N. D. ve Verstralen, H. H. F. M. (2001). *IRT models for multiple raters*. In A. Boomsma, T. Snijders, and M. Van Duijn (Eds.), *Essays in Item Response Modeling* (pp. 89-108) New York: Springer-Verlag.
- Wainer, H. (1995). Precision and differential item functioning on a testlet-based test: The 1991 law school admissions test as an example. *Applied Measurement in Education*, 8, 157-186.
- Wainer, H. ve Kiely, G. L. (1987). Item clusters and computerized adaptive testing: a case for testlets. *Journal of Educational Measurement*, 24 (3), 185-201.
- Wainer, H. ve Lewis, C. (1990). Toward a psychometrics for testlets. *Journal of Educational Measurement*, 27(1), 1-14.
- Wainer, H. ve Thissen, D. (1996). How is reliability related to the quality of test scores? What is the effect of local dependence on reliability? *Educational Measurement: Issues and Practice*, 15(1), 22-29.
- Wainer, H. ve Wang, C. (2000). Using a new statistical model for testlets to score TOEFL. *Journal of Educational Measurement*, 37, 203-220.
- Wainer, H., Bradlow, E. T. ve Du, Z. (2000). *Testlet response theory: An analog for the 3PL model useful in testlet-based adaptive testing*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wang, W. C. ve Wilson, M. (2005). The rasch testlet model. *Applied Psychological Measurement*.
- Wang, X., Bradlow, E. T. ve Wainer, H. (2002). A General bayesian model for testlets: theory and application. *Applied Psychological Measurement*, 26(1), 109-128.
- Wilson, M. ve Hoskens, M. (2001). The rater bundle model. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 26, 283-306.
- Yen, W. M. (1993). Scaling performance assessments: Strategies for managing local item dependence. *Journal of Educational Measurement*, 30, 187-213.
- Zhang, X. ve Roberts, W. L. (2013). Investigation of standardized patient ratings of humanistic competence on a medical licensure examination using Many-Facet

Rasch Measurement and generalizability theory. *Advances in Health Sciences Education*, 18(5), 929-944.

Zwinderman, A. H. (1991). A generalized Rasch model for manifest predictors. *Psychometrika*, 56, 589-600.

## **EKLER DİZİNİ**



## EK 1. ETİK KURUL ONAY BİLDİRİMİ



### HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

#### TEZ ÇALIŞMASI ETİK KURUL İZİN MUAFİYETİ FORMU

#### HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: .../.../.....

Tez Başlığı / Konusu: MADDE TEPKİ MODELLEMESİNDE GENELLENEBİLİRLİK İLE İKİ YÜZEYLİ DESENLERİN İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmam:

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

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik 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.

Tarih ve İmza

**Adı Soyadı:** GÜLDEN KAYA UYANIK  
**Öğrenci No:** N11149870  
**Anabilim Dalı:** EĞİTİM BİLİMLERİ  
**Programı:** EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME  
**Statüsü:**  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

### DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

PROF. DR. SELAHATTİN  
GELBAL

Detaylı Bilgi: <http://www.egitimbilimlerienstitusu.hacettepe.edu.tr>  
Telefon: 0-312-2978571 Faks: 0-312-2978566 E-posta: ebe@hacettepe.edu.tr

## EK 2. R WinBUGS BETİKLERİ

```
#toplam birey: NB
#toplam maddetakımı: NT
#toplam madde: NM
model
{
  for(binl:NB){
    theta[b]~dnorm(0,1)
    for(minl:NM*NT){
      pr[b,m]<-btm(al[m]*theta[b]-b[m]+a2[m]*gamma[b,m])
      y[b,m] ~ dbern(pr[b,m])
      gamma[b,m] <-gamtes [b,test[m] ]
      v.e[b,m] <- y[b,m]-pr[b,m]
    }
    for(tinl:NT){
      gamtes[b,t]~dnorm(0, 1)
    }
  }
  for(minl:NM*NT){
    al[m]~dnorm(mual,sigal) 1(0,)
    a2[m]~dnorm(mua2,siga2) 1(0,)
    b[m]~dnorm(mub,sigb)
  }
  mual~dnorm(0,.0001)
  mua2~dnorm(0,.0001)
  mub~dnorm(0,.0001)
  sigal~dchisqr(.5)
  siga2~dchisqr(.5)
  sigb~dchisqr(.5)
  # T terms
  # Grand mean
  m.u <- mean(pr[,])
  T.u <- NB*NM*NT*m.u*m.u
  for(binl:NB) {
    for(tinl:NT) {
      v.m.x.pt[b,t] <- sum(pr[b,(1+(t-1)*NM):t*NM])/NM # a matrix of means of x(bt)
    }
    v.m.x.p[b,l] <- mean(v.m.x.pt[b,])
  }
  T.pt <- NM * (inprod(v.m.x.pt[,],v.m.x.pt[,]))

  T.b <- NM*NT*(inprod(v.m.x.p[,],v.m.x.p[,]))
  for(tinl:NT){
    for(minl:NM){
      v.m.x.mt[l,(t-1)*NM + m] <- mean(pr[,,(t-1)*NM + m])
    }
    v.m.x.t[l,t] <- sum(v.m.x.mt[l,(1+(t-1)*NM):t*NM])/NM
  }
  T.mt <- NB * (inprod(v.m.x.mt[,],v.m.x.mt[,]))
}
```

```

T.t <- NB*NM*(inprod(v.m.x.t[,],v.m.x.t[,]))
T.bmt <- inprod(pr[,],pr[,])
# MS terms
ms.b <- (T.b - T.u)/(NB-1)
ms.t <- (T.t - T.u)/(NT-1)
ms.mt <- (T.mt - T.t)/(NT*(NM-1))
ms.bt <- (T.bt - T.b- T.t + T.u)/((NB-1)*(NT-1))
ms.bmt <- (T.bmt - T.bt - T.mt + T.t)/(NT*(NB-1)*(NM-1))
# Error term
sigma.e <- sd(v.e[,])
sigma2.e <- sigma.e*sigma.e
# Estimates of VC
sigma2.b <- (ms.b - ms.bt)/(NM*NT)
sigma2.t <- (ms.t - ms.mt - ms.bt + ms.bmt)/(NB*NM)
sigma2.mt <- (ms.mt - ms.bmt)/NB
sigma2.bt <- (ms.bt - ms.bmt)/NM
sigma2.bmt <- ms.bmt
sigma2.bmte <- sigma2.bmt + sigma2.e
}

```

## EK 3. ORJİNALLİK RAPORU

# MADDE TEPKİ MODELLEMESİNDE GENELLENEBİLİRLİK İLE İKİ YÜZEYLİ DESENLERİN İNCELENMESİ

ORIGINALITY REPORT

2%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://ilkogretim-online.org.tr">ilkogretim-online.org.tr</a> Internet	168 words — < 1%
2	<a href="http://www.egitimbilimlerinstitusu.hacettepe.edu.tr">www.egitimbilimlerinstitusu.hacettepe.edu.tr</a> Internet	159 words — < 1%
3	<a href="http://ppw.kuleuven.be">ppw.kuleuven.be</a> Internet	104 words — < 1%
4	<a href="http://inam.home.uludag.edu.tr">inam.home.uludag.edu.tr</a> Internet	81 words — < 1%
5	<a href="http://psyfs.cycu.edu.tw">psyfs.cycu.edu.tw</a> Internet	64 words — < 1%
6	<a href="http://www.aamc.org">www.aamc.org</a> Internet	64 words — < 1%
7	<a href="http://acikarsiv.ankara.edu.tr">acikarsiv.ankara.edu.tr</a> Internet	62 words — < 1%
8	<a href="http://mersin.mitosweb.com">mersin.mitosweb.com</a> Internet	46 words — < 1%
9	<a href="http://epod-online.org">epod-online.org</a> Internet	35 words — < 1%
10	<a href="http://sosyalbilimler.cukurova.edu.tr">sosyalbilimler.cukurova.edu.tr</a> Internet	35 words — < 1%

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Adı Soyadı</b>	GÜLDEN KAYA UYANIK
<b>Doğum Yeri</b>	İZMİR
<b>Doğum Yılı</b>	1985
<b>Medeni Hali</b>	EVLİ

### Eğitim ve Akademik Durumu

<b>Lise</b>	ÖZEL ÇAMLARALTI ANADOLU LİSESİ-İZMİR	2000-2003
<b>Lisans</b>	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ-OFMAE BÖLÜMÜ-KİMYA EĞİTİMİ ABD	2003-2009
<b>Y.Lisans</b>	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ- EĞİTİM BİLİMLERİ BÖLÜMÜ- EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ABD.	2009-2011
<b>Doktora</b>	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ- EĞİTİM BİLİMLERİ BÖLÜMÜ- EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ABD.	2011-2014
<b>Yabancı Dil</b>	İNGİLİZCE	KPDS:82
<b>İş Deneyimi</b>	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM FAKÜLTESİ EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ABD.- ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ	2010-DEVAM ETMEKTE