

**DEĞİŞEN MADDE FONKSİYONUNUN TEST EŐİTLEMELMEYE
ETKİSİ**

**THE EFFECT OF DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING ON
TEST EQUATING**

Kübra ATALAY KABASAKAL

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,

K¼bra ATALAY KABASAKAL'ın hazırladığı "Değişen Madde Fonksiyonunun Test Eşitlemeye Etkisi" başlıklı bu çalışma j¼rimiz tarafından **Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalı'nda Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.



Başkan

Prof. Dr., Şener BÜYÜKÖZTÜRK



Üye (Danışman)

Prof. Dr., Hülya KELECIOĞLU



Üye

Prof. Dr., Selahattin GELBAL



Üye

Doç. Dr., Nuri DOĞAN



Üye

Doç. Dr., Burcu ATAR

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki j¼ri üyeleri tarafından /...../..... tarihinde uygun gör¼lm¼ř ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Berrin AKMAN
Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼r¼

DEĞİŞEN MADDE FONKSİYONUNUN TEST EŞİTLEMeye ETKİSİ

Kübra ATALAY KABASAKAL

ÖZ

Bu çalışma kapsamında DMF'li madde içeren testlerde, DMF'li maddelerin testten çıkarılması ve testte tutulması durumlarının test eşitlemeye etkisi çok düzeyli madde tepki modelleri (ÇDMTM) ve geleneksel madde tepki modelleri (MTM) kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan eşitleme yöntemlerinin performansı eşitleme hatalarına göre değerlendirilmiştir. Eşitleme hatası üzerindeki etkisi incelenen değişkenler: örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF etki büyüklüğü ve DMF'li maddelerin bulunduğu testtir.

Çalışmada 24 farklı simülasyon koşulunda 3 farklı eşitleme yönteminin performansları incelenmiştir. DMF faktörlerinin modele parametre olarak eklendiği ÇDMTM, MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon yöntemlerinden SL ile karşılaştırılmıştır. MTM'ye dayalı yöntemlerde ise referans bilgi elde etmek için DMF'li maddelerin göz ardı edildiği (yok sayıldığı) ve DMF'li maddelerin testten çıkarıldığı iki durum birlikte incelenmiştir. Çalışmada kullanılan eşitleme yöntemlerinden ÇDMTM için HLM 6.8, eşzamanlı eşitleme için BILOG-MG, ayrı kalibrasyon yöntemlerinden SL için PARSCALE 4.1 ile kestirim yapıldıktan sonra aynı ölçeğe getirmek için IRTEQ programı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm programlar R yazılımı üzerinden çalıştırılmıştır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, ele alınan koşullara göre yöntemlerin performansları farklılık göstermiştir. ÇDMTM tek bir analizle DMF'li maddeleri belirleyebilmekte, eşitleme sürecini gerçekleştirebilmekte ve DMF'den kaynaklanan yanlılığı modelden çıkarabilmektedir. Ancak bu ÇDMTM'nin en iyi eşitleme yöntemi olduğunun göstergesi değildir; çünkü örneklem büyüklüğü ve test uzunluğunun artması genel olarak MTM'ye dayalı eşitlemelerde olumlu etki yaratırken ÇDMTM bu iki koşuldan MTM'ye göre daha az etkilenmiştir. MTM'ye dayalı yöntemler kendi içinde incelendiğinde ise DMF'li maddelerin varlığından, ayrı kalibrasyon yöntemlerinin eşzamanlı kalibrasyona göre daha çok etkilendiği; bu etkinin en çok DMF'li maddenin ortak testte olduğu ve DMF etki büyüklüğünün C olduğu koşullarda gerçekleştiği görülmüştür. DMF'li maddelerin testten

ıkarılmasının kck örneklerde ve kısa testlerde eşitleme hatasını arttırdığı, büyük örnekler ve uzun testlerde ise eşitleme hatasını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Buradan ıkarılan sonuç yeterli test uzunluğu sağlandığında testten madde çıkarmanın eşitlemeyi olumsuz etkilemeyeceği olabilir, ancak testten madde çıkarmak test eşitlemeyi olumsuz etkilemese bile yapı ve kapsam geçerliğini düşürebilir.

Anahtar sözcükler: Test eşitleme, değişen madde fonksiyonu, eşitleme hatası, eşitleme yanlılığı, çok düzeyli madde tepki modelleri

Danışman: Prof. Dr. Hlyya KELECİOğLU, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitimde lme ve Değerlendirme Bilim Dalı

THE EFFECT OF DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING ON TEST EQUATING

Kübra ATALAY KABASAKAL

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the equating performance based on item response models and multilevel item response models in case of including and excluding DIF items from the test which contains DIF. The performances of equating models were evaluated with respect to equating errors. The effect of sample size, length of the test, DIF effect size and DIF items on equating error was examined.

In the study the performance of 3 different equating models were investigated in 24 different simulation conditions. Multilevel item response models were compared with concurrent calibration and separate calibration (SL) are based on item response models in order to understand the potential of multilevel item response models when DIF factors were added as parameters to the model. In the methods based on item response models, the cases of DIF items included and excluded in the test were examined respectively in order to get reference information. In the study, HLM 6.8 software was used for multilevel item response models, BILOG-MG software was utilized for concurrent calibration, PARSCALE 4.1 was used in the prediction for SL and IRTEQ was used test equating and scaling after prediction. All software programs were operated through R.

In the scope of the results of the study, the performances of the methods vary with respect to the conditions held in the study. Multilevel item response models are able to identify DIF items, carry out the equating process and remove the bias caused by DIF from the model with the only one analysis. However, this doesn't imply that multilevel item response models are the best equating models because while increasing the sample size and test length affects item response models positively, it has less effect on multilevel item response models. When item response models were investigated in itself, the separate calibration methods are more influenced by DIF items than concurrent calibration methods and this influence become greatest in the conditions when DIF items are in common test and the effect size of the DIF is C. The results of the study indicated that excluding

DIF items from the test increased equating error when the sample size is small and test is short. On the other hand, it decreased the equating error in the large samples and long tests. From these results, it can be concluded that when the test length is enough, item exclusion has no negative effect on equating. However, excluding items from the test may decrease construct and content validity of the test.

Keywords: Test equating, differential item functioning, equating error, equating bias, multilevel item response models

Advisor: Prof. Dr. Hülya KELECİOĞLU, Hacettepe University, Department of Educational Science, Program in 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.

Kübra ATALAY KABASAKAL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve doktora öğrenimim boyunca her türlü desteği ile sürekli yanımda olan tez danışmanın canım hocam Prof. Dr. Hülya KELECİOĞLU'na;

Yüksek lisans öğreniminden bu yana akademik yaşantımda kendimi geliştirmemde büyük payı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Selahattin GELBAL'a, Prof. Şener BÜYÜKÖZTÜRK'e, Doç. Dr. Nuri DOĞAN'a;

Tezimin gelişmesine önemli katkılar sağlayan Doç. Dr. Burcu ATAR'a;

Tezimi okuyarak önerileri ile katkıda bulunan canım arkadaşlarım Yard. Doç. Dr. Nihan ARSAN'a, Dr. Bilge GÖK'e, Dr. Nagihan BOZTUNÇ ÖZTÜRK'e ve Nermin KIBRISLIOĞLU'na;

Destek ve katkıları ile hep yanımda olan mesteklaşlarım ve arkadaşlarım Dr. Sevda ÇETİN'e, Dr. Özge CAN ARAN'a ve İpek DERMAN'a;

Bugünlere gelmemde büyük payı olan sevgili anneme ve babama;

Bu çalışma sürecinde özverisi, anlayışı ve yardımları ile sürekli yanımda olan, varlığı ile kendimi iyi hissetmemi sağlayan sevgili eşim Mehmet KABASAKAL'a;

Doktora öğrenimim boyunca yurt içi doktora burs olanağı sağlayan TÜBİTAK'a;

Yetişmemde emeği geçen, bilgisini benimle paylaşan adını saymadığım herkese

teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYANNAMESİ	Vii
TEŞEKKÜR.....	Viii
İÇİNDEKİLER.....	İx
TABLolar DİZİNİ	Xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	Xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	Xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	3
1.3. Problem Cümlesi	5
1.3.1. Alt Problemler	5
1.4. Sınırlılık.....	6
1.5. Tanımlar	6
1.6. Araştırmanın Kuramsal Temeli	7
1.6.1. Madde Tepki Modelleri (MTM)	7
1.6.2. Çok Düzeyli Madde Tepki Modelleri (ÇDMTM)	8
1.6.3. KAMATA'NIN MODELİ: 1PL-MTM.....	10
1.6.3.1. ÇOK DÜZEYLİ 2PL-MTM	12
1.6.3.2. ÇOK DÜZEYLİ 3PL-MTM	12
1.6.4. Değişen Madde Fonksiyonu.....	13
1.6.4.1. 1PL ÇDMTM ve DMF (Kamata'nın Hiyerarşik Rasch DMF modeli) .	15
1.6.5. Test Eşitleme	16
1.6.5.1. Eşitleme Desenleri	17
1.6.6. MTK'ya Dayalı Eşitleme Yöntemleri	19
1.6.6.1. Ayrı kalibrasyon yöntemleri (MTM-AK)	20
1.6.6.2. Karakteristik eğri dönüştürme yöntemleri.....	22
1.6.6.3. Eş zamanlı kalibrasyon (MTM-EK).....	24
1.6.7. Test Eşitlemede Hata Kavramı	25
1.6.8. Test Eşitleme ve DMF	26
1.6.9. Eşzamanlı eşitleme modeli olarak Hiyerarşik RASCH Model.....	27
2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	31

3. YÖNTEM.....	35
3.1. Araştırmanın Türü.....	35
3.2. Eşitleme Deseni.....	35
3.3. Simülasyon Koşulları	35
3.4. Verilerin Türetilmesi.....	37
3.5. Eşitleme Sürecinin Uygulanması	39
3.6. Kullanılan Programlar ve Kestirim Yöntemleri	39
3.7. Değerlendirme Ölçütleri ve Verilerin Analizi.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1. Alt Problem 1'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar	47
4.2. Alt Problem 2'ye İlişkin Bulgular ve Yorumlar	50
4.3. Alt Problem 3'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar	53
4.4. Alt Problem 4'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar	59
4.5. Alt Problem 5'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar	63
4.6. Alt Problem 6'ya İlişkin Bulgular ve Yorumlar	66
4.7. Alt Problem 7'ye İlişkin Bulgular ve Yorumlar	69
4.8. Alt Problem 8'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
5.1. SONUÇLAR.....	74
5.2. ÖNERİLER	78
5.2.1. Araştırmanın sonuçlarına dayalı öneriler.....	78
5.2.2. Bundan sonraki araştırmalar için öneriler.....	79
KAYNAKÇA.....	81
EKLER DİZİNİ	86
ÖZGEÇMİŞ	129
EK 1. S1 koşuluna ait Çok Düzeyli Veri Matrisi dosyası oluşturma kodu	87
EK 2. S1 koşuluna ilişkin ÇDMTM analizi için HLM kodu	88
EK 3. S1 koşuluna ilişkin eşzamanlı eşitleme BILOG-MG kodu	90
EK 4. S1 koşuluna ilişkin ayrı kalibrasyon PARSCALE kodu.....	91
EK 5. S1 koşuluna ilişkin ayrı kalibrasyon IRTEQ kodu.....	92
EK 6. 20 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri.....	93
EK 7. 20 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri.....	94
EK 8. 20 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri.....	95

EK 9. 40 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametleri İçin RMSE Değerleri.....	96
EK 10. 40 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametleri İçin RMSE Değerleri.....	98
EK 11. 40 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametleri İçin RMSE Değerleri.....	100
EK 12. 20 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	101
EK 13. 20 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	102
EK 14. 20 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	103
EK 15. 40 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	104
EK 16. 40 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	106
EK 17. 40 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametleri İçin BIAS Değerleri.....	108
EK 18. Madde parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri.....	109
EK 19. Madde parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri.....	110
EK 20. Madde parametrelerine ait ortalama SE değerleri.....	111
EK 21. Yetenek parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri.....	112
EK 22. Yetenek parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri.....	113
EK 23. Yetenek parametrelerine ait ortalama SE değerleri.....	114
EK 24. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri.....	115
EK 25. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri.....	116
EK 26. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama SE değerleri.....	117
EK 27. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri.....	118
EK 28. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri.....	119
EK 29. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama SE değerleri.....	120
EK 30. Küçük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri.....	121
EK 31. Küçük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri.....	122
EK 32. Küçük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri.....	123
EK 33. Küçük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri.....	124
EK 34. Büyük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri.....	125
EK 35. Büyük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri.....	126
EK 36. Büyük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri.....	127

EK 37. Büyük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri	128
---	-----

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Tek Grup Deseni	17
Tablo 1.2. Denk Grup Deseni.....	18
Tablo 1.3. Tesadüfi Grup Deseni.....	18
Tablo 1.4. Ortak Test Deseni.....	19
Tablo 3.1. Araştırmada Kullanılan Eşitleme Deseni	35
Tablo 3.2. Araştırmada Kullanılan Test Uzunlukları	36
Tablo 3.3. Eşitlemede Ele Alınan Koşullar	37
Tablo 3.4. Alt Gruplara Göre Yetenek Parametresi Setleri	37
Tablo 3.5. DMF'li Maddelerin Numaraları	38
Tablo 3.6. 20 Maddelik Form İçin Madde Güçlükleri	38
Tablo 3.7. 40 Maddelik Form İçin Madde Güçlükleri	39
Tablo 4.1. DMF bulunan testte göre yapılan karşılaştırmalar	44
Tablo 4.2. DMF etki büyüklüğüne göre yapılan karşılaştırmalar.....	45
Tablo 4.3. Örneklem büyüklüğüne göre yapılan karşılaştırmalar.....	45
Tablo 4.4. Test uzunluğuna göre yapılacak olan karşılaştırmalar.....	46
Tablo 4.5. Madde parametrelerine ait hata değerleri için manidar bulunan ANOVA sonuçları.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Küçük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları	48
Şekil 4.2. Küçük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları	49
Şekil 4.3. Büyük örnekleme 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları	51
Şekil 4.4. Büyük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları	52
Şekil 4.5. Küçük örnekleme madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	56
Şekil 4.6. Büyük örneklemlerde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	57
Tablo 4.6. Yetenek parametrelerine ait hata değerleri için manidar bulunan ANOVA sonuçları	59
Şekil 4.7. Küçük örnekleme yetenek parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	60
Şekil 4.8. Büyük örnekleme madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	61
Şekil 4.9. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	64
Şekil 4.10. Büyük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	65
Şekil 4.11. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yöntemlerinde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	67
Şekil 4.12. Büyük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	68
Şekil 4.13. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yöntemlerinde yetenek parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	70
Şekil 4.14. Büyük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	71
Şekil 4.15. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	72
Şekil 4.16. Büyük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri	73

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MTK: Madde Tepki Kuramı

KTK: Klasik Test Kuramı

MTM: Madde Tepki Modelleri

HLM: Hiyerarşik Doğrusal Model

ÇDMTM: Çok Düzeyli Madde Tepki Modelleri

MTM-AK: MTM'ye Dayalı Ayrı Kalibrasyon

MTM-EK: MTM'ye Dayalı Eşzamanlı Kalibrasyon

SL: Stocking Lord

1PLM: Bir Parametrelili Lojistik Model

2PLM: İki Parametrelili Lojistik Model

3PLM: Üç Parametrelili Lojistik Model

1PL-MTM: Bir Parametrelili Çok Düzeyli Madde Tepki Modeli

2PL-MTM: İki Parametrelili Çok Düzeyli Madde Tepki Modeli

RMSE: Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü

BIAS: Eşitlemenin Yanlılığı

SE: Standart Hata

1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı ve önemi, problem cümlesi, alt problemler, sınırlılıklar, tanımlar ve araştırmanın kuramsal temeli verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Test sonuçları genellikle önemli ve kritik kararlar almakta kullanılır. Alınan kararların bireysel, sosyal ve politik olarak çok önemli sonuçları olabilir (Clauser ve Mazor, 1998). Ulusal testler ile genellikle öğrenci başarısını belirleme, öğrencileri bir üst eğitim kurumuna yerleştirme, işe personel seçme, sertifika ve ya lisans alımı gibi bireysel ve kurumsal düzeyde kararlar alınır. Uluslararası uygulamalarda ise testler ülkelerin eğitim alanında hangi düzeyde olduğunun, giderilmesi gereken eksikliklerin ve alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi açısından önemlidir. Test sonuçlarına dayalı olarak alınan kararların ne kadar önemli olduğu düşünüldüğünde, cevaplayıcıların yeteneklerini mümkün olduğunca objektif ve doğru bir şekilde ölçmenin önemi anlaşılmaktadır. Bu amaçla testleri mümkün olduğunca standart koşullarda uygulamak gerekir. Bazı durumlarda standartlaştırılmış test koşulları bozulabilir. Bunlara testin uygulandığı ortam, testin uygulanma biçimi, testin içeriği ve testin psikometrik özellikleri örnek olarak verilebilir. Testlerin standart koşullarda uygulanmasının önemli yollarından biri test güvenliğinin sağlanmasıdır (Cook ve Eignor, 1991).

Büyük ölçekli ve merkezi sınavlarda güvenliği sağlamak amacıyla öğrencilere her dönem ya da her yıl farklı sorular sorulmaktadır. Bunun için aynı amaçla uygulanan testlerin pek çok formu geliştirilir. Bu uygulama ile soruların gizliliği korunurken testlerin eşitliği ve adilliği sorunları ortaya çıkar. Bu formlar benzer içerikte olmakla birlikte testlerin güçlükleri farklı olabilir, bu nedenle bazı bireylerin daha kolay ya da daha güvenilir bir test olarak avantajlı konuma geçmesi muhtemeldir (Cook ve Eignor, 1991). Örneğin Türkiye’de, Yabancı Dil Sınavı (YDS); Akademik Personel ve Lisansüstü Eğitime Giriş Sınavı (ALES) yılda iki kere uygulanan ve geçerliğini belirli bir süre koruyan sınavlardır. Bu sınavların farklı dönemlerdeki uygulamalarından alınan aynı puanların eşit olup olmadığı belirlenmeden eşit olduğu varsayılarak, eğitim kurumlarına girişte

kullanıldığı görülmektedir. Bu testlerin eşitlenmeden karşılaştırılması öğrenciyle ilgili kararlara hata karışmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, belirli aralıklarla tekrarlanan aynı amaca yönelik bu tür sınavların eşitlenmesi gerekir.

Ulusal ve uluslararası test uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir diğer durum, farklı demografik gruplara ait olmanın ölçme sonuçlarına etkisidir. Bazı durumlarda bireylerin ölçmek istediğimiz özelliklerine başka değişkenler karışabilir. Bu değişkenlerin test puanlarına etkisi geçerlik üzerinde bir tehdittir ve test puanlarının yanlı olmasına yol açar. Yanlılık, ölçme sonuçları üzerinde belirli bir gruba karşı sistematik hata anlamına gelir ve değişen madde fonksiyonu (DMF) yanlılığın bir indeksidir (Camili ve Shephard, 1994). Ulusal düzeydeki test uygulamalarında DMF'nin nedenleri arasında cinsiyet ve okul türü gibi değişkenler yer alırken (Bakan Kalaycıoğlu ve Berberoğlu, 2010; Bakan Kalaycıoğlu ve Kelecioğlu, 2011; Gök, Kelecioğlu ve Doğan, 2010), uluslararası uygulamalarda ise çeviri problemleri, kültürel farklılıklar ve eğitim programlarındaki farklılıklar DMF'nin nedenleri arasında yer alır (Le, 2009; Yıldırım ve Berberoğlu, 2006).

Belirtilen nedenlerle aynı özelliği ölçen farklı testlerden veya test formlarından elde edilen puanların karşılaştırılabilirliği ve testlerin farklı alt gruplarda aynı şekilde işleyip işlemediği eğitimde önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu sorunların üstesinden gelmek için DMF ve eşitleme ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. DMF, maddenin ölçmek istediği yetenek düzeyinde yapılacak bir karşılaştırmada farklı gruplardaki cevaplayıcıların ilgili maddeyi doğru yanıtlama olasılıklarındaki değişiklikleri ifade eder (Zumbo, 1999). Diğer bir ifade ile DMF göstermeyen bir madde için aynı yetenek seviyesindeki bireylerin maddeye doğru yanıt verme olasılıkları, ait oldukları gruptan bağımsız olarak aynıdır (Millsap ve Everson, 1993). Test eşitlemede ise amaç aynı örtük özelliği ölçen testlerin farklı formlarından elde edilen sonuçları karşılaştırılabilir hale getirmektir.

DMF'li maddeler yalnızca belirli bireylere yanlı davranmaz aynı zamanda test eşitlemenin ve parametre kestiriminin hatasını da arttırabilir. Bundan dolayı, test eşitleme ve parametre kestiriminden önce DMF'li maddelerin belirlenmesi ve

testten çıkarılması gerekir. Ancak birçok test eşitleme çalışmasında, DMF analizi yapılmadan, tüm maddelerin DMF göstermediği varsayılır (Chu, 2002).

Bu çalışma kapsamında DMF'li madde içeren testlerde DMF'li maddelerin testten çıkarılması ve teste tutulması durumlarında test eşitleme ve parametre kestiriminin nasıl etkilendiği çok düzeyli madde tepki modelleri (ÇDMTM) ve geleneksel madde tepki modelleri (MTM) kullanılarak incelenmiştir. Hiyerarşik modeller olarak da bilinen ÇDMTM okul, bölge ve grup üyeliği gibi çeşitli değişkenlerin etkilerini araştırmaya olanak sağlar. Bundan dolayı ÇDMTM, DMF etkilerinin kontrolüne izin verebilir ve test eşitleme sırasında DMF'den kaynaklanacak olan yanlılığı ortadan kaldıracaktır. Çalışma kapsamında, ÇDMTM'nin madde ve yetenek parametresi kestiriminde DMF'den kaynaklanan yanlılığı ne kadar kontrol edebildiğini anlamak amacıyla MTM'ler ile karşılaştırılması planlanmıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Sınıf içi testlerden ülkeler arasındaki büyük ölçekli sınavlara uzanan uygulamalar yoluyla elde edilen ölçme sonuçları öğrenciler, öğretmenler, aileler ve politikacılar üzerinde önemli etkilere sahiptir. Ayrıca ülkelerin eğitim sistemlerini geliştirebilecek önemli bilgiler sağlamaktadırlar. Özellikle PISA, PIRLS, TIMSS gibi eğitim araştırmaları sayesinde ülkeler hem kendi eğitim sistemlerini yıldan yıla izleyebilmekte hem de diğer ülkelerle karşılaştırmaktadırlar. Bu nedenle bu çalışmalardan elde edilen bilginin doğruluğu alınacak kararları da etkileyecektir.

Büyük ölçekli sınavların kullanımının yaygınlaşması ile aynı düzeydeki bireylere farklı test formlarının uygulanması ve aynı test formlarının farklı özelliklere sahip gruplarda uygulanması durumları ortaya çıkmıştır. Farklı test formlarından elde edilen sonuçları karşılaştırmadan önce puanların birbirleriyle ilişkisini belirlemek ve bu ilişkiye dayalı dönüşümler yapmak gereklidir. Bu yüzden de puanlar arasında bir ilişki tanımlanmadıkça farklı testlerden elde edilen puanları karşılaştırmak anlamlı değildir. Bu ilişkiyi oluşturan istatistiksel süreç test eşitlemedir. Ancak test eşitleme süreci de bazı faktörlerden etkilenir. Eğer testte yer alan maddeler farklı gruplarda farklı şekilde işliyorsa yani DMF gösteriyorsa

bu durum parametre kestirme ve test eşitleme süreçlerini olumsuz etkileyecektir.

Bu çalışmada 2 düzeyli 1PL-MTM ile DMF bilgisinin parametre kestirimi ve eşitlemede kullanılması ve bunun geleneksel 1PL-MTM ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. DMF faktörlerine model parametreleri gibi davranmak yolu ile ÇDMTM DMF'den kaynaklanan yanlılığı elimine edebilir ve aynı zamanda test eşitlemenin ve parametre kestiriminin performansını arttırabilir (Kamata, 2000; Chu, 2002; Turhan, 2006). Bu çalışmanın amacı, DMF'nin varlığı durumunda ÇDMTM ve MTM kullanılarak test eşitlemenin ve parametre kestiriminin performansını incelemektir.

Literatürde ayrı ayrı DMF ve test eşitleme ile ilişkili çalışmalar yer almaktadır. İkisini birlikte ele alan ise oldukça az sayıda çalışma vardır (Chu, 2002; Chu ve Kamata, 2005; Turhan, 2006; Han, 2008). Var olan çalışmalar incelendiğinde ÇDMTM analizlerinin uzun sürmesi gerekçesi ile büyük örneklem, farklı test uzunlukları gibi değişik simülasyon koşullarının ele alınmadığı, ele alınan simülasyon koşullarında çok az sayıda tekrar (5 ve 20 gibi) ile kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada yapılan çalışmalardan farklı olarak büyük örneklem, farklı test uzunlukları alınmış ve 50 tekrar yapılmıştır. Bunun yanında yapılan çalışmalarda ayrı kalibrasyon yöntemlerinin, eşzamanlı kalibrasyon yöntemlerinden daha iyi sonuçlar vermediği gerekçesi ile DMF'li maddeler ile eşitlemede ÇDMTM ile birlikte hiç karşılaştırılmadığı görülmüştür. Bu nedenle çalışmada ele alınan koşullar çerçevesinde ayrı kalibrasyon karakteristik eğri yöntemlerinden Stocking Lord (SL) kullanılmıştır.

Araştırmada farklı koşullara göre türetilen test formlarında DMF'li maddelerin testte yer alması ve testten çıkarılması durumunda MTM'ler ve ÇDMTM'leri karşılaştırmak amaçlanmıştır. ÇDMTM'nin yeni ve gelişmekte olan bir model olmasından dolayı simülasyon çalışmaları ile bu modelin güçlü ve zayıf yanlarının gösterilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, eğitsel testlerdeki çok düzeyli modelleme uygulamalarının günümüzde test geliştirme ile ilgili problemleri (DMF, test eşitleme gibi) iyileştirmesi ve çözmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, günümüzde, çok düzeyli modellerle ilgili

uygulamaların sayısının sınırlı olduğu söylenebilir. Bu nedenle, bu çalışmanın, MTM' ye alternatif olan ÇDMTM'nin kullanımına ilişkin bir kılavuz olabileceği, yine bu modelin var olan eşitleme yöntemlerine alternatif olarak gösterilebileceği düşünülmektedir.

1.3. Problem Cümlesi

DMF'li maddelerin bulunduğu testler, ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle (eşzamanlı ve ayrı kalibrasyonla) DMF'li maddelerin testte yer alma durumuna göre eşitlendiğinde eşitleme hatası;

- a) Test uzunluğuna,
- b) Örneklem büyüklüğüne,
- c) DMF etki büyüklüğüne ve
- d) DMF bulunan teste göre nasıl değişmektedir?

1.3.1. Alt Problemler

- 1) DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyonla) eşitlendiğinde küçük örnekleme madde parametrelerine ait eşitleme hatası çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 2) DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyonla) eşitlendiğinde büyük örnekleme madde parametrelerine ait eşitleme hatası çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 3) DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle eşitlendiğinde (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon) madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 4) DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle eşitlendiğinde (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon) yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

- 5) DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 6) DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 7) DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon yönteminde yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?
- 8) DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yönteminde yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

1.4. Sınırlılık

Araştırma ÇDMTM'den bir parametrelili 2-düzeyle hiyerarşik Rasch model ile sınırlıdır.

1.5. Tanımlar

Küçük Örneklem: Bu çalışmada eşitlenecek her bir test formu için 500 kişinin, toplamda 1000 kişinin kullandığı koşullar küçük örneklem olarak tanımlanmıştır.

Büyük örneklem: Bu çalışmada eşitlenecek her bir test formu için 2000 kişinin, toplamda 4000 kişinin kullandığı koşullar büyük örneklem olarak tanımlanmıştır.

1.6. Araştırmanın Kuramsal Temeli

1.6.1. Madde Tepki Modelleri (MTM)

Madde Tepki Kuramı (MTK), Klasik Test Kuramı (KTK) gibi çeşitli amaçlarla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçların başında da test geliştirme, test eşitleme, madde yanlılığını belirleme ve ölçekleme gelmektedir. MTK, KTK'dan farklı olarak bireyin yeteneği ile bir maddeyi doğru cevaplama olasılığı arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak modellemeye çalışır (Cook ve Eignor, 1991). Kuramın en önemli özelliklerinden biri madde güçlüğü ve yeteneğin aynı ölçekte yer almasıdır ve bu özellik madde ve yetenek parametrelerindeki değişmezliği sağlar. MTK'da madde parametreleri testi alan gruptan, yetenek parametreleri ise madde örnekleminde bağımsız olarak kestirilir (Lord, 1980).

İki kategorili madde cevaplarında kullanılan MTK modelleri bir parametrelili, iki parametrelili ve üç parametrelili lojistik modellerdir. Üç modelde de yetenek ölçeğinin (θ) büküm noktası olan madde güçlük parametresi (b) bulunur. Bir ve iki parametrelili lojistik modellerde bu nokta (b_i) bireyin i maddesini doğru cevaplama olasılığının %50 olduğu yetenek düzeyini gösterir (Hambleton ve Swaminathan, 1985). Teorik olarak b parametresi $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değerler alabilir fakat pratikte θ ölçeği ortalaması 0 standart sapması 1 olacak şekilde ölçeklendiğinden genellikle -3 ile $+3$ arasında değer alır. Yüksek b değeri maddenin zor olduğunu, düşük b değeri ise maddenin kolay olduğunu gösterir (Harris, 1989).

Rasch (1966) modeli olarak da bilinen 1 parametrelili lojistik model en basit madde tepki modelidir. Rasch modelinde tüm maddelerin eşit ayırt ediciliğe sahip olduğu ($a=1$) ve şans başarısının olmadığı varsayılır (Crocker ve Algina, 1986). Bu model ile θ yetenek düzeyindeki bir cevaplayıcının maddeyi doğru cevaplama olasılığı şu şekilde ifade edilir:

$$P_{ij}(y_i = 1 | \theta_j) = \frac{\exp(\theta_j - b_i)}{1 + \exp(\theta_j - b_i)} \quad (1)$$

θ_j : j bireyinin yetenek düzeyini, b_i : i maddesinin güçlüğü, $P_{ij}(y_i = 1 | \theta_j)$: θ yetenek düzeyindeki j bireyinin i maddesini doğru cevaplama olasılığını verir.

Rasch modeli, en basit model olmasının yanında en çok varsayımı olan modeldir.

İki parametrelili ve üç parametrelili lojistik modellerde, ayırt edicilik parametresi modele dâhil edilmiştir. Madde ile yetenek arasındaki ilişkinin gücünü yansıtan parametre madde ayırt edicilik (a_i) parametresidir. Bu parametre, madde karakteristik eğrisinin büküm noktasının eğimine eşittir ve genellikle 0 ile 2 arasında değerler alır (Hambleton ve Swaminathan, 1985). Yüksek a değeri maddenin farklı yetenek düzeyine sahip bireyleri ne derece iyi ayırabildiğinin bir göstergesidir. Bu model ile θ yetenek düzeyindeki bir cevaplayıcının maddeyi doğru cevaplama olasılığı şu şekilde ifade edilir:

$$P_{ij}(y_i = 1 | \theta_j) = \frac{\exp[a_i(\theta_j - b_i)]}{1 + \exp[a_i(\theta_j - b_i)]} \quad (2)$$

Üç parametrelili lojistik model, iki parametrelili modele bireyin maddeyi şansla doğru cevaplama olasılığını gösteren c_i parametresinin eklenmesiyle oluşturulmuştur. Şans (c_i) parametresi madde karakteristik eğrisinde sıfır olmayan düşük asimptotunu gösterir ve bireyin bir maddeyi doğru olarak cevaplama olasılığının en düşük olasılığına karşılık gelir (Hambleton ve Swaminathan, 1985). Üç parametrelili lojistik modellerde madde güçlüğü bireyin bir maddeyi doğru cevaplama olasılığının $(1+c)/2$ olduğu yetenek ölçeği (θ) noktasını gösterir.

$$P_{ij}(y_i = 1 | \theta_j) = c_i + (1 - c_i) \frac{\exp[a_i(\theta_j - b_i)]}{1 + \exp[a_i(\theta_j - b_i)]} \quad (3)$$

1.6.2. Çok Düzeyli Madde Tepki Modelleri (ÇDMTM)

Çok düzeyli modellerin MTK çerçevesinde tanımlanma çabalarının geçmişi çok uzun olmasa da, farklı amaçlar için önerilmiş modeller bulunmaktadır. Çok düzeyli modellere olan ilgi Kamata'nın (1998, 2001) tekrar formülasyonunu yaptığı Rasch model ile artmıştır. Bu modellere olan ilginin artmasında parametre kestirimin MTK'ya özgü olmayan (HLM, SAS, SPlus, R, v.b.) yazılımlarla da yapılabilir olmasının payı bulunmaktadır (Pastor, 2003).

ÇDMTM, hiyerarşik doğrusal modeller (Raudenbush ve Bryk, 2002) ile MTM'leri birleştirir. ÇDMTM'nin başlıca avantajı hiyerarşik veri yapısını düzenleyebilmesidir. Eğitimde yapılan ölçmelerde veriler iç içe geçmiş yapıdadır. Örneğin, öğrenciler sınıflarda, sınıflar okullarda, okullar şehirlerde, şehirler bölgelerde, bölgeler de ülkelerde kümelenirler. Çok düzeyli verilere tek düzeyli modellerin uygulanması hem istatistiksel hem de kavramsal problemlere yol açmaktadır (Kreft ve Leeuw, 1998, Akt. Pastor, 2003). ÇDMTM'nin bir diğer avantajı, yeteneğin (örtük özelliklerin) farklı düzeylerde kestirilmesine olanak sağlamasıdır. Okul düzeyinde ya da bölge düzeyinde yeteneğin kestirilmesinden eğitimde verimliliği hesaplarken faydalanılabilir (Lane ve Stone, 2002, Akt. Pastor, 2003). ÇDMTM'nin diğer bir avantajı, uygulamalara dışsal değişkenleri de ekleyerek (cinsiyet, düzey, vb.) bireyin bir maddeyi doğru cevaplama olasılığı ile bireyin yeteneği arasındaki ilişkiyi açıklayan daha esnek ve daha anlaşılır bir model sunmasıdır. Bu sayede ÇDMTM, MTM gibi madde ve yetenek parametresi kestirimi yapabilmekte ve madde parametre kestiriminde dışsal değişkenlerin etkilerini de inceleyebilmektedir (Turhan, 2006). Ayrıca ÇDMTM'nin tüm bu kestirimleri eşzamanlı yapması (tek kalibrasyonda yapması) ayrı ayrı kestirimden kaynaklanacak olan hatayı da ortadan kaldırmaktadır.

Kamata (1998) çalışmasında hiyerarşik DMF modelini geliştirmiş ve modelin DMF belirlemede yeterince hassas olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmadan sonra ÇDMTM, DMF çalışmalarında (Acar ve Kelecioğlu; 2010; Atar, 2007; Binici, 2007; Cho ve Cohen, 2010; Cheong, 2001; Luppescu, 2002); test eşitlemede (Chu ve Kamata, 2000; Chu, 2002; Chu ve Kamata, 2005; Park, Kang ve Wollack, 2007) ve boyutluluk belirlemede (Beretvas ve Williams, 2002) kullanılmıştır. Chu ve Kamata (2000) hiyerarşik Rasch modelinin eşitleme özelliğini denk olmayan gruplarda ortak test deseninde incelemişler ve hiyerarşik Rasch modelinin tek grup eşzamanlı eşitleme ile aynı performansı gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Hiyerarşik Rasch modelin tek grup eşzamanlı eşitleme ile aynı performansı göstermesi Hiyerarşik Rasch eşitleme modellerinin geliştirilmesini desteklemiştir. Yapılan bu iki çalışma, ÇDMTM'nin büyük ölçekli sınavlarda ortaya çıkabilecek problemleri incelemeye ve başarı-

dışsal değişken ilişkilerini incelemeye kullanışlı bir yöntem olarak düşünülebileceğini ortaya koymuştur.

1.6.3. KAMATA'NIN MODELİ: 1PL-MTM

Kamata (1998), Hiyerarşik Doğrusal Modeller (Bryk ve Raudenbush, 1992) aracılığı ile çoklu grup modeli önermiştir. Tekrar formülasyonu yapılan model, bir parametrelili genelleştirilmiş hiyerarşik doğrusal modellerin özel bir halidir (Chu, 2002). Model lojistik regresyonu, Bernoulli örnekleme modeli ve bağlama fonksiyonu kullanarak çok düzeyli veri yapısı ile birleştirir. Bu modelde maddeler düzey-1'de, bireyler düzey-2'de yer alır (Kamata, 1998). Bu, her bir düzey-2 biriminin, yani her bir bireyin, düzey-1 birimi için kendi denkleminin olması anlamına gelir.

Bu model örtük değişkenler arasındaki olasılıkları bağlayan aşağıdaki logit bağlama fonksiyonunu kullanır:

$$\eta_{ij} = \log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) \quad (4)$$

η_{ij} : 1. düzey yapısal modeli ve p_{ij} : j. bireyin i. maddeyi doğru cevaplama olasılığını temsil eder. j bireyinin i maddesini doğru yanıtlama olasılığı 0.5'e eşitken logit 0'a eşittir. j bireyinin i maddesini doğru yanıtlama olasılığı 0.5'ten küçükse logit negatif değer alırken, 0.5'ten büyükse pozitif değer alır.

Düzen-1'de yapısal model madde düzeyindeki modeldir. Aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) &= \eta_{ij} \\ &= \beta_{0j} + \beta_{1j} X_{1ij} + \beta_{2j} X_{2ij} + \dots + \beta_{(k-1)j} X_{(k-1)ij} \\ &= \beta_{0j} + \sum_{q=1}^{k-1} \beta_{qj} X_{qij} \end{aligned} \quad (5)$$

β_{0j} , modeldeki kesişim katsayısıdır. X_{qij} , j bireyi için q. yapay değişkendir. $q=i$ olduğunda değeri 1, $q \neq i$ olduğunda değeri 0'dır. Yapay kodlamada son maddenin modele dahil edilmemesi ile birim matris elde edilir. Bu durumda da β_{0j} , j bireyi için modelden çıkarılan referans maddenin güçlüğü olarak ya da

tüm maddelerin ortalama etkisi olarak yorumlanır. β_{qj} , $i=1$ 'den $(k-1)$ 'e kadar X_{qij} 'nin katsayısıdır; $q = i$ olduğu zaman i maddesinin etkisi olarak yorumlanır.

Bunun sonucu olarak Düzey-1 modeli aşağıdaki şekilde de yazılabilir:

$$\eta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{qj} \quad (6)$$

Denklem 6 ile belirtilen modelin yapısal model olması nedeniyle hata terimi yoktur. Düzey-1 modeldeki katsayıların anlamı düzey-2 modeldeki katsayılarını anlamamızı sağlar ve düzey-2 birey düzeyi denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00} + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \beta_{(k-1)j} &= \gamma_{(k-1)0} \end{aligned} \quad (7)$$

β_{0j} (kesişim katsayısı) bireyler arasındaki tesadüfi etkiler olarak düşünülür. β_{0j} kesişim terimi, bir sabit bir tesadüfi değişkenden oluşur. γ_{00} örneklemdaki tüm bireyler arasındaki madde etkisinin ortalamasıdır. u_{0j} ise j . bireyin yeteneği olarak yorumlanır ve ortalaması 0 varyansı τ olan normal dağılıma sahiptir. Eğitim katsayısı ise bireyler arasında tek bir sabit bileşene sahiptir. Bu da madde güçlüğüdür ve artık terimi yoktur.

Düzey-1 ve Düzey-2 modelleri birleştirildiğinde, belirli bir j bireyi ve i maddesi için $i=q$ olduğunda i . maddenin doğru cevaplanma olasılığı aşağıdaki gibidir:

$$p_{ij} = \frac{1}{1 + \exp\{-[u_{0j} - (\gamma_{q0} - \gamma_{00})]\}} \quad (8)$$

Kamata (1998) bu modelin Rasch (1966) modeline eşit olduğunu aşağıdaki denklemde göstermiştir.

$$P_{ij}(y_i = 1 | \theta_j) = \frac{1}{1 + \exp [-(\theta_j - b_i)]} \quad (9)$$

Denklem 9'da $\theta_j = u_{oj}$ ve $b_i = (\gamma_{q0} - \gamma_{00})$ 'dir. Bu denklem ile Hiyerarşik Rasch modeli ile geleneksel Rasch modeli eşitliğinin sağlandığı gösterilmiştir.

Kamata (2001) yaptığı çalışmada 2 düzeyli Rasch modelini iki düzeyli örtük regresyon modeline genişletmiştir. Bu model, bireylerin yetenekleri arasındaki farklılıkları açıklamak üzere, birey özelliklerinin yordayıcı değişkenler olarak birey kısmına eklendiği bir modeldir. Kamata ayrıca Rasch modelini 3 düzeyli olarak da genişletmiştir (Atar, 2007).

1.6.3.1. ÇOK DÜZEYLİ 2PL-MTM

Çok düzeyli 2PL-MTM, geleneksel 2PL-MTM'de olduğu gibi bir parametrelili modele ayırt edicilik parametresinin eklenmesi yoluyla oluşturulmuştur. Çok düzeyli 2PL-MTM şu şekilde ifade edilir:

$$P_r(y_{ij} = 1 | \eta_j) = \frac{\exp(\beta_j + \lambda_i \eta_j)}{1 + \exp(\beta_j + \lambda_i \eta_j)} \quad (10)$$

β_j , madde güçlük parametresidir. Güçlük düzeyi yeteneğe eşit olduğunda %50 olasılıkla bireyin maddeyi doğru cevaplama olasılığını verir. η_j , j bireyinin yeteneğini temsil eder. Ortalaması 0 standart sapması τ olan normal dağılıma sahiptir. Yetenek parametresinin çarpanı λ_i , i maddesinin ayırt ediciliğidir (faktör yüküdür).

1.6.3.2. ÇOK DÜZEYLİ 3PL-MTM

Çok düzeyli 3PL-MTM, çok düzeyli 2PL-MTM'ye şans parametresi eklenmesi yoluyla oluşturulmuştur. Çok düzeyli 3PL-MTM şu şekilde ifade edilir:

$$P_r(y_{ij} = 1 | \eta_j) = c_i + (1 - c_i) + \frac{\exp(\beta_j + \lambda_i \eta_j)}{1 + \exp(\beta_j + \lambda_i \eta_j)} \quad (11)$$

c_i : i maddesi için şans parametresidir.

Skrondal ve Habe-Hesketh (2004) 3PL-MTM'nin genelleştirilmiş doğrusal modellere, cevap modelinin yetenek değişkeni üzerinde koşullu olmadığı için uyum sağlamayacağını öne sürmüştür. Modelin genelleştirilmiş doğrusal

modellere uyumu şans parametresinin sabit alınması koşulu ile sağlanmaktadır (akt. Turhan, 2006).

1.6.4. Değişen Madde Fonksiyonu

Madde yanlılığı, testin amacına uygun olmayan test koşullarından ya da test maddelerinin özelliklerinden dolayı, bir maddeyi doğru yanıtlama olasılığının aynı yetenek düzeyindeki iki grupta farklı olmasıdır (Zumbo, 1999). Bir sınavda kullanılan ölçme aracının hiçbir gruba avantaj sağlamaması, diğer bir deyişle yanlı olmaması beklenir. Bazı durumlarda bireylerin ölçmek istediğimiz özelliklerine başka değişkenler karışabilir. Bunlar arasında; cinsiyet, okul türü, sosyo-ekonomik düzey, etnik köken vb. yer alır. Testin ölçmek istediği yapı ile ilişkisiz varyans kaynaklarının test puanlarına etkisi geçerlik üzerinde bir tehdittir ve test puanlarının yanlı olmasına yol açar (Camili ve Shephard, 1994).

Bir maddenin yanlı olduğuna karar vermek için ilk olarak o maddenin DMF içermesi gerekir. DMF, madde ile ölçülmek istenilen psikolojik yapının her bir yetenek düzeyinde maddeyi doğru yanıtlama olasılıklarının alt gruplara göre farklılıklar gösterip göstermediğini belirleyen bir fonksiyondur (Lord, 1980; Embretson ve Reise, 2000). DMF analizlerinde genellikle referans ve odak grup olmak üzere 2 farklı alt grup kullanılır. DMF göstermeyen bir madde, referans ve odak gruplar için aynı ölçme özelliklerini gösterir.

DMF, tek biçimli ve tek biçimli olmayan DMF olmak üzere iki farklı şekilde görülür. DMF gösteren bir madde, tüm yetenek düzeylerinde bir grubun lehine işliyorsa, bu duruma tek biçimli DMF adı verilmektedir. Tek biçimli DMF yetenek düzeyi ile grup üyeliği arasında madde performansında etkileşim olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Bundan dolayı tek biçimli DMF'de gruplar arasında sadece madde güçlük parametresi farklıdır. Tek biçimli olmayan DMF'nin varlığı yetenek düzeyi ile grup üyeliği arasında madde performansında etkileşim olduğu durumlarda oluşur (Camili ve Shephard, 1994). Tek biçimli olmayan DMF'de alt gruplar arasında güçlük parametresi aynı ya da farklı olabilir ama madde ayırt ediciliği farklıdır (Mellenbergh, 1982; Turhan, 2006).

DMF'yi belirlemeye yönelik ilk analiz çabaları, gruplar arasındaki madde güçlüğü farkının varyans analizi ile hesaplanmasına dayanır. Varyans analizine

dayanan DMF belirleme yöntemlerinde her bir grup için madde güçlüğü hesaplanır ancak, bazı durumlarda bu oldukça hatalı sonuçlar verebilir. Grupların ortalama yetenek düzeyleri farklı ise düşük ve yüksek yetenek düzeyindeki bireyleri iyi ayırt eden yüksek ayırt ediciliğe sahip maddelerin madde güçlüğü, orta düzey ayırt edicilikteki bir maddenin madde güçlüğünden farklı olacaktır. Bu durumda da yüksek ayırt edicilikteki maddeler yanlış olmadıkları halde yanlış görülecek ve düşük ayırt edicilikteki yanlış olan maddeler ise gözden kaçacaktır (Camili ve Shephard, 1994).

DMF analizlerinin ikinci aşaması ise ki-kare testlerine dayanmaktadır. Ki-kareye dayalı DMF belirleme yöntemleri de varyans analizi yöntemleri gibi yeterli bilgi sağlamayan yöntemlerdir. Daha sonraları ki kare ve varyans analizi yöntemleri yerlerini daha karmaşık yöntemlere bırakmıştır (Kim, 2003). Bunlara Mantel-Haenszel (Holland ve Thayer, 1998), lojistik regresyon (Swaminathan ve Rogers, 1990), SIBTEST (Shealy ve Stout, 1993) ve madde tepki kuramına dayalı yöntemler (Thissen, Steinberg ve Wainer, 1988) örnek olarak verilebilir. Bu gelişmiş tekniklerin DMF'li maddeleri ne kadar doğru belirleyebildiği, yani güçleri ve DMF'li olmayan maddelerin ne kadarını DMF'li belirledikleri, yani I. Tip hatalarının hesaplandığı çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemler belli ölçüde benzer sonuçlar verse de birbiri ile tam olarak uyumlu değildirler.

Eğitimde yapılan ölçmelerde, iç içe geçmiş ya da yuvalanmış verilerin analizinde uygun istatistiklerin seçimi oldukça önemlidir. Veriler, iç içe geçmiş bir yapı sergiledikleri zaman, klasik doğrusal modellerle yapılan analizlerde gözlemlerin bağımsızlığı varsayımı ihlal edildiği için analiz sonuçlarına hata karışacaktır. Bryk ve Raudenbush (1992), yuvalanmış verilerde ÇDMTM'nin geleneksel modellere göre daha az ölçme hatasına sahip olduğunu vurgulamışlardır. ÇDMTM'nin bu özelliği sayesinde, DMF belirlemede geleneksel yöntemlere göre üstün yanları bulunmaktadır. Örneğin, DMF'nin kaynağı hem bölge hem cinsiyet ise ÇDMTM birey düzeyinde cinsiyeti, grup düzeyinde bölgeyi belirleyebilir. ÇDMTM'nin bir diğer avantajı, farklı DMF faktörlerini farklı etki büyüklüklerinde aynı anda belirleyebilmesidir. Örneğin 1. ve 2. maddede cinsiyete bağlı DMF varken 3. ve 4. maddede ırka bağlı DMF olabilir ya da aynı maddede her iki DMF faktörü de olabilir. Bu 4 maddedeki

DMF etki büyüklüğü birbirinden farklı olabilir. Özetle, ÇDMTM'lerde modele eklenebilecek olan DMF faktörünün sınırı yoktur (Chu, 2002).

1.6.4.1. 1PL ÇDMTM ve DMF (Kamata'nın Hiyerarşik Rasch DMF modeli)

ÇDMTM ile DMF çalışmalarına olan ilgi ÇDMTM'lerin gelişmesi ile başlamıştır (Chu, 2002; Kamata, 1998; Kim, 2003; Turhan, 2006). Kamata (1998) 1PL-ÇDMTM'de Düzey-2'ye grup değişkeni eklemek yoluyla bir DMF modeli geliştirmiş ve modelin DMF belirlemede yeterince hassas olduğunu göstermiştir. DMF parametreleri eklenmiş Düzey-2 denklemleri şu şekildedir:

$$\begin{aligned}\beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}G_j + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11}G_j \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \beta_{(k-1)j} &= \gamma_{(k-1)0} + \gamma_{(k-1)1}G_j\end{aligned}\tag{12}$$

G_j , iki kategorili madde için grup göstergesidir ve γ_{11} 'den $\gamma_{(k-1)}$ 'e kadar olan değerler ilgili maddelerde DMF etki büyüklüğüdür. Grup göstergesi odak grup için "1", referans grup için "0" ya da tersi olacak şekilde kodlanabilir. Anlamlı γ_{11} farklı gruba ait olmanın 1. maddeyi doğru cevaplama olasılığını etkilediğini gösterir. Bu modelle madde güçlük parametresinin eşitliği yani tek biçimli DMF test edilir.

Luppescu (2002), DMF belirlemede Kamata'nın hiyerarşik Rasch DMF modeli ile klasik b parametresi farkları yöntemini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada Kamata'nın hiyerarşik Rasch modelinde klasik b parametresi farkları yöntemine göre genel olarak daha küçük RMSE (hata kareleri ortalamasının karekökü) değerleri elde edildiği bulunmuştur. Bu durumun nedenlerinin klasik yöntemin iki farklı kalibrasyon gerektirirken hiyerarşik yöntemin tek kalibrasyon gerektirmesi ve hiyerarşik yöntemde daha az parametre kestirilmesi olduğu sonucuna varılmıştır.

Kim (2003), Kamata'nın DMF modelinin sadece bir parametrelili modelle sınırlı olmasına, bu nedenle sadece tek biçimli DMF'yi belirleyebileceğine vurgu

yapmış ve Kamata'nın DMF modelinin Düzey-2 denklemlerinde değişiklik yaparak modele madde ayırt edicilik parametresini de eklemiştir.

1.6.5. Test Eşitleme

Genellikle büyük ölçekli sınavlarda içerik ve güçlük düzeyleri bakımından benzer olan farklı test formları kullanılır. Bir testin farklı formları her ne kadar benzer hazırlansa da birbirine tamamen eşit değildir. İki veya daha fazla testi ortak bir ölçeğe yerleştirmek için kullanılacak istatistiksel yöntem "test eşitleme" olarak adlandırılır ve eşitleme sonucunda formlardan elde edilen puanlar birbirlerinin yerine kullanılabilir (Kolen ve Brennan, 2004). Başarılı bir test eşitlemeden sonra, bireylerin aldığı test formundan bağımsız olarak aynı puanı alması beklenir (Hambleton ve Swaminathan, 1985; Holland ve Dorans, 2006; Kolen ve Brennan, 2004; Kolen, 1988).

Test eşitleme benzer yapıyı ölçen benzer güçlük düzeylerindeki testlerin aynı düzeydeki öğrencilere uygulanması sonrası gerçekleştirilir. Bu sürece yatay eşitleme de denir. Özellikle ilköğretimdeki öğrencilerin gelişimlerinin yıldan yıla izlenmesi amacıyla aynı yapıyı ölçen farklı güçlük düzeyindeki testler uygulanır. Öğrencinin gelişimini izleyebilmek için farklı düzeydeki testlerden elde edilen puanların tek bir ölçeğe yerleştirilmesi gerekir. Bu sürece dikey ölçekleme denir ve dikey ölçeklemeyi test eşitleme kavramı içinde kullanmak uygun değildir; çünkü eşitlemenin tanımında geçen alternatif formlardan elde edilen puanlarının birbiri yerine kullanılabilirliği dikey ölçeklemede gerçekleştirilemez (Kolen ve Brennan, 2004).

Eşitleme yöntemleri farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamalardan en yaygın olarak kullanılanı KTK'ya dayalı eşitleme yöntemleri ile MTK'ya dayalı eşitleme yöntemleri olarak yapılan sınıflamadır. KTK'ya dayalı yapılan eşitlemelerde gruplarda eşitlik, simetri ve değişmezlik gibi eşitleme koşullarının sağlanması gerekir (Hambleton ve Swaminathan, 1985). Eşitleme koşulları sağlanmadığında yapılan eşitlemelerden elde edilen sonuçlar anlamlı olmayacaktır. MTK'ya dayalı eşitleme yöntemlerinde ise model veri uyumu sağlandığı takdirde bu sorun çözülmektedir (Kolen, 1981).

MTK'ya dayalı eşitlemede ilk yapılması gereken model veri uyumunun sağlanmasıdır. Model veri uyumu sağlandıktan sonra uygun eşitleme deseni seçilir. Desen seçiminden sonra eşitleme yöntemine karar verilerek madde ve yetenek parametreleri kestirilir. Üçüncü aşamada ise madde ve yetenek parametreleri ortak bir ölçeğe yerleştirilir. Parametre kestiriminin tek bir kalibrasyonla yapıldığı eşitleme desenlerinde (tek grup ve denk grup) parametreler aynı ölçekte olacağı için üçüncü aşamaya ihtiyaç duyulmaz. 4. aşamada ise test puanlarının raporlanacağı ölçeğe karar verilir. Test puanları θ yetenek cinsinden raporlanacak ise işlem bitirilir. Gerçek puanlar cinsinden raporlanacak ise gerçek puanlar farklı yetenek düzeylerine göre kestirilmeli ve grafikleştirilmelidir. Buradan iki teste ilişkin gerçek puanlar eşitlenebilir. Gözlenen puanlar cinsinden raporlanacak ise teorik olarak, koşullu gözlenen puan dağılımları seçilen cevaplayıcı örnekleme bağılı yetenekler için gerçekleştirilir. Marjinal gözlenen puan dağılımları hesaplanır. Elde edilen tablodan ya da grafikten gerçek gözlenen puanlar eşitlenir (Hambleton ve Swaminathan, 1985).

1.6.5.1. Eşitleme Desenleri

Genellikle kullanılan 4 çeşit eşitleme deseni vardır. Bunlar tek grup deseni, denk grup deseni, tesadüfi grup deseni ve ortak madde desendir. En basit eşitleme deseni olan tek grup deseninde eşitlenecek iki test aynı cevaplayıcı grubuna verilir. Bu yöntemin en önemli avantajı, tek bir grubun olması ve bu durumun grupların yetenek farkından kaynaklanacak hatayı azaltmasıdır. En önemli dezavantajı ise, birinci formun uygulanmasından sonra testi alan bireylerin performanslarının değişmesi ya da yorgunluk nedeniyle ikinci formdan elde edilecek performansın düşüklüğüdür. Bir başka deyişle, testlerin verilmiş sırası bir hata kaynağı oluşturabilir (Kolen ve Brennan, 2004). Tek grup deseni Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Tek Grup Deseni

<i>Örneklem</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>
G1	✓	✓

Testlerin verilif sırasından kaynaklanan hatadan kaçınmak için dengelenmiş tek grup deseni kullanılabilir. Dengelemenin yolu, tek grup desenindeki bireylerin yarısına eşitlenecek testlerden X formu önce verilirken, diğ er yarısına da Y formunun önce verilmesidir. Böylelikle testlerin verilif sırasından kaynaklanacak hatalar (sıra etkisi) giderilmiş olur. Bu desenin dezavantajlarından biri de, yorgunluk nedeniyle ikinci formdan elde edilecek performansın düşük olmasıdır. Bu desen küçük örneklemlerde doğru bir eşitleme sağlar. Yorgunluk ve sıra etkisi dengelenerek kontrol edilirse, bu deseni kullanmanın faydası tesadüfi grup deseninden daha küçük örneklemler gerektirmesidir (Kolen ve Brennan, 2004).

Denk grup deseninde eşitlenecek iki test denk fakat aynı olmayan cevaplayıcı grubuna uygulanır. Gruplar rastgele olarak seçilebilir. Bu desende aynı gruba iki uygulama yapmaktan kaynaklanan etkiler ortadan kalkmaktadır. Ancak gruplar aynı olmadığı için yetenek dağılımındaki farklılıklar eşitleme sürecinde bilinmeyen bir yanlılık ortaya çıkarabilir. Bu desen Tablo 1.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Denk Grup Deseni

<i>Örneklem</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>
G1	✓	
G1		✓

Tesadüfi grup deseninde gruplar tesadüfi olarak ikiye ayrılır ve testler her iki gruba da uygulanır. Bu desende gruplardan gelen farklılık azaltılarak eşitlemenin kesinliği artırılır. Bunu sağlamak için bu desende daha büyük gruplara gereksinim duyulur (Kolen ve Brennan, 2004). Desen Tablo 1.3.'de özetlenmiştir:

Tablo 1.3. Tesadüfi Grup Deseni

<i>Örneklem</i>	<i>Form X₁</i>	<i>Form X₂</i>	<i>Form Y₁</i>	<i>Form Y₂</i>
G1	✓		✓	
G2		✓		✓

Ortak madde deseninde ise iki alt grup ve iki farklı test vardır; ancak iki farklı test arasında ortak maddeler bulunmaktadır. Ortak maddeler, grupların performansını karşılaştırarak iki grup arasındaki eşitleme ilişkisini ortaya çıkarmada kullanılır. Ortak maddeler uygun bir şekilde seçildiği sürece bu desen

tek grup desenindeki veya denk grup desenindeki problemleri azaltır. Diğer bir deyişle, hem bireylerin 2 test formu almasına, hem de grupların eşit olmasına gerek kalmaz (Holland ve Dorans, 2006; Hambleton, Swaminathan ve Rogers, 1991). Bu desen Tablo 1.4.'de gösterilmiştir:

Tablo 1.4. Ortak Test Deseni

<i>Örnekleme</i>	<i>Form X</i>	<i>Form X</i>	<i>Ortak Test</i>
G1	✓		✓
G2		✓	✓

Ortak test deseni, sıklıkla aynı formun güvenlik nedenlerinden dolayı tekrar uygulanamadığı test koşullarında kullanılır ve bu desene çoğunlukla başarı testlerini kullanan büyük ölçekli sınavlarda rastlanır (Kolen ve Brennan, 2004). Ortak maddeler, eşitleme fonksiyonunu belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan, eşitleme çalışmaları yürütülürken ortak maddelerin özelliklerine dikkat edilmelidir. Angoff (1971) ortak maddelerin tüm testin yapı, madde türü, içerik, vb. açıdan mini versiyonu (temsilcisi) olması gerektiğini önermiştir. Yang (1997) tarafından yapılan araştırmada ise, ortak madde güçlüğünün testin güçlüğünü yansıttığı durumlarda eşitlemenin daha doğru yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte ortak maddeler her bir test formunda aynı yerde yer almalı ve farklı formlarda yer alan ortak maddeler tamamen aynı olmalıdır (Kolen ve Brennan, 2004).

Ortak madde deseninde ortak maddelerin özellikleri kadar sayısı da oldukça önemlidir. Angoff (1971), ortak testin tüm testteki madde sayısının %20'si kadar olması gerektiğini ifade etmiştir. Hambleton, Swaminathan ve Rogers (1991) ortak maddeler için gereksinim duyulan madde sayısının, testteki madde sayısının yaklaşık olarak %20–25'i arasında olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Yapılan araştırmalar, ortak maddelerin sayısının artmasının eşitleme hatasını azalttığını göstermiştir (Kolen ve Brennan, 2004).

1.6.6. MTK'ya Dayalı Eşitleme Yöntemleri

MTK'da parametrelerin değişmezlik özelliği söz konusudur. Bir başka deyişle, cevaplayıcıların yetenek düzeyleri maddelerden, madde parametreleri de cevaplayıcı grubundan etkilenmez (Hambleton, Swaminathan ve Rogers, 1991).

MTK bu özelliği sayesinde farklı test formlarından elde edilen aynı ölçekteki madde ve yetenek parametreleri ile puanların karşılaştırılabilirliğini sağlar. Ancak pratikte gerçek parametreler bilinmediği için bu parametreler farklı tekniklerle kestirilmeye çalışılır. Madde ve yetenek kestiriminde kullanılan birçok bilgisayar programı bireylerin yetenek dağılımını ortalaması 0 varyansı 1 olacak şekilde standartlaştırır (Baker ve Al-Karni, 1991). Bundan dolayı, farklı testlerden elde edilen madde ve yetenek parametreleri aynı ölçekte olmayacaktır; çünkü yetenek dağılımının standartlaştırılması madde parametre kestirimini de etkileyecektir. Bu nedenle bir test formundan elde edilen kestirimlerin diğer test formundan elde edilen kestirime dönüşürülmesi gerekir. Bu dönüşürmede MTK'ya dayalı yöntemler kendi içinde üçe ayrılır:

- 1) Ayrı kalibrasyon yöntemleri (ortalama-ortalama ve ortalama-sigma yöntemi)
- 2) Karakteristik eğri dönüşürme yöntemleri (Heabara ve Stocking-Lord yöntemi)
- 3) Eşzamanlı kalibrasyon (tek grup-çoklu grup eşzamanlı kalibrasyon yöntemi)

1.6.6.1. Ayrı kalibrasyon yöntemleri (MTM-AK)

Tek grup veya denk grup deseni kullanılarak eşitleme yapıldığında, test formları aynı ölçekte olduğu için ek bir ölçeklemeye gerek duyulmaz. Denk olmayan gruplara dayalı eşitleme yönteminde ise, gruplar farklı olduğu için farklı test formlarından elde edilen parametreler aynı ölçekte olmayacaktır. Bu yüzden iki test formunu aynı ölçeğe yerleştirmek için doğrusal bir dönüşürme yapılmalıdır (Kolen ve Brennan, 2004). Bu karşılaştırmayı sağlamak amacıyla, ortak maddelerin a ve b parametrelerine dayalı olarak elde edilen A ve B sabitleri, bir formdaki θ değerini diğer formdaki θ değerine dönüşürür.

Ayrı kalibrasyonla test eşitlemedeki adımlar genellikle aşağıdaki gibidir:

- 1) X formundaki ve Y formundaki madde parametreleri kestirilir.
- 2) Kestirilen farklı gruplara ait parametreler MTK'daki ölçek belirsizliğinden dolayı eşit olmayabilir. Elde edilen parametreler farklı ölçekte olduğundan

karşılaştırılmaz. Bu karşılaştırmayı sağlamak için ortak maddelerin a ve b parametrelerine dayalı eşitleme katsayıları A (eğim) ve B (kesişim) hesaplanır.

- 3) En son A ve B eşitleme katsayıları kullanılarak bir formdaki θ değeri diğer formdaki θ değerine dönüştürülür.

Ayrı kalibrasyonda θ 'nun X testinden Y testine dönüşümü A ve B sabitleri ile aşağıdaki şekilde yapılır:

$$\theta_{Yi} = A\theta_{Xi} + B \quad (13)$$

Denklem 13'de A ve B eşitleme katsayılarını, θ_{Xi} ve θ_{Yi} i bireyine ait X ve Y testlerinden elde edilen yetenek kestirimini temsil etmektedir.

Benzer şekilde iki testin madde parametreleri de dönüştürülür. Y testinin madde parametreleri X testinin parametrelerine aşağıdaki gibi dönüştürülür:

$$\begin{aligned} a_{Yj} &= \frac{a_{Xj}}{A} \\ b_{Yj} &= Ab_{Xj} + B \\ c_{Yj} &= c_{Xj} \end{aligned} \quad (14)$$

Denklem 14'de; b_{Yj} , a_{Yj} ve c_{Yj} j maddesine ait Y formundaki madde parametrelerini; b_{Xj} , a_{Xj} ve c_{Xj} j maddesine ait X formundaki madde parametrelerini temsil eder.

Ayrı kalibrasyon yöntemleri kendi içinde ikiye ayrılır. Bunlar ortalama-ortalama yöntemi ve ortalama-sigma yöntemi. Ortalama-ortalama yönteminde; A ve B eşitleme katsayılarını kestirmek için ortak maddelerdeki madde ayırıcılık (a) parametresinin ortalaması kullanılarak A eşitleme katsayısı, madde güçlük parametresinin (b) ortalaması kullanılarak da B eşitleme katsayısı kestirilir. Ortalama-sigma yönteminde ise, A ve B eşitleme katsayılarını kestirmek için ortak maddelerden elde edilen madde güçlük parametrelerinin (b) ortalama ve standart sapması kullanılır.

1.6.6.2. Karakteristik eğri dönüştürme yöntemleri

Ortalama-ortalama ve ortalama-sigma yöntemleri, madde karakteristik eğrileri benzer olan ancak parametreleri farklı olan maddeler için hatalı sonuçlara yol açabilir. Ayrıca ortalama-ortalama ve ortalama-sigma yöntemlerinde A ve B eşitleme katsayıları b parametresinin ya da hem a hem b parametresinin betimsel istatistikleri kullanılarak hesaplandığından 3 parametrelili veri kullanıldığında problem yaşanır (Han, 2008). Bu probleme cevap olarak Haebara (1980) madde parametrelerinin tümünü aynı anda dikkate alan bir yöntem ortaya atmıştır. Madde karakteristik eğrileri arasındaki farkı açıklamak için Haebara (1980) tarafından kullanılan fonksiyon, belirli bir yetenekteki cevaplayıcılar için her bir maddenin madde karakteristik eğrileri arasındaki farkın karelerinin toplamıdır.

Haebara (1980) yöntemi ortak maddelerin madde karakteristik eğrileri arasındaki farkı azaltır ve bu yöntemde kayıp fonksiyonun matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$L(\theta_i) = \sum_{j=1}^m [p_{ij}(\theta_i, a_{1Lj}, b_{1Lj}, c_{1Lj}) - p_{ij}(\theta_i, a^*_{2Lj}, b^*_{2Lj}, c_{2Lj})]^2 \quad (15)$$

Buna göre denklem 15'te;

p_{ij} : j. bireyin i maddesini doğru cevaplama olasılığını,

$a_{1Lj}, b_{1Lj}, c_{1Lj}$: form 1'deki j. ortak madde için sırasıyla madde ayırıcılık, güçlük ve şans parametrelerini,

$a_{2Lj}, b_{2Lj}, c_{2Lj}$: form 2'deki j. ortak madde için sırasıyla madde ayırıcılık, güçlük ve şans parametrelerini gösterir.

$$\begin{aligned} a^*_{2Lj} &= \frac{a_{2Lj}}{A} \\ b^*_{2Lj} &= Ab_{2Lj} + B \end{aligned} \quad (16)$$

Denklem 16'daki eşitlikler yardımıyla form 2'deki ortak maddeler yeniden ölçeklenir ve daha sonra kayıp fonksiyon eşitliğinde kullanılır. Kayıp fonksiyon tüm cevaplayıcılar için hesaplanır.

Stocking ve Lord (1983), daha sonra Haebara'nın yöntemine benzer bir yöntem geliştirmiştir. Yaygın olarak kullanılan eşitleme yöntemlerden biri olan Stocking ve Lord karakteristik eğri yönteminde ise kayıp fonksiyon şu şekilde hesaplanır:

$$L(\theta_i) = \left[\sum_{j=1}^m p_{ij}(\theta_i, a_{1Lj}, b_{1Lj}, c_{1Lj}) - \sum_{j=1}^m p_{ij}(\theta_i, a_{2Lj}^*, b_{2Lj}^*, c_{2Lj}) \right]^2 \quad (17)$$

Stocking ve Lord (1983) tarafından kullanılan kayıp fonksiyon ise belirli bir yetenekteki cevaplayıcılar için her bir maddeye ait madde karakteristik eğrileri arasındaki farkın toplamının karesidir. İki yöntem arasındaki tek fark, kayıp fonksiyonun hesaplanmasındadır. Ortak maddelerin madde ya da test karakteristik eğrileri arasındaki farkı azaltmak için geliştirilen karakteristik eğri dönüştürme yöntemleri, genellikle benzer kestirimler sağlar ve özellikle madde ayırt ediciliklerinin dönüştürülmesinde ayrı kalibrasyon yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verir.

Bu alanda yapılan çalışmalar, karakteristik eğri yöntemlerinin ortalama-ortalama ve ortalama-sigma yöntemlerinden daha iyi olduğunu ve daha kararlı sonuçlar üretme eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur (Stocking ve Lord, 1983; Baker ve Al-Karni, 1991; Gök, 2012). Bununla birlikte karakteristik eğri dönüştürme yöntemleri, hesaplama bakımından oldukça karmaşıktır ve parametre dönüştürülmesinde ayrı kalibrasyon yöntemlerinden hesaplanan ölçekleme katsayıları daha iyi sonuç vermektedir. Bu nedenlerle ayrı kalibrasyon yöntemleri hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Han, 2008; Gök, 2012).

Yukarıda açıklanan ayrı kalibrasyon ve karakteristik eğri dönüştürme yöntemleri iki aşamalı eşitleme yöntemleridir. İlk aşamada farklı test formlarındaki madde parametreleri kestirilir, ikinci aşamada ise farklı test formlarından elde edilen madde parametreleri aynı ölçeğe yerleştirilir. Ayrı kalibrasyon ve karakteristik eğri dönüştürme yöntemlerinde her bir grup için ayrı parametre kestirimi yapılacağından bu yöntemler örneklemelerin yetenek dağılımlarının, ortalama ve standart sapmalarının farklı olduğunu varsayar.

1.6.6.3. Eş zamanlı kalibrasyon (MTM-EK)

Aynı ölçek üzerine maddeleri yerleştirmek için kullanılan diğer bir yöntem eşzamanlı kalibrasyondur. Bu yöntemde iki formdan elde edilen madde parametreleri birlikte kestirilir. Ortak maddelerin iki test formunda aynı madde parametrelerine sahip olduğu varsayılır. Yetenek dağılımındaki farklılıklar göz önüne alındığından kestirilen madde parametreleri aynı ölçek üzerindedir (Turhan, 2006). Bu yüzden bu yöntemde fazladan bir dönüştürmeye ve A, B sabitlerinin elde edilmesine ihtiyaç yoktur. Hanson ve Beguin (2002), parametrik model varsayımları karşılandığında eşzamanlı kalibrasyonun ayrı kalibrasyondan daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Eşzamanlı eşitleme de kendi içinde tek grup eşzamanlı eşitleme ve çok grup eşzamanlı eşitleme olmak üzere ikiye ayrılır. Tek grup eşzamanlı eşitlemede örneklemelerin tek bir evrenden seçildiği ve alt örneklemelerin ortalama ve standart sapmalarının aynı olduğu varsayılır. Bu nedenle tek grup eşzamanlı eşitleme yetenek dağılımından elde edilen bütünleşik bilgiyi kullanır. Tek aşamalı bir süreç olduğu için test formlarına tek bir form gibi davranılır ve madde parametreleri birlikte kalibre edilir. Çoklu grup eşzamanlı kalibrasyonda alt grupların dağılımlarının farklı olmasına (ortalamalarının, standart sapmalarının) izin verilir. Alt gruplara ait farklılıklar varsayımı haricinde çoklu grup eşzamanlı eşitleme tek aşamalı bir eşitleme yöntemidir ve madde parametreleri kestirimi sırasında alt grupların dağılım bilgilerinden yararlanır (Chu, 2002).

Yapılan çalışmalar (Kim ve Cohen, 1998; Hanson ve Beguin, 1999), MTK eşitleme yöntemlerinin gücünün yetenek dağılımı varsayımları ve eşitleme basamakları ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Eşzamanlı kalibrasyonda yetenek dağılımı ile ilgili herhangi bir kısıtlama olmayıp tek aşamalıdır. Karakteristik eğri yöntemlerinde yetenek dağılımı ile ilgili kısıtlama yoktur ancak iki aşamalıdır. Eşitleme yöntemlerinin performansları, varsayımları azaldıkça artmaktadır. Yetenek dağılımı varsayımları aynı olduğunda da tek aşamalı süreç iki aşamalı süreçlerden daha iyi performans gösterir. İki aşamalı sürecin hatasının tek aşamalı süreçten daha yüksek olmasının nedeni, dönüştürme sırasındaki hata ile ilişkilidir (Chu, 2002).

1.6.7. Test Eşitlemede Hata Kavramı

Test eşitlemede hata kavramı bireyin aldığı test için kestirilen yetenek düzeyi ile almadığı test için kestirilen yetenek düzeyi arasındaki farkla açıklanmaktadır. Hatadan arınık bir eşitlemede farklı testlerle elde edilen yetenek düzeylerinin eşit olması beklenir. Bu durum Eşitlik 18 ile açıklanabilir (Cook ve Eignor, 1991):

$$\begin{aligned} a_i^*(\theta_a^* - b_i^*) &= \frac{1}{A} a_i (A\theta_a + B - [Ab_i + B]) \\ &= \frac{1}{A} a_i (A\theta_a + B - Ab_i - B) \\ &= a_i \frac{1}{A} (A(\theta_a - b_i)) \\ (\theta_a^* - b_i^*) &= a_i (\theta_a - b_i) \\ P(\theta) &= P(\theta^*) \end{aligned}$$

(18)

a_i^* : Dönüştürülmüş ayıricılık parametresi

b: Güçlük parametresi

b_i^* : Dönüştürülmüş güçlük parametresi

A: Eşitleme denkleminin eğimi

B: Eşitleme denkleminin sabiti

$P(\theta)$: Bireyin maddeyi doğru yanıtlama olasılığı

$P(\theta^*)$: Bireyin parametreleri dönüştürülmüş maddeyi doğru yanıtlama olasılığı

Bireye uygulanan test formundan kestirilen yetenek düzeyi ile bireyin almadığı test formuna ilişkin dönüştürülmüş yetenek düzeyinin birbirine eşit çıkmaması eşitleme hatasından kaynaklanmaktadır. Eşitleme hataları sistematik ve tesadüfi eşitleme hatası olarak ikiye ayrılmaktadır.

Tesadüfi eşitleme hatası, cevaplayıcı örneklemeden kaynaklanan bir hatadır ve eşitlemenin standart hatasıyla tanımlanır. Kavramsal olarak eşitlemenin standart hatası, eşitlenmiş puanların standart sapmasıdır. Örneklem büyüklüğü arttıkça, eşitlemenin standart hatası küçülür ve çok büyük örneklem için önemsiz hâle gelir. Tesadüfi hata, büyük örneklem kullanılarak, uygun bir

eşitleme deseni seçilerek veya her ikisi de kullanılarak kontrol edilebilir (Kolen ve Brennan, 2004). Eşitleme yanlılığı olarak da ifade edilen sistematik hata eşitleme yöntemlerini kullanmak için gerekli koşulların, varsayımların ihlal edilmesinden kaynaklanır. Tesadüfi hataya göre, sistematik hatayı kontrol etmek daha zordur. Sistematik hata, bir testin dikkatli bir şekilde geliştirilmesi, eşitleme desenlerinin yeterli şekilde uygulanması ve uygun istatistiksel tekniklerin kullanılmasıyla kontrol edilebilir (Kolen ve Brennan, 2004).

1.6.8. Test Eşitleme ve DMF

Büyük ölçekli sınavlar farklı gruplara farklı zamanlarda uygulanırken, bu sınavlarda ölçülen yapı ile ilişkili performanstan elde edilecek olan birey puanlarından yapılacak olan çıkarımların doğru olması için puan ölçeğinin karşılaştırılabilir olması gerekir. Puan ölçeğinin karşılaştırılabilirliği test eşitleme ile sağlanır.

Eşitlenen testlerdeki maddelerde DMF olması durumunda istenmeyen sonuçlar elde edilebilir. Bu sonuçlardan biri hatalı yetenek parametresi kestirimidir. DMF, yetenek parametresi kestirimini iki farklı şekilde etkileyebilir. İlki, DMF madde parametresi kestirimini doğrudan etkileyecektir. İkincisi ise, DMF madde parametre kestirimini etkilediği için, dolaylı olarak eşitleme katsayıları da etkilenecektir. Bundan dolayı test maddelerinde DMF olduğunda, DMF'nin doğrudan ve dolaylı etkileri dikkate alınarak parametre kestirimi ve eşitleme yapılmalıdır (Han, 2008).

DMF'ye sadece nicel olarak bakmak o maddenin kalitesi ve o maddenin testteki işlevselliği hakkında yeterli bilgi vermez. Nicel bir yöntemle maddede DMF bulunduğunda, bu maddenin testte kalıp kalmaması için uzman görüşü almak gereklidir. Uzmanlar maddenin yanlı olduğuna karar verirse o madde testten çıkarılır (Croker ve Algina, 1986). Diğer taraftan testten bir madde silmek yapı ve kapsam geçerliğini olumsuz etkilediği için istenmeyen bir durumdur. Literatürde DMF'li maddelerin silinmesinin; 1) yapı geçerliğinin düşüreceği, 2) yetenek parametresinin kestirimini doğruluğunu azaltacağı ve/veya 3) test geliştirmede maliyeti arttıracacağı ile ilgili bulgular vardır (Chu, 2002). Bu nedenle

DMF içeren bir maddeyi silmek yerine DMF etkilerini kontrol etmeye çalışmak avantaj sağlayabilir.

İdeal olan, testlerde yanlılığı önlemek için DMF içeren maddeleri silmektir; bu süreç oldukça basittir ve DMF'li maddelerden elde edilen bilgiyi kullanmaktan daha az tartışma getirecek bir durumdur. Ancak eğer bir test çok sayıda DMF içeren madde bulunduruyorsa, bunları testten çıkarmak testin geçerliğini ve parametre kestirmelerinin doğruluğunu düşürecektir. Bu nedenle, eşitleme sırasında DMF'li maddelerin belirlenmesi ve bu maddelerin eşitleme katsayılarına olan etkisini en aza indirebilecek yöntemlerin geliştirilip kullanılması önemlidir (Hidalgo-Montesinos ve Lopez-Pina, 2002). Var olan MTM'ler madde parametresi kestiriminde farklı gruplarda yer alma gibi dışsal değişkenleri kontrol etme esnekliğine sahip değildir (Turhan, 2006). Hiyerarşik modellerde bireyler maddelerle yuvalandığı için ÇDMTM'lerin DMF etkilerini kontrol etmede iyi bir çözüm olacağı düşünülmüştür. ÇDMTM, DMF faktörlerini uygun düzeylerde modele dâhil edebilir, bu sayede test eşitleme ve parametre kestirimi sırasında DMF faktörlerinin etkilerini ayarlamaya izin verir. ÇDMTM eşitleme ve parametre kestirimi sırasında DMF'li maddeleri testte tutar ve bu maddelerin parametre kestirimine ve geçerliğe olan tehditlerini minimal düzeye indirir (Chu, 2002).

1.6.9. Eşzamanlı eşitleme modeli olarak Hiyerarşik RASCH Model

Hiyerarşik Rasch Modele birey değişkenin eklenmesi; modeli 2 düzeyli, grup değişkenin eklenmesi ise modeli 3 düzeyli yapar. Birey düzey değişkenleri içeren 2 Düzeyli Hiyerarşik Rasch Model yatay eşitlemede, grup düzey değişkenleri içeren 3 Düzeyli Hiyerarşik Rasch Model ise dikey ölçeklemede kullanılır. İki Düzeyli Hiyerarşik Rasch Modelde düzey-1 model (madde düzeyi modeli) aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}\log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) &= \eta_{ij} \\ &= \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1j} + \beta_{2j}X_{2j} + \dots + \beta_{(k-1)j}X_{(k-1)j} \\ &= \beta_{0j} + \sum_{i=1}^{k-1} \beta_{ij}X_{ij}\end{aligned}\tag{19}$$

Modelde i maddeyi ($i=1,\dots,k$) ve j bireyi ($j=1,\dots,n$) temsil eder. j bireyinin i maddesini doğru cevaplama olasılığı p_{ij} ile gösterilir. $\log(p_{ij}/(1-p_{ij}))$ odds oranının logaritmasını verir. X_{ij} i maddesi ve j bireyi için yapay değişkendir ve β_{ij} , X_{ij} 'nin katsayısıdır. i. madde için X_{ijm} 1'e diğer maddeler için 0'a eşittir. Yukarıdaki formülden görüleceği üzere, maddeler 1 ile (k-1) aralığındadır çünkü son madde yapay kodlama sürecinde referans madde olarak kullanılır. Sonuç olarak son maddenin etkisi β_{0j} 'dir. Örneğin bir birey 5 maddelik bir testi cevapladığından bireyin 5 x 5'lik yapay kod matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

İlk sütun intercepttir ve diğer 4 sütun 1. maddeden dördüncü maddeye kadar olan yapay değişkenlerdir. Son satır intercept hariç 0'lardan oluşur; bu da 5. maddenin yapay değişkenidir. Bu matrisi denkleme yerine koyduğumuzda denklem bir madde için aşağıdaki denkleme indirgenir:

$$\log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = \eta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{ij} \quad (20)$$

j bireyinin i maddesini cevaplama olasılığı ise aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$p_{ij} = \frac{1}{1 + \exp[-\eta_{ij}]} = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_{0j} + \beta_{ij})]} \quad (21)$$

Bu model de Rasch modeline eşittir.

$$p_{ij} = \frac{1}{1 + \exp[-\eta_{ij}]} = \frac{1}{1 + \exp[-(\theta_j + \delta_i)]} \quad (22)$$

θ_j j bireyinin yeteneğini, δ_i i maddesinin madde güçlüğü verilir. β_{ij} yetenek ya da madde güçlük parametresi değildir; çünkü β_{ij} 'ler bir üst düzey modelde yerine yerleştirilmelidir.

Bu çalışmada birey düzey DMF, odak ve referans grup olarak varsayılmıştır ve ikinci düzey modele aşağıdaki gibi eklenmiştir. 1. ve 2. maddelerde odak grupta DMF olduğu; diğer maddelerde DMF olmadığı varsayıldığında düzey-2 modeli aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned}
\beta_{0j} &= \gamma_{00} + \mu_{0j} \\
\beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11} (\text{Odak})_j \\
\beta_{2j} &= \gamma_{20} + \gamma_{21} (\text{Odak})_j \\
&\vdots \\
&\vdots \\
&\vdots \\
\beta_{(k-1)j} &= \gamma_{(k-1)0}
\end{aligned}
\tag{23}$$

Denklem 23'de, γ_{00} 'dan $\gamma_{(k-1)0}$ 'a kadar olan terimler β_{0j} 'den $\beta_{(k-1)j}$ 'ye olan terimlerin kesişim katsayılarıdır. γ_{11} ve γ_{21} madde 1 ve madde 2 için odak grup katsayılarıdır. DMF'siz olan maddeler sadece kesişim terimine sahiptir (γ_{i0}); çünkü madde etkisi bireyler arasında sabittir. DMF değişkeni madde 1 ve madde 2'ye odak grubun etkilerini ayarlamak için eklenmiştir. Bu çalışmada referans grup 0, odak grup 1 olarak kodlanmıştır. Düzey-2 γ parametrelerinde β_{ij} 'lerin yerine konması ile aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\begin{aligned}
p_{ij} &= \frac{1}{1 + \exp[-[(\gamma_{00} + \mu_{0j}) + \gamma_{i0}]]} \\
&= \frac{1}{1 + \exp[-[\mu_{0j} - (-(\gamma_{00} + \gamma_{i0}))]]}
\end{aligned}
\tag{24}$$

ya da

$$\begin{aligned}
p_{ij} &= \frac{1}{1 + \exp[-[(\gamma_{00} + \mu_{0j}) + (\gamma_{i0} + \gamma_{i1})]]} \\
&= \frac{1}{1 + \exp[-[\mu_{0j} - (-(\gamma_{00} + \gamma_{i0}) - \gamma_{i1})]]}
\end{aligned}
\tag{25}$$

Denklem 24, DMF'siz maddeler (3'den (k-1)'e kadar) içindir ve $-\gamma_{i1}$ terimini içermez. Denklem 25, DMF'li maddeler (1 ve 2. maddeler) içindir. β_{0j} 'nin hata terimi μ_{0j} j bireyi için tesadüfi hatadır. Hiyerarşik Rasch Modelde tesadüfi etki yetenek parametresi olarak davranır ve yukarıdaki denklemlerde bu

görülmektedir. Madde güçlüğü $-(\gamma_{00} + \gamma_{i0})$ ve $-\gamma_{i1}$ 'de DMF etki büyüklüğüdür. DMF'li maddeler için referans grupta madde güçlüğü $-(\gamma_{00} + \gamma_{i0})$ 'dur, çünkü $-\gamma_{i1}=0$ 'dır. DMF'li maddeler için odak grupta madde güçlüğü $[-(\gamma_{00} + \gamma_{i0}) - \gamma_{i1}]$ 'dir. Daha önceden de bahsedildiği gibi son madde referans madde olarak kullanılır. Bundan dolayı 1'den (k-1)'e kadar olan madde parametrelerinin referans maddenin parametresinin γ_{00} 'a göre ayarlanması gerekir.

Düzyey-1 katsayıları β_{0j} 'den $\beta_{(k-1)j}$ 'ye birey alt simgeleri olan j'lere sahiptir. j farklı bireylerin farklı madde düzeyi parametreleri ile ilişkili olduğunu gösterir. β_{ij} 'ler bir üst düzeyde yerine konduğunda birey simgesi j düşer ve madde parametreleri bireyler arasında sabit kalır.

Bu formülasyon düzey-1'de eksik veri ile de parametre kestirime izin verir. Diğer bir deyişle, bireyler tüm maddeleri cevaplamak zorunda değildir. Yukarıda formülasyonu verilen iki düzeyli model direk olarak eşzamanlı eşitlemede test formlarına uygulanabilir.

Hiyerarşik Rasch model tek aşamalı olup alt grupların örtük dağılımlarının aynı şekle sahip olmasını bekler. Diğer bir deyişle tüm alt gruplar için normal dağılımın sağlanması ve standart sapmaların eşit olması gereklidir, sadece ortalamaların farklı olmasına izin verilir.

2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Chu ve Kamata (2000) yaptıkları araştırmada denk olmayan gruplarda ÇDMTM ile eşitleme, eşzamanlı eşitleme, ayrı kalibrasyon yöntemlerinden SL ve çoklu grup eşzamanlı eşitlemeyi karşılaştırmışlardır. Madde parametreleri için hesaplanan RMSE'lerde dört yöntem arasında dikkate değer bir farkın olmadığı ve dört yöntemden hiç birinde madde güçlük parametrelerinin sürekli olarak diğerlerinden daha iyi olmadığı görülmektedir. Yetenek parametrelerindeki RMSE'ler incelendiğinde ÇDMTM ile geleneksel eşzamanlı eşitlemenin birbirine benzer sonuçlar verdiği, bu iki yöntemin SL ve çoklu grup eşzamanlı eşitlemeden daha yüksek RMSE'ler ürettiği görülmüştür. Çalışmanın sonucunda 1-PL ÇDMTM diğer eşitleme yöntemlerine göre avantajlı ve dezavantajlı yanının olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada eşitleme modelinin birey ve grup özellikleri etkileri ile genişletilmesi önerilmiştir.

Luppescu (2002), yaptığı çalışmada Rasch güçlük farkı (Rasch difficulty difference) olarak bilinen standart MTK belirleme yöntemleri ile çok düzeyli Rasch modeli (Kamata'nın Rasch modelini) kullanılarak belirlenen DMF sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada genel olarak ÇDMTM ile daha küçük RMSE'ler elde edildiği bulunmuştur. Luppescu, ÇDMTM'nin DMF analizini tek adımda yaparken Rasch güçlük farkı yönteminin iki adımda yapmasının buna neden olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca Rasch güçlük farkı yönteminin madde güçlükleri karşılaştırılacak olan madde setleri için iki ayrı kalibrasyon gerektirmesi ve bu durumun iki ayrı kestirim ve farkın alınması işlemleri sırasında ek hataya neden olabileceği şeklinde açıklamıştır.

Chu (2002) yaptığı çalışmada 1PL-ÇDMTM ile yatay eşitlemeyi DMF'li maddelerin testten çıkarılması ve göz ardı edilmesi durumunda geleneksel tek grup eşzamanlı eşitleme ile karşılaştırmıştır. Çalışmada denk gruplar kullanıldığı için 2 düzeyli hiyerarşik model kullanılmıştır. Ortak madde deseninin kullanıldığı çalışmada madde sayısı 20 ve ortak madde sayısı 5 olarak tüm koşullarda sabit tutulmuştur. Çalışmada DMF'li madde sayısı, DMF etki büyüklüğü ve DMF'li test türü olmak üzere 3 koşul ele alınmıştır. DMF'li madde sayısı 2 ve 5 olmak üzere 2 düzey, DMF etki büyüklüğü 0.2, 0.6 ve 0.8 olmak

üzere 3 düzey, DMF'nin bulunduğu test türü ise ortak maddelerde, ortak olmayan maddelerde ve her iki madde türünde olmak üzere 3 düzeyde ele alınmıştır. Böylece 18 farklı simülasyon koşulu oluşturulmuştur. Çalışmada bilgisayar programının yavaşlığından dolayı örneklem büyüklüğü 500 ve tekrar sayısı 20 olarak belirlenmiştir. Değerlendirmede madde ve yetenek parametre kestirimlerinde RMSE, BIAS (sistemik hata) ve standart hata kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, tüm simülasyon koşullarında madde ve yetenek parametreleri kestiriminde Hiyerarşik Rasch Model'in en iyi performans gösteren model olduğu, tek grup eşzamanlı eşitlemede DMF'in olduğu durumu, tek grup eşzamanlı eşitlemede DMF'in olmadığı durumunun takip ettiği bulunmuştur. Bu sonuç, test eşitleme ve parametre kestiriminde DMF bilgisinden yararlanmanın DMF'li maddelerin silinmesi ya da gözardı edilmesi durumundan daha iyi bilgi sağladığı sonucunu doğrulamaktadır. Ayrıca, kısa bir testten DMF'li maddelerin silinmesi durumunda, DMF'li maddelerin gözardı edilmesi durumuna göre eşitleme ve parametre kestiriminde daha fazla riski olacağı sonucu ortaya çıkmıştır. Chu yaptığı çalışma sonucunda; grup etkisinin 3 düzeyli modelle incellenmesini, DMF etki büyüklüğünün artırılmasını, daha büyük örneklem büyüklükleri kullanılmasını ve daha uzun testlerle çalışılmasını önermiştir.

Chu ve Kamata (2005) yaptıkları çalışmada 1PL üç düzeyli MTM ile eşitlemeyi DMF'li maddelerin yerine DMF'siz maddelerin yerleştirilmesi ve DMF etkisinin kontrol edilmemesi (göz ardı edilmesi) durumlarında karşılaştırmışlardır. Çalışmada 4 farklı düzeyde DMF etki büyüklüğü ile 3 farklı düzeyde DMF'li madde oranı olmak üzere 12 farklı simülasyon koşulu ele alınmıştır. Çalışmada örneklem büyüklüğü 500, ortak madde sayısı 10, test uzunluğu 20 olarak sabit tutulmuştur. Koşulların çoğunda ÇDMTM'nin geleneksel yöntemlere göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Turhan (2006) yaptığı çalışmada, dikey eşitleme yoluyla ortak maddelerde DMF olduğu durumda 2PL-ÇDMTM ile 2PL-MTM yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada 2PL-ÇDMTM'in madde parametrelerinde grup kaynaklı bileşenlerin kestirimine izin vermesinden dolayı parametre kestiriminin doğruluğunu arttırması ve DMF'nin etkilerini kontrol etmesi beklenmektedir. Bu çalışmada

2PL-ÇDMTM gözlenen madde puanları, yetenek ve sınıf düzeyi arasındaki ilişkileri farklı seviyelerde geliştirilen bir ölçekte incelemek için kullanılmıştır. Çalışmada simülasyon verisi ve gerçek veri beraber kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan simülasyon koşulları DMF'li madde sayısı (2 ve 4) ve DMF'li madde türüdür. Çalışmada 6 simülasyon koşulu, 8 ortak toplam 28 madde için 5 tekrar yapılmıştır. Madde iyileştirme çalışmaları ve gerçek veri uygulamaları benzer sonuçlar göstererek ortak maddelerde tek biçimli ve tek biçimli olmayan DMF'nin bulunması modellerin performansını düşürmüştür. Ortak maddelerde DMF gösteren madde sayısı arttıkça madde ve yetenek parametresi kestirimleri zarar görmektedir. DMF türünün madde ve yetenek kestirime etkisi net olarak belirlenememiştir. Ortak madde setinde DMF'li madde sayısı arttıkça, DMF'nin türünden bağımsız olarak parametre kestirimi olumsuz etkilenmektedir.

Chu (2002) ve Turhan (2006)'ın çalışmaları karşılaştırıldığında eşitleme deseni, ölçme modeli ve kullanılan madde sayısında farklılık olduğu görülmektedir. Chu (2002) yaptığı çalışmada hiyerarşik Rasch model ile ÇDMTM'lerin en basit halini kullanmıştır. Chu (2002) denk gruplarda yatay eşitlemeyi kullanırken, Turhan (2006) denk olmayan gruplarda dikey eşitlemeyi kullanmıştır. Chu (2002) yaptığı çalışmayı 20 madde ile kısa bir test üzerinden yapmış, Turhan (2006) ise gerçek veride 120 madde kullanırken simülasyon çalışmasında 28 madde almıştır. Chu çalışmasında 1PL-madde cevap modelini kullanırken, Turhan 2PL-madde cevap modelini kullanmıştır. Her iki çalışmada da örneklem büyüklüğü (500) küçük tutulmuştur.

Her iki çalışmada da DMF'li maddelerin silinmesinin kestirim doğruluğunu azalttığı ve sistematik hatayı arttırdığı görülmüştür. DMF'li maddelerin negatif etkisinin DMF'li madde sayısı arttıkça ve bu maddeler ortak maddelerde bulundukça arttığı görülmüştür. DMF'li maddelerin göz ardı edilmesi (yok sayılması) durumunda ise parametre kestiriminde en iyi performansı ÇDMTM'nin gösterdiği görülmüştür. Her iki çalışmada da madde sayısı az, örneklem büyüklüğü küçük ve tekrar sayısı azdır. Bu çalışmada, yapılan diğer iki çalışmadan farklı olarak örneklem büyüklüğünün, madde sayısının ve tekrar sayısının artırılması planlanmıştır. Böylece, ÇDMTM'de örneklem büyüklüğü ve

test uzunluğunun parametre kestiriminin tutarlığına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada eşitlemede 2 düzeyli 1PL-MTM eşzamanlı eşitleme ile geleneksel tek grup eşzamanlı eşitleme ve karakteristik eğri dönüştürme yöntemlerinden SL karşılaştırılmıştır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın türü, eşitleme deseni, simülasyon koşulları, verilerin türetilmesi, araştırmada kullanılan eşitleme yöntemleri, eşitleme sürecinin uygulanması, değerlendirme ölçütleri ve verilerin analizi üzerinde durulmuştur.

3.1. Araştırmanın Türü

Bu araştırmada, farklı koşullar altında ve DMF'nin varlığı durumunda eşitleme yöntemlerinin etkililiğini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, belirlenen koşullara göre DMF içeren veriler türetilmiş ve en az hatayı veren yöntemin bulunması planlanmıştır. Çalışma, bu özelliklerinden dolayı bir simülasyon çalışmasıdır. Araştırmada eşitleme yöntemleri farklı koşullarda simülasyon verileri ile kontrollü olarak karşılaştırılmaktadır. Bu açıdan, kurama katkı getirici bir nitelik taşımaktadır. Bu yönüyle de çalışma bir temel araştırmadır (Karasar, 2000).

3.2. Eşitleme Deseni

Bu çalışmada türetilen verileri eşitlemek için denk gruplarda ortak madde deseni kullanılmıştır. Ortak madde deseninin uygulanabilmesi için ortak madde içeren iki farklı teste ve iki farklı gruba gereksinim vardır. Araştırmada kullanılacak denk gruplar için ortak madde deseni Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmada Kullanılan Eşitleme Deseni

<i>Örneklem</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>	<i>Ortak Test</i>
Grup 1 ~ N(0,1)	✓		✓
Grup 2 ~ N(0,1)		✓	✓

3.3. Simülasyon Koşulları

Çalışmada eşitleme hatası üzerindeki etkisi incelenen değişkenler, örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF etki büyüklüğü ve DMF'li maddelerin bulunduğu testtir.

Örneklem büyüklüğü: Her bir test formu için küçük örneklem için 500 ve büyük örneklem için 2000, yani toplamda 1000 ve 4000 cevaplayıcı olmak üzere 2

farklı örneklem büyüklüğü ele alınmıştır. Başarılı bir eşitleme için en az 500 kişilik örneklem büyüklüğüne ihtiyaç duyulduğu ifade edilmekle birlikte (Spence, 1996), 1000 ve daha büyük örneklem için yöntemlerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Han, 2008).

Test uzunluğu: Bu çalışmada testteki madde sayısı, kısa test için 20 ve uzun test için 40 olmak üzere iki düzeyde alınmıştır. Ortak madde sayısı ise her iki koşul için %25 olarak belirlenmiştir. Angoff (1971), tüm testteki madde sayısının en az %20'sinin ortak madde olmasını önermiştir. Test uzunlukları ve ortak madde sayıları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Araştırmada Kullanılan Test Uzunlukları

<i>Koşul</i>	<i>Form X</i>	<i>Ortak maddeler</i>	<i>Form Y</i>
N=20	15	5	15
N=40	30	10	30

DMF etki büyüklüğü: DMF, parametre kestiriminde varyans yarattığı için DMF etki büyüklüğü arttıkça yetenek kestiriminin ve eşitlemenin kararlılığı azalır. Bu çalışmada DMF etki büyüklüğü B ve C olmak üzere iki düzeyde ele alınmıştır. B etki büyüklüğü için parametreler arası fark 0.6, C etki büyüklüğü için parametreler arası fark 1 olarak belirlenmiştir.

DMF'li maddelerin bulunduğu test türü: DMF'li maddelerin bulunduğu yerin eşitleme sürecine etkisinin incelenmesi için DMF'li maddeler ortak testte, eşitlenecek testte ve her iki test türünde olmak üzere 3 farklı şekilde yerleştirilmiştir.

Araştırmada incelenen 4 simülasyon faktörü ve bu faktörlere ait 24 koşul Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Eşitlemede Ele Alınan Koşullar

<i>Simülasyon Koşulları</i>					
<i>Test uzunluğu</i>	<i>DMF'li maddenin bulunduğu test</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>			
		<i>500-500</i>		<i>2000-2000</i>	
		<i>Etki büyüklüğü</i>			
		<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>20</i>	<i>ET</i>	S1	S4	S13	S16
	<i>ET-OT</i>	S2	S5	S14	S17
	<i>OT</i>	S3	S6	S15	S18
<i>40</i>	<i>ET</i>	S7	S10	S19	S22
	<i>ET-OT</i>	S8	S11	S20	S23
	<i>OT</i>	S9	S12	S21	S24

*S: simülasyon, ET: eşitlenecek test, OT: ortak test

3.4. Verilerin Türetilmesi

Araştırmada hangi eşitleme yönteminin hangi koşullarda daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymak amacıyla simülasyon çalışması uygulanmıştır. Bu tür çalışmalar; örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, dağılım özellikleri gibi faktörlerin yöntemler üzerindeki etkilerini değerlendirmenin yollarından biridir. Araştırmada ele alınan iki kategorili madde cevapları Wingen 3 (Han, 2007) yazılımı kullanılarak türetilmiştir. Veri türetme süreci üç basamakta gerçekleştirilmiştir. Her bir basamak aşağıda açıklanmıştır:

a. Yetenek parametrelerine karar verilmesi: Yetenek dağılımları her bir grup için standart normal dağılımdan ($\theta \sim N(0,1)$) örneklenmiştir. Her iki örneklem büyüklüğü koşullarında odak ve referans grupları için ayrı ayrı olmak üzere dört set yetenek parametresi türetilmiştir. Odak ve referans grupların büyüklükleri eşit alınmıştır.

Tablo 3.4. Alt Gruplara Göre Yetenek Parametresi Setleri

<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>FORMX</i>		<i>FORMY</i>		<i>Simülasyon no</i>
	<i>Odak</i>	<i>Referans</i>	<i>Odak</i>	<i>Referans</i>	
500-500	250	250	250	250	S1-S12
2000-2000	1000	1000	1000	1000	S13-S24

b. Madde parametrelerine karar verilmesi: Eşitleme için iki test formu türetilmiştir. Her iki test de kendine özgü maddelerden ve ortak maddelerden oluşmaktadır. Bu üç madde seti ayrı ayrı türetilmiştir. Zimowski (1999) ortak

maddelerin yüksek ayırt edicilikte ve orta güçlükte olmasını önermiştir. Bu nedenle bu çalışmada ortak maddelerin b parametreleri (-1;+1) aralığında seçilmiştir. Test formları arasında madde güçlüğü varyansı DMF'yi etkileyebilir. Bu nedenle her iki test formu için benzer madde güçlükleri seçilmiştir. Ortak olmayan maddelerde madde güçlükleri ise (-2.5;+2.5) arasında değişmektedir.

Çalışmada, Form X1'de DMF'li madde parametrelerinin türetilmesinde odak grubun lehine olacak şekilde b parametreleri oluşturulmuştur. DMF'li maddelerin numaraları Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. DMF'li Maddelerin Numaraları

<i>DMF'li maddenin yeri</i>		<i>Simülasyon Koşulları</i>	<i>Madde no</i>
<i>ET</i>	N=20	S1, S4, S13, S16	19,20
	N=40	S7, S10, S19, S22	37,38,39,40
<i>ET-OT</i>	N=20	S2, S5, S14, S17	1,20
	N=40	S8, S11, S20, S23	1,2,39,40
<i>OT</i>	N=20	S3, S6, S15, S18	1,2
	N=40	S9, S12, S21, S24	1,2,3,4

*S: simülasyon, OT: ortak test, ET: eşitlenecek test.

Üç madde setine ait (X formu, Y formu ve ortak testler) madde parametreleri 20 maddelik form ve 40 maddelik form için sırasıyla Tablo 3.6. ve Tablo 3.7.'de verilmiştir.

c. Madde cevaplarının türetilmesi: Çalışmada, eşitleme deseni için iki farklı test, DMF için aynı testi alan farklı gruplar gerekmektedir. Diğer taraftan DMF için aynı testi alan farklı gruplar gerekmektedir. Bu nedenle ortak maddeli iki farklı testin (Form X ve Form Y) odak ve referans öğrenci grubuna uygulandığı düşünülmüştür. Veriler, odak grubun yarısı Form X'i alırken, diğer yarısı Form Y'yi; referans grubun yarısı Form X'i alırken, diğer yarısı Form Y'yi alacak şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 3.6. 20 Maddelik Form İçin Madde Güçlükleri

<i>Madde No*</i>	<i>Ortak test</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>
1	0	6	-2.5	-2.45	11	-1	-1.05	16	-1.5	-1.55
2	0.5	7	2	2.05	12	2.5	2.45	17	0.75	0.8
3	-1	8	-0.75	-0.8	13	-0.25	-0.3	18	-0.5	-0.55
4	-0.5	9	1	1.05	14	1.5	1.55	19	0	0.05
5	1	10	-2	-2.05	15	0.5	0.55	20	0.25	0.3

*1-5 numaralı maddeler ortak maddedir.

Tablo 3.7. 40 Maddelik Form İçin Madde Güçlükleri

<i>Madde No*</i>	<i>Ortak test</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>	<i>Madde No</i>	<i>Form X</i>	<i>Form Y</i>
1	-0.3	11	-0.3	-0.35	21	0.6	0.65	31	-1.9	-1.95
2	-0.15	12	0.4	0.45	22	0.9	0.95	32	0.8	0.85
3	0.15	13	1.6	1.65	23	1.9	1.95	33	1.3	1.35
4	0.3	14	-0.9	-0.95	24	-1.3	-1.35	34	1	1.05
5	-1	15	2.5	2.55	25	-1	-1.05	35	-0.7	-0.75
6	-0.5	16	2.2	2.25	26	-0.6	-0.65	36	-2.5	-2.55
7	0.7	17	-0.8	-0.85	27	0.5	0.55	37	-0.2	-0.25
8	0.5	18	-1.6	-1.65	28	0.7	0.75	38	-0.1	-0.15
9	1	19	-0.4	-0.45	29	0.3	0.35	39	0.1	0.15
10	-0.7	20	-2.2	-2.25	30	-0.5	-0.55	40	0.2	0.25

*1-10 numaralı maddeler ortak maddedir.

Her iki grubun yetenek düzeyleri eşit ve normal dağılmaktadır. Gruplar eşit yetenek düzeyinde olduğundan grup düzeyi (düzey-3) ele alınmamıştır. Birey düzeyi değişkeni olarak odak ve referans grup seçilmiştir. Her bir form için madde parametreleri ve her bir grup için yetenek parametreleri belirlendikten sonra araştırmmanın verileri türetilmiştir. Veri türetme işlemi 1PL modele göre gerçekleştirilmiştir.

3.5. Eşitleme Sürecinin Uygulanması

Çalışmada 24 farklı simülasyon koşulunda (2 farklı örneklem büyüklüğü, 2 farklı test uzunluğu, 3 farklı DMF bulunan test, 2 farklı DMF etki büyüklüğü) 3 farklı eşitleme yönteminin performansları incelenmiştir. DMF faktörlerinin modele parametre olarak eklendiği ÇDMTM'nin potansiyelini anlamak için ÇDMTM, MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon yöntemlerinden SL ile karşılaştırılmıştır. MTM'ye dayalı yöntemlerde ise referans bilgi elde etmek için DMF'li maddelerin göz ardı edildiği (yok sayıldığı) ve DMF'li maddelerin testten çıkarıldığı iki durum incelenmiştir. DMF'li maddelerin göz ardı edildiği durumda DMF'nin varlığını görmezden gelip DMF'li maddelerle eşitleme yapılmaktadır. DMF'li maddelerin olmadığı durumda ise, DMF'li maddeler testten çıkarıldıktan sonra eşitleme yapılmıştır.

3.6. Kullanılan Programlar ve Kestirim Yöntemleri

Çalışmada kullanılan eşitleme yöntemlerinden ÇDMTM için HLM 6.8, (Raudenbush, Bryk, Cheong, ve Congdon, 2005), eşzamanlı eşitleme için BILOG-MG (Zimowski, Muraki, Mislevy, ve Bock, 2003), ayrı kalibrasyon

yöntemlerinden SL için PARSCALE 4.1 (Muraki ve Bock, 2003) ile kestirim yapıldıktan sonra aynı ölçüğe getirmek için IRTEQ (Han, 2009) programları kullanılmıştır. HLM yazılımının parametre kestirimindeki algoritması geliştirilmiş hiyerarşik doğrusal modellere dayalıdır. Yazılımın varsayılan ayarları birey parametreleri (μ_{0j}) için yaklaşık ampirik bayes (AEB), madde parametreleri (γ_{i0}) için geliştirilmiş en küçük kareler (GLS) ve birey parametre kestiriminin varyansı için sınırlandırılmış maksimum olabilirliktir. Bayes kestiriminin bilinen problemi örneklemin standart sapmasının evrenin standart sapmasından genellikle küçük olmasıdır. Bu probleminden kurtulmak için birey parametreleri doğrusal dönüşümle yeniden ölçeklenir. Daha sonra doğrusal transformasyon katsayısı ve eğimi ile madde parametresi yeniden ölçeklenir. Geliştirilmiş hiyerarşik doğrusal model ağırlıklandırılmış HLM iterasyonu (mikro-iterasyon) ve GLM (makro-iterasyon) iterasyonu olmak üzere çift iterasyon algoritması kullanır. HLM iterasyonları 1. Düzey modeli ağırlıklandırarak bağımlı değişkenleri doğrusallaştırır, daha sonra GLM iterasyonları doğrusallaştırılmış bağımlı değişkenleri ve iterasyonları hesaplar. GLM iterasyon sonuçları HLM iterasyonlarına geri bildirim sağlar ve bununla yeni HLM iterasyon süreci başlar. Bu iki süreç doğrusallaştırılmış bağımlı değişken ve ağırlık hesaplama olabilirlik oranı yakınsayana yani aynı noktaya gelene kadar devam eder. Bu karmaşık hesaplama ve çift iterasyon uzun bir süreci gerektirir. S1 koşulu için HLM programında kullanılan çok düzeyli veri matrisi oluşturan kod dosyası EK 1'de, oluşturulan çok düzeyli veri matrisi için modeli belirleyen ve ÇDMTM analizini yapan HLM kod dosyası EK 2'de verilmiştir.

Çalışmada ÇDMTM ile karşılaştırması planlanan MTM yöntemlerinden eşzamanlı kalibrasyon BILOG-MG ile gerçekleştirilmiştir. MTK ile eşitleme yönteminin karşılaştırıldığı çalışmalarda BILOG-MG ile eşitlemenin MTK eşitleme yöntemleri arasında en iyisi olduğu görülmektedir (Kim ve Cohen, 1998; Hanson ve Beguin, 1999; Hedegs ve Vevea, 1997, Akt. Chu, 2002). Bu çalışmada alt grupların eşit olduğu varsayıldığından tek grup eşzamanlı eşitleme kullanılmıştır. BILOG-MG ile ilk olarak DMF'li maddeler göz ardı edilerek, ikinci olarak DMF'li maddeler silinerek analizler yürütülmüştür. BILOG-

MG madde parametrelerini kestirmede EM metodu ve Newton-Gauss iterasyonları kullanan marjinal maksimum olabilirlik kullanmaktadır. BILOG-MG'de yetenek kestirimi expected a posteriori (EAP) yöntemi ile yapılmıştır. S1 koşulu için eşzamanlı eşitlemenin gerçekleştirildiği BILOG-MG programında kullanılan kod dosyası EK 3'de verilmiştir.

Çalışmada ÇDMTM ile karşılaştırılması planlanan MTM yöntemlerinden ayrı kalibrasyon için ilk olarak parametre kestirimi PARSCALE 4.1 ile gerçekleştirilmiş, daha sonra kestirilen parametrelerin aynı ölçeğe Stocking-Lord yöntemi ile yerleştirilmesi için IRTEQ programı kullanılmıştır. S1 koşuluna ait PARSCALE kod dosyası EK 4'de, IRTEQ kod dosyası ise EK 5'de verilmiştir. Çalışmada her bir koşul için türetilen 50 veri setini bir kerede analiz edebilmek için yukarıda adı geçen 4 program R yazılımı ile batch dosyaları üzerinden çalıştırılmıştır.

3.7. Değerlendirme Ölçütleri ve Verilerin Analizi

Çalışmada parametre kestiriminin tutarlılığını incelemek için tekrarlar arasında madde ve yetenek parametreleri için 3 farklı eşitleme hatası hesaplanmıştır. Bunlar RMSE (eşitleme hatası), BIAS (eşitleme yanlılığı) ve SE (standart hata) değerleridir. BIAS ve SE, RMSE'nin iki bileşenidir ($RMSE^2(MSE)=BIAS^2+SE^2$).

Sistemik hata olarak adlandırılan BIAS, kestirilen parametre değeri ile gerçek parametre değeri arasındaki farkın toplamının tekrar sayısına bölünmesi ile elde edilir. Bu çalışmada negatif ve pozitif BIAS değerinin yorumlamalarda getireceği karışıklığı önlemek için BIAS değerinin karesi hesaplanmıştır. RMSE ise kestirilen parametre değeri ile gerçek parametre değeri arasındaki farkın kareleri toplamının tekrar sayısına oranının karekökünü gösterir ve bu değer toplam hata olarak da adlandırılır.

Eşitleme performansını değerlendirmek için her bir simülasyon koşulu için tüm madde ve yetenek parametrelerinde RMSE, BIAS ve SE değerleri hesaplanır, elde edilen değerlerden özet sonuçlara ulaşmak için de ortalamaları alınır.

Denklem 32'den 34'e kadar RMSE, BIAS ve SE'nin formülleri verilmiştir.

$$\text{RMSE}(\hat{\tau}_j) = \sqrt{\frac{1}{R} \sum_{j=1}^R (\hat{\tau}_{jr} - \tau_j)^2} \quad (32)$$

$$\text{squared BIAS}(\hat{\tau}_j) \text{ kare} = \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \hat{\tau}_{jr} - \tau_j \right)^2 \quad (33)$$

$$\text{SE}(\hat{\tau}_j) = \sqrt{\frac{1}{R} \sum_{j=1}^R \left(\hat{\tau}_{jr} - \frac{1}{R} \sum_{j=1}^R \hat{\tau}_{jr} \right)^2} \quad (34)$$

τ_j : j parametresinin gerçek değeri,

$\hat{\tau}_{jr}$: tekrar eden veri seti ($r=1,2,\dots,R$) için j parametresinin kestirilen değeri

R: tekrar sayısı

Yetenek parametresi kestirimi için RMSE'nin ortalaması

$$\bar{X}_{RMSE} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \text{RMSE}(\hat{\theta}_j) \quad (35)$$

J: toplam birey sayısı

Madde parametresi kestirimi için RMSE'nin ortalaması

$$\bar{X}_{RMSE} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \text{RMSE}(\hat{b}_j) \quad (36)$$

J: toplam madde sayısı

Ortalama SE ve BIAS değerleri de benzer şekilde hesaplanmıştır. İyi bir yöntem düşük yanlılığa ve düşük RMSE değerlerine sahip olmalıdır. Bu ölçütler kestirilen parametre değerlerinin gerçek parametre değerine ne kadar yakın olduğunu gösterir.

RMSE, BIAS ve SE hata değerleri hesaplandıktan sonra çalışmada ele alınan koşulların (örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF'li bulunan test ve DMF etki büyüklüğü) eşitleme yöntemleri üzerindeki etkilerinin manidarlığını test etmek için varyans analizi yapılmıştır. Koşullar ve aralarındaki tüm etkileşimlerle bir model kurulduğunda hataların serbestlik derecesi sıfır olduğundan dolayı analiz yapılamamıştır. Bu nedenle sadece ana etkiler ile 2 yönlü etkileşimler test edilmiştir. Çok fazla sayıda anlamlılık testi uygulandığından, ortaya çıkan hatayı kontrol etmek amacı ile Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır (anlamlılık düzeyi

0.002). Buna ek olarak, değişkenlerin yöntemlerin performansı üzerindeki etkilerini göstermek amacı ile eta kare değerleri de rapor edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırmanın bulguları, araştırma problemleri çerçevesinde ele alınan eşitleme hatası (RMSE), eşitleme yanlılığı (BIAS) ve standart hata (SE) ölçütlerine göre incelenmiştir. Araştırmada tüm alt problemler DMF bulunan testte, DMF etki büyüklüğüne, örneklem büyüklüğüne ve test uzunluklarına göre karşılaştırıldığı için araştırmanın bulgularını vermeden önce karşılaştırılması planlanan koşullar açıklanmıştır.

DMF bulunan teste göre eşitleme hatalarının nasıl değiştiğini anlamak için DMF'li maddenin bulunduğu testler; aynı örneklem büyüklüğü, test uzunluğu ve etki büyüklüğü durumları için karşılaştırılmıştır. Örneklem büyüklüğü, test uzunluğu ve etki büyüklüğünün aynı olduğu durumlarda, DMF'li maddenin bulunduğu testlere göre yapılan eşitlemelerin hataları, Tablo 4.1.'de aynı satırda verilen simülasyon koşulları karşılaştırılarak incelenmiştir.

Tablo 4.1. DMF bulunan testte göre yapılan karşılaştırmalar

Örneklem Büyükülüğü	Test Uzunluğu	DMF Etki Büyükülüğü	DMF Bulunan Test		
			ET	ET-OT	OT
500-500	20	B	S1	S2	S3
500-500	20	C	S4	S5	S6
500-500	40	B	S7	S8	S9
500-500	40	C	S10	S11	S12
2000-2000	20	B	S13	S14	S15
2000-2000	20	C	S16	S17	S18
2000-2000	40	B	S19	S20	S21
2000-2000	40	C	S22	S23	S24

*OT: ortak test, ET: eşitlenecek test.

DMF etki büyüklüğüne göre eşitleme hatalarının nasıl değiştiğini anlamak için farklı etki büyüklükleri, aynı örneklem büyüklüğü, test uzunluğu ve DMF'li maddenin bulunduğu test koşulları için karşılaştırılmıştır. Örneklem büyüklüğü, test uzunluğu ve DMF'li maddenin bulunduğu testin aynı olduğu durumlarda, DMF etki büyüklüğüne göre yapılan eşitlemelerin hataları, Tablo 4.2.'de aynı satırda verilen simülasyon koşulları karşılaştırılarak incelenmiştir.

Tablo 4.2. DMF etki büyüklüğüne göre yapılan karşılaştırmalar

Örneklem Büyüklüğü	Test Uzunluğu	DMF Bulunan Test	DMF Etki Büyüklüğü	
			B	C
500-500	20	ET	S1	S4
500-500	20	ET-OT	S2	S5
500-500	20	OT	S3	S6
500-500	40	ET	S7	S10
500-500	40	ET-OT	S8	S11
500-500	40	OT	S9	S12
2000-2000	20	ET	S13	S16
2000-2000	20	ET-OT	S14	S17
2000-2000	20	OT	S15	S18
2000-2000	40	ET	S19	S22
2000-2000	40	ET-OT	S20	S23
2000-2000	40	OT	S21	S24

*OT: ortak test, ET: eşitlenecek test.

Örneklem büyüklüğüne göre eşitleme hatalarının nasıl değiştiğini anlamak için farklı örneklem büyüklükleri, aynı etki büyüklüğü, test uzunluğu ve DMF’li maddenin bulunduğu test koşulları için karşılaştırılmıştır. DMF etki büyüklüğü, test uzunluğu ve DMF’li maddenin bulunduğu testin aynı olduğu durumlarda, örneklem büyüklüğüne göre yapılan eşitlemelerin hataları, Tablo 4.3.’de aynı satırda verilen simülasyon koşulları karşılaştırılarak incelenmiştir.

Tablo 4.3. Örneklem büyüklüğüne göre yapılan karşılaştırmalar

Test Uzunluğu	DMF Etki Büyüklüğü	DMF Bulunan Test	Örneklem Büyüklüğü	
			500	2000
20	B	ET	S1	S13
20	B	ET-OT	S2	S14
20	B	OT	S3	S15
20	C	ET	S4	S16
20	C	ET-OT	S5	S17
20	C	OT	S6	S18
40	B	ET	S7	S19
40	B	ET-OT	S8	S20
40	B	OT	S9	S21
40	C	ET	S10	S22
40	C	ET-OT	S11	S23
40	C	OT	S12	S24

*OT: ortak test, ET: eşitlenecek test.

Test uzunluğuna göre eşitleme hatalarının nasıl değiştiğini anlamak için farklı test uzunlukları, aynı etki büyüklüğü, örneklem büyüklüğü ve DMF’li maddenin bulunduğu test koşullarında karşılaştırılmıştır. DMF etki büyüklüğü, örneklem

büyüklüğü ve DMF'li maddenin bulunduğu testin aynı olduğu durumlarda, test uzunluğuna göre yapılan eşitlemelerin hataları Tablo 4.4.'de aynı satırda verilen simülasyon koşulları karşılaştırılarak incelemiştir.

Tablo 4.4. Test uzunluğuna göre yapılacak olan karşılaştırmalar

<i>Örneklem Büyüklüğü</i>	<i>DMF Etki Büyüklüğü</i>	<i>DMF Bulunan Test</i>	<i>Test Uzunluğu</i>	
			<i>20</i>	<i>40</i>
500-500	B	ET	S1	S7
500-500	B	ET-OT	S2	S8
500-500	B	OT	S3	S9
500-500	C	ET	S4	S10
500-500	C	ET-OT	S5	S11
500-500	C	OT	S6	S12
2000-2000	B	ET	S13	S19
2000-2000	B	ET-OT	S14	S20
2000-2000	B	OT	S15	S21
2000-2000	C	ET	S16	S22
2000-2000	C	ET-OT	S17	S23
2000-2000	C	OT	S18	S24

*OT: ortak test, ET: eşitlenecek test.

ÇDMTM, MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon, MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yöntemleri ile DMF bulunan maddeler içeren testler eşitlendiğinde, madde parametrelerine ait eşitleme hatalarından RMSE, 20 maddelik koşullar için (S1-S12) EK 6 - EK 8 arasında, 40 maddelik koşullar için ise (S13-S24) EK 9 - EK 11 arasında; madde parametrelerine ait eşitleme yanlılığı olan BIAS, 20 maddelik koşullar için EK 12 - EK 14 arasında, 40 maddelik koşullar için ise EK 15 - EK 17 arasında verilmiştir. Madde ve yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları EK 18 - EK 23 arasında, DMF'li maddelerin testten çıkarıldığı durumlardaki ortalama eşitleme hataları ise EK 24 – EK 29 arasında yer almaktadır.

Alt problemlerin çözümünde EK 6 - EK 29 arasında verilen RMSE, BIAS ve SE tablolarının daha anlaşılır olması için her bir koşul için elde edilen sonuçlar grafikler halinde verilmiştir. Alt problemlerde verilen grafiklerde 2 düzeyli 1PL-MTM eşzamanlı eşitleme ÇDMTM, geleneksel tek grup eşzamanlı eşitleme MTM-EK ve karakteristik eğri dönüştürme yöntemlerinden SL ise MTM-AK, DMF'li maddelerin çıkarılması durumunda geleneksel tek grup eşzamanlı

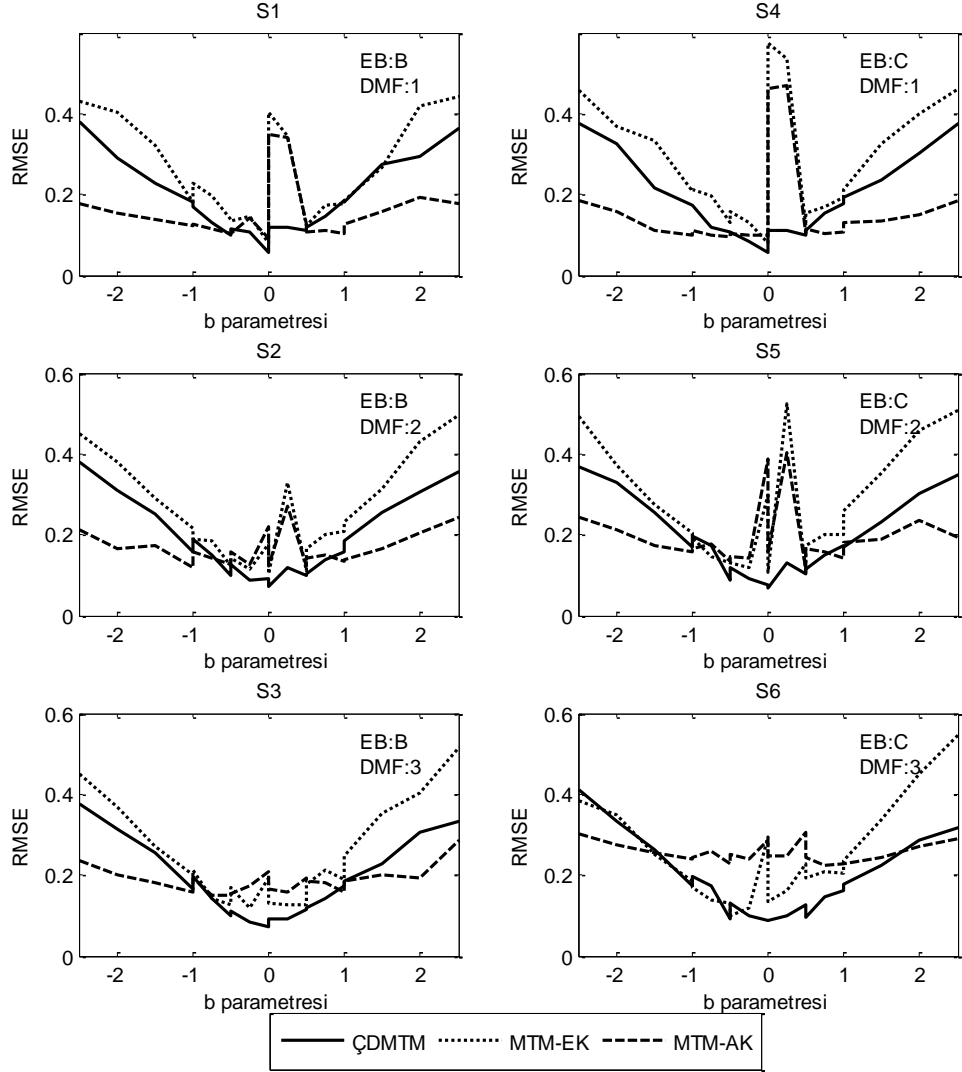
eşitleme MTM-EK2 ve karakteristik eğri dönüştürme yöntemlerinden SL ise MTM-AK2 kısaltmaları ile kullanılmıştır.

4.1. Alt Problem 1'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyonla) eşitlendiğinde **küçük örnekleme madde parametrelerine ait eşitleme hatası** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

Bu alt problemin çözümünde karşılaştırmaların yapılmasında eşitleme hatalarından RMSE kullanılmıştır. Küçük örnekleme 20 maddelik test uzunluğuna sahip 6 koşulun eşitleme hatası grafikleri Şekil 4.1.'de, 40 maddelik test uzunluğuna sahip 6 koşulun eşitleme hatası grafikleri ise Şekil 4.2.'de verilmiştir. Şekil 4.1.'deki grafikler EK 6, EK 7 ve EK 8'de yer alan tablolara göre, Şekil 4.2.'deki grafikler ise EK 9, EK 10 ve EK 11'de yer alan tablolara göre oluşturulmuştur. Eşitleme yanlılığı olan BIAS değerlerinin grafikleri EK 30 ve EK 31'de, eşitlemenin standart hatası olan SE grafikleri ise EK 32 ve EK 33'de yer almaktadır.

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de madde parametrelerinin eşitleme hataları genel olarak incelendiğinde tüm koşullarda her üç yöntemde de b parametresinin uç değerlerinde hataların arttığı ve uç değerlerden en az etkilenen yöntemin MTM-AK olduğu görülmektedir. Araştırmada elde edilen bu bulgu, Chu ve Kamata (2000) tarafından yapılan araştırmada elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. DMF bulunan testten tüm madde parametrelerindeki (b'nin tüm değerlerinde) hata kestiriminde ÇDMTM ve MTM-EK'in etkilenmediği, MTM-AK'nın ise hata değerlerinin DMF'li maddeler ortak testte oldukça (S1'den S3'e, S4'den S6'ya, S7'den S9'a, S10'dan S12'ye) arttığı görülmektedir.

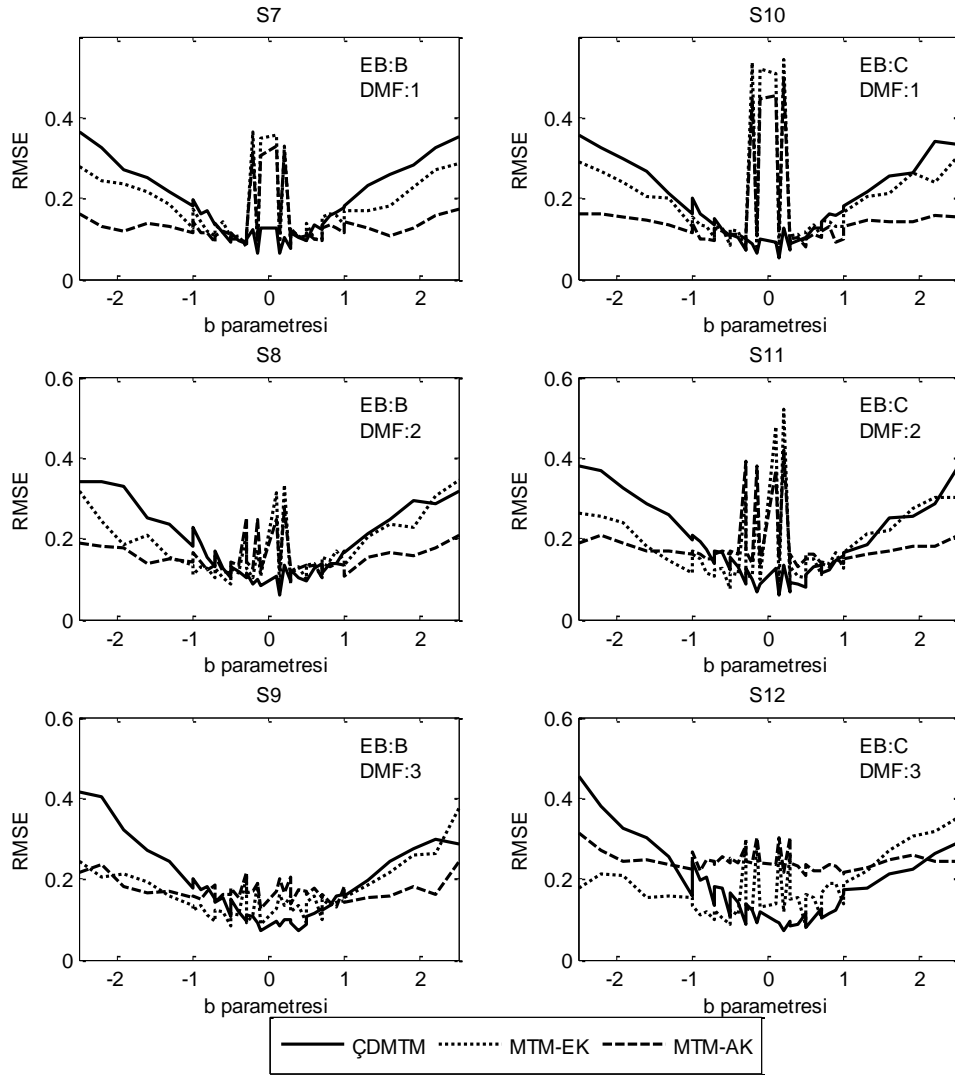


EB: Etki büyüklüğü; DMF:1, DMF'li maddeler eşitlenecek testte; DMF:2, DMF'li maddeler ortak testte; DMF:3, DMF'li maddeler hem eşitlenecek hem de ortak testte

Şekil 4.1. Küçük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de DMF içeren maddeler ile DMF içermeyen maddelerdeki eşitleme hatalarını karşılaştırmak amacıyla, her iki madde türünde aynı madde parametre değerine sahip olan maddeleri karşılaştırmak gerekmektedir. DMF'li maddeler orta güçlük değerindeki maddeler olduğu için orta güçlük değerindeki madde parametrelerinde grafiklerde oluşan ani artış DMF olan maddeleri işaret etmektedir. Bu artışın ÇDMTM'de görülmeyip, MTM'ye dayalı yöntemlerde görülmesi ÇDMTM yönteminin DMF içeren

maddelerden etkilenmediğinin göstergesidir. ÇDMTM, DMF varyansını modelden çıkartarak hem eşitleme yanlışlığı hem de standart hatayı azaltmıştır; bu sayede toplam hata RMSE’de düşmüştür. Bu bulgu Chu (2002) tarafından yapılan araştırmada elde edilen sonuçlarla tutarlıdır.



EB: Etki büyüklüğü; DMF:1, DMF’li maddeler eşitlenecek testte; DMF:2, DMF’li maddeler ortak testte; DMF:3, DMF’li maddeler hem eşitlenecek hem de ortak testte

Şekil 4.2. Küçük örnekleme 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.’de MTM’ye dayalı yöntemlerde DMF içeren maddelerdeki hata miktarı eşitlenecek testte en fazla olup onu sırasıyla her iki testte olduğu durum ve ortak testte olduğu durum takip etmektedir. DMF içeren

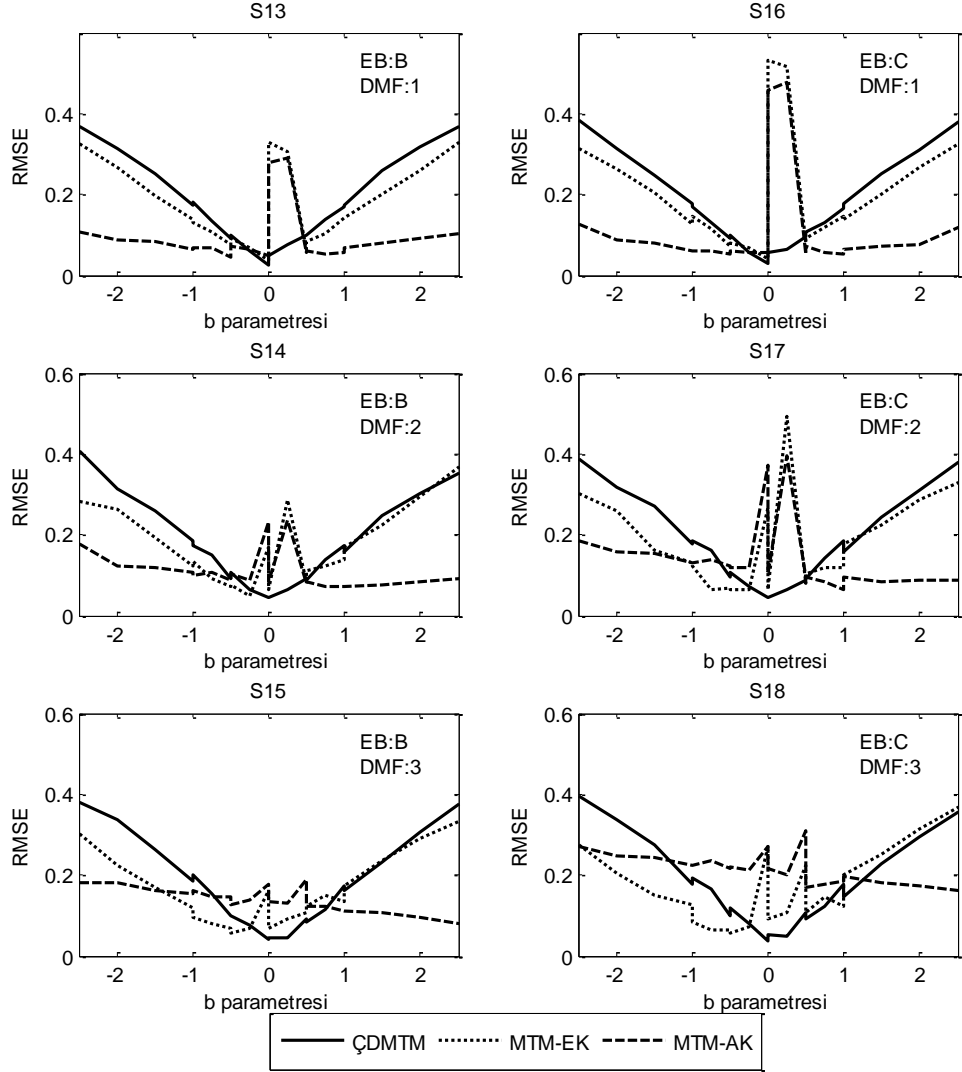
maddelerdeki hata miktarının eşitlenecek testte ortak teste göre daha fazla olmasının nedeni ortak testi alan birey sayısının eşitlenecek testi alan birey sayısının iki katı olması olarak açıklanabilir. Çünkü MTM'ye dayalı eşitleme yöntemlerinde örneklem büyüklüğü arttıkça kararlılık artar (Chu ve Kamata, 2000; Chu, 2002). DMF'li maddelerdeki hata değerleri MTM'ye dayalı yöntemlerde incelendiğinde DMF'li madde eşitlenecek testte olduğu durumda MTM-AK yöntemindeki hatanın daha küçük olduğu, ortak testte olduğu durumlarda ise hatanın her iki yöntemde benzer olduğu görülmektedir.

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. DMF etki büyüklüğü açısından incelendiğinde, etki büyüklüğü arttıkça tüm madde parametrelerindeki hata değerlerinin ÇDMTM ve MTM'ye dayalı eşzamanlı eşitlemede yaklaşık aynı kaldığı, MTM-AK yönteminde ise arttığı ve artışın DMF'li maddelerin ortak testte olduğu durumda en çok olduğu görülmektedir. DMF içeren maddelerdeki hata değerlerinin, etki büyüklüğü arttıkça ÇDMTM yönteminde değişmediği, MTM'ye dayalı yöntemlerde ise arttığı ve bu artışın en çok DMF'li maddenin eşitlenecek testte olduğu durumda ortaya çıktığı görülmektedir.

4.2. Alt Problem 2'ye İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyonla) eşitlendiğinde **büyük örneklemede madde parametrelerine ait eşitleme hatası** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

Bu alt problemin çözümünde birinci alt problemde olduğu gibi karşılaştırmaların yapılmasında eşitleme hatalarından RMSE kullanılmıştır. Büyük örneklemede 20 maddelik test uzunluğuna sahip 6 koşulun eşitleme hatası grafikleri Şekil 4.3.'de, 40 maddelik test uzunluğuna sahip 6 koşulun eşitleme hatası grafikleri ise Şekil 4.4.'de verilmiştir. Şekil 4.3.'deki grafikler EK 6, EK 7 ve EK 8'de yer alan tablolara göre, Şekil 4.4.'deki grafikler ise EK 9, EK 10 ve EK 11'de yer alan tablolara göre oluşturulmuştur. Eşitleme yanlılığı olan BIAS değerlerinin grafikleri EK 34 ve EK 35'de, eşitlemenin standart hatası olan SE grafikleri ise EK 36 ve EK 37'de verilmiştir.

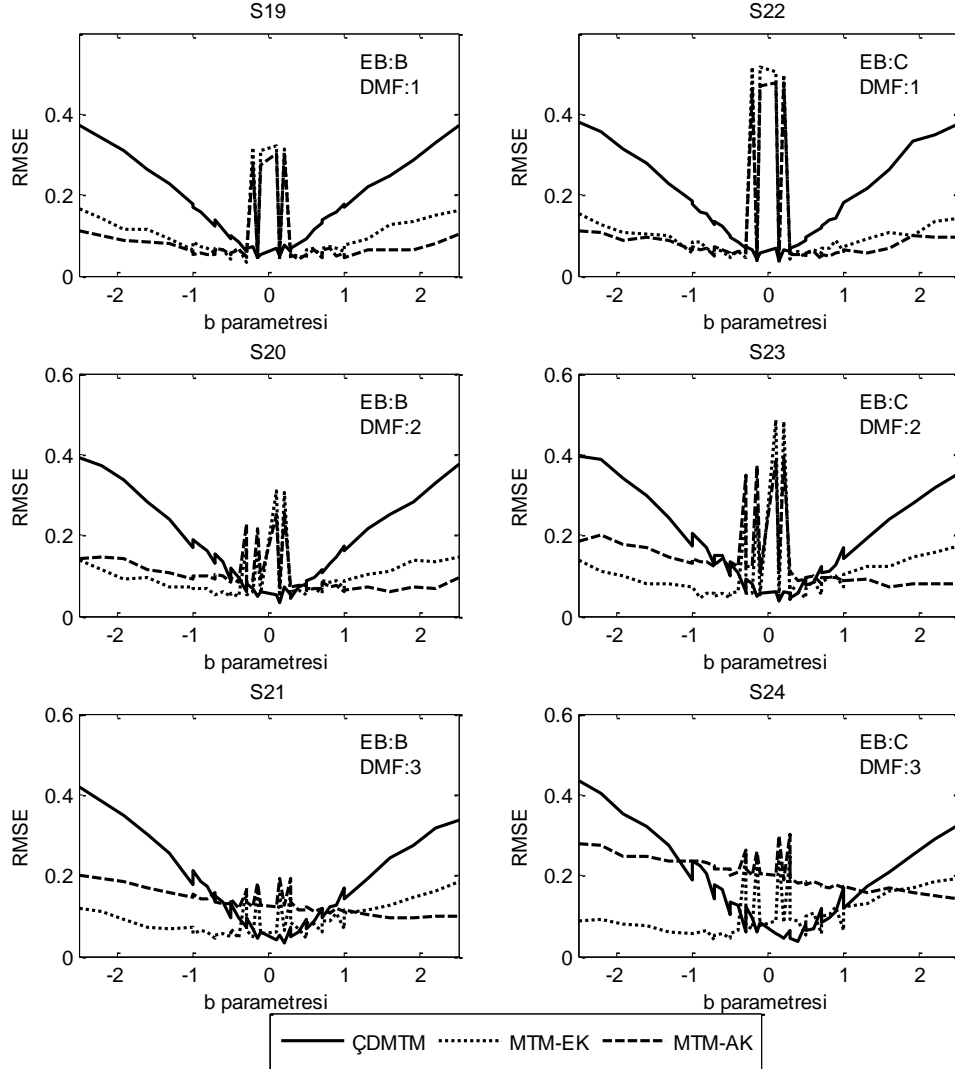


EB: Etki büyüklüğü; DMF:1, DMF'li maddeler eşitlenecek testte; DMF:2, DMF'li maddeler ortak testte; DMF:3, DMF'li maddeler hem eşitlenecek hem de ortak testte

Şekil 4.3. Büyük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de madde parametrelerin eşitleme hataları genel olarak incelendiğinde ÇDMTM ve MTM-EK yöntemlerinde b parametresinin uç değerlerinde hataların arttığı, MTM-AK yönteminin ise b parametresinin uç değerlerinden etkilenmediği görülmektedir. DMF bulunan testin, tüm madde parametrelerindeki (b'nin tüm değerlerinde) etkisi incelendiğinde koşullar arasında ÇDMTM ve MTM-EK yöntemleri arasında çok farklılık olmadığı, MTM-AK yönteminde ise hata değerlerinin DMF'li maddeler ortak testte (S13'den

S15'e, S16'dan S18'e, S19'dan S21'e, S22'den S24'e) oldukça arttığı görülmektedir.



EB: Etki büyüklüğü; DMF:1, DMF'li maddeler eşitlenecek testte; DMF:2, DMF'li maddeler ortak testte; DMF:3, DMF'li maddeler hem eşitlenecek hem de ortak testte

Şekil 4.4. Büyük örneklemede 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme hataları

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de DMF içeren maddeler ile DMF içermeyen maddelerdeki RMSE değerlerini karşılaştırmak amacıyla, her iki madde türünde aynı madde parametre değerine sahip olan maddeleri karşılaştırmak gerekmektedir. DMF'li maddeler orta güçlük değerindeki maddeler olduğu için orta güçlük değerindeki madde parametrelerinde grafiklerde oluşan ani artış

DMF olan maddeleri işaret etmektedir. Bu artışın ÇDMTM grafiklerinde görülmeyip, MTM'ye dayalı yöntemlerde görülmesi ÇDMTM yönteminin DMF içeren maddelerden etkilenmediğinin göstergesidir.

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de MTM'ye dayalı yöntemlerde DMF içeren maddelerdeki hata miktarı eşitlenecek testte en fazla iken, ortak testte en azdır. DMF içeren maddelerdeki hata miktarının eşitlenecek testte ortak testte göre daha fazla olmasının nedeni ortak testi alan birey sayısının ortak olmayan testleri alan birey sayısının iki katı olması olarak açıklanabilir. Çünkü MTM'ye dayalı eşitleme yöntemlerinde örneklem büyüklüğü arttıkça kararlılık artar (Chu ve Kamata, 2000; Chu, 2002). DMF'li maddelerdeki hata değerleri MTM-EK ve MTM-AK için karşılaştırıldığında DMF'li madde eşitlenecek testte olduğu durumda MTM-AK'daki hatanın daha küçük olduğu, ortak testte olduğu durumlarda ise hatanın benzer olduğu görülmektedir.

Grafikler DMF etki büyüklüğü açısından incelendiğinde, etki büyüklüğü arttıkça madde parametrelerindeki hata değerlerinin ÇDMTM ve MTM'ye dayalı eş zamanlı eşitleme yöntemlerinde yaklaşık aynı kaldığı, MTM-AK yöntemindeki artışın ise DMF'li maddelerin ortak testte olduğu durumda en çok olduğu Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de görülmektedir. DMF içeren maddelerdeki hata değerlerinin, etki büyüklüğü arttıkça ÇDMTM yönteminde değişmediği, MTM'ye dayalı yöntemlerde ise arttığı ve bu artışın en çok DMF'li maddenin eşitlenecek testte olduğu durumda ortaya çıktığı Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de görülmektedir.

4.3. Alt Problem 3'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle eşitlendiğinde (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon) **madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

ÇDMTM, MTM-EK ve MTM-AK yöntemleri ile DMF olan maddeler içeren testler eşitlendiğinde, b parametresine ilişkin hataların ortalama değerlerinden RMSE EK 18'de, BIAS EK 19'da, SE EK 20'de yer almaktadır. Bu alt problemin çözümünde çalışmada ele alınan koşulların (örneklem büyüklüğü, test

uzunluğu, DMF'li bulunan test ve DMF etki büyüklüğü) madde parametrelerinin eşitleme hatalarına etkilerini belirlemek amacı ile üç hata değeri için ayrı ayrı varyans analizi uygulanmıştır. Anlamli etkilerin yöntemlere göre F değeri ve etki büyüklükleri Tablo 4.5.'de yer almaktadır. ANOVA sonuçlarında anlamli çıkan koşulların nasıl değıştiğinin daha net anlaşılabilmesi için hata değeri ortalamasına ait grafikler küçük örneklem için Şekil 4.5.'de, büyük örneklem için ise Şekil 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.5.'de yer alan madde parametrelerine ilişkin eşitleme hatası (RMSE) değeri ANOVA sonuçları incelendiğinde, örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu ana etkilerinin her üç yöntemde de manidar olduğu görölmektedir. DMF bulunan test ve DMF etki büyüklüğü ana etkileri ise sadece MTM'ye dayalı yöntemlerde manidar bulunurken, ÇDMTM'de bir fark yaratmamıştır. Etkileşim etkilerinden örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşimi MTM-EK'da manidar iken, DMF bulunan testin örneklem büyüklüğü ve etki büyüklüğü ile etkileşimi MTM-AK yönteminde manidardır.

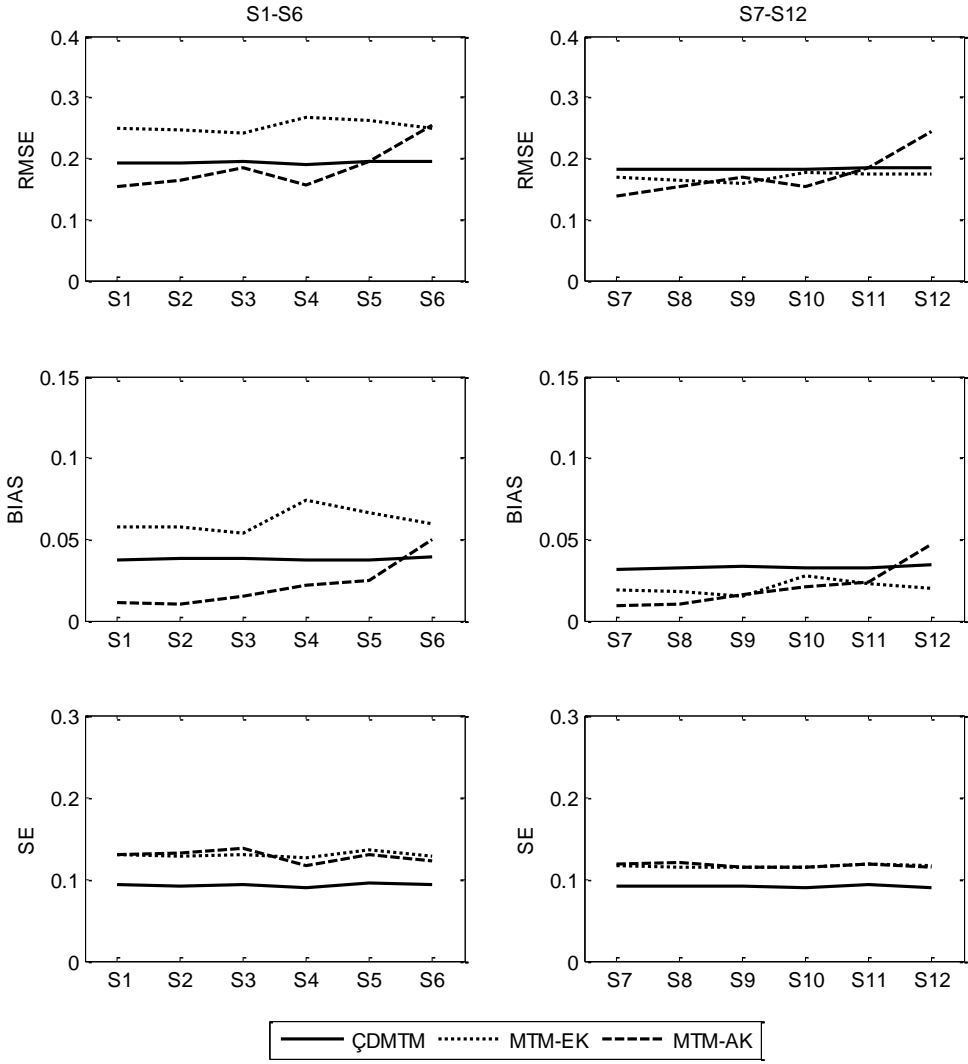
Tablo 4.5.'de yer alan madde parametrelerine ilişkin eşitleme yanlılığı (BIAS) değeri ANOVA sonuçları incelendiğinde örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu ana etkisinin ÇDMTM ve MTM'ye dayalı eş zamanlı eşitleme yöntemlerinde manidar olduğu, MTM-AK yönteminde ise manidar olmadığı görölmektedir. DMF bulunan test ve etki büyüklüğü ana etkilerinin ise MTM'ye dayalı yöntemlerde manidar olduğu, ÇDMTM yönteminde ise fark olmadığı görölmektedir. Etkileşim etkilerinden örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşimi MTM-EK'da manidar iken, DMF bulunan test ve etki büyüklüğü etkileşimi ise MTM-AK yönteminde manidardır.

Tablo 4.5. Madde parametrelerine ait hata değerleri için manidar bulunan ANOVA sonuçları

<i>Hatalar</i>	<i>Etkiler</i>	<i>sd</i>	<i>Yöntemler</i>					
			<i>MTM-EK</i>		<i>MTM-AK</i>		<i>ÇDMTM</i>	
			<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2
<i>RMSE</i>	<i>Örneklem Büy (OB)</i>	1	4705.02*	.99	2151.21*	.99	381.403*	.98
	<i>Test uzunluğu (TU)</i>	1	4645.33*	.99	53.122*	.85	515.521*	.98
	<i>DMF bulunan test (DBT)</i>	2	19.190*	.81	1650.31*	.99	-	-
	<i>Etki Büyüklüğü (ET)</i>	1	99.307*	.92	1606.93*	.99	-	-
	<i>DBT * EB</i>	2	-	-	304.704*	.98	-	-
	<i>OB * DBT</i>	2	-	-	15.606*	.78	-	-
	<i>OB * TU</i>	1	23.751*	.73	-	-	-	-
<i>BIAS</i>	<i>Örneklem Büy (OB)</i>	1	1188.37*	.99	-	-	586.973*	.98
	<i>Test uzunluğu (TU)</i>	1	3565.51*	.99	-	-	553.438*	.98
	<i>DMF bulunan test (DBT)</i>	2	59.968*	.93	175.727*	.97	-	-
	<i>Etki Büyüklüğü (EB)</i>	1	175.168*	.95	657.468*	.99	-	-
	<i>DBT * EB</i>	2	-	-	56.922*	.93	-	-
	<i>OB * TU</i>	1	266.116*	.97	-	-	-	-
	<i>Örneklem Büy (OB)</i>	1	8452.89*	.99	-	-	10081.61*	.99
<i>SE</i>	<i>Test uzunluğu (TU)</i>	1	206.369*	.96	1630.29*	.99	-	-
	<i>DMF bulunan test (DBT)</i>	2	-	-	26.227*	.74	-	-
	<i>OB * TU</i>	1	33.019*	.786	-	-	-	-

*p<0.002

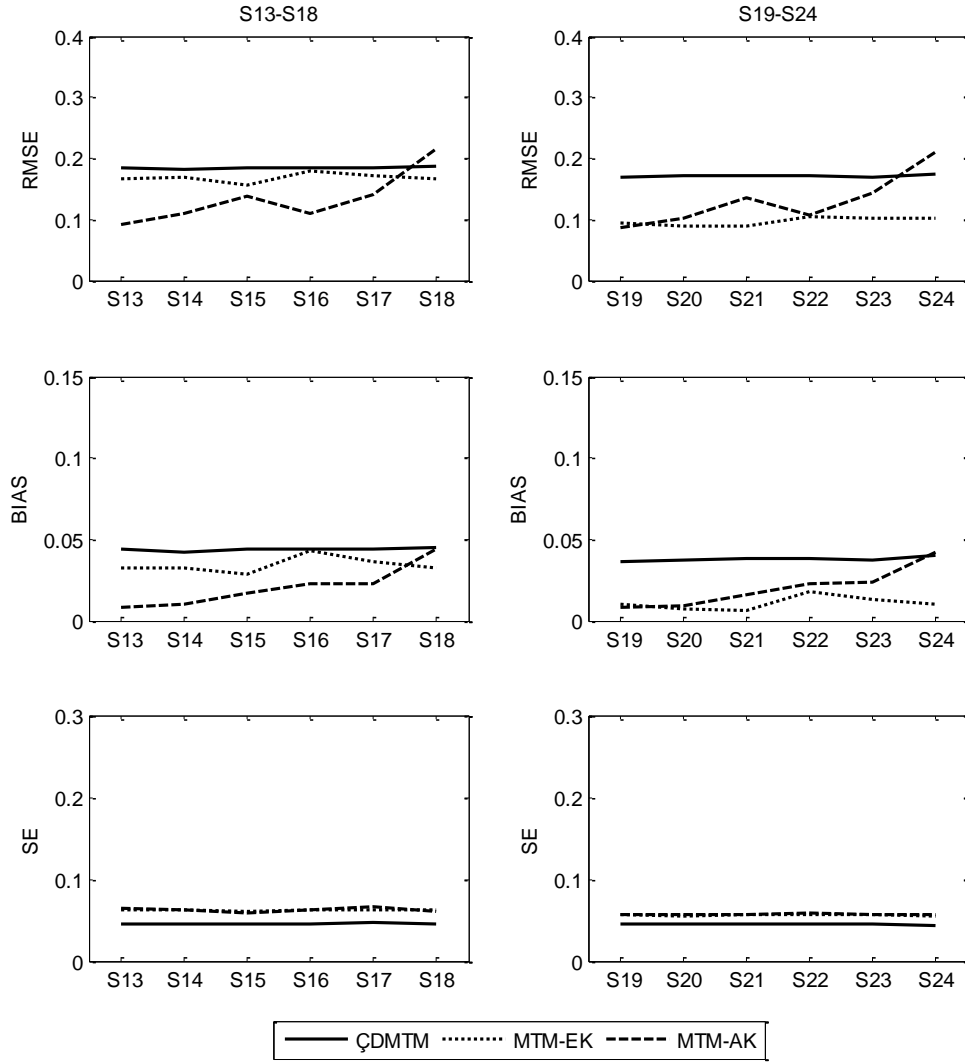
Tablo 4.5.'de yer alan madde parametrelerine ilişkin eşitlemenin standart hatası (SE) değerlerinin ANOVA sonuçları incelendiğinde örneklem büyüklüğü ana etkisinin eş zamanlı kalibrasyon yöntemlerinde manidar olduğu, test uzunluğu ana etkisinin ise MTM'ye dayalı yöntemlerde manidar olduğu görülmektedir. DMF bulunan test ana etkilerinin ise sadece MTM-AK yönteminde manidar olduğu görülmektedir. Etkileşim etkilerinden sadece örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşimi MTM-EK'da manidardır.



Şekil 4.5. Küçük örnekleme madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'daki grafikler karşılaştırılarak örneklem büyüklüğünün hataya etkisi incelendiğinde ÇDMTM yönteminde örneklem büyüklüğünün artması ile RMSE değerlerinde 0.10'luk bir düşüş, BIAS değerlerinde 0.10'luk bir artış gözlenirken, SE değerlerinde ise örneklem büyüklüğünün artması ile yarı yarıya azaldığı görülmektedir. Eşitlemenin standart hatası olarak bilinen tesadüfi hata, örneklem büyüklüğü ile ilişkilidir ve örneklem büyüklüğü arttıkça küçülür (Kolen ve Brennan, 2004). MTM-EK yönteminde ise her üç hata türünün de örneklem büyüklüğünün artması ile azaldığı açıkça görülmektedir. MTM-AK yönteminde ise örneklem büyüklüğünün artması SE ve RMSE değerlerinde

azalmaya neden olurken, BIAS değerlerinde değişikliğe neden olmamıştır. Şekil 4.5. ve Şekil 4.6'.da görülen bu sonuçlar ANOVA sonuçları ile de örtüşmektedir. Grafiklerde ANOVA sonuçlarında MTM-EK yönteminde anlamlı çıkan örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşim etkisi, örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu arttıkça hatanın en çok azaldığı yöntem olarak açıkça görülmektedir.



Şekil 4.6. Büyük örneklerde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da 20 maddelik ve 40 maddelik koşullar karşılaştırıldığında her üç hata türünde de ÇDMTM'ye ait değerlerin madde sayısının artması ile çok az azaldığı; madde sayısının artmasından en az etkilenen ikinci yöntemin MTM-AK olduğu ve MTM-AK yönteminde BIAS

değerinin test uzunluğundan etkilenmediği; madde sayısının artması ile hatanın en çok azaldığı yöntemin ise MTM-EK olduğu görülmektedir. Ayrıca madde sayısının artması MTM'ye dayalı yöntemlerde SE'yi düşürürken; ÇDMTM'de bir fark yaratmamıştır.

Şekil 4.5.ve Şekil 4.6.'da yer alan koşullarda hatanın DMF bulunan test ve DMF etki büyüklüğünü nasıl etkilediğini anlamak için ortalama RMSE ve BIAS değerleri incelendiğinde ÇDMTM yönteminin her iki koşuldan da etkilenmediği, MTM'ye dayalı yöntemlerde DMF etki büyüklüğü arttıkça hatanın arttığı ve bu artışın MTM-AK'da daha fazla olduğu, DMF'li maddeler ortak testte oldukça MTM-EK'da hatanın azaldığı MTM-AK'da ise arttığı görülmektedir. SE değerleri incelendiğinde ise, her üç yöntemin de DMF bulunan testten ve DMF etki büyüklüğünden etkilenmediği görülmektedir.

Dört ana etkiye ait Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da görülen farklılıklar ANOVA sonuçları ile de ortaya konmuştur. ANOVA sonuçlarında MTM-AK yönteminde anlamlı çıkan DMF bulunan test ile etki büyüklüğü etkileşimi DMF'nin ortak testte olduğu ve etki büyüklüğünün C olduğu S6, S12, S18 ve S24 koşullarında RMSE ve BIAS değerlerindeki ani artış ile görülmektedir.

Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'daki grafikler incelendiğinde küçük örneklem büyüklüğündeki 20 maddelik koşullar hariç tüm koşullarda ÇDMTM'nin en yüksek RMSE ve BIAS değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda ÇDMTM'ye ait yöntemlerin MTM'ye dayalı yöntemlerden daha küçük ya da benzer hata değerleri ürettiği bulunmuştur (Chu ve Kamata, 2000; Chu, 2002; Chu ve Kamata, 2005; Lupescu; 2002). Küçük örneklem ve kısa test koşullarında ÇDMTM'nin düşük hata değerleri vermesi yapılan çalışmaların sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir. Ancak bu çalışmada ele alınan diğer koşullarda ÇDMTM'ye ait hata değerlerinin, MTM'ye dayalı yöntemlerden büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu ile tutarlı bir çalışma olmamasının nedeninin bu çalışmada ele alınan koşulların daha önce ele alınmaması olduğu söylenebilir.

4.4. Alt Problem 4'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testler ÇDMTM'ye ve MTM'ye dayalı yöntemlerle eşitlendiğinde (eşzamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon), **yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

ÇDMTM, eş zamanlı kalibrasyon, ayrı kalibrasyon yöntemleri ile DMF olan maddeler içeren testler eşitlendiğinde, yetenek parametresine ilişkin hata ortalamalarının değerlerinden RMSE EK 21'de, BIAS EK 22'de, SE EK 23'de yer almaktadır. Bu alt problemin çözümünde çalışmada ele alınan koşulların (örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF'li bulunan test ve DMF etki büyüklüğü) madde parametrelerinin eşitleme hatalarına etkilerini belirlemek amacı ile üç hata değeri için ayrı ayrı varyans analizi uygulanmıştır. Anlamlı etkilerin yöntemlere göre F değerleri ve etki büyüklükleri Tablo 4.6.'da verilmiştir. ANOVA sonuçlarında anlamlı çıkan koşulların nasıl değiştiğinin daha net anlaşılabilmesi için hata değerlerinin ortalamasına ait grafikler küçük örneklem için Şekil 4.7.'de, büyük örneklem için ise Şekil 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Yetenek parametrelerine ait hata değerleri için manidar bulunan ANOVA sonuçları

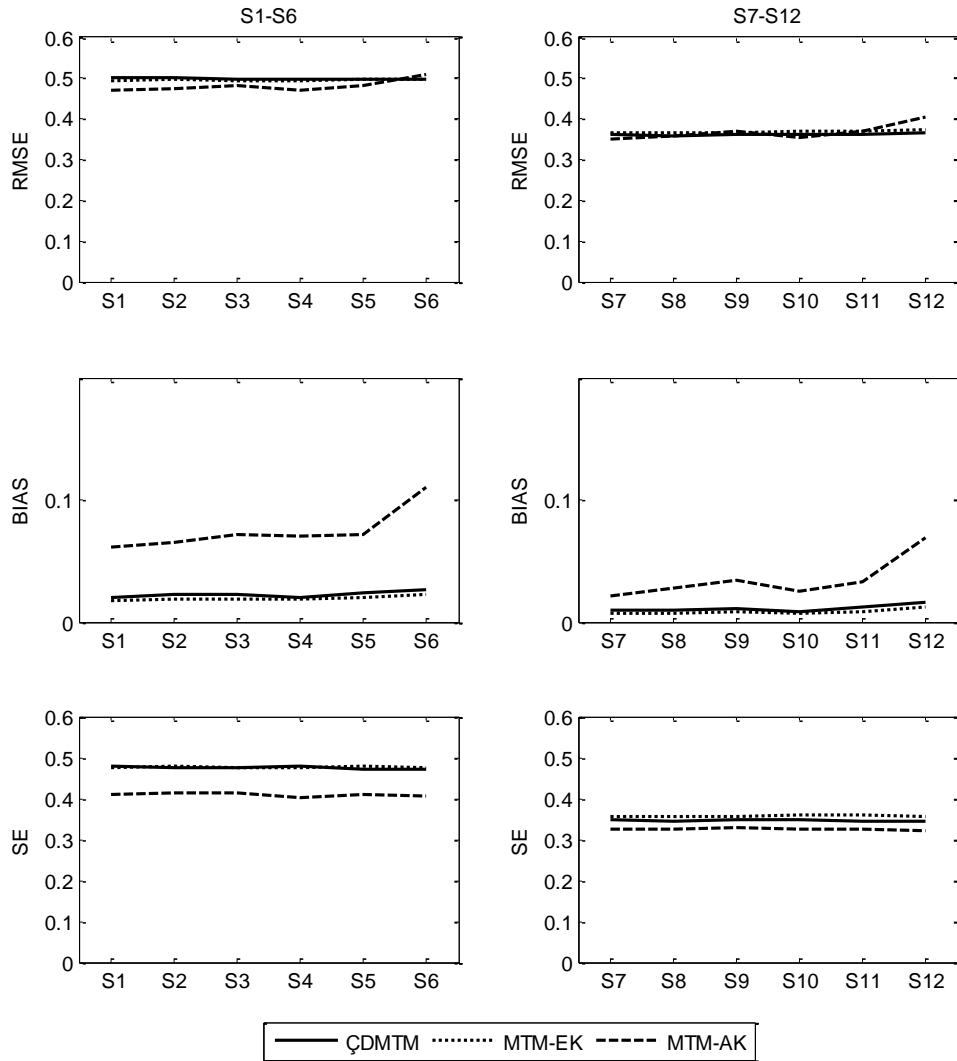
			Yöntemler					
			MTM-EK		MTM-AK		ÇDMTM	
Hatalar	Etkiler	sd	F	η^2	F	η^2	F	η^2
RMSE	Test uzunluğu (TU)	1	14075.27*	1	1298.19*	.99	8842.11*	1
	DMF bulunan test (DBT)	2	-	-	125.763*	.96	-	-
BIAS	Test uzunluğu (TU)	1	57.712*	.98	879.585*	.99	254.522*	.99
	DBT * EB	2	17.063*	.79	72.289*	.94	35.449*	0.89
	OB * TU	1	75.000*	.89	-	-	-	-
SE	Test uzunluğu (TU)	1	139690.11*	1	9713.28	.99*	64186.71*	1
	OB * TU	1	25.19*	.74	-	-	-	-

*p<0.002

Tablo 4.6.'da yer alan yetenek parametrelerinde üç hata türüne ait ANOVA sonuçları incelendiğinde, sadece test uzunluğu ana etkisinin her üç yöntemde

de manidar olduğu; DMF bulunan test ana etkisinin RMSE değerlerinin ise sadece MTM-AK yönteminde manidar olduğu görülmektedir.

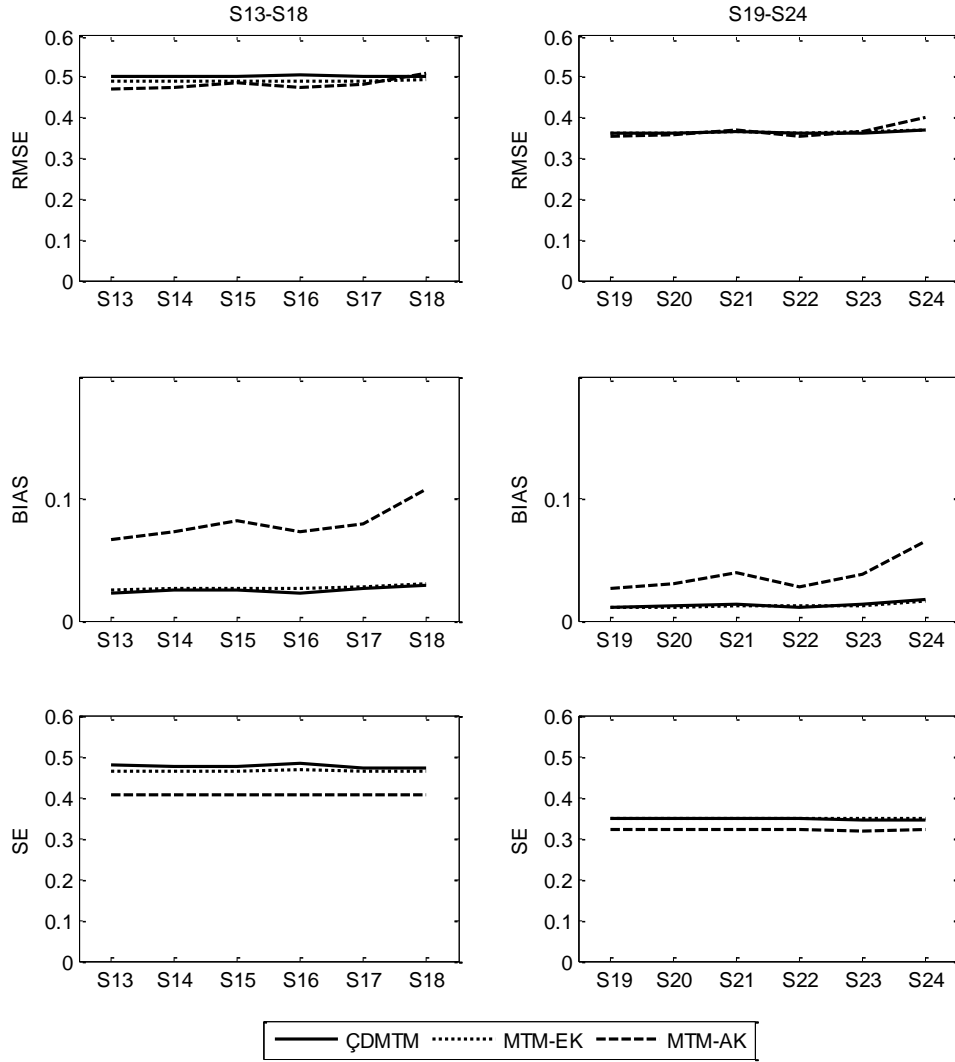
Tablo 4.6.'da yer alan yetenek parametrelerinde BIAS değerlerinin ANOVA sonuçları incelendiğinde, DMF bulunan test ile etki büyüklüğü etkileşiminin her üç yöntemde de manidar olduğu; ayrıca örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşiminin MTM-EK yönetimde manidar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Küçük örneklemde yetenek parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de yetenek parametrelerine ait RMSE'ler incelendiğinde 20 maddelik koşullarda ÇDMTM ile MTM-EK'nın birbirine benzer sonuçlar verdiği, bu iki yöntemin MTM-AK'dan daha yüksek RMSE'ler ürettiği

görülmüştür. Bu bulgu Chu ve Kamata (2000) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile tutarlıdır. 40 maddelik koşullarda ise her üç yöntem benzer RMSE değerleri üretmiştir. BIAS değerlerinin ise MTM-AK yönteminde eş zamanlı eşitleme yöntemlerinden yüksek olduğu, SE değerlerinin ise MTM-AK yönteminde eş zamanlı eşitleme yöntemlerinden düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Büyük örnekleme madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de yer alan 20 maddelik ve 40 maddelik koşullar karşılaştırıldığında her üç hata türünde de madde sayısının artmasının hata değerlerini düşürdüğü, madde sayısının artması ile hatanın en çok azaldığı

yöntemin MTM-AK olduğu ve bu azalmanın da en çok BIAS değerinde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de yer alan grafiklerde hatanın DMF bulunan test ve DMF etki büyüklüğünü nasıl etkilediğini anlamak için ortalama RMSE ve SE değerleri incelendiğinde her üç yöntemde de değerlerin belirtilen koşullardan etkilenmediği; MTM-AK yönteminde ise BIAS değerlerinin DMF'li madde ortak testte oldukça ve DMF etki büyüklüğü arttıkça, arttığı görülmektedir.

ANOVA sonuçlarında anlamlı çıkan test uzunluğu ana etkisi Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de görülen farklılıklar ile de ortaya konmuştur. ANOVA sonuçlarında her üç yöntemde BIAS değerlerinde anlamlı çıkan DMF bulunan test ile etki büyüklüğü etkileşimi en belirgin MTM-AK yönteminde görülmektedir. Bu durum DMF'nin ortak testte olduğu ve etki büyüklüğünün C olduğu S6, S12, S18, S24 koşullarda BIAS değerlerindeki ani artış ile dikkat çekmektedir.

Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'deki grafikler karşılaştırılarak örneklem büyüklüğünün eşitleme hatalarına etkisi incelendiğinde, üç yöntemde de etkisi olmadığı görülmektedir. Kolen ve Brennan (2004) örneklem büyüklüğünün yanlılık üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığını ve örneklem büyüklüğü arttıkça yanlılığın azalmadığını ifade etmişlerdir. Örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu etkileşim etkisi ANOVA sonuçlarında BIAS ve SE değerlerinde MTM-EK yönteminde anlamlı çıkmıştır.

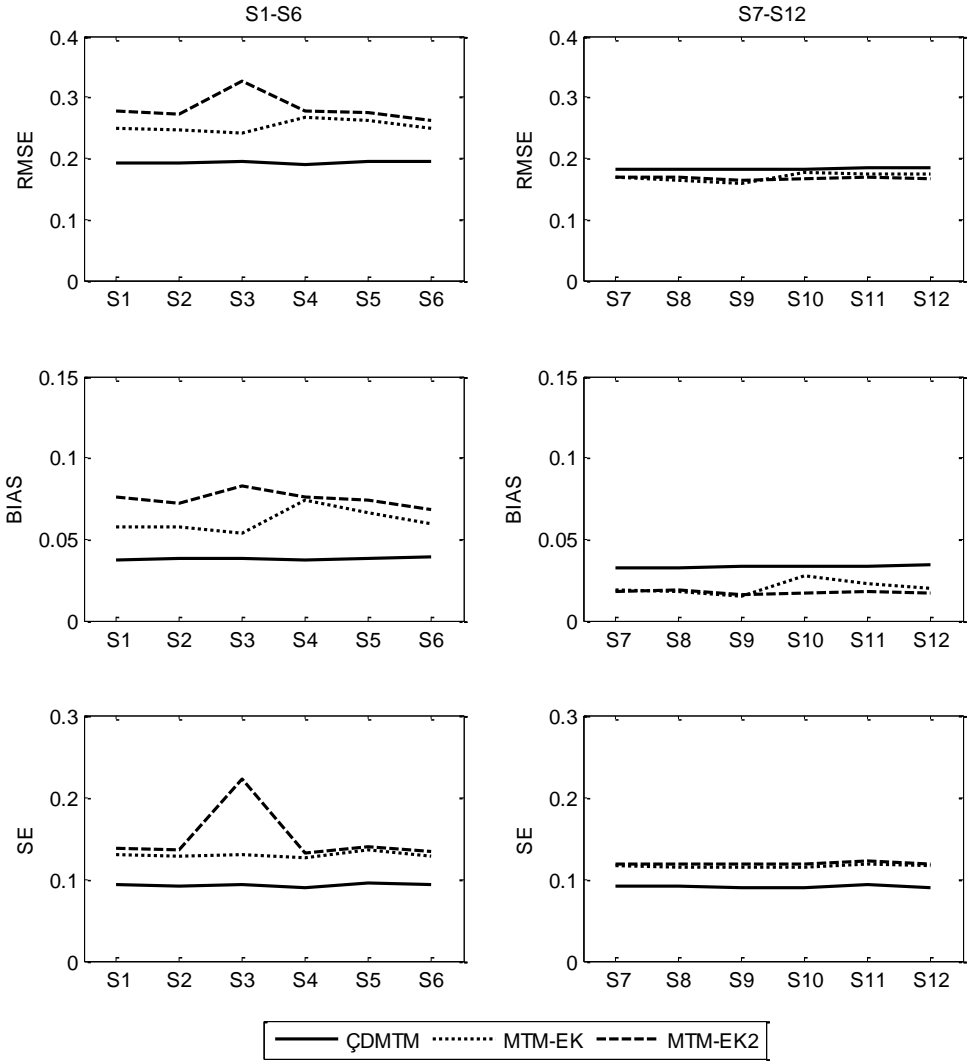
Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'deki grafiklerde en yüksek eşitleme yanlılığı değerlerinin MTM-AK yöntemine ait olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda eş zamanlı kalibrasyonun ayrı kalibrasyondan daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur (Kim ve Cohen, 2002; Hanson ve Beguin ,1999). Ayrıca yapılan çalışmalarda eşitleme performansının eşitleme basamakları ile ilişkili olduğu, bu nedenle tek aşamalı sürecin iki aşamalı süreçten daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kim ve Cohen, 1998; Hanson ve Beguin ,1999; Chu, 2002). Bu çalışmada da yapılan çalışmalarla tutarlı olarak en yüksek yanlılık değerlerinin MTM-AK'ya ait olduğu gözlenmiştir.

4.5. Alt Problem 5'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde **DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

Eş zamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon yöntemleri ile DMF olan maddeler silindikten sonra testler eşitlendiğinde, madde parametresine ilişkin hata ortalamalarının değerlerinden RMSE EK 24'de, BIAS EK 25'de, SE EK 26'de yer almaktadır. DMF'li maddelerin silinmesi durumunda eşzamanlı kalibrasyonla elde edilen sonuçlar MTM-EK2 ile gösterilmiş ve küçük örneklem için Şekil 4.9.'da, büyük örneklem için Şekil 4.10.'da verilmiştir. Yöntemler arasında karşılaştırmayı sağlamak amacıyla ÇDMTM ve maddeler silinmeden yapılan MTM-EK yöntemlerine de grafiklerde yer verilmiştir.

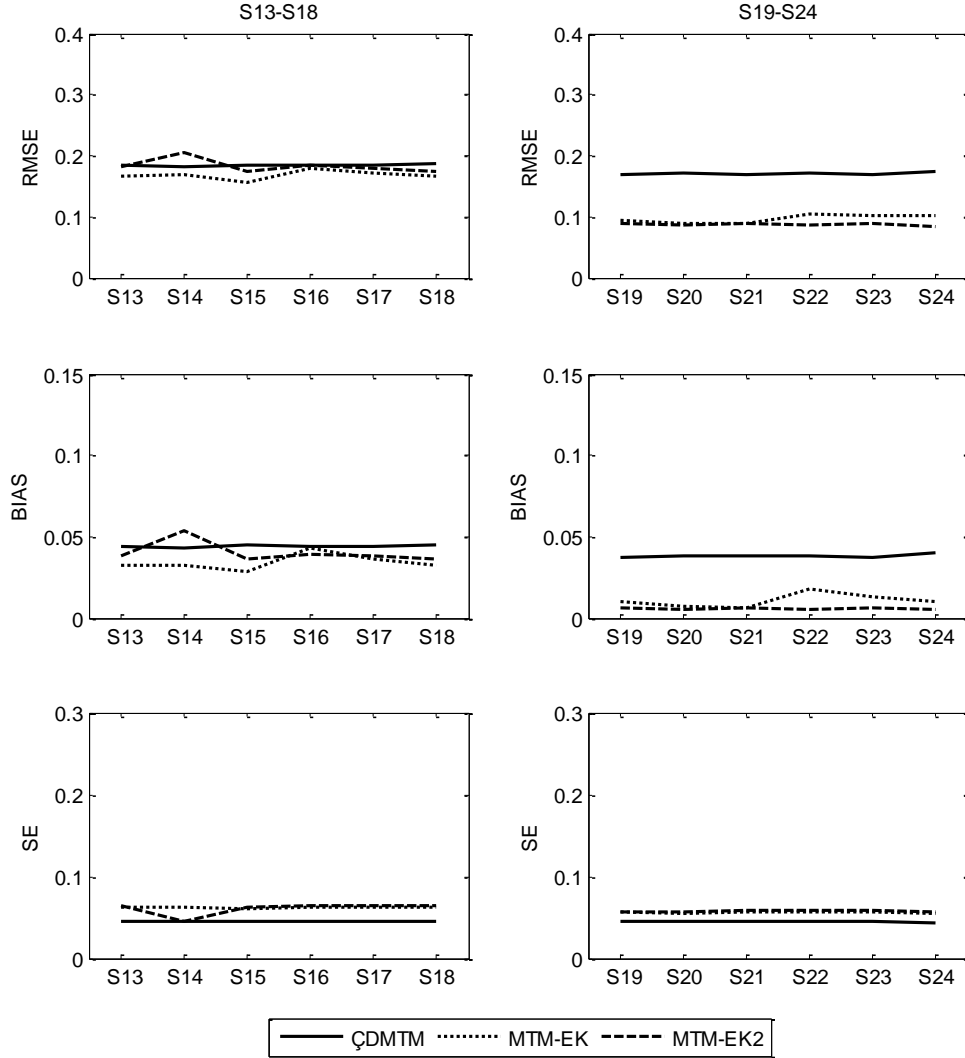
Şekil 4.9. ve Şekil 4.10. birlikte incelendiğinde DMF'li maddelerin testten çıkarılması durumunda, MTM-EK yönteminde test uzunluğunun 20 olduğu koşullarda hatalarda artış meydana geldiği görülmektedir. Hatalardaki artış küçük örnekleme ait koşullarda (S1-S6), büyük örnekleme ait koşullara (S13-S18) göre daha fazladır.



Şekil 4.9. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Küçük örneklem 20 maddelik koşullarda DMF'li maddelerin testten çıkarılması durumunda hata, etki büyüklüğünün B olduğu koşullarda (S1-S3, S13-S15) C olduğu koşullara (S4-S6, S16-S18) göre daha fazla artmıştır. Etki büyüklüğünün C olduğu koşullarda hatada artış en fazla 0.014 iken, etki büyüklüğünün B olduğu koşullarda artış en fazla 0.085'dir. En fazla hata artışının olduğu her iki durum da, DMF'li maddenin ortak testte olduğu durumdur. Çünkü ortak maddeler test formları arasında bağ kurar. Yapılan araştırmalar, ortak maddelerin sayısının artmasının eşitleme hatasını azalttığını göstermiştir (Kolen

ve Brennan, 2004). Özetle kısa test ve küçük örneklem kullanıldığı durumlarda testten madde çıkarmak eşitleme sürecini olumsuz etkilemiştir.



Şekil 4.10. Büyük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

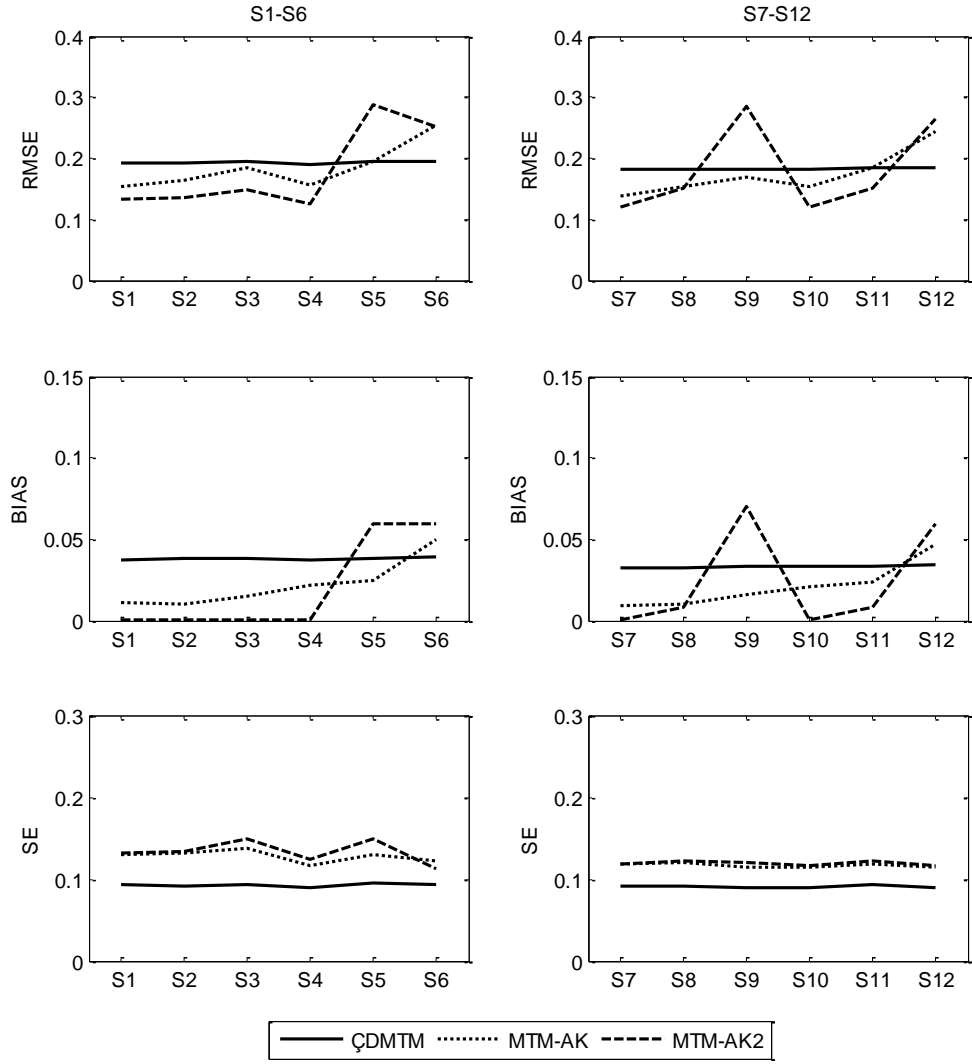
Büyük örnekleme 20 maddelik testlerde de DMF'li maddelerin çıkarılması hatayı artırmıştır; bu artış etki büyüklüğünün B olduğu koşullarda C'ye göre daha fazladır. Testten madde çıkartılmasının -özellikle ortak testten madde çıkarılmasının- test eşitlemeyi olumsuz etkileyeceği açıktır. Ancak çıkarılan maddelerde DMF etki büyüklüğü arttıkça bu durum hatalarda iyileşmeye de neden olabilir.

40 maddelik koşullarda (S7-S12,S19-S24) DMF'li maddelerin testten çıkarılması eşitleme hatalarını arttırmamış, aksine bazı durumlarda dūřürmüřtür. DMF'li maddelerin testten çıkarılması her iki örneklem büyüklüğünde de etki büyüklüğünün B olduğu koşullarda değişikliğe neden olmamış, etki büyüklüğünün C olduğu koşullarda ise eşitleme hatalarının dūřmesine neden olmuştur. Buradan ıkarılacak sonuç, yeterli test uzunluğu sağlandığında testten madde çıkarmanın eşitlemeyi olumsuz etkilemeyeceği olabilir.

4.6. Alt Problem 6'ya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde **DMF'li maddeler silindikten sonra MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** alışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

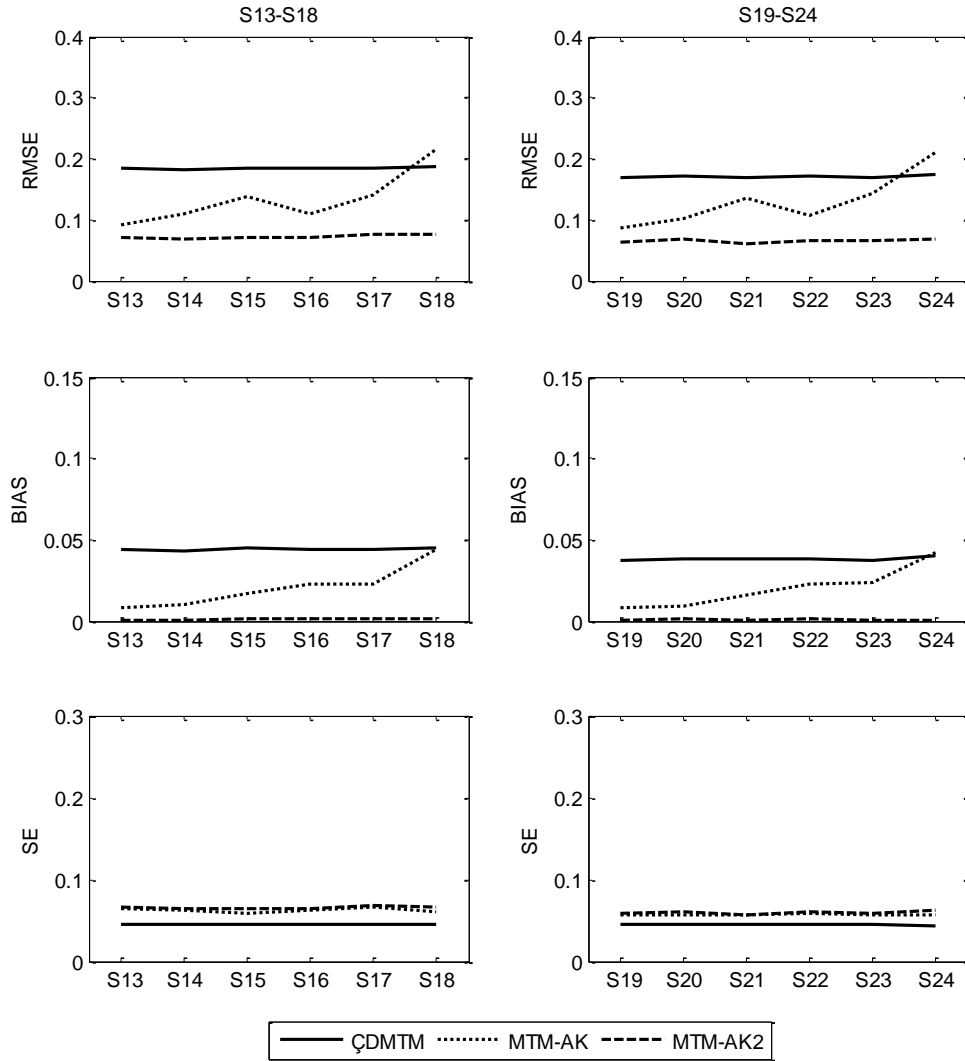
DMF'li maddelerin silinmesi durumunda ayrı kalibrasyonla elde edilen sonuçlar MTM-AK2 ile gösterilmiş ve küçük örneklem için Şekil 4.11.'de, büyük örneklem için Şekil 4.12.'de verilmiştir. Yöntemler arasında karşılaştırmayı sağlamak amacıyla DMTM ve maddeler silinmeden yapılan MTM-AK yöntemlerine de grafiklerde yer verilmiştir.



Şekil 4.11. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yöntemlerinde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.11. ve Şekil 4.12. birlikte incelendiğinde DMF'li maddeler testten çıkarıldığında sadece küçük örnekleme ait bazı koşullarda RMSE ve BIAS değerlerinin arttığı, büyük örnekleme hiçbir koşulda RMSE ve BIAS değerlerinin artmadığı görülmektedir. DMF'li maddelerin testten çıkarılması ile küçük örnekleme 20 maddelik koşullarda etki büyüklüğü B olduğunda RMSE ve BIAS değerleri düşmüş, C olduğunda ise artmıştır. 40 maddelik koşullara bakıldığında ise etki büyüklüğünden bağımsız olarak ortak testten madde çıkarmak RMSE ve BIAS değerlerinde artışa neden olmuştur. SE değerleri

incelendiğinde ise, 20 maddelik koşullarda artışa neden olduğu, 40 maddelik koşullarda ise farklılık yaratmadığı görülmektedir.



Şekil 4.12. Büyük örnekleme de DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.12. incelendiğinde büyük örnekleme de DMF'li maddelerin testten çıkarılması DMF bulunan testten bağımsız olarak tüm koşullarda RMSE değerlerini düşürmüştür. BIAS değerlerinin 0'a yaklaşma eğiliminde olduğu görülmektedir. Örneklem büyüklüğün artması MTM-AK eşitlemede hatayı çok azaltmış, madde sayısının azalmasından bile etkilemeyecek hale getirmiştir. Özetle, küçük örneklemlerde DMF'li maddelerin çıkarılıp madde sayısının

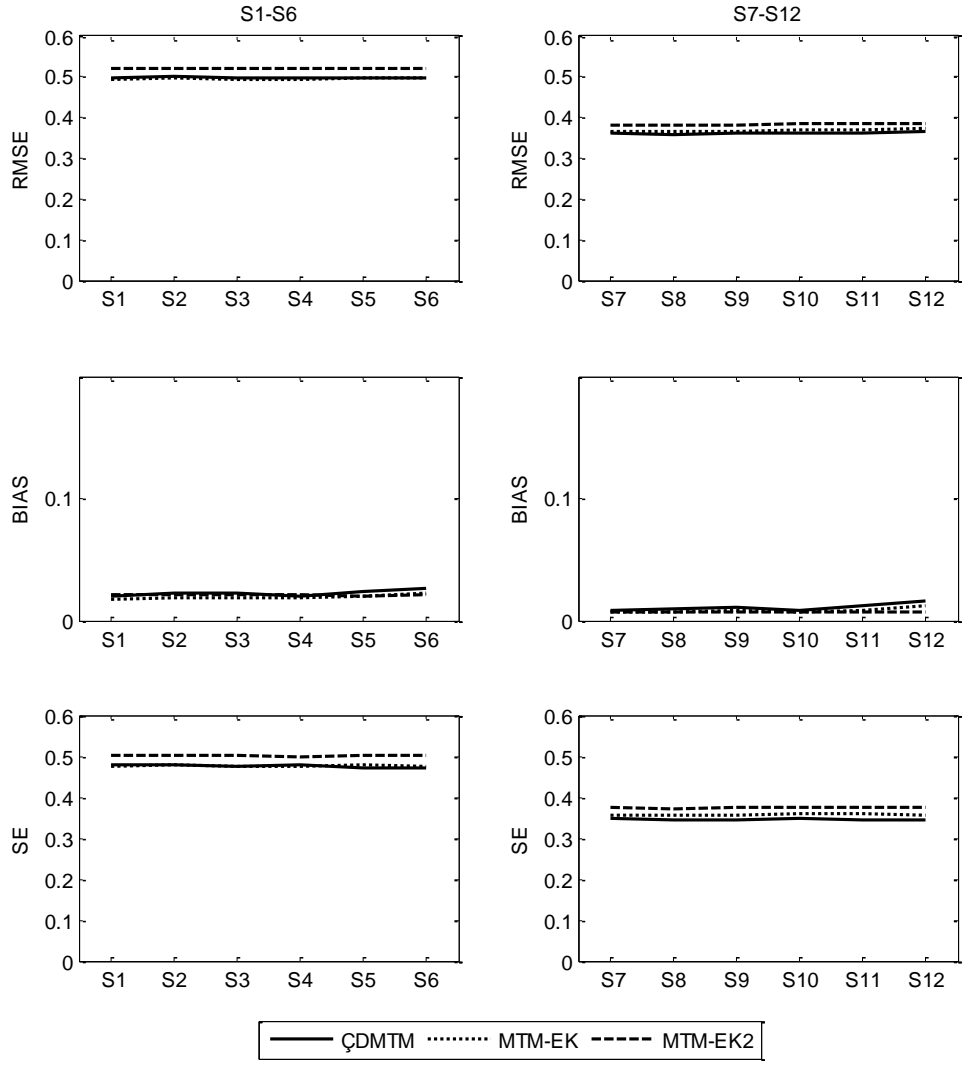
azalması ayrı kalibrasyon yöntemlerindeki hatayı artırırken; büyük örneklerde hatayı azaltmıştır.

4.7. Alt Problem 7'ye İlişkin Bulgular ve Yorumlar

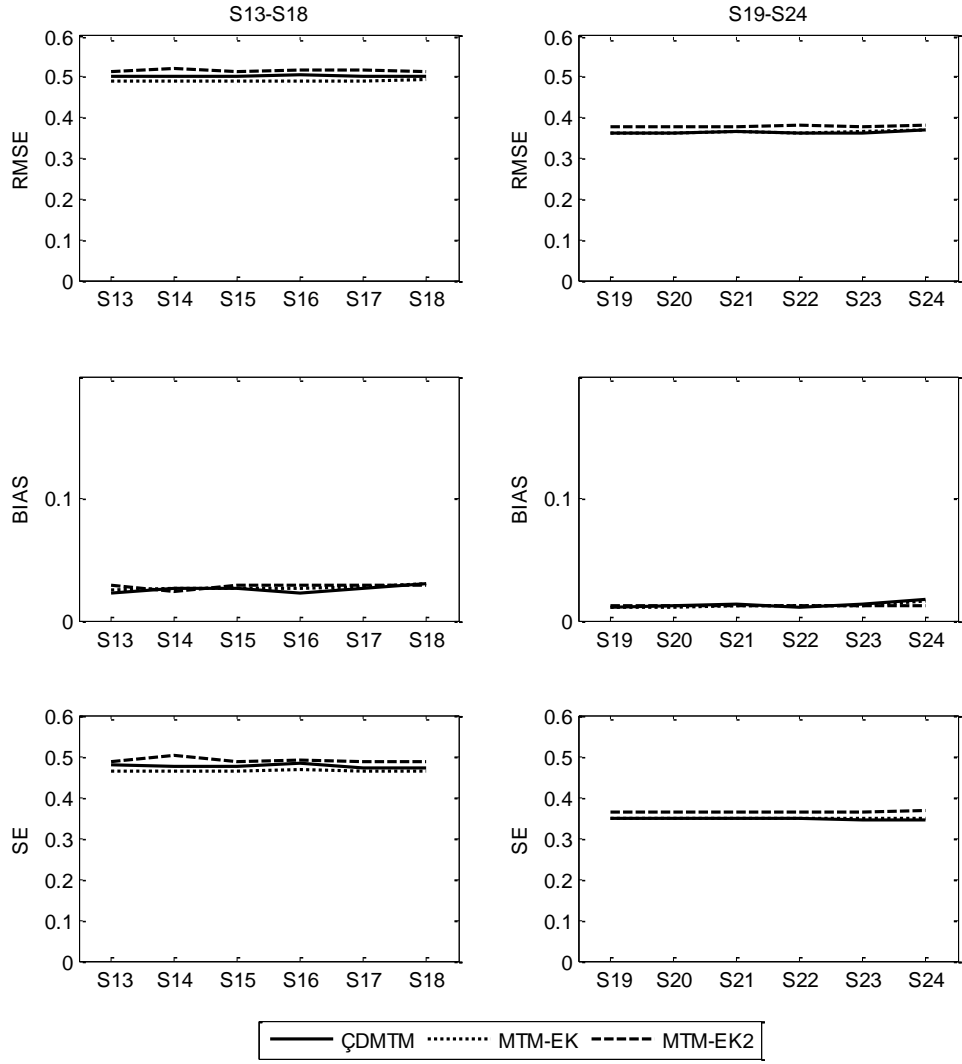
DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra **MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon yönteminde yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

Eş zamanlı kalibrasyon ve ayrı kalibrasyon yöntemleri ile DMF olan maddeler silindikten sonra testler eşitlendiğinde, yetenek parametresine ilişkin hata ortalamalarının değerlerinden RMSE EK 27'de, BIAS EK 28'de, SE EK 29'de yer almaktadır. DMF'li maddelerin silinmesi durumunda eşzamanlı kalibrasyonla elde edilen sonuçlar MTM-EK2 ile gösterilmiş ve küçük örneklem için Şekil 4.13.'de, büyük örneklem için Şekil 4.14.'de verilmiştir. Yöntemler arasında karşılaştırmayı sağlamak amacıyla ÇDMTM ve maddeler silinmeden yapılan MTM-EK yöntemlerine de grafiklerde yer verilmiştir.

Şekil 4.13. ve Şekil 4.14. birlikte incelendiğinde, DMF'li maddeler testten çıkarıldığında DMF etki büyüklüğü ve DMF bulunan testten bağımsız olarak tüm koşullarda RMSE ve SE değerlerinde artma olduğu; BIAS değerlerinin ise yaklaşık aynı kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.13. Küçük örneklemede DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yöntemlerinde yetenek parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri



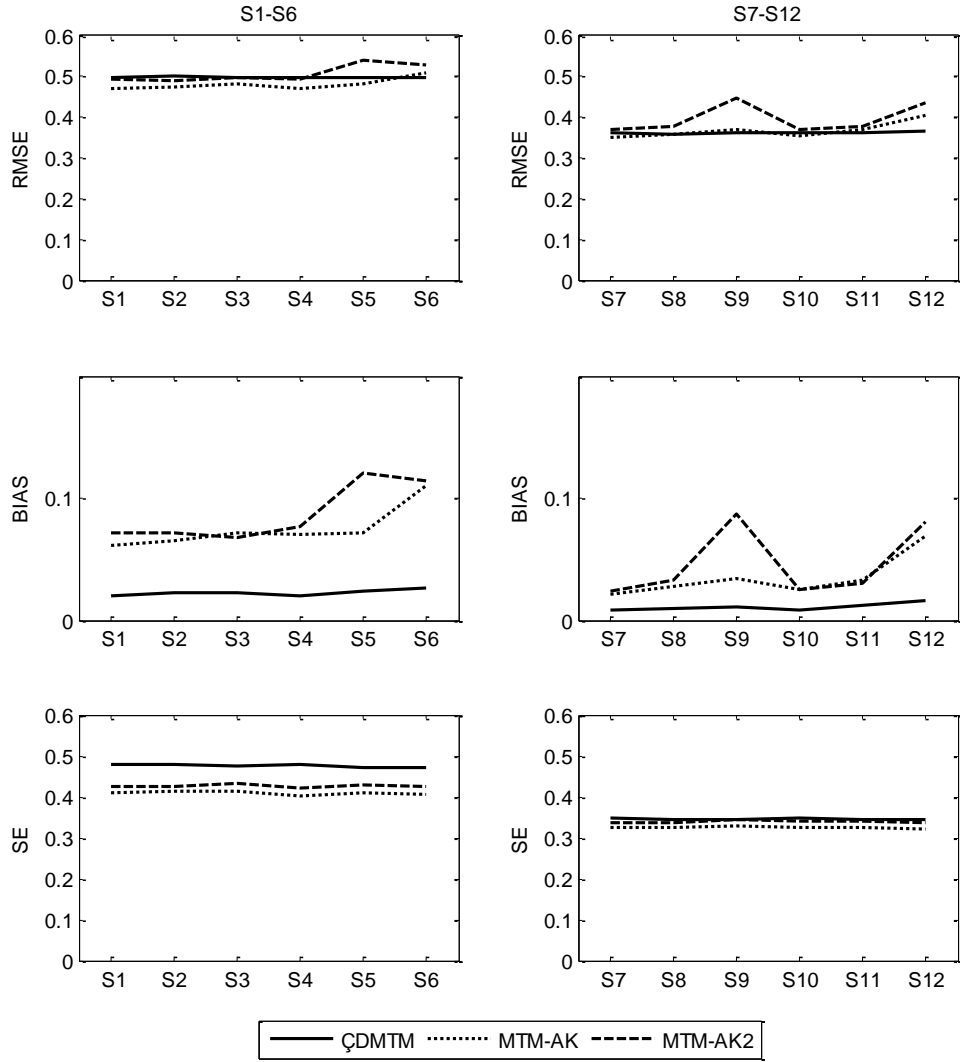
Şekil 4.14. Büyük örnekleme de DMF'li maddeler testten çıkarıldığında eşzamanlı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

4.8. Alt Problem 8'e İlişkin Bulgular ve Yorumlar

DMF'li maddelerin bulunduğu testlerde DMF'li maddeler silindikten sonra **MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yönteminde yetenek parametrelerine ait ortalama eşitleme hataları** çalışmada ele alınan koşullara göre nasıl değişmektedir?

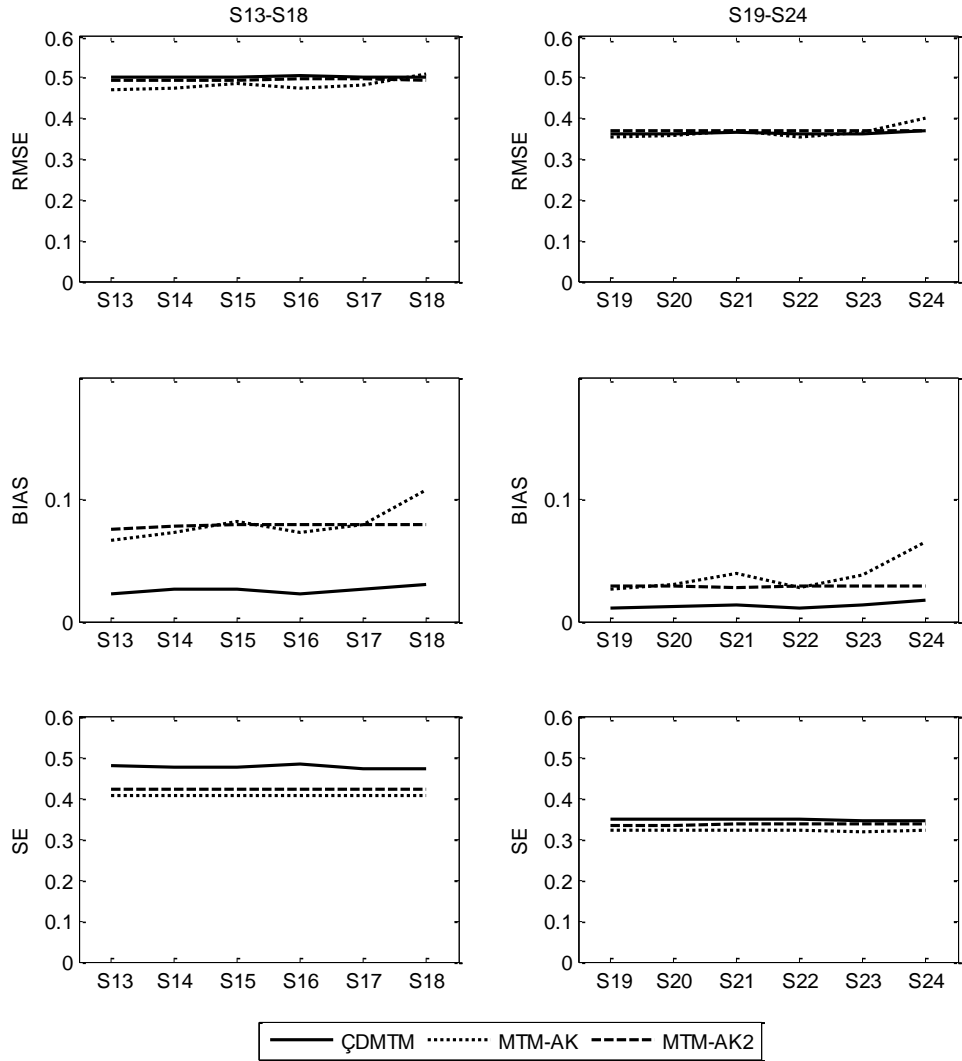
DMF'li maddelerin silinmesi durumunda ayrı kalibrasyonla elde edilen sonuçlar MTM-AK2 ile gösterilmiş ve küçük örneklem için Şekil 4.15.'de, büyük örneklem

için Şekil 4.16.'da verilmiştir. Yöntemler arasında karşılaştırmayı sağlamak amacıyla ÇDMTM ve maddeler silinmeden yapılan MTM-AK yöntemlerine de grafiklerde yer verilmiştir.



Şekil 4.15. Küçük örnekleme DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Şekil 4.15. ve Şekil 4.16. birlikte incelendiğinde DMF'li maddeler testten çıkarıldığında hatalarda artış olduğu bu artışın özellikle BIAS değerinde olduğu görülmektedir. Küçük örnekleme büyük örnekleme göre hatalardaki artış daha fazladır. Hatalardaki artışın DMF etki büyüklüğü arttıkça ve çıkarılan maddeler ortak maddede oldukça arttığı görülmektedir.



Şekil 4.16. Büyük örneklemede DMF'li maddeler testten çıkarıldığında ayrı kalibrasyon yönteminde madde parametrelerine ilişkin hataların ortalama değerleri

Alt problem 7 ve Alt problem 8'de yer alan grafikler incelendiğinde, DMF'li maddelerin testten çıkarılmasının, DMF'li maddelerin teste tutulmasına göre yetenek parametresi kestiriminde daha fazla riski olduğu görülmektedir. Bu bulgu Chu (2002) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile tutarlıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmadan elde edilen sonuçlara ve bu sonuçlara dayalı olarak sunulabilecek önerilere yer verilmiştir.

5.1. SONUÇLAR

Bu araştırmada DMF'li maddelerin varlığı durumunda 3 farklı test eşitleme yöntemine ait hata değerleri karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler sırayla MTM'ye dayalı ayrı kalibrasyon yöntemlerinden SL, MTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon ve DMF etkilerini kontrol ettiği düşünülen ÇDMTM'ye dayalı eşzamanlı kalibrasyon yöntemleridir. Bu araştırmada ele alınan yöntemlerin örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF'li madde bulunan test ve DMF etki büyüklüğüne göre karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla daha önce bu alanda yapılan çalışmalarda kullanılmayan koşullar ele alınarak veriler türetilmiş ve hangi yöntemin en az hatalı sonuçlar verdiği incelenmiştir.

Araştırmada eşitlemenin doğruluğunu değerlendirmede kullanılan RMSE, BIAS ve SE birlikte değerlendirildiğinde aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

Madde parametresine dayalı eşitlemelerde;

- 1) Yapılan çalışmalarda ÇDMTM'ye ait yöntemlerin MTM'ye dayalı yöntemlerden daha küçük ya da benzer hata değerleri ürettiği bulunmuştur (Chu ve Kamata, 2000; Chu, 2002; Chu ve Kamata, 2005; Lupescu, 2002). Bu çalışmada ise madde parametrelerine ilişkin ortalama RMSE ve BIAS değerlerinin anlamlı bir şekilde MTM'ye dayalı yöntemlerden büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarının farklı olması, ele alınan koşulların farklı olmasından kaynaklanmıştır. Çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak büyük örneklem ve uzun test koşulları da ele alınmıştır. Bu çalışmada, önceki çalışmalarla tutarlı olarak küçük örneklem büyüklüğü ve kısa test uzunluklarında ÇDMTM'nin, MTM'den daha küçük hata değerleri ürettiği sonucuna ulaşılmıştır.

- 2) Madde parametrelerine dayalı eşitlemelerden elde edilen standart hata (SE) değerlerinin MTM'ye dayalı yöntemlerde benzer olduğu ve bu değerlerin ÇDMTM'den büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Standart hata değerlerinin 3 eşitleme yönteminde de örneklem büyüklüğünün artması ile azaldığı; test uzunluğunun artması ile ise MTM'ye dayalı yöntemlerde azaldığı, ÇDMTM'de değişikliğe neden olmadığı görülmektedir.
- 3) Her üç eşitleme yönteminde de b parametresinin uç değerlerinde RMSE ve BIAS değerlerinin arttığı ve uç değerlerden en az etkilenen yöntemin MTM-AK (SL) olduğu bulunmuştur. Örneklem büyüklüğü ve test uzunluğunun artması MTM'ye dayalı yöntemlerde b parametresinin uç değerlerindeki hatanın azalmasına neden olurken, ÇDMTM'de etkisinin olmadığı bulunmuştur. ÇDMTM yönteminde sadece orta güçlük düzeyindeki maddelerde hatanın azaldığı bunun da hata ortalaması değerlerini düşürmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Yetenek parametresine dayalı yapılan eşitlemelerde genel olarak;

- 1) Eşzamanlı eşitleme yöntemlerinde yetenek parametrelerine ait RMSE ve SE değerlerinin birbirine çok benzer olup, MTM-AK (SL) yönteminden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. BIAS değerlerinde ise eşzamanlı eşitleme yöntemlerinde değerlerin çok benzer olup MTM-AK'dan (SL'den) düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- 2) Yetenek parametrelerine dayalı eşitlemede kullanılan üç eşitleme yönteminde de hataların örneklem büyüklüğüne bağlı olarak değişmediği, test uzunluğunun artmasıyla ise hataların azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu Gök (2012)'ün yaptığı çalışmada örneklem büyüklüğünün yöntemler üzerinde herhangi bir olumlu etkisi olmadığı test uzunluğunun ise olumlu etkiye sahip olduğu sonucu ile tutarlılık göstermektedir.

ÇDMTM ile yapılan madde parametrelerine dayalı eşitlemelerde,

- 1) ÇDMTM'nin DMF bulunan maddeleri belirleyebildiği ve bu sayede DMF'li maddelerden kaynaklanan yanlılığı ortadan kaldırabildiği görülmüştür. ÇDMTM'ye dayalı eşitlemelerde DMF bulunan test türü ve DMF'li etki

büyükliğünün hata türleri üzerine etkisinin olmaması da DMF'li maddelerin modele dâhil edilip belirlenebilmesinin bir sonucudur.

- 2) ÇDMTM'de örneklem büyüklüğünün artması, orta güçlükteki madde parametrelerindeki hata kestirimini azaltırken, uç değerler örneklem büyüklüğünden etkilenmemiştir. ÇDMTM yönteminde madde sayısının artması, hata değerlerini diğer yöntemlere göre çok az düşürmüştür.

MTM'ye dayalı yöntemlerle madde parametrelerine dayalı eşitlemelerde,

- 1) MTM'ye dayalı yöntemlerle yapılan eşitlemelerde, DMF gösteren maddelerde hata değerlerinin diğer tüm maddelerdekinden daha fazla olduğu ve bu değerlerin DMF'li maddelerin eşitlenecek testte olduğu durumda ortak testte olduğu duruma göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- 2) Örneklem büyüklüğünün artması ve madde sayısının artmasının MTM'ye dayalı yöntemlerde hatayı azalttığı, bu azalmanın en fazla b parametresinin uç değerlerinde gerçekleştiği görülmektedir. MTM'ye dayalı yöntemler kendi içinde karşılaştırıldığında ise, örneklem büyüklüğünün ve test uzunluğunun artması ile hatanın eşzamanlı kalibrasyonda ayrı kalibrasyona göre daha fazla azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.
- 3) Tüm madde parametrelerinde DMF bulunan testin etkisi incelendiğinde; DMF'li maddeler ortak testte oldukça hatanın MTM-AK yönteminde arttığı, MTM-EK yönteminde ise azaldığı sonucu elde edilmiştir.
- 4) Ayrı kalibrasyon yönteminin DMF etki büyüklüğünün artmasından eşzamanlı kalibrasyona göre daha çok etkilendiği ve bu etkinin en çok DMF'li maddelerin ortak testte olduğu durumda gerçekleştiği sonucu elde edilmiştir.
- 5) SE değerleri incelendiğinde ise örneklem büyüklüğündeki artışının her 3 yöntemde de, madde sayısının artması ise sadece MTM'ye dayalı yöntemlerde SE'nin düşmesine neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. SE değerlerinin DMF bulunan test ve DMF etki büyüklüğünden etkilenmediği görülmektedir. Tüm koşullarda en küçük SE değerleri ÇDMTM'ye aittir.

DMF'li maddelerin testten çıkarılması ile madde parametresine dayalı yapılan eşitlemelerde;

- 1) DMF'li maddelerin testten çıkarılmasının MTM'ye dayalı eşzamanlı eşitlemede test uzunluğunun 20 olduğu koşullarda, MTM-AK yönteminde ise küçük örnekleme ait koşullarda hatalarda artışa yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır. MTM-EK yönteminde 20 maddelik koşullarda hatalardaki artış küçük örnekleme büyük örnekleme göre daha fazladır. MTM-AK yönteminde küçük örnekleme hatanın en çok arttığı koşulların ise DMF etki büyüklüğünün arttığı ve DMF'li maddelerin ortak testte olduğu durumlarda görüldüğü bulunmuştur.
- 2) MTM-EK yönteminde 40 maddelik koşullarda; DMF'li maddelerin testten çıkarılması eşitleme hatalarını arttırmamış, aksine bazı durumlarda düşürmüştür. Buradan çıkarılacak sonuç yeterli test uzunluğu sağlandığında testten madde çıkarmanın eşitlemeyi olumsuz etkilemeyeceği olabilir. Ancak testten madde çıkarmak test eşitlemeyi olumsuz etkilemese bile yapı ve kapsam geçerliğini düşürebilir.
- 3) MTM-AK yönteminde büyük örneklem koşullarında DMF'li maddelerin testten çıkarılması ile eşitleme yanlılığının (BIAS) neredeyse 0 olduğu söylenebilir. Örneklem büyüklüğünün artması MTM-AK'da hatayı çok azaltmış, madde sayısının azalmasından bile etkilenmeyecek hale getirmiştir.

Özetle kısa test ve küçük örneklem kullanıldığı durumlarda testten madde çıkarmak eşitleme sürecini olumsuz etkilemektedir. Ancak çıkarılan maddelerde DMF etki büyüklüğü çok yüksekse bu durum ters de işleyebilir. Küçük örneklemelerde DMF'li maddelerin çıkarılıp madde sayısının azalması ayrı kalibrasyon yöntemlerindeki hatayı arttırırken; büyük örneklemelerde hatayı azaltmıştır.

DMF'li maddelerin testten çıkarılması ile yetenek parametresine dayalı yapılan eşitlemelerde;

- 1) MTM-EK yönteminde DMF etki büyüklüğü, DMF bulunan test ve örneklem büyüklüğü koşullarından bağımsız olarak tüm koşullarda

RMSE ve SE değerlerinde hatalarda artma olduğu; BIAS değerlerinin ise yaklaşık aynı kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

- 2) MTM-AK (SL) eşitlemede hatalardaki artışın DMF bulunan test ve DMF etki büyüklüğüne göre değiştiği ve artışın küçük örnekleme büyük örnekleme göre daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu durumdan en çok etkilenen hata türünün de BIAS olduğu bulunmuştur.

Araştırmada 3 farklı eşitleme yöntemi madde ve yetenek parametrelerini eşitlemek için kullanılmıştır. Ele alınan koşullara göre yöntemlerin performansları değişiklik göstermiştir. ÇDMTM tek bir analizle DMF'li maddeleri belirleyebilmekte, eşitleme sürecini gerçekleştirebilmekte ve DMF'den kaynaklanan yanlılığı modelden çıkarabilmektedir. Ancak bu ÇDMTM'nin en iyi eşitleme yöntemi olduğunun göstergesi değildir; çünkü örneklem büyüklüğü ve test uzunluğunun artması genel olarak MTM'ye dayalı eşitlemelerde olumlu etki yaratırken ÇDMTM bu iki koşuldan MTM'ye göre daha az etkilenmiştir. Ayrıca ÇDMTM analizlerinin gerçekleşmesi model karmaşıklıkla, test uzunluğu arttıkça ve örneklem büyüklüğü arttıkça çok uzun zaman almaktadır.

MTM'ye dayalı yöntemler kendi içinde incelendiğinde DMF'li maddelerin varlığından, ayrı kalibrasyon yöntemlerinin eşzamanlı kalibrasyona göre daha çok etkilendiği; bu etkinin en çok DMF'li maddenin ortak testte olduğu ve DMF etki büyüklüğünün C olduğu koşullarda gerçekleştiği görülmektedir.

5.2.ÖNERİLER

Bu çalışmanın, DMF ve test eşitleme çalışmaları yapacak kişilere örneklem büyüklüğü, test uzunluğu, DMF'li madde bulunan test ve DMF etki büyüklüğü için uygun olan eşitleme yöntemlerin belirlenmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir.

5.2.1. Araştırmanın sonuçlarına dayalı öneriler

Öğrencileri belirli bir kuruma yerleştirmeyi amaçlayan büyük ölçekli sınavların yanlı olmaması oldukça önemlidir. Ülkemizde uygulanan ALES, YGS, YDS gibi aynı amaçla farklı dönemlerde uygulanan bu sınavların birbirine eşit olmaması yanlılığa neden olacaktır. Ayrıca bu sınavlarda yer alan maddelerin DMF

içermesi test eşitleme süreçlerini de olumsuz etkileyecektir. Bu çalışma DMF'nin varlığı durumunda test eşitleme süreçlerinin nasıl etkilendiği konusunda test geliştirme uzmanlarına fikir verebilir.

- 1) Bu araştırmadan elde edilen bulgulara dayanarak, test eşitleme çalışmalarında, özellikle küçük örneklerde ÇDMTM'nin kullanılması önerilebilir. ÇDMTM ile DMF'li maddeler kontrol edilerek hatalı kararların önüne geçilebilir.
- 2) Büyük örneklerde eşitlemede ise MTM-EK kullanılabilir; ancak bu durumda DMF'li maddelerin belirlenmesi ve eşitleme sonuçlarını etkilememesi konusunda ek önlemler gerekecektir.

5.2.2. Bundan sonraki araştırmalar için öneriler

- 1) Çalışmada denk gruplarda ortak madde deseni bir parametrelili MTM ve ÇDMTM ile uygulanmıştır. Çalışmada iki farklı örneklem büyüklüğü, iki farklı test uzunluğu, 3 farklı DMF'nin bulunduğu test ve 2 farklı DMF etki büyüklüğü olmak üzere toplam 24 koşul ele alınmıştır. Çalışmada sabit tutulanlar ise %10 DMF'li madde oranı'dır. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda DMF'li madde oranı arttırabilir.
- 2) Çalışmada denk gruplarda ortak test deseni kullanıldığı için 2 düzeyli MTM ile eşitleme süreci gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda denk olmayan gruplarda 3 düzeyli MTM'nin kullanılması ve 3. düzey DMF faktörlerinin modele eklenmesi önerilebilir.
- 3) Çalışmada bir parametrelili ÇDMTM'ler kullanıldığı için sadece tek biçimli DMF sürece dahil edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda iki parametrelili ÇDMTM'lerin kullanılması bununla birlikte; tek biçimli olan ve tek biçimli olmayan DMF'nin sürece dahil edilmesi önerilebilir.
- 4) Çalışmada 1000 ve 4000 kişilik iki farklı örneklem büyüklüğü ele alınmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda gerçeğe uygun olarak daha büyük örneklem üzerinde eşitleme çalışmaları yapılması önerilebilir. Bu araştırmada 1-0 şeklinde puanlanan veriler ile çalışılmıştır. Çok kategorili puanlanan ve/veya 1-0 ve çok kategorili puanlamanın birlikte

yapıldığı veriler üzerinde çalışılarak benzer koşulların eşitleme hataları araştırılabilir. Sonuç olarak, araştırmada ele alınan koşullar dışında farklı koşullar ele alınıp yöntemlerin performansı bu koşullara göre karşılaştırılabilir.

- 5) Bu çalışmada DMF'li maddelerin varlığı durumunda eşitleme yöntemlerinin karşılaştırılması simülasyon verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğer çalışmada gerçek veri kullanılırsa yöntemlerin doğruluğunu belirlemek ve karşılaştırmak güçtür. Gerçek veri kullanıldığında sadece yöntemler arasında fark olup olmadığını bilmek mümkündür. Ancak, simülasyon çalışması ile birlikte gerçek veri kullanılarak da benzer çalışmalar yapılabilir ve farklı türde iki veri setinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

- Acar, T., ve Kelecioğlu, H. (2010). Maddenin farklı fonksiyonlaşmasını belirleme tekniklerinin karşılaştırılması: GADM, LR ve MTK-OO. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 10(2), 639-649.
- Angoff, W. H. (1971). *Scales, norms and equivalent scores*. In R. L. Thorndike (Ed.) *Educational measurement*. Washington, DC: American Council on Education.
- Atar, B. (2007). *Differential item functioning analyses for mixed response data using irt likelihood-ratio test, logistic regression, and gllamm procedures*. Unpublished doctorate dissertation, The Florida State University.
- Atar, B. (2010). *Basit doğrusal regresyon analizi ile hiyerarşik doğrusal modeller analizinin karşılaştırılması*. II. Ulusal Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Kongresi, Mersin Üniversitesi, 3-7 Mayıs.
- Bakan Kalaycıoğlu, D., & Berberoğlu, G. (2010). Differential Item Functioning Analysis of the Science and Mathematics Items in the University Entrance Examinations in Turkey. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 20, 1-12.
- Bakan Kalaycıoğlu, D., & Kelecioğlu, H. (2011). Öğrenci Seçme Sınavı'nın Madde Yanlılığı Açısından İncelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 36, 3-13.
- Baker, F. B., & Al-Karni, A. (1991). A comparison of two procedures for computing IRT equating coefficients. *Journal of Educational Measurement*, 28(2), 147-162.
- Beretvas, S. N., & Williams, N. J. (2002). *The use of HGLM as a dimensionality assessment*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA.
- Binici, S. (2007). *Random-effect differential item functioning via hierarchical generalized linear model and generalized linear latent mixed model: a comparison of estimation methods*. Unpublished doctorate dissertation, The Florida State University.
- Bryk, A. S., & Raudenbush, S. W. (1992). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. Newbury Park: Sage Publications.
- Camili, G., & Shephard, L. A. (1994). *Methods for Identifying Biased Test Items*. London: Sage Publications.
- Cheong, Y. F. (2001). *Detecting ethnic differences in externalizing problem behavior items via multilevel and multidimensional Rasch models*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Seattle, WA.
- Cho, S. J., & Cohen, E. S. (2010). A multilevel mixture IRT model with an application to DIF. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 35(3), 336-370.

- Chu, K. L. (2002). *Equivalent group test equating with the presence of differential item functioning*. Unpublished doctorate dissertation, The Florida State University.
- Chu, K. L., & Kamata, A. (2000). *Nonequivalent Group Equating via 1-P HGLLM*. New Orleans, LA: Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research.
- Chu, K. L., & Kamata, A. (2005). Test equating in the presence of dif items. *Journal of Applied Measurement. Special Issue: The Multilevel Measurement Model*, 6(3), 342-354.
- Clauser, B. E., & Mazor, K. M. (1998). Using statistical procedures to identify differentially functioning test items. *Educational Measurement: Issues and Practice*. 17(1), 31-44.
- Cook, L. L., & Eignor, D. R. (1991). An NCME instructional module on IRT equating methods. *Educational measurement: Issues and Practice*. 10(3), 37-45.
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Embretson/Item response theory for psychologists*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS(second edition)*. California: SAGE publications.
- Gök, B. (2012). *Denk olmayan gruplarda ortak madde deseni kullanılarak madde tepki kuramına dayalı eşitleme yöntemlerinin karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Gök, B., Kelecioğlu, H., ve Doğan, N. (201). Değişen madde fonksiyonunu belirlemede Mantel-Haenzsel ve lojistik regresyon tekniklerinin karşılaştırılması. *Eğitim ve Bilim*, 35, 3-16.
- Haebara, T. (1980). Equating logistic ability scales by a weighted least squares method. *Japanese Psychological Research*, 22, 144–149.
- Hambleton, R. K., & Swaminathan, H. (1985). *Item response theory: Principles and applications*. Boston: Kluwer.
- Hambleton, R. K., Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1991). *Fundamentals of Item Response Theory*. Newbury Park, CA: Sage.
- Han, K. T. (2007). Wingen: windows software that generates item response theory parameters and item responses. *Applied Psychological Measurement*, 31(5), 457-459.
- Han, K. T. (2007). *WinGen3: Windows software that generates IRT parameters and item responses [computer program]*. Amherst, MA: Center for Educational Assessment, University of Massachusetts Amherst.

- Han, K. T. (2008). *Impact of item parameter drift on test equating and proficiency estimates*. Unpublished doctorate thesis, University of Massachusetts, Amherst.
- Han, K. T. (2009). IRTEQ: Windows application that implements IRT scaling and equating [computer program]. *Applied Psychological Measurement, 33*(6), 491-493.
- Hanson, B. A., & Beguin, A. A. (1999). *Obtaining a Common Scale for IRT Item Parameters Using Separate Versus Concurrent Estimation in the Common Item*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, April, Montreal, Canada.
- Hanson, B. A., & Beguin, A. A. (1999). *Separate versus concurrent estimation of IRT item parameters in the common item equating design*. ACT research report series, Iowa City, IA. Eric document ED 438 310.
- Hanson, B. A., & Beguin, A. A. (2002). Obtaining a common scale for item response theory item parameters using separate versus concurrent estimation in the common-item equating design. *Applied Psychological Measurement, 26*(1), 3-24.
- Harris, D. (1989). Comparison of 1-, 2-, and 3-parameter IRT models. *Educational Measurement: Issues and Practice, 8*(1), 35-41.
- Hidalgo-Montesinos, M. D., & Lopez-Pina, J. A. (2002). Two-stage equating in differential item functioning detection under the graded response model with the raju area measures and the lord statistic. *Educational and Psychological Measurement, 62*(1), 32-44.
- Holland, P. W., & Dorans, N. J. (2006). Linking and equating. In R. L. Brennan, *Educational measurement* (pp. 187–220). Westport, CT: Praeger Publishers.
- Holland, P. W., & Thayer, D. T. (1998). Differential item performance and the Mantel-Haenszel procedure. In H. Wainer, & H. I. Braun, *Test validity* (pp. 129-145). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kamata, A. (1998). *Some generalizations of the Rasch model: An application of the hierarchical generalized linear model*. Unpublished dissertation. Michigan State University.
- Kamata, A. (2001). Item analysis by the hierarchical generalized linear model. *Journal of Educational Measurement, 38*(1), 79-93.
- Karasar, N. (2009). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Kim, S., & Cohen, A. S. (1998). A comparison of linking and concurrent calibration under item response theory. *Applied Psychological Measurement, 22*, 131-143.
- Kim, S., & Cohen, A. S. (2002). A comparison of linking and concurrent calibration under the graded response model. *Applied Psychological Measurement, 26*, 25-41.

- Kim, W. (2003). *Development of a differential item functioning (dif) procedure using the hierarchical generalized linear model: A comparison study with logistic regression procedure*. Unpublished PhD, The Pennsylvania State University.
- Kolen, M. J. (1981). Comparison of traditional and item response theory methods for equating tests. *Journal of Educational Measurement, 18*, 1-11.
- Kolen, M. J. (1988). An NCME instructional module on traditional equating methodology. *Educational Measurement: Issues and Practice, (7)*, 29–36.
- Kolen, M. J., & Brennan, R. L. (2004). *Test equating, scaling, and linking: Methods and practices (2nd. ed.)*. New York: Springer.
- Kreft, I., & Leeuw, J. (1998). *Introduction to multilevel modeling*. London: Sage.
- Lane, S., & Stone, C. A. (2002). Strategies for examining the consequences of assessment and accountability programs. *Educational Measurement: Issues and Practice, 21(1)*, 23-30.
- Le, L. T. (2009). Investigation gender differential item functioning across countries and test languages for PISA science items. *International Journal of Testing, 9(2)*, 122-133.
- Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Luppescu, S. (2002). *DIF detection in HLM item analysis*. Paper presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- Mellenbergh, G. J. (1982). Contingency table models for assessing item bias. *Journal of Educational Statistics, 7*, 105-107.
- Millsap, R. E., & Everson, H. T. (1993). Methodology review: Statistical approaches for assessing measurement bias. *Applied Psychological Measurement, 17*, 297-334.
- Muraki, E., & Bock, R. D. (2003). *PARSCALE 4 for Windows: IRT based test scoring and item analysis for graded items and rating scales [Computer software]*. Skokie, IL: Scientific Software International, Inc.
- Park, C., Kang, T., & Wollack, J. A. (2007). *Application of multilevel IRT to multiple-form linking when common items are drifted*. Paper presented at the 2007 annual meeting of the National Council on Measurement in Education, April 10 – April 12, Chicago, IL.
- Pastor, D. A. (2003). The use of multilevel item response theory modeling in applied research: an illustration. *Applied Measurement in Education, 16(3)*, 223-243.
- Rasch, G. (1966). An item analysis which takes individual differences into account. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology, 19(1)*, 49-57.

- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. CA: Sage Publications, Inc.
- Raudenbush, S. W., Bryk, A. S., Cheong, Y. F., & Congdon, R. T. (2005). *HLM 6: Hierarchical linear and nonlinear modeling*. Lincolnwood, IL: Scientific software.
- Shealy, R. ve Stout, W. F. (1993). A model-based standardization approach that separates true bias/ DIF from group ability differences and detects test bias/DTF as well as item bias/DIF. *Psychometrika*, 58, 159–194.
- Spence, P. (1996). *The effect of multidimensionality on unidimensional equating with item response theory*. Doctorate thesis, University of Florida, FL.
- Stocking, M. L., & Lord, F. M. (1983). Developing a common metric in item response theory. *Applied Psychological Measurement*, 7(2), 201-210.
- Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1990). Detecting differential item functioning using logistic regression procedures. *Journal of Educational Measurement*, 27(4), 361-370.
- Thissen, D., Steinberg, L., & Wainer, H. (1988). Use of item response theory in the study of group differences in trace lines. In H. Wainer, & H. I. Braun, *Test Validity* (pp. 144-169). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Turhan, A. (2006). *Multilevel 2PL item response model vertical equating with the presence of differential item functioning*. Unpublished doctorate dissertation, The Florida State University.
- Yang, W. L. (1997). *The effects of content homogeneity and equating method on the accuracy of common item test equating*. Unpublished doctoral dissertation, Michigan State University, Michigan.
- Yıldırım, H. H., & Berberoğlu, G. (2006). Judgementel and statistical analyses of the PISA 2003 mathematics literacy items. *International Journal of Testing*, 9(2), 108-121.
- Zimowski, M. F., Muraki, E., Mislevy, R. J., & Bock, R. D. (2003). *BILOG-MG 3 for Windows: Multiple-group IRT analysis and test maintenance for binary items [Computer software]*. Skokie, IL: Scientific Software International, Inc.
- Zumbo, B. D. (1999). *A Handbook on the Theory and Methods of Differential Item Functioning (DIF): Logistic Regression Modeling as a Unitary Framework for Binary and Likert-Type (Ordinal) Item Scores*. Ottawa ON: Directorate of Human Resources Research and Evaluation, Department of National Defense.

EKLER DİZİNİ

EK 1. S1 koşuluna ait Çok Düzeyli Veri Matrisi dosyası oluşturma kodu

```
#HLM2 MDM CREATION TEMPLATE
vknown:n
growthmodel:n
rawdattype:spss
l1fname:C:/HLM/500-500/20/etkiB/ET/HLM/HLM1.sav
l2fname:C:/HLM/500-500/20/etkiB/ET/HLM/level2-1000.sav
l1missing:n
timeofdeletion:now
mdmname:HLM1.mdm
*begin l1vars
level2id:ID
  RESPON
  l1
  l2
  l3
  l4
  l5
  l6
  l7
  l8
  l9
  l10
  l11
  l12
  l13
  l14
  l15
  l16
  l17
  l18
  l19
  l20
  l21
  l22
  l23
  l24
  l25
  l26
  l27
  l28
  l29
  l30
  l31
  l32
  l33
  l34
  l35
*end l1vars
*begin l2vars
level2id:ID
  gender
*end l2vars
```

EK 2. S1 koşuluna ilişik ÇDMTM analizi için HLM kodu

```
#WHLM CMD FILE FOR HLM1.mdm
```

```
nonlin:binomial
```

```
microit:14
```

```
macroit:100
```

```
stopmicro:0.0000010000
```

```
stopmacro:0.0001000000
```

```
level1:RESPON=INTRCPT1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10+I11+I12+I13+I14+I15+I16+I17+I18+  
I19+I20+I21+I22+I23+I24+I25+I26+I27+I28+I29+I30+I31+I32+I33+I34+I35+RANDOM
```

```
level2:INTRCPT1=INTRCPT2+random/
```

```
level2:I2=INTRCPT2/
```

```
level2:I3=INTRCPT2/
```

```
level2:I4=INTRCPT2/
```

```
level2:I5=INTRCPT2/
```

```
level2:I6=INTRCPT2/
```

```
level2:I7=INTRCPT2/
```

```
level2:I8=INTRCPT2/
```

```
level2:I9=INTRCPT2/
```

```
level2:I10=INTRCPT2/
```

```
level2:I11=INTRCPT2/
```

```
level2:I12=INTRCPT2/
```

```
level2:I13=INTRCPT2/
```

```
level2:I14=INTRCPT2/
```

```
level2:I15=INTRCPT2/
```

```
level2:I16=INTRCPT2/
```

```
level2:I17=INTRCPT2/
```

```
level2:I18=INTRCPT2/
```

```
level2:I19=INTRCPT2+gender/
```

```
level2:I20=INTRCPT2+gender/
```

```
level2:I21=INTRCPT2/
```

```
level2:I22=INTRCPT2/
```

```
level2:I23=INTRCPT2/
```

```
level2:I24=INTRCPT2/
```

```
level2:I25=INTRCPT2/
```

```
level2:I26=INTRCPT2/
```

```
level2:I27=INTRCPT2/
```

```
level2:I28=INTRCPT2/
```

```
level2:I29=INTRCPT2/
```

```
level2:I30=INTRCPT2/
```

```
level2:I31=INTRCPT2/
```

```
level2:I32=INTRCPT2/
```

```
level2:I33=INTRCPT2/
```

```
level2:I34=INTRCPT2/
```

```
level2:I35=INTRCPT2/
```

```
fixtau:3
```

```
lev1ols:10
```

```
accel:5
```

```
level1weight:none
```

```
level2weight:none
```

```
varianceknown:none
```

```
hypoth:n
```

```
resfiltype:spss
```

```
resfil1:n
```

```
resfil2name:resfil2- 1 .sav
```

```
resfil2:y/
```

```
homvar:n
```

```
constrain:N
```

heterol1var:n
lvr:n
title:no title
output:C:\HLM\500-500\20\etkiB\ET\HLM\hlm1.out
fulloutput:n
mlf:n

EK 3. S1 koşuluna ilişkin eşzamanlı eşitleme BILOG-MG kodu

EXAMPL04.BLM - EQUIVALENT GROUPS EQUATING SIMULATED RESPONSES TO TWO
20-ITEM PARALLEL TEST FORMS

>COMMENTS

>GLOBAL DFName = 'alldata1.DAT', NPArm = 1, SAVE;

>SAVE PARM = 'alldata1.PAR', SCORE = 'alldata1.SCO';

>LENGTH NITems = (35);

>INPUT NTOtal = 35, NALt = 5, NIDchar = 5, NForm = 2, KFName = 'alldata1.DAT';

>ITEMS INAmes = (T01(1)T35);

>TEST1 TNAme = 'TEST', INUumber = (1(1)35);

>FORM1 LENgth = 20, INUmbere = (1(1)35);

>FORM2 LENgth = 20, INUmbere = (1(1)5, 21(1)35);

(5A1, 1X, I1, 1X, 20A1)

>CALIB FIXED, FLOAT, TPRIOR, NQPT=31, PLOT=.05;

>SCORE RSCtype = 3,INFo = 1, NOPrint;

EK 4. S1 koşuluna ilişkin ayrı kalibarsyon PARSCALE kodu

```
PARSCALE syntax 5/27/2013 3:29:18 PM
>FILE DFNAME='FORMX_1.dat',
  SAV;
>SAVE PAR='FORMX_1.par',
score='FORMX_1.sco';
>INPUT NID=8,
NTOTAL=20,
NTEST=1;
(8A1,2X,20A1)
>TEST1 TNAME=WINGEN,ITEM=(1(1)20),NBLOCK=1;
>BLOCK1 BNAME=WINGEN01,NITEMS=20,NCAT=2,CSLOPE,
ORIGINAL=(0,1),GUESSING=(0,ESTIMATE);
>CALIB GRADED,LOGISTIC,DIAGNOSIS=0,
  CYCLES=(100,5,5,5,5),CRIT=0.001,
  TPRIOR,GPRIOR,SPRIOR,RIDGE;
>SCORE EAP;
```

EK 5. S1 koşuluna ilişkin ayrı kalibarsyon IRTEQ kodu

IRTEQ syntax file saved by a user
5/25/2013 4:33:15 PM
MM,MS,SL,SAVE,PARSCALE
-3,3,ACTUAL,AVERAGE
LOGISTIC
INTERNAL
EQUATE,CONVERSION
C:/SL/500-500/20/etkiB/ET/1.OUT
C:/SL/FORMY/500-500/20/etkiB/ET/FORMY/FORMY_1.PAR
C:/SL/FORMX/500-500/20/etkiB/ET/FORMX/FORMX_1.PAR
C:/SL/500-500/20/etkiB/ET/5.LIL
C:/SL/FORMX/500-500/20/etkiB/ET/FORMX/FORMX_1.SCO

EK 6. 20 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.381	0.378	0.376	0.375	0.368	0.410	0.368	0.407	0.381	0.385	0.387	0.395
21	-2.45	0.365	0.349	0.362	0.372	0.365	0.335	0.378	0.346	0.364	0.388	0.362	0.361
25	-2.05	0.338	0.364	0.302	0.328	0.307	0.316	0.327	0.307	0.307	0.324	0.316	0.312
10	-2	0.292	0.308	0.312	0.324	0.328	0.332	0.313	0.313	0.336	0.312	0.318	0.337
31	-1.55	0.262	0.258	0.258	0.249	0.265	0.259	0.261	0.258	0.260	0.263	0.254	0.234
16	-1.5	0.227	0.250	0.254	0.215	0.255	0.262	0.253	0.257	0.264	0.248	0.272	0.274
26	-1.05	0.184	0.186	0.205	0.181	0.197	0.177	0.186	0.183	0.190	0.189	0.177	0.165
3	-1	0.182	0.159	0.164	0.173	0.171	0.175	0.172	0.184	0.184	0.179	0.176	0.177
11	-1	0.168	0.189	0.196	0.173	0.198	0.195	0.180	0.175	0.201	0.169	0.185	0.194
23	-0.8	0.157	0.158	0.148	0.173	0.159	0.149	0.146	0.140	0.144	0.158	0.138	0.133
8	-0.75	0.130	0.148	0.144	0.120	0.174	0.175	0.136	0.150	0.153	0.132	0.161	0.167
33	-0.55	0.135	0.139	0.130	0.135	0.125	0.124	0.116	0.108	0.101	0.112	0.100	0.096
4	-0.5	0.100	0.098	0.100	0.108	0.088	0.090	0.092	0.091	0.098	0.093	0.097	0.099
18	-0.5	0.113	0.126	0.111	0.106	0.120	0.131	0.101	0.107	0.101	0.099	0.109	0.118
28	-0.3	0.100	0.107	0.085	0.093	0.102	0.090	0.069	0.062	0.064	0.073	0.055	0.048
13	-0.25	0.108	0.088	0.085	0.085	0.091	0.099	0.060	0.062	0.074	0.057	0.073	0.081
1	0	0.058	0.093	0.072	0.056	0.075	0.089	0.026	0.046	0.039	0.029	0.047	0.037
19	0	0.120	0.073	0.093	0.112	0.070	0.087	0.050	0.047	0.044	0.058	0.045	0.052
34	0.05	0.077	0.078	0.085	0.083	0.088	0.099	0.040	0.042	0.041	0.041	0.041	0.051
20	0.25	0.117	0.117	0.093	0.112	0.129	0.098	0.076	0.064	0.045	0.064	0.065	0.048
35	0.3	0.092	0.084	0.082	0.085	0.099	0.096	0.061	0.071	0.078	0.079	0.079	0.086
2	0.5	0.112	0.098	0.115	0.099	0.104	0.125	0.099	0.094	0.091	0.094	0.087	0.106
15	0.5	0.118	0.104	0.117	0.109	0.115	0.096	0.101	0.089	0.085	0.106	0.090	0.093
30	0.55	0.121	0.102	0.136	0.124	0.124	0.143	0.097	0.109	0.119	0.106	0.110	0.115
17	0.75	0.147	0.140	0.142	0.155	0.150	0.146	0.139	0.137	0.116	0.129	0.141	0.123
32	0.8	0.164	0.148	0.188	0.153	0.162	0.189	0.140	0.155	0.163	0.139	0.150	0.178
5	1	0.185	0.157	0.175	0.178	0.174	0.163	0.170	0.173	0.174	0.167	0.186	0.178
9	1	0.182	0.185	0.185	0.193	0.170	0.177	0.175	0.159	0.162	0.178	0.159	0.146
24	1.05	0.183	0.191	0.219	0.187	0.198	0.204	0.186	0.195	0.194	0.179	0.189	0.195
14	1.5	0.274	0.254	0.228	0.235	0.230	0.225	0.258	0.246	0.233	0.251	0.244	0.229
29	1.55	0.271	0.291	0.283	0.250	0.279	0.301	0.276	0.268	0.269	0.254	0.273	0.268
7	2	0.295	0.307	0.306	0.303	0.302	0.285	0.318	0.304	0.307	0.310	0.310	0.293
22	2.05	0.325	0.310	0.349	0.340	0.350	0.334	0.346	0.336	0.349	0.341	0.343	0.350
27	2.45	0.351	0.388	0.389	0.354	0.360	0.381	0.381	0.361	0.380	0.373	0.367	0.397
12	2.5	0.365	0.358	0.335	0.377	0.348	0.319	0.370	0.352	0.376	0.381	0.379	0.356

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 7. 20 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.431	0.450	0.449	0.459	0.495	0.384	0.327	0.281	0.301	0.315	0.301	0.275
21	-2.45	0.466	0.486	0.487	0.477	0.486	0.538	0.311	0.372	0.339	0.301	0.349	0.351
25	-2.05	0.376	0.356	0.424	0.400	0.433	0.436	0.263	0.301	0.307	0.279	0.302	0.309
10	-2	0.402	0.381	0.370	0.367	0.371	0.349	0.267	0.264	0.225	0.265	0.260	0.205
31	-1.55	0.302	0.334	0.311	0.329	0.326	0.347	0.210	0.223	0.224	0.207	0.226	0.269
16	-1.5	0.320	0.291	0.272	0.333	0.276	0.250	0.198	0.191	0.169	0.204	0.160	0.150
26	-1.05	0.234	0.259	0.202	0.237	0.270	0.278	0.146	0.163	0.156	0.141	0.172	0.204
3	-1	0.180	0.216	0.199	0.208	0.206	0.185	0.138	0.123	0.121	0.126	0.130	0.128
11	-1	0.229	0.188	0.212	0.213	0.193	0.168	0.131	0.134	0.097	0.146	0.123	0.086
23	-0.8	0.166	0.207	0.235	0.187	0.198	0.236	0.116	0.128	0.130	0.111	0.138	0.167
8	-0.75	0.196	0.185	0.142	0.198	0.146	0.137	0.108	0.091	0.081	0.113	0.066	0.063
33	-0.55	0.139	0.151	0.210	0.158	0.124	0.158	0.086	0.097	0.101	0.093	0.105	0.129
4	-0.5	0.140	0.124	0.127	0.131	0.129	0.129	0.076	0.074	0.067	0.072	0.070	0.063
18	-0.5	0.135	0.141	0.171	0.158	0.130	0.098	0.090	0.077	0.055	0.079	0.066	0.056
28	-0.3	0.120	0.143	0.135	0.121	0.147	0.173	0.069	0.077	0.099	0.063	0.084	0.107
13	-0.25	0.144	0.115	0.118	0.132	0.117	0.120	0.069	0.050	0.068	0.070	0.064	0.072
1	0	0.081	0.176	0.192	0.079	0.299	0.295	0.036	0.169	0.163	0.040	0.266	0.272
19	0	0.404	0.103	0.132	0.573	0.106	0.135	0.331	0.065	0.070	0.531	0.065	0.091
34	0.05	0.111	0.110	0.120	0.122	0.124	0.146	0.052	0.055	0.055	0.059	0.055	0.076
20	0.25	0.347	0.330	0.127	0.534	0.524	0.164	0.304	0.287	0.092	0.515	0.493	0.106
35	0.3	0.128	0.121	0.100	0.132	0.146	0.108	0.067	0.066	0.049	0.051	0.065	0.058
2	0.5	0.122	0.109	0.125	0.124	0.107	0.227	0.065	0.085	0.109	0.080	0.079	0.226
15	0.5	0.122	0.164	0.176	0.155	0.172	0.192	0.083	0.110	0.121	0.091	0.105	0.109
30	0.55	0.171	0.151	0.141	0.158	0.153	0.122	0.108	0.083	0.061	0.098	0.077	0.062
17	0.75	0.172	0.199	0.212	0.171	0.202	0.207	0.103	0.124	0.152	0.120	0.119	0.147
32	0.8	0.185	0.182	0.170	0.209	0.154	0.139	0.121	0.102	0.080	0.121	0.099	0.068
5	1	0.179	0.210	0.191	0.194	0.202	0.206	0.141	0.138	0.134	0.148	0.120	0.125
9	1	0.187	0.230	0.248	0.213	0.259	0.235	0.144	0.169	0.172	0.136	0.175	0.200
24	1.05	0.239	0.218	0.191	0.219	0.220	0.194	0.147	0.123	0.124	0.152	0.128	0.110
14	1.5	0.267	0.315	0.354	0.327	0.354	0.338	0.199	0.222	0.237	0.200	0.223	0.253
29	1.55	0.290	0.266	0.261	0.326	0.287	0.241	0.184	0.189	0.183	0.218	0.187	0.169
7	2	0.418	0.431	0.402	0.398	0.459	0.450	0.260	0.295	0.289	0.268	0.285	0.315
22	2.05	0.387	0.410	0.327	0.376	0.348	0.337	0.249	0.256	0.224	0.255	0.243	0.212
27	2.45	0.473	0.423	0.404	0.499	0.498	0.434	0.303	0.324	0.298	0.321	0.316	0.262
12	2.5	0.444	0.495	0.517	0.463	0.508	0.549	0.329	0.370	0.333	0.324	0.328	0.370

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 8. 20 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.179	0.212	0.234	0.185	0.242	0.302	0.106	0.176	0.182	0.128	0.186	0.269
10	-2	0.153	0.165	0.202	0.159	0.211	0.273	0.089	0.123	0.18	0.087	0.158	0.249
16	-1.5	0.138	0.172	0.183	0.11	0.174	0.256	0.082	0.117	0.161	0.081	0.154	0.243
3	-1	0.123	0.119	0.156	0.101	0.159	0.238	0.065	0.109	0.155	0.059	0.132	0.224
11	-1	0.126	0.156	0.191	0.111	0.167	0.242	0.069	0.099	0.161	0.061	0.13	0.224
8	-0.75	0.113	0.143	0.151	0.099	0.177	0.259	0.069	0.107	0.148	0.061	0.14	0.235
4	-0.5	0.104	0.127	0.15	0.097	0.135	0.229	0.046	0.088	0.147	0.053	0.124	0.216
18	-0.5	0.105	0.158	0.153	0.104	0.145	0.252	0.071	0.102	0.128	0.059	0.12	0.22
13	-0.25	0.141	0.128	0.175	0.098	0.142	0.24	0.064	0.089	0.139	0.057	0.117	0.212
1	0	0.092	0.222	0.209	0.1	0.386	0.287	0.05	0.231	0.176	0.055	0.374	0.271
19	0	0.349	0.123	0.164	0.462	0.156	0.248	0.28	0.085	0.135	0.459	0.104	0.216
20	0.25	0.34	0.27	0.158	0.47	0.405	0.246	0.29	0.235	0.129	0.479	0.397	0.2
2	0.5	0.128	0.122	0.193	0.103	0.116	0.307	0.057	0.079	0.188	0.053	0.096	0.309
15	0.5	0.107	0.142	0.185	0.115	0.165	0.243	0.059	0.084	0.124	0.073	0.094	0.171
17	0.75	0.11	0.149	0.183	0.104	0.158	0.225	0.053	0.073	0.123	0.055	0.085	0.178
5	1	0.104	0.134	0.157	0.108	0.144	0.229	0.055	0.071	0.111	0.054	0.065	0.186
9	1	0.126	0.14	0.187	0.129	0.181	0.228	0.068	0.073	0.112	0.066	0.097	0.195
14	1.5	0.158	0.167	0.199	0.133	0.188	0.244	0.079	0.075	0.108	0.072	0.083	0.18
7	2	0.194	0.206	0.194	0.151	0.236	0.27	0.091	0.083	0.095	0.077	0.086	0.173
12	2.5	0.176	0.243	0.286	0.184	0.191	0.292	0.104	0.093	0.08	0.119	0.089	0.16

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 9. 40 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>	<i>S19</i>	<i>S20</i>	<i>S21</i>	<i>S22</i>	<i>S23</i>	<i>S24</i>
66	-2.55	0.392	0.360	0.351	0.420	0.376	0.350	0.381	0.371	0.353	0.382	0.356	0.346
36	-2.5	0.364	0.339	0.413	0.357	0.379	0.454	0.371	0.390	0.418	0.380	0.396	0.436
50	-2.25	0.338	0.363	0.337	0.352	0.335	0.318	0.358	0.342	0.336	0.363	0.342	0.309
20	-2.2	0.326	0.340	0.402	0.327	0.367	0.378	0.340	0.370	0.383	0.356	0.388	0.404
61	-1.95	0.333	0.276	0.301	0.316	0.296	0.292	0.322	0.300	0.296	0.310	0.294	0.279
31	-1.9	0.272	0.331	0.322	0.299	0.326	0.326	0.310	0.339	0.347	0.315	0.340	0.352
48	-1.65	0.273	0.273	0.248	0.292	0.283	0.257	0.272	0.283	0.256	0.284	0.262	0.249
18	-1.6	0.252	0.250	0.270	0.268	0.286	0.301	0.263	0.281	0.303	0.277	0.299	0.321
54	-1.35	0.278	0.212	0.219	0.232	0.215	0.171	0.218	0.235	0.218	0.249	0.204	0.198
24	-1.3	0.216	0.235	0.245	0.213	0.258	0.255	0.230	0.239	0.254	0.227	0.245	0.276
55	-1.05	0.193	0.171	0.174	0.204	0.183	0.172	0.190	0.178	0.159	0.194	0.168	0.159
5	-1	0.181	0.183	0.176	0.160	0.195	0.156	0.176	0.168	0.176	0.184	0.175	0.188
25	-1	0.195	0.227	0.202	0.199	0.207	0.243	0.168	0.190	0.214	0.176	0.203	0.237
44	-0.95	0.188	0.171	0.178	0.203	0.172	0.136	0.174	0.162	0.158	0.166	0.154	0.138
14	-0.9	0.161	0.189	0.175	0.163	0.193	0.195	0.158	0.175	0.187	0.159	0.186	0.225
47	-0.85	0.174	0.178	0.154	0.174	0.145	0.138	0.154	0.143	0.144	0.153	0.140	0.118
17	-0.8	0.169	0.153	0.182	0.149	0.175	0.203	0.141	0.160	0.173	0.153	0.171	0.206
65	-0.75	0.152	0.146	0.136	0.142	0.166	0.128	0.140	0.128	0.118	0.132	0.129	0.103
10	-0.7	0.133	0.132	0.149	0.134	0.139	0.135	0.123	0.132	0.138	0.125	0.126	0.141
35	-0.7	0.140	0.171	0.144	0.150	0.169	0.183	0.137	0.155	0.150	0.133	0.151	0.179
56	-0.65	0.148	0.143	0.128	0.145	0.122	0.102	0.125	0.125	0.098	0.124	0.103	0.089
26	-0.6	0.115	0.127	0.152	0.123	0.166	0.179	0.116	0.133	0.133	0.121	0.152	0.165
60	-0.55	0.150	0.119	0.110	0.098	0.107	0.105	0.103	0.105	0.089	0.111	0.089	0.071
6	-0.5	0.093	0.104	0.107	0.109	0.125	0.108	0.093	0.088	0.094	0.098	0.101	0.102
30	-0.5	0.116	0.129	0.150	0.111	0.154	0.167	0.098	0.119	0.131	0.094	0.131	0.136
49	-0.45	0.119	0.110	0.098	0.124	0.100	0.083	0.096	0.087	0.072	0.092	0.069	0.062
19	-0.4	0.096	0.118	0.118	0.104	0.129	0.144	0.084	0.095	0.096	0.084	0.106	0.128
41	-0.35	0.098	0.098	0.106	0.110	0.095	0.080	0.077	0.065	0.057	0.078	0.066	0.042
1	-0.3	0.088	0.103	0.095	0.071	0.088	0.089	0.061	0.062	0.073	0.067	0.062	0.060
11	-0.3	0.099	0.116	0.110	0.098	0.128	0.137	0.068	0.079	0.095	0.073	0.092	0.122
67	-0.25	0.106	0.083	0.082	0.092	0.088	0.086	0.067	0.047	0.051	0.067	0.043	0.041
37	-0.2	0.124	0.088	0.109	0.090	0.100	0.121	0.073	0.070	0.070	0.064	0.079	0.095
2	-0.15	0.064	0.101	0.091	0.063	0.069	0.091	0.044	0.049	0.044	0.041	0.049	0.059
68	-0.15	0.097	0.071	0.089	0.090	0.076	0.090	0.043	0.047	0.036	0.058	0.037	0.042
38	-0.1	0.126	0.084	0.074	0.100	0.086	0.118	0.053	0.059	0.062	0.055	0.056	0.084
39	0.1	0.125	0.108	0.095	0.091	0.127	0.095	0.067	0.052	0.040	0.067	0.061	0.058
3	0.15	0.065	0.060	0.082	0.051	0.061	0.092	0.047	0.034	0.053	0.036	0.036	0.054
69	0.15	0.078	0.093	0.080	0.083	0.081	0.129	0.053	0.049	0.062	0.050	0.062	0.076
40	0.2	0.103	0.136	0.099	0.126	0.135	0.073	0.077	0.074	0.035	0.063	0.061	0.046
70	0.25	0.096	0.126	0.090	0.084	0.094	0.102	0.068	0.061	0.075	0.057	0.075	0.095

EK 9'un devamı

madde	b	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S19	S20	S21	S22	S23	S24
4	0.3	0.077	0.094	0.100	0.071	0.067	0.097	0.059	0.053	0.071	0.060	0.058	0.066
29	0.3	0.114	0.121	0.092	0.086	0.091	0.083	0.068	0.046	0.047	0.070	0.046	0.044
59	0.35	0.090	0.119	0.127	0.110	0.099	0.109	0.074	0.073	0.102	0.071	0.096	0.116
12	0.4	0.105	0.104	0.072	0.094	0.089	0.086	0.080	0.072	0.062	0.075	0.057	0.038
42	0.45	0.091	0.105	0.117	0.116	0.127	0.129	0.092	0.106	0.113	0.092	0.102	0.125
8	0.5	0.097	0.094	0.088	0.103	0.080	0.115	0.090	0.082	0.093	0.089	0.094	0.081
27	0.5	0.097	0.096	0.106	0.102	0.109	0.080	0.090	0.086	0.067	0.097	0.074	0.066
57	0.55	0.126	0.105	0.145	0.113	0.148	0.140	0.107	0.122	0.111	0.102	0.125	0.146
21	0.6	0.133	0.128	0.114	0.126	0.131	0.103	0.114	0.095	0.089	0.109	0.084	0.066
51	0.65	0.151	0.165	0.164	0.133	0.138	0.190	0.130	0.133	0.145	0.126	0.143	0.155
7	0.7	0.124	0.137	0.127	0.125	0.134	0.128	0.131	0.116	0.117	0.119	0.124	0.118
28	0.7	0.136	0.114	0.124	0.142	0.115	0.104	0.137	0.107	0.096	0.122	0.108	0.083
58	0.75	0.144	0.159	0.168	0.147	0.163	0.196	0.134	0.156	0.175	0.143	0.165	0.174
32	0.8	0.157	0.138	0.134	0.163	0.123	0.113	0.152	0.130	0.121	0.137	0.110	0.094
62	0.85	0.157	0.181	0.185	0.173	0.165	0.202	0.158	0.157	0.167	0.160	0.164	0.201
22	0.9	0.167	0.138	0.156	0.160	0.146	0.122	0.157	0.144	0.128	0.143	0.127	0.112
52	0.95	0.179	0.204	0.172	0.204	0.199	0.208	0.164	0.180	0.193	0.164	0.191	0.209
9	1	0.179	0.170	0.163	0.171	0.160	0.160	0.177	0.172	0.170	0.182	0.169	0.168
34	1	0.183	0.164	0.157	0.182	0.166	0.175	0.169	0.161	0.143	0.181	0.144	0.119
64	1.05	0.173	0.192	0.228	0.219	0.194	0.223	0.196	0.197	0.217	0.197	0.193	0.222
33	1.3	0.232	0.213	0.198	0.218	0.187	0.179	0.221	0.217	0.192	0.215	0.193	0.175
63	1.35	0.235	0.236	0.271	0.240	0.270	0.295	0.238	0.248	0.251	0.231	0.237	0.291
13	1.6	0.261	0.248	0.244	0.254	0.253	0.214	0.248	0.251	0.243	0.262	0.240	0.209
43	1.65	0.288	0.304	0.321	0.296	0.302	0.328	0.271	0.290	0.293	0.275	0.300	0.315
23	1.9	0.283	0.293	0.274	0.261	0.255	0.225	0.286	0.284	0.275	0.332	0.277	0.250
53	1.95	0.276	0.313	0.336	0.332	0.322	0.332	0.323	0.333	0.341	0.323	0.333	0.369
16	2.2	0.325	0.286	0.299	0.343	0.286	0.264	0.330	0.331	0.317	0.347	0.318	0.290
46	2.25	0.342	0.391	0.381	0.350	0.345	0.379	0.350	0.356	0.374	0.351	0.369	0.396
15	2.5	0.354	0.316	0.285	0.335	0.379	0.291	0.371	0.374	0.336	0.378	0.351	0.326
45	2.55	0.365	0.429	0.395	0.393	0.413	0.446	0.389	0.393	0.408	0.407	0.388	0.430

* b parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 10. 40 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>	<i>S19</i>	<i>S20</i>	<i>S21</i>	<i>S22</i>	<i>S23</i>	<i>S24</i>
66	-2.55	0.281	0.334	0.305	0.225	0.308	0.329	0.151	0.173	0.194	0.154	0.197	0.198
36	-2.5	0.279	0.317	0.243	0.291	0.262	0.179	0.166	0.140	0.117	0.154	0.138	0.088
50	-2.25	0.274	0.243	0.286	0.238	0.293	0.317	0.129	0.151	0.158	0.130	0.171	0.188
20	-2.2	0.244	0.244	0.204	0.265	0.254	0.211	0.143	0.113	0.112	0.127	0.110	0.092
61	-1.95	0.240	0.270	0.249	0.257	0.289	0.278	0.125	0.141	0.151	0.134	0.157	0.169
31	-1.9	0.235	0.186	0.212	0.241	0.241	0.210	0.116	0.092	0.093	0.109	0.098	0.078
48	-1.65	0.206	0.228	0.244	0.207	0.218	0.236	0.113	0.102	0.134	0.103	0.136	0.140
18	-1.6	0.216	0.209	0.194	0.206	0.182	0.152	0.116	0.094	0.072	0.103	0.079	0.075
54	-1.35	0.163	0.201	0.214	0.183	0.226	0.277	0.113	0.095	0.105	0.077	0.136	0.136
24	-1.3	0.184	0.154	0.156	0.202	0.147	0.159	0.090	0.074	0.070	0.101	0.081	0.059
55	-1.05	0.161	0.185	0.175	0.155	0.181	0.187	0.079	0.092	0.108	0.076	0.110	0.109
5	-1	0.125	0.134	0.136	0.132	0.115	0.152	0.064	0.074	0.072	0.058	0.073	0.058
25	-1	0.174	0.111	0.123	0.152	0.161	0.136	0.083	0.067	0.055	0.084	0.071	0.056
44	-0.95	0.129	0.162	0.151	0.132	0.174	0.192	0.066	0.091	0.092	0.089	0.096	0.113
14	-0.9	0.143	0.129	0.134	0.135	0.151	0.111	0.073	0.070	0.063	0.082	0.046	0.062
47	-0.85	0.122	0.144	0.169	0.148	0.178	0.173	0.068	0.078	0.086	0.074	0.086	0.112
17	-0.8	0.120	0.128	0.112	0.131	0.113	0.119	0.068	0.069	0.060	0.069	0.055	0.063
65	-0.75	0.133	0.147	0.162	0.129	0.132	0.154	0.064	0.070	0.087	0.078	0.087	0.106
10	-0.7	0.106	0.104	0.095	0.102	0.108	0.099	0.055	0.051	0.045	0.056	0.057	0.041
35	-0.7	0.123	0.127	0.122	0.130	0.124	0.123	0.065	0.052	0.051	0.067	0.049	0.052
56	-0.65	0.140	0.153	0.137	0.118	0.149	0.169	0.065	0.051	0.087	0.061	0.079	0.100
26	-0.6	0.141	0.102	0.117	0.127	0.125	0.103	0.065	0.060	0.055	0.060	0.055	0.057
60	-0.55	0.128	0.126	0.119	0.136	0.139	0.152	0.056	0.071	0.077	0.055	0.078	0.104
6	-0.5	0.102	0.089	0.084	0.083	0.077	0.088	0.040	0.049	0.048	0.045	0.043	0.045
30	-0.5	0.103	0.127	0.116	0.124	0.116	0.121	0.056	0.055	0.068	0.049	0.055	0.058
49	-0.45	0.108	0.136	0.131	0.120	0.118	0.146	0.059	0.058	0.074	0.060	0.075	0.089
19	-0.4	0.108	0.115	0.112	0.118	0.110	0.110	0.069	0.048	0.044	0.061	0.061	0.065
41	-0.35	0.099	0.097	0.127	0.140	0.119	0.124	0.059	0.073	0.077	0.051	0.066	0.093
1	-0.3	0.081	0.211	0.210	0.072	0.310	0.300	0.034	0.168	0.171	0.044	0.257	0.259
11	-0.3	0.108	0.128	0.093	0.111	0.107	0.125	0.051	0.054	0.063	0.067	0.057	0.077
67	-0.25	0.130	0.106	0.116	0.113	0.106	0.153	0.053	0.056	0.082	0.058	0.068	0.093
37	-0.2	0.364	0.103	0.112	0.536	0.108	0.122	0.316	0.059	0.048	0.517	0.058	0.068
2	-0.15	0.068	0.173	0.190	0.079	0.293	0.286	0.040	0.162	0.165	0.033	0.262	0.248
68	-0.15	0.122	0.107	0.122	0.118	0.108	0.143	0.048	0.063	0.054	0.063	0.062	0.085
38	-0.1	0.348	0.109	0.089	0.520	0.099	0.132	0.309	0.056	0.057	0.515	0.053	0.076
39	0.1	0.355	0.314	0.128	0.508	0.479	0.140	0.322	0.308	0.061	0.506	0.484	0.086
3	0.15	0.077	0.071	0.162	0.068	0.070	0.266	0.039	0.042	0.154	0.032	0.041	0.254
69	0.15	0.096	0.115	0.095	0.109	0.092	0.145	0.060	0.045	0.059	0.052	0.070	0.071
40	0.2	0.331	0.335	0.133	0.545	0.522	0.118	0.314	0.304	0.066	0.498	0.483	0.083
70	0.25	0.123	0.130	0.088	0.108	0.088	0.099	0.054	0.049	0.052	0.055	0.052	0.068

EK 10'un devamı

madde	b	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S19	S20	S21	S22	S23	S24
4	0.3	0.083	0.088	0.158	0.087	0.087	0.259	0.042	0.039	0.150	0.041	0.042	0.249
29	0.3	0.123	0.118	0.118	0.106	0.131	0.150	0.052	0.060	0.085	0.053	0.077	0.093
59	0.35	0.097	0.123	0.118	0.109	0.118	0.108	0.048	0.051	0.064	0.055	0.061	0.072
12	0.4	0.107	0.129	0.133	0.110	0.107	0.152	0.047	0.066	0.070	0.061	0.061	0.086
42	0.45	0.117	0.114	0.136	0.116	0.115	0.102	0.056	0.046	0.055	0.064	0.058	0.059
8	0.5	0.095	0.100	0.093	0.082	0.105	0.082	0.044	0.052	0.045	0.045	0.043	0.051
27	0.5	0.139	0.133	0.142	0.119	0.151	0.161	0.063	0.064	0.082	0.055	0.070	0.098
57	0.55	0.125	0.109	0.108	0.102	0.101	0.095	0.058	0.051	0.051	0.066	0.053	0.067
21	0.6	0.100	0.139	0.158	0.133	0.149	0.155	0.070	0.070	0.079	0.065	0.087	0.108
51	0.65	0.130	0.127	0.100	0.117	0.136	0.128	0.067	0.054	0.051	0.059	0.053	0.063
7	0.7	0.101	0.105	0.100	0.106	0.112	0.104	0.044	0.056	0.059	0.056	0.054	0.056
28	0.7	0.152	0.154	0.150	0.147	0.142	0.165	0.070	0.088	0.089	0.069	0.085	0.100
58	0.75	0.148	0.128	0.136	0.125	0.123	0.116	0.071	0.059	0.066	0.067	0.059	0.058
32	0.8	0.160	0.147	0.133	0.144	0.139	0.188	0.072	0.083	0.087	0.070	0.095	0.104
62	0.85	0.162	0.119	0.130	0.140	0.117	0.109	0.071	0.062	0.058	0.065	0.059	0.061
22	0.9	0.156	0.168	0.143	0.132	0.166	0.188	0.070	0.089	0.109	0.086	0.101	0.121
52	0.95	0.139	0.139	0.148	0.149	0.141	0.120	0.089	0.068	0.062	0.084	0.061	0.055
9	1	0.133	0.147	0.147	0.130	0.128	0.139	0.062	0.070	0.070	0.061	0.071	0.063
34	1	0.171	0.136	0.152	0.167	0.164	0.190	0.076	0.087	0.109	0.074	0.104	0.123
64	1.05	0.171	0.144	0.108	0.161	0.131	0.129	0.074	0.065	0.054	0.079	0.073	0.056
33	1.3	0.169	0.205	0.187	0.206	0.211	0.219	0.093	0.102	0.115	0.093	0.123	0.129
63	1.35	0.151	0.184	0.143	0.194	0.146	0.134	0.094	0.077	0.066	0.098	0.082	0.059
13	1.6	0.183	0.237	0.215	0.213	0.221	0.272	0.126	0.110	0.126	0.106	0.123	0.163
43	1.65	0.192	0.183	0.163	0.173	0.187	0.159	0.120	0.094	0.093	0.109	0.089	0.065
23	1.9	0.229	0.227	0.260	0.263	0.273	0.306	0.136	0.139	0.145	0.099	0.147	0.171
53	1.95	0.274	0.217	0.222	0.230	0.225	0.196	0.111	0.111	0.094	0.111	0.101	0.080
16	2.2	0.271	0.304	0.262	0.240	0.302	0.319	0.149	0.134	0.162	0.134	0.158	0.184
46	2.25	0.313	0.234	0.236	0.264	0.268	0.228	0.146	0.132	0.121	0.138	0.125	0.090
15	2.5	0.285	0.345	0.377	0.306	0.302	0.354	0.160	0.148	0.186	0.143	0.173	0.194
45	2.55	0.279	0.219	0.271	0.288	0.291	0.235	0.148	0.145	0.127	0.142	0.158	0.100

* b parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 11. 40 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin RMSE Değerleri

madde	b	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S19	S20	S21	S22	S23	S24
36	-2.55	0.162	0.189	0.216	0.163	0.19	0.314	0.111	0.144	0.202	0.11	0.184	0.278
20	-2.25	0.13	0.181	0.236	0.161	0.21	0.271	0.1	0.148	0.192	0.106	0.202	0.274
31	-1.95	0.117	0.178	0.18	0.153	0.19	0.244	0.088	0.144	0.184	0.088	0.179	0.246
18	-1.65	0.14	0.138	0.164	0.145	0.17	0.246	0.084	0.116	0.17	0.095	0.168	0.248
24	-1.35	0.13	0.15	0.171	0.134	0.17	0.235	0.08	0.108	0.157	0.089	0.147	0.237
25	-1.05	0.143	0.165	0.159	0.137	0.17	0.266	0.052	0.099	0.155	0.074	0.142	0.236
5	-1	0.116	0.143	0.154	0.113	0.16	0.225	0.06	0.092	0.146	0.065	0.13	0.234
14	-0.95	0.114	0.143	0.149	0.099	0.16	0.219	0.058	0.101	0.144	0.066	0.135	0.237
17	-0.85	0.114	0.121	0.168	0.099	0.15	0.248	0.054	0.098	0.143	0.068	0.135	0.23
35	-0.75	0.107	0.157	0.141	0.125	0.16	0.236	0.068	0.105	0.133	0.072	0.128	0.216
10	-0.7	0.091	0.134	0.185	0.094	0.15	0.242	0.052	0.093	0.157	0.049	0.124	0.225
26	-0.65	0.119	0.119	0.16	0.117	0.17	0.254	0.063	0.098	0.132	0.065	0.144	0.216
30	-0.55	0.1	0.141	0.177	0.111	0.17	0.252	0.058	0.097	0.143	0.053	0.135	0.199
6	-0.5	0.112	0.115	0.16	0.104	0.16	0.238	0.052	0.085	0.131	0.057	0.117	0.215
19	-0.45	0.099	0.134	0.154	0.111	0.16	0.239	0.065	0.085	0.118	0.06	0.124	0.207
11	-0.35	0.113	0.144	0.164	0.109	0.17	0.245	0.054	0.082	0.135	0.07	0.121	0.216
1	-0.3	0.093	0.25	0.216	0.1	0.39	0.282	0.047	0.226	0.161	0.061	0.35	0.264
37	-0.25	0.314	0.125	0.17	0.448	0.14	0.241	0.274	0.088	0.121	0.463	0.123	0.2
2	-0.15	0.101	0.246	0.19	0.106	0.38	0.302	0.05	0.217	0.18	0.06	0.371	0.261
38	-0.15	0.307	0.123	0.127	0.446	0.14	0.24	0.275	0.09	0.127	0.47	0.106	0.204
3	0.15	0.118	0.123	0.201	0.121	0.15	0.303	0.055	0.075	0.191	0.044	0.116	0.297
39	0.15	0.33	0.249	0.17	0.453	0.37	0.236	0.301	0.25	0.123	0.476	0.383	0.202
40	0.25	0.316	0.275	0.165	0.496	0.42	0.217	0.301	0.254	0.125	0.476	0.39	0.189
4	0.3	0.099	0.127	0.205	0.09	0.14	0.303	0.05	0.071	0.191	0.054	0.106	0.302
29	0.35	0.127	0.116	0.139	0.098	0.16	0.239	0.053	0.073	0.135	0.053	0.111	0.192
12	0.45	0.105	0.127	0.173	0.102	0.13	0.23	0.042	0.075	0.113	0.053	0.089	0.182
8	0.5	0.108	0.133	0.17	0.081	0.15	0.208	0.053	0.075	0.113	0.052	0.091	0.185
27	0.55	0.115	0.129	0.16	0.098	0.16	0.237	0.053	0.067	0.122	0.055	0.094	0.179
21	0.65	0.098	0.135	0.176	0.111	0.16	0.219	0.065	0.069	0.11	0.059	0.1	0.186
7	0.7	0.097	0.103	0.152	0.103	0.14	0.219	0.044	0.068	0.12	0.04	0.078	0.179
28	0.75	0.125	0.137	0.162	0.119	0.14	0.225	0.065	0.082	0.116	0.053	0.094	0.172
32	0.85	0.133	0.131	0.142	0.13	0.13	0.236	0.067	0.073	0.107	0.049	0.097	0.17
22	0.95	0.126	0.138	0.132	0.093	0.15	0.232	0.05	0.077	0.119	0.058	0.094	0.178
9	1	0.115	0.136	0.181	0.098	0.14	0.211	0.055	0.061	0.11	0.06	0.089	0.171
34	1.05	0.142	0.109	0.142	0.131	0.15	0.216	0.043	0.066	0.114	0.063	0.087	0.175
33	1.35	0.125	0.153	0.154	0.145	0.16	0.227	0.065	0.074	0.102	0.055	0.091	0.157
13	1.65	0.107	0.167	0.158	0.142	0.17	0.247	0.065	0.059	0.097	0.07	0.071	0.168
23	1.95	0.125	0.156	0.181	0.141	0.18	0.258	0.066	0.071	0.096	0.101	0.078	0.158
16	2.25	0.159	0.178	0.16	0.158	0.18	0.244	0.081	0.069	0.099	0.096	0.078	0.15
15	2.55	0.172	0.208	0.244	0.153	0.21	0.243	0.104	0.095	0.1	0.096	0.079	0.143

EK 12. 20 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.130	0.126	0.122	0.124	0.111	0.149	0.132	0.162	0.141	0.143	0.145	0.150
21	-2.45	0.111	0.109	0.109	0.120	0.117	0.091	0.138	0.114	0.129	0.146	0.125	0.127
25	-2.05	0.097	0.118	0.080	0.096	0.081	0.084	0.105	0.092	0.091	0.101	0.096	0.094
10	-2	0.072	0.080	0.084	0.094	0.093	0.092	0.094	0.095	0.109	0.095	0.096	0.111
31	-1.55	0.059	0.056	0.059	0.053	0.058	0.055	0.065	0.064	0.065	0.066	0.063	0.052
16	-1.5	0.042	0.053	0.055	0.039	0.056	0.060	0.061	0.064	0.068	0.059	0.072	0.072
26	-1.05	0.026	0.025	0.036	0.027	0.026	0.023	0.033	0.031	0.034	0.034	0.029	0.024
3	-1	0.029	0.022	0.024	0.025	0.025	0.028	0.029	0.033	0.033	0.031	0.030	0.031
11	-1	0.020	0.029	0.027	0.024	0.030	0.031	0.031	0.029	0.038	0.027	0.032	0.036
23	-0.8	0.019	0.017	0.013	0.021	0.018	0.013	0.020	0.018	0.019	0.023	0.017	0.015
8	-0.75	0.010	0.013	0.016	0.009	0.023	0.023	0.017	0.020	0.021	0.016	0.025	0.026
33	-0.55	0.011	0.012	0.005	0.011	0.012	0.010	0.011	0.010	0.009	0.010	0.009	0.007
4	-0.5	0.005	0.006	0.007	0.007	0.005	0.005	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009
18	-0.5	0.007	0.008	0.003	0.005	0.008	0.012	0.008	0.009	0.009	0.008	0.010	0.012
28	-0.3	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.001
13	-0.25	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001	0.003	0.004
1	0	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
34	0.05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
20	0.25	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
35	0.3	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.002	0.003	0.005	0.005	0.004	0.006
2	0.5	0.008	0.008	0.004	0.007	0.008	0.009	0.009	0.007	0.007	0.008	0.007	0.009
15	0.5	0.009	0.005	0.005	0.006	0.005	0.003	0.008	0.006	0.005	0.009	0.006	0.007
30	0.55	0.006	0.005	0.011	0.008	0.008	0.014	0.007	0.010	0.013	0.009	0.010	0.012
17	0.75	0.015	0.012	0.012	0.017	0.015	0.014	0.018	0.017	0.012	0.015	0.018	0.014
32	0.8	0.018	0.016	0.025	0.014	0.021	0.028	0.018	0.022	0.025	0.018	0.021	0.030
5	1	0.030	0.023	0.028	0.028	0.027	0.023	0.028	0.029	0.029	0.027	0.034	0.031
9	1	0.028	0.026	0.023	0.029	0.020	0.025	0.029	0.024	0.024	0.030	0.023	0.020
24	1.05	0.025	0.029	0.039	0.029	0.030	0.033	0.032	0.037	0.036	0.030	0.034	0.036
14	1.5	0.064	0.053	0.040	0.045	0.042	0.044	0.063	0.058	0.052	0.061	0.057	0.050
29	1.55	0.063	0.075	0.071	0.053	0.066	0.080	0.074	0.070	0.070	0.062	0.072	0.070
7	2	0.069	0.075	0.081	0.081	0.070	0.067	0.099	0.089	0.091	0.094	0.093	0.083
22	2.05	0.091	0.080	0.112	0.103	0.111	0.102	0.115	0.109	0.119	0.113	0.114	0.119
27	2.45	0.105	0.135	0.138	0.105	0.106	0.122	0.142	0.128	0.139	0.135	0.131	0.153
12	2.5	0.119	0.110	0.093	0.125	0.105	0.084	0.133	0.118	0.138	0.139	0.140	0.122

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 13. 20 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.154	0.167	0.161	0.180	0.191	0.115	0.101	0.072	0.083	0.090	0.082	0.066
21	-2.45	0.178	0.210	0.202	0.194	0.201	0.256	0.090	0.128	0.109	0.083	0.114	0.117
25	-2.05	0.111	0.102	0.158	0.135	0.163	0.163	0.065	0.087	0.089	0.070	0.083	0.090
10	-2	0.134	0.123	0.109	0.111	0.105	0.089	0.066	0.064	0.045	0.066	0.059	0.038
31	-1.55	0.069	0.087	0.081	0.091	0.086	0.098	0.039	0.045	0.046	0.038	0.048	0.067
16	-1.5	0.083	0.065	0.056	0.095	0.059	0.044	0.035	0.031	0.024	0.037	0.022	0.017
26	-1.05	0.038	0.047	0.030	0.043	0.048	0.060	0.018	0.022	0.021	0.017	0.026	0.036
3	-1	0.025	0.039	0.034	0.035	0.034	0.028	0.017	0.013	0.013	0.015	0.015	0.015
11	-1	0.037	0.023	0.022	0.033	0.020	0.015	0.014	0.014	0.006	0.018	0.011	0.005
23	-0.8	0.017	0.026	0.035	0.018	0.025	0.038	0.010	0.014	0.014	0.008	0.016	0.023
8	-0.75	0.025	0.017	0.011	0.028	0.006	0.004	0.009	0.005	0.003	0.010	0.002	0.001
33	-0.55	0.006	0.008	0.021	0.009	0.008	0.014	0.003	0.006	0.008	0.004	0.008	0.013
4	-0.5	0.010	0.009	0.009	0.008	0.011	0.011	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003
18	-0.5	0.007	0.004	0.011	0.011	0.004	0.000	0.004	0.002	0.001	0.003	0.001	0.000
28	-0.3	0.002	0.003	0.007	0.003	0.005	0.015	0.001	0.003	0.005	0.001	0.005	0.009
13	-0.25	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
1	0	0.000	0.025	0.030	0.000	0.084	0.080	0.000	0.027	0.025	0.000	0.069	0.073
19	0	0.153	0.001	0.000	0.317	0.001	0.005	0.107	0.000	0.002	0.279	0.001	0.005
34	0.05	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003
20	0.25	0.104	0.098	0.003	0.272	0.261	0.009	0.089	0.079	0.006	0.262	0.241	0.008
35	0.3	0.003	0.003	0.001	0.005	0.003	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
2	0.5	0.006	0.007	0.008	0.009	0.006	0.045	0.003	0.005	0.011	0.004	0.005	0.050
15	0.5	0.005	0.015	0.014	0.011	0.014	0.025	0.004	0.008	0.010	0.003	0.008	0.009
30	0.55	0.013	0.013	0.004	0.010	0.008	0.001	0.007	0.003	0.001	0.005	0.003	0.001
17	0.75	0.016	0.026	0.028	0.016	0.024	0.028	0.008	0.012	0.020	0.011	0.010	0.019
32	0.8	0.017	0.020	0.007	0.025	0.012	0.004	0.011	0.007	0.004	0.012	0.007	0.001
5	1	0.024	0.039	0.029	0.030	0.032	0.036	0.018	0.017	0.016	0.019	0.012	0.014
9	1	0.025	0.036	0.041	0.029	0.049	0.042	0.017	0.026	0.026	0.015	0.027	0.037
24	1.05	0.039	0.031	0.017	0.036	0.029	0.020	0.017	0.012	0.011	0.020	0.013	0.008
14	1.5	0.050	0.076	0.102	0.088	0.102	0.101	0.034	0.044	0.052	0.036	0.045	0.060
29	1.55	0.063	0.049	0.049	0.087	0.059	0.035	0.030	0.032	0.028	0.043	0.029	0.024
7	2	0.138	0.148	0.137	0.135	0.165	0.174	0.063	0.081	0.079	0.068	0.075	0.094
22	2.05	0.122	0.143	0.089	0.119	0.097	0.095	0.055	0.059	0.045	0.058	0.052	0.039
27	2.45	0.191	0.152	0.137	0.215	0.197	0.150	0.085	0.100	0.080	0.095	0.093	0.060
12	2.5	0.166	0.208	0.236	0.181	0.227	0.270	0.101	0.128	0.105	0.094	0.101	0.128

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 14. 20 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S17</i>	<i>S18</i>
6	-2.5	0.001	0.01	0.013	0.005	0.01	0.065	0.004	0.023	0.026	0.006	0.025	0.063
10	-2	0	0.006	0.01	0.005	0.014	0.046	0.002	0.01	0.027	0.002	0.017	0.058
16	-1.5	0.001	0.005	0.013	0	0.012	0.047	0.002	0.01	0.022	0.001	0.02	0.053
3	-1	0	0.004	0.012	0	0.011	0.048	0.001	0.009	0.022	0.001	0.015	0.048
11	-1	0	0.007	0.013	0.001	0.014	0.047	0.001	0.006	0.023	0	0.013	0.048
8	-0.75	0.001	0.005	0.012	0	0.018	0.053	0.001	0.008	0.018	0	0.017	0.051
4	-0.5	0	0.004	0.013	0	0.009	0.044	0	0.006	0.019	0	0.012	0.045
18	-0.5	0	0.007	0.006	0	0.011	0.053	0.001	0.006	0.015	0	0.011	0.045
13	-0.25	0	0.005	0.011	0	0.01	0.043	0	0.005	0.014	0	0.01	0.041
1	0	0.001	0.041	0.031	0.001	0.139	0.072	0	0.051	0.029	0	0.137	0.071
19	0	0.113	0.006	0.009	0.204	0.013	0.051	0.076	0.004	0.015	0.207	0.007	0.043
20	0.25	0.099	0.059	0.011	0.209	0.149	0.044	0.081	0.052	0.014	0.226	0.155	0.037
2	0.5	0	0.005	0.03	0	0.006	0.083	0	0.002	0.034	0	0.006	0.093
15	0.5	0	0.008	0.014	0.001	0.011	0.049	0	0.003	0.012	0	0.005	0.027
17	0.75	0	0.007	0.016	0	0.009	0.038	0	0.002	0.012	0	0.002	0.029
5	1	0	0.008	0.014	0	0.01	0.042	0	0.002	0.01	0	0.002	0.032
9	1	0	0.005	0.013	0	0.013	0.035	0	0.003	0.009	0.001	0.005	0.034
14	1.5	0.002	0.004	0.02	0	0.014	0.044	0.001	0.001	0.008	0.001	0.002	0.027
7	2	0	0.006	0.012	0	0.014	0.048	0.001	0.001	0.005	0.002	0.001	0.024
12	2.5	0.001	0.006	0.027	0.001	0.01	0.055	0.002	0.001	0.002	0.005	0	0.018

* *b* parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 15. 40 Maddelik Koşullarda Hiyerarşik Rasch Model ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>	<i>S19</i>	<i>S20</i>	<i>S21</i>	<i>S22</i>	<i>S23</i>	<i>S24</i>
66	-2.55	0.133	0.104	0.108	0.163	0.120	0.106	0.142	0.132	0.119	0.142	0.121	0.115
36	-2.5	0.116	0.097	0.152	0.111	0.129	0.194	0.132	0.147	0.170	0.138	0.152	0.187
50	-2.25	0.097	0.117	0.094	0.112	0.095	0.083	0.125	0.113	0.109	0.128	0.110	0.092
20	-2.2	0.095	0.102	0.145	0.092	0.115	0.129	0.112	0.133	0.142	0.123	0.146	0.159
61	-1.95	0.091	0.065	0.077	0.081	0.069	0.070	0.100	0.087	0.084	0.092	0.083	0.075
31	-1.9	0.066	0.099	0.091	0.075	0.087	0.094	0.094	0.112	0.117	0.097	0.112	0.121
48	-1.65	0.064	0.060	0.050	0.071	0.067	0.056	0.071	0.078	0.063	0.077	0.065	0.060
18	-1.6	0.052	0.053	0.063	0.060	0.071	0.082	0.066	0.076	0.090	0.073	0.087	0.100
54	-1.35	0.065	0.037	0.036	0.044	0.035	0.019	0.045	0.053	0.046	0.060	0.039	0.037
24	-1.3	0.037	0.048	0.051	0.033	0.058	0.054	0.050	0.055	0.062	0.048	0.057	0.074
55	-1.05	0.028	0.021	0.023	0.032	0.024	0.022	0.034	0.030	0.024	0.036	0.026	0.024
5	-1	0.029	0.028	0.026	0.023	0.034	0.020	0.030	0.028	0.030	0.033	0.030	0.035
25	-1	0.025	0.045	0.035	0.029	0.031	0.049	0.026	0.034	0.044	0.029	0.039	0.055
44	-0.95	0.029	0.021	0.024	0.033	0.020	0.012	0.029	0.024	0.023	0.025	0.022	0.017
14	-0.9	0.019	0.028	0.024	0.021	0.027	0.032	0.023	0.028	0.033	0.023	0.034	0.048
47	-0.85	0.024	0.023	0.014	0.021	0.013	0.012	0.022	0.019	0.019	0.021	0.018	0.012
17	-0.8	0.022	0.017	0.027	0.016	0.025	0.033	0.018	0.023	0.028	0.021	0.028	0.040
65	-0.75	0.016	0.014	0.010	0.015	0.020	0.010	0.018	0.015	0.012	0.015	0.014	0.009
10	-0.7	0.014	0.014	0.018	0.014	0.015	0.015	0.014	0.017	0.018	0.015	0.015	0.019
35	-0.7	0.013	0.021	0.014	0.015	0.020	0.024	0.017	0.022	0.021	0.016	0.022	0.031
56	-0.65	0.013	0.010	0.009	0.014	0.008	0.004	0.014	0.015	0.008	0.014	0.009	0.006
26	-0.6	0.006	0.012	0.015	0.008	0.018	0.026	0.011	0.016	0.016	0.013	0.021	0.026
60	-0.55	0.013	0.008	0.007	0.004	0.005	0.004	0.009	0.009	0.006	0.011	0.006	0.003
6	-0.5	0.005	0.008	0.008	0.009	0.012	0.008	0.008	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009
30	-0.5	0.008	0.008	0.015	0.005	0.016	0.020	0.008	0.012	0.014	0.008	0.015	0.017
49	-0.45	0.008	0.004	0.003	0.008	0.005	0.001	0.007	0.006	0.004	0.007	0.003	0.002
19	-0.4	0.004	0.006	0.007	0.004	0.009	0.014	0.005	0.008	0.008	0.005	0.009	0.014
41	-0.35	0.004	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001	0.004	0.002	0.001	0.005	0.003	0.000
1	-0.3	0.004	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002
11	-0.3	0.003	0.004	0.007	0.003	0.010	0.011	0.003	0.004	0.007	0.003	0.007	0.013
67	-0.25	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
37	-0.2	0.001	0.002	0.005	0.001	0.003	0.008	0.002	0.003	0.004	0.001	0.005	0.007
2	-0.15	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
68	-0.15	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
38	-0.1	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.005	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.005
39	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
3	0.15	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
69	0.15	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.009	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.004
40	0.2	0.001	0.004	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
70	0.25	0.001	0.008	0.003	0.001	0.005	0.005	0.003	0.002	0.004	0.002	0.004	0.007

Ek 15'in Devamı

madde	b	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S19	S20	S21	S22	S23	S24
4	0.3	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003
29	0.3	0.004	0.006	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
59	0.35	0.003	0.005	0.007	0.006	0.002	0.006	0.004	0.004	0.008	0.004	0.007	0.012
12	0.4	0.005	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.005	0.003	0.002	0.004	0.002	0.000
42	0.45	0.003	0.005	0.005	0.007	0.008	0.011	0.007	0.010	0.011	0.006	0.008	0.014
8	0.5	0.006	0.005	0.005	0.008	0.003	0.010	0.008	0.006	0.008	0.007	0.008	0.006
27	0.5	0.003	0.003	0.003	0.005	0.002	0.000	0.007	0.006	0.003	0.008	0.004	0.002
57	0.55	0.009	0.006	0.014	0.008	0.016	0.014	0.010	0.013	0.011	0.009	0.014	0.019
21	0.6	0.013	0.008	0.004	0.008	0.007	0.003	0.011	0.007	0.006	0.010	0.005	0.002
51	0.65	0.014	0.018	0.021	0.012	0.010	0.027	0.015	0.016	0.019	0.014	0.019	0.022
7	0.7	0.012	0.014	0.013	0.012	0.013	0.013	0.017	0.013	0.013	0.014	0.014	0.013
28	0.7	0.010	0.006	0.007	0.011	0.007	0.004	0.016	0.009	0.008	0.013	0.010	0.005
58	0.75	0.013	0.017	0.019	0.016	0.019	0.031	0.016	0.022	0.028	0.018	0.025	0.028
32	0.8	0.014	0.012	0.012	0.017	0.010	0.005	0.021	0.015	0.013	0.017	0.011	0.008
62	0.85	0.016	0.026	0.026	0.022	0.022	0.034	0.023	0.023	0.026	0.024	0.025	0.039
22	0.9	0.018	0.012	0.018	0.020	0.013	0.008	0.023	0.018	0.014	0.019	0.014	0.010
52	0.95	0.025	0.031	0.022	0.031	0.030	0.037	0.025	0.030	0.035	0.025	0.035	0.042
9	1	0.027	0.023	0.021	0.025	0.022	0.022	0.031	0.028	0.028	0.032	0.027	0.027
34	1	0.023	0.022	0.019	0.023	0.019	0.018	0.027	0.024	0.018	0.031	0.019	0.013
64	1.05	0.022	0.030	0.046	0.037	0.032	0.041	0.036	0.037	0.046	0.036	0.035	0.047
33	1.3	0.044	0.032	0.032	0.034	0.025	0.023	0.047	0.044	0.035	0.045	0.034	0.029
63	1.35	0.050	0.046	0.064	0.046	0.063	0.078	0.054	0.059	0.061	0.051	0.055	0.082
13	1.6	0.060	0.047	0.049	0.053	0.050	0.031	0.059	0.061	0.056	0.066	0.056	0.041
43	1.65	0.073	0.081	0.092	0.079	0.079	0.097	0.070	0.081	0.083	0.073	0.087	0.097
23	1.9	0.070	0.074	0.061	0.057	0.052	0.039	0.080	0.077	0.073	0.107	0.074	0.059
53	1.95	0.063	0.089	0.098	0.095	0.091	0.101	0.102	0.107	0.113	0.102	0.108	0.132
16	2.2	0.089	0.066	0.079	0.103	0.067	0.057	0.105	0.107	0.096	0.116	0.098	0.080
46	2.25	0.091	0.136	0.127	0.108	0.102	0.129	0.119	0.123	0.135	0.120	0.132	0.154
15	2.5	0.109	0.077	0.058	0.094	0.113	0.067	0.133	0.135	0.109	0.139	0.119	0.101
45	2.55	0.121	0.173	0.137	0.134	0.143	0.177	0.147	0.149	0.162	0.160	0.145	0.181

* **b** parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 16. 40 Maddelik Koşullarda Eşzamanlı Eşitleme ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>	<i>S19</i>	<i>S20</i>	<i>S21</i>	<i>S22</i>	<i>S23</i>	<i>S24</i>
66	-2.55	0.047	0.077	0.070	0.031	0.066	0.081	0.018	0.023	0.030	0.018	0.031	0.033
36	-2.5	0.053	0.074	0.031	0.058	0.048	0.013	0.019	0.014	0.007	0.017	0.013	0.004
50	-2.25	0.050	0.038	0.054	0.040	0.059	0.073	0.012	0.018	0.019	0.011	0.021	0.031
20	-2.2	0.043	0.041	0.016	0.047	0.034	0.023	0.015	0.007	0.005	0.010	0.005	0.002
61	-1.95	0.029	0.056	0.041	0.038	0.055	0.054	0.009	0.016	0.017	0.012	0.019	0.024
31	-1.9	0.043	0.019	0.024	0.035	0.029	0.022	0.009	0.004	0.003	0.008	0.004	0.002
48	-1.65	0.025	0.031	0.040	0.021	0.027	0.038	0.009	0.007	0.013	0.006	0.013	0.016
18	-1.6	0.028	0.029	0.021	0.023	0.017	0.010	0.008	0.005	0.002	0.005	0.002	0.001
54	-1.35	0.006	0.027	0.027	0.019	0.032	0.060	0.009	0.006	0.009	0.003	0.014	0.015
24	-1.3	0.018	0.012	0.009	0.022	0.007	0.008	0.004	0.003	0.001	0.005	0.002	0.000
55	-1.05	0.011	0.020	0.017	0.009	0.018	0.021	0.003	0.005	0.009	0.002	0.008	0.010
5	-1	0.008	0.009	0.010	0.013	0.006	0.017	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.002
25	-1	0.009	0.001	0.004	0.006	0.007	0.000	0.004	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000
44	-0.95	0.005	0.013	0.010	0.004	0.015	0.026	0.002	0.005	0.005	0.004	0.006	0.010
14	-0.9	0.009	0.004	0.006	0.008	0.005	0.002	0.003	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001
47	-0.85	0.004	0.005	0.013	0.006	0.017	0.018	0.002	0.004	0.004	0.002	0.005	0.010
17	-0.8	0.003	0.006	0.001	0.007	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
65	-0.75	0.005	0.008	0.012	0.007	0.004	0.013	0.001	0.003	0.005	0.003	0.004	0.009
10	-0.7	0.004	0.005	0.002	0.004	0.005	0.004	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
35	-0.7	0.004	0.001	0.004	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
56	-0.65	0.004	0.006	0.007	0.003	0.010	0.018	0.001	0.001	0.005	0.001	0.004	0.008
26	-0.6	0.007	0.002	0.001	0.004	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
60	-0.55	0.001	0.004	0.005	0.009	0.008	0.011	0.001	0.002	0.003	0.001	0.004	0.008
6	-0.5	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
30	-0.5	0.001	0.002	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
49	-0.45	0.001	0.005	0.005	0.001	0.004	0.011	0.000	0.001	0.003	0.001	0.003	0.006
19	-0.4	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
41	-0.35	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.006	0.000	0.002	0.003	0.000	0.002	0.006
1	-0.3	0.000	0.038	0.037	0.001	0.092	0.084	0.000	0.027	0.027	0.000	0.064	0.066
11	-0.3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
67	-0.25	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.011	0.000	0.001	0.003	0.000	0.003	0.006
37	-0.2	0.117	0.000	0.001	0.278	0.000	0.002	0.098	0.000	0.000	0.266	0.001	0.002
2	-0.15	0.000	0.024	0.031	0.000	0.079	0.076	0.000	0.025	0.026	0.000	0.068	0.060
68	-0.15	0.000	0.003	0.002	0.001	0.002	0.006	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.005
38	-0.1	0.109	0.000	0.000	0.261	0.000	0.003	0.094	0.001	0.001	0.264	0.000	0.003
39	0.1	0.109	0.088	0.002	0.247	0.217	0.006	0.100	0.093	0.002	0.254	0.231	0.005
3	0.15	0.000	0.000	0.022	0.001	0.000	0.067	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.063
69	0.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
40	0.2	0.101	0.102	0.002	0.285	0.257	0.006	0.096	0.089	0.002	0.245	0.231	0.004
70	0.25	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002

EK 16'ın Devamı

madde	b	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S19	S20	S21	S22	S23	S24
4	0.3	0.001	0.000	0.020	0.002	0.002	0.061	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.061
29	0.3	0.000	0.000	0.002	0.002	0.004	0.010	0.000	0.002	0.004	0.000	0.003	0.006
59	0.35	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
12	0.4	0.001	0.003	0.009	0.003	0.002	0.010	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.006
42	0.45	0.005	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
8	0.5	0.003	0.004	0.004	0.002	0.005	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
27	0.5	0.008	0.007	0.006	0.004	0.007	0.016	0.001	0.001	0.004	0.001	0.003	0.005
57	0.55	0.003	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
21	0.6	0.002	0.004	0.010	0.005	0.005	0.011	0.001	0.002	0.004	0.001	0.005	0.009
51	0.65	0.002	0.001	0.000	0.004	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
7	0.7	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
28	0.7	0.008	0.012	0.009	0.006	0.009	0.015	0.001	0.004	0.005	0.002	0.004	0.008
58	0.75	0.008	0.004	0.003	0.005	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
32	0.8	0.008	0.010	0.009	0.005	0.011	0.021	0.001	0.003	0.005	0.003	0.007	0.009
62	0.85	0.010	0.003	0.002	0.005	0.004	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
22	0.9	0.009	0.017	0.009	0.008	0.014	0.023	0.003	0.004	0.008	0.005	0.007	0.011
52	0.95	0.008	0.004	0.009	0.004	0.004	0.002	0.004	0.001	0.000	0.004	0.001	0.000
9	1	0.009	0.012	0.013	0.010	0.011	0.012	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003
34	1	0.011	0.011	0.014	0.011	0.013	0.015	0.004	0.004	0.008	0.002	0.008	0.013
64	1.05	0.017	0.010	0.002	0.006	0.007	0.003	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000
33	1.3	0.013	0.022	0.022	0.021	0.029	0.034	0.005	0.005	0.010	0.006	0.011	0.014
63	1.35	0.014	0.017	0.006	0.018	0.006	0.002	0.005	0.002	0.002	0.006	0.004	0.000
13	1.6	0.022	0.032	0.029	0.027	0.027	0.052	0.012	0.009	0.012	0.008	0.012	0.021
43	1.65	0.020	0.016	0.009	0.017	0.015	0.007	0.009	0.004	0.004	0.008	0.003	0.001
23	1.9	0.037	0.033	0.043	0.051	0.054	0.074	0.015	0.014	0.017	0.005	0.017	0.025
53	1.95	0.056	0.033	0.024	0.029	0.029	0.022	0.009	0.006	0.005	0.009	0.007	0.001
16	2.2	0.047	0.069	0.053	0.036	0.067	0.081	0.017	0.014	0.020	0.012	0.019	0.028
46	2.25	0.059	0.027	0.028	0.046	0.047	0.028	0.015	0.012	0.008	0.014	0.010	0.003
15	2.5	0.055	0.088	0.110	0.069	0.049	0.100	0.018	0.015	0.029	0.016	0.023	0.031
45	2.55	0.061	0.029	0.045	0.053	0.043	0.024	0.016	0.014	0.010	0.012	0.017	0.005

* b parametresi küçükten büyüğe sıralanmıştır.

** Koyu renkli hata değerleri DMF olan maddeleri işaret etmektedir.

*** RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan kaynaklı hatadandır.

EK 17. 40 Maddelik Koşullarda Ayrı Kalibrasyon ile Kestirilen Madde Parametreleri İçin BIAS Değerleri

<i>madde</i>	<i>b</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>	<i>S19</i>	<i>S20</i>	<i>S21</i>	<i>S22</i>	<i>S23</i>	<i>S24</i>
36	-2.55	0.001	0.003	0.024	0.001	0.01	0.084	0.004	0.015	0.034	0.004	0.029	0.074
20	-2.25	0.001	0.008	0.03	0.001	0.02	0.052	0.003	0.017	0.03	0.005	0.034	0.068
31	-1.95	0	0.014	0.014	0.001	0.01	0.041	0.003	0.016	0.028	0.003	0.027	0.056
18	-1.65	0	0.003	0.01	0.001	0.01	0.048	0.002	0.01	0.026	0.003	0.024	0.056
24	-1.35	0	0.007	0.014	0	0.02	0.04	0.002	0.009	0.021	0.001	0.018	0.053
25	-1.05	0	0.016	0.015	0.002	0.01	0.053	0	0.007	0.022	0.001	0.016	0.053
5	-1	0	0.008	0.013	0	0.02	0.037	0.001	0.005	0.018	0.001	0.014	0.052
14	-0.95	0	0.008	0.01	0.001	0.01	0.04	0.001	0.006	0.017	0	0.016	0.053
17	-0.85	0.001	0.004	0.017	0.001	0.01	0.048	0.001	0.006	0.017	0.001	0.015	0.05
35	-0.75	0	0.009	0.009	0.001	0.01	0.043	0.001	0.008	0.015	0.001	0.014	0.044
10	-0.7	0	0.007	0.021	0.001	0.01	0.047	0	0.005	0.022	0	0.013	0.047
26	-0.65	0	0.005	0.014	0	0.01	0.054	0.001	0.006	0.014	0.001	0.018	0.045
30	-0.55	0	0.004	0.018	0	0.02	0.051	0	0.007	0.016	0	0.015	0.037
6	-0.5	0	0.004	0.016	0.001	0.01	0.047	0	0.005	0.015	0.001	0.012	0.044
19	-0.45	0	0.005	0.011	0	0.01	0.047	0	0.005	0.012	0	0.011	0.039
11	-0.35	0	0.005	0.017	0.001	0.02	0.047	0	0.004	0.015	0	0.012	0.043
1	-0.3	0	0.05	0.035	0	0.15	0.069	0	0.049	0.024	0	0.12	0.067
37	-0.25	0.082	0.004	0.017	0.193	0.01	0.046	0.073	0.004	0.013	0.213	0.012	0.037
2	-0.15	0.001	0.052	0.027	0	0.14	0.08	0	0.045	0.03	0	0.136	0.066
38	-0.15	0.081	0.003	0.008	0.189	0.01	0.045	0.074	0.005	0.014	0.218	0.009	0.039
3	0.15	0	0.007	0.033	0.002	0.01	0.084	0	0.004	0.034	0	0.011	0.086
39	0.15	0.092	0.05	0.014	0.194	0.12	0.044	0.087	0.06	0.013	0.224	0.144	0.037
40	0.25	0.092	0.064	0.011	0.234	0.16	0.039	0.088	0.061	0.013	0.223	0.15	0.033
4	0.3	0	0.001	0.034	0	0.01	0.082	0	0.003	0.035	0	0.009	0.089
29	0.35	0	0	0.009	0.001	0.01	0.045	0	0.003	0.015	0	0.01	0.034
12	0.45	0	0.004	0.019	0.001	0.01	0.042	0	0.002	0.01	0	0.006	0.031
8	0.5	0	0.007	0.018	0	0.01	0.034	0	0.003	0.011	0	0.006	0.032
27	0.55	0.001	0.006	0.013	0.001	0.01	0.046	0	0.002	0.012	0	0.006	0.028
21	0.65	0	0.003	0.015	0.001	0.01	0.035	0	0.002	0.009	0	0.007	0.031
7	0.7	0	0.002	0.014	0	0.01	0.036	0	0.002	0.012	0	0.004	0.03
28	0.75	0	0.007	0.012	0	0.01	0.038	0	0.003	0.011	0	0.005	0.027
32	0.85	0	0.004	0.01	0	0.01	0.042	0	0.001	0.008	0	0.007	0.027
22	0.95	0	0.006	0.008	0	0.01	0.039	0	0.001	0.01	0	0.006	0.028
9	1	0	0.003	0.021	0	0.01	0.035	0.001	0.001	0.01	0.001	0.005	0.027
34	1.05	0	0.002	0.011	0	0.01	0.027	0	0.001	0.01	0.001	0.005	0.028
33	1.35	0	0.003	0.011	0.001	0.01	0.036	0.001	0	0.007	0.001	0.004	0.022
13	1.65	0	0.003	0.009	0	0	0.041	0	0	0.005	0.001	0.002	0.023
23	1.95	0	0.001	0.011	0.002	0.01	0.046	0.001	0	0.005	0.005	0.001	0.02
16	2.25	0	0.006	0.01	0	0.01	0.038	0.001	0	0.003	0.003	0	0.016
15	2.55	0	0.006	0.028	0	0	0.039	0.003	0.001	0.004	0.004	0	0.013

EK 18. Madde parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örnekleme büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.249	0.153	0.193
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.248	0.165	0.192
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.242	0.185	0.194
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.268	0.156	0.190
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.262	0.194	0.195
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.249	0.255	0.196
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.168	0.139	0.181
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.165	0.153	0.182
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.159	0.170	0.183
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.177	0.153	0.182
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.174	0.184	0.184
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.173	0.245	0.184
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.167	0.092	0.184
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.168	0.109	0.182
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.157	0.139	0.185
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.180	0.110	0.184
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.173	0.142	0.185
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.168	0.216	0.186
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.094	0.086	0.170
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.088	0.103	0.171
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.089	0.136	0.170
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.104	0.108	0.172
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.102	0.142	0.170
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.101	0.209	0.174
				min	0.088	0.086	0.170
				max	0.268	0.255	0.196
				ort	0.172	0.156	0.183

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 19. Madde parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.058	0.011	0.037
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.058	0.010	0.038
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.054	0.015	0.038
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.074	0.021	0.037
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.067	0.025	0.038
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.059	0.050	0.039
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.019	0.009	0.032
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.018	0.010	0.032
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.015	0.016	0.033
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.028	0.021	0.033
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.023	0.024	0.033
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.020	0.047	0.034
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.032	0.009	0.044
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.033	0.010	0.043
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.028	0.017	0.045
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.043	0.023	0.044
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.037	0.023	0.044
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.032	0.044	0.045
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.010	0.009	0.037
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.007	0.010	0.038
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.006	0.016	0.038
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.018	0.023	0.038
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.013	0.024	0.037
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.010	0.042	0.040
				min	0.006	0.009	0.032
				max	0.074	0.050	0.045
				ort	0.032	0.021	0.038

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 20. Madde parametrelerine ait ortalama SE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örnekleme büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.131	0.129	0.093
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.128	0.132	0.091
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.131	0.138	0.093
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.127	0.117	0.090
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.135	0.130	0.095
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.128	0.122	0.093
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.116	0.118	0.091
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.115	0.120	0.091
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.115	0.114	0.090
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.115	0.115	0.090
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.119	0.119	0.093
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.116	0.115	0.089
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.062	0.064	0.046
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.062	0.062	0.046
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.060	0.058	0.045
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.063	0.063	0.046
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.063	0.066	0.046
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.062	0.061	0.046
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.056	0.057	0.045
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.055	0.058	0.045
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.056	0.057	0.045
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.057	0.060	0.046
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.057	0.057	0.046
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.055	0.057	0.044
				min	0.055	0.057	0.044
				max	0.135	0.138	0.095
				ort	0.091	0.091	0.069

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 21. Yetenek parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.494	0.470	0.499
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.497	0.475	0.500
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.493	0.483	0.496
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.494	0.471	0.499
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.497	0.480	0.496
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.499	0.509	0.499
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.365	0.351	0.360
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.365	0.359	0.359
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.367	0.371	0.362
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.368	0.355	0.362
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.369	0.368	0.362
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.373	0.406	0.366
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.488	0.472	0.501
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.490	0.475	0.500
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.490	0.484	0.501
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.491	0.476	0.504
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.492	0.483	0.500
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.494	0.508	0.503
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.362	0.354	0.362
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.363	0.359	0.363
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.364	0.371	0.364
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.364	0.356	0.363
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.364	0.367	0.363
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.369	0.400	0.368
				min	0.362	0.351	0.359
					0.499	0.509	0.504
					0.430	0.425	0.431

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 22.Yetenek parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.018	0.061	0.020
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.019	0.065	0.022
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.019	0.072	0.022
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.019	0.070	0.020
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.020	0.072	0.024
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.023	0.110	0.026
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.007	0.022	0.009
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.007	0.028	0.010
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.008	0.034	0.011
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.008	0.025	0.009
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.009	0.033	0.012
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.013	0.069	0.016
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.025	0.067	0.022
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.026	0.073	0.026
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.027	0.082	0.026
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.027	0.073	0.022
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.027	0.080	0.027
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.030	0.108	0.030
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.011	0.027	0.011
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.011	0.030	0.012
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.013	0.040	0.014
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.012	0.028	0.011
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.013	0.038	0.014
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.016	0.065	0.017
				min	0.007	0.022	0.009
				mak	0.030	0.110	0.030
				ort	0.017	0.057	0.018

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 23. Yetenek parametrelerine ait ortalama SE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>MTM eşzamanlı</i>	<i>SL</i>	<i>ÇDMTM</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.476	0.410	0.479
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.478	0.412	0.477
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.475	0.415	0.474
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.476	0.402	0.478
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.477	0.411	0.472
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.476	0.407	0.472
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.356	0.324	0.348
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.356	0.324	0.345
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.357	0.328	0.346
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.358	0.324	0.350
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.358	0.326	0.346
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.356	0.321	0.344
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.463	0.406	0.479
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.465	0.404	0.475
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.464	0.405	0.475
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.465	0.405	0.482
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.465	0.405	0.473
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.464	0.406	0.473
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.348	0.320	0.348
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.348	0.320	0.347
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.348	0.321	0.347
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.348	0.321	0.349
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.348	0.319	0.345
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.348	0.320	0.346
				min	0.348	0.319	0.344
					0.478	0.415	0.482
					0.411	0.365	0.411

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 24. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.249	0.278	0.153	0.134
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.248	0.271	0.165	0.135
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.242	0.327	0.185	0.149
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.268	0.277	0.156	0.126
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.262	0.275	0.194	0.288
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.249	0.263	0.255	0.251
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.168	0.168	0.139	0.120
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.165	0.169	0.153	0.151
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.159	0.164	0.170	0.284
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.177	0.166	0.153	0.119
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.174	0.169	0.184	0.151
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.173	0.167	0.245	0.265
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.167	0.182	0.092	0.071
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.168	0.204	0.109	0.069
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.157	0.174	0.139	0.072
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.180	0.184	0.110	0.070
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.173	0.179	0.142	0.076
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.168	0.175	0.216	0.075
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.094	0.090	0.086	0.063
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.088	0.086	0.103	0.068
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.089	0.088	0.136	0.061
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.104	0.087	0.108	0.067
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.102	0.090	0.142	0.065
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.101	0.085	0.209	0.068
				min	0.088	0.085	0.086	0.061
				max	0.268	0.327	0.255	0.288
				ort	0.172	0.180	0.156	0.125

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 25. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>Test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.058	0.076	0.011	0.000
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.058	0.072	0.010	0.000
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.054	0.083	0.015	0.000
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.074	0.076	0.021	0.001
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.067	0.074	0.025	0.060
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.059	0.068	0.050	0.060
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.019	0.018	0.009	0.000
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.018	0.019	0.010	0.008
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.015	0.016	0.016	0.070
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.028	0.017	0.021	0.001
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.023	0.018	0.024	0.008
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.020	0.017	0.047	0.060
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.032	0.038	0.009	0.001
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.033	0.054	0.010	0.001
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.028	0.036	0.017	0.001
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.043	0.039	0.023	0.001
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.037	0.038	0.023	0.001
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.032	0.036	0.044	0.001
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.010	0.006	0.009	0.001
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.007	0.005	0.010	0.001
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.006	0.006	0.016	0.001
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.018	0.005	0.023	0.001
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.013	0.006	0.024	0.001
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.010	0.005	0.042	0.001
				min	0.006	0.005	0.009	0.000
				max	0.074	0.083	0.050	0.070
				ort	0.032	0.035	0.021	0.012

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 26. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında madde parametrelerine ait ortalama SE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.131	0.137	0.129	0.133
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.128	0.135	0.132	0.133
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.131	0.222	0.138	0.149
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.127	0.131	0.117	0.123
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.135	0.140	0.130	0.148
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.128	0.134	0.122	0.113
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.116	0.118	0.118	0.118
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.115	0.118	0.120	0.122
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.115	0.119	0.114	0.120
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.115	0.118	0.115	0.117
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.119	0.122	0.119	0.122
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.116	0.119	0.115	0.116
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.062	0.064	0.064	0.066
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.062	0.046	0.062	0.064
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.060	0.063	0.058	0.064
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.063	0.065	0.063	0.064
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.063	0.065	0.066	0.068
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.062	0.065	0.061	0.067
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.056	0.057	0.057	0.058
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.055	0.057	0.058	0.061
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.056	0.058	0.057	0.057
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.057	0.058	0.060	0.061
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.057	0.058	0.057	0.059
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.055	0.057	0.057	0.062
				min	0.055	0.046	0.057	0.057
				max	0.135	0.222	0.138	0.149
				ort	0.091	0.097	0.091	0.094

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 27. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama RMSE değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.494	0.520	0.470	0.492
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.497	0.521	0.475	0.490
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.493	0.522	0.483	0.496
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.494	0.520	0.471	0.492
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.497	0.520	0.480	0.542
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.499	0.521	0.509	0.527
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.365	0.383	0.351	0.368
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.365	0.382	0.359	0.378
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.367	0.383	0.371	0.448
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.368	0.385	0.355	0.370
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.369	0.385	0.368	0.379
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.373	0.385	0.406	0.435
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.488	0.513	0.472	0.494
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.490	0.523	0.475	0.492
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.490	0.514	0.484	0.494
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.491	0.516	0.476	0.496
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.492	0.515	0.483	0.496
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.494	0.515	0.508	0.495
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.362	0.379	0.354	0.370
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.363	0.379	0.359	0.370
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.364	0.379	0.371	0.370
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.364	0.380	0.356	0.371
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.364	0.379	0.367	0.370
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.369	0.380	0.400	0.371
				min	0.362	0.379	0.351	0.368
				max	0.499	0.523	0.509	0.542
				ort	0.430	0.450	0.425	0.442

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 28. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama BIAS değerleri

<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.018	0.021	0.061	0.072
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.019	0.021	0.065	0.071
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.019	0.022	0.072	0.068
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.019	0.021	0.070	0.076
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.020	0.021	0.072	0.121
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.023	0.022	0.110	0.114
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.007	0.007	0.022	0.024
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.007	0.007	0.028	0.033
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.008	0.007	0.034	0.088
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.008	0.007	0.025	0.026
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.009	0.007	0.033	0.031
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.013	0.008	0.069	0.081
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.025	0.029	0.067	0.075
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.026	0.024	0.073	0.078
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.027	0.029	0.082	0.080
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.027	0.029	0.073	0.080
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.027	0.029	0.080	0.080
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.030	0.029	0.108	0.079
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.011	0.012	0.027	0.029
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.011	0.012	0.030	0.030
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.013	0.012	0.040	0.028
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.012	0.012	0.028	0.029
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.013	0.012	0.038	0.029
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.016	0.012	0.065	0.029
				min	0.007	0.007	0.022	0.024
				max	0.030	0.029	0.110	0.121
				ort	0.017	0.017	0.057	0.060

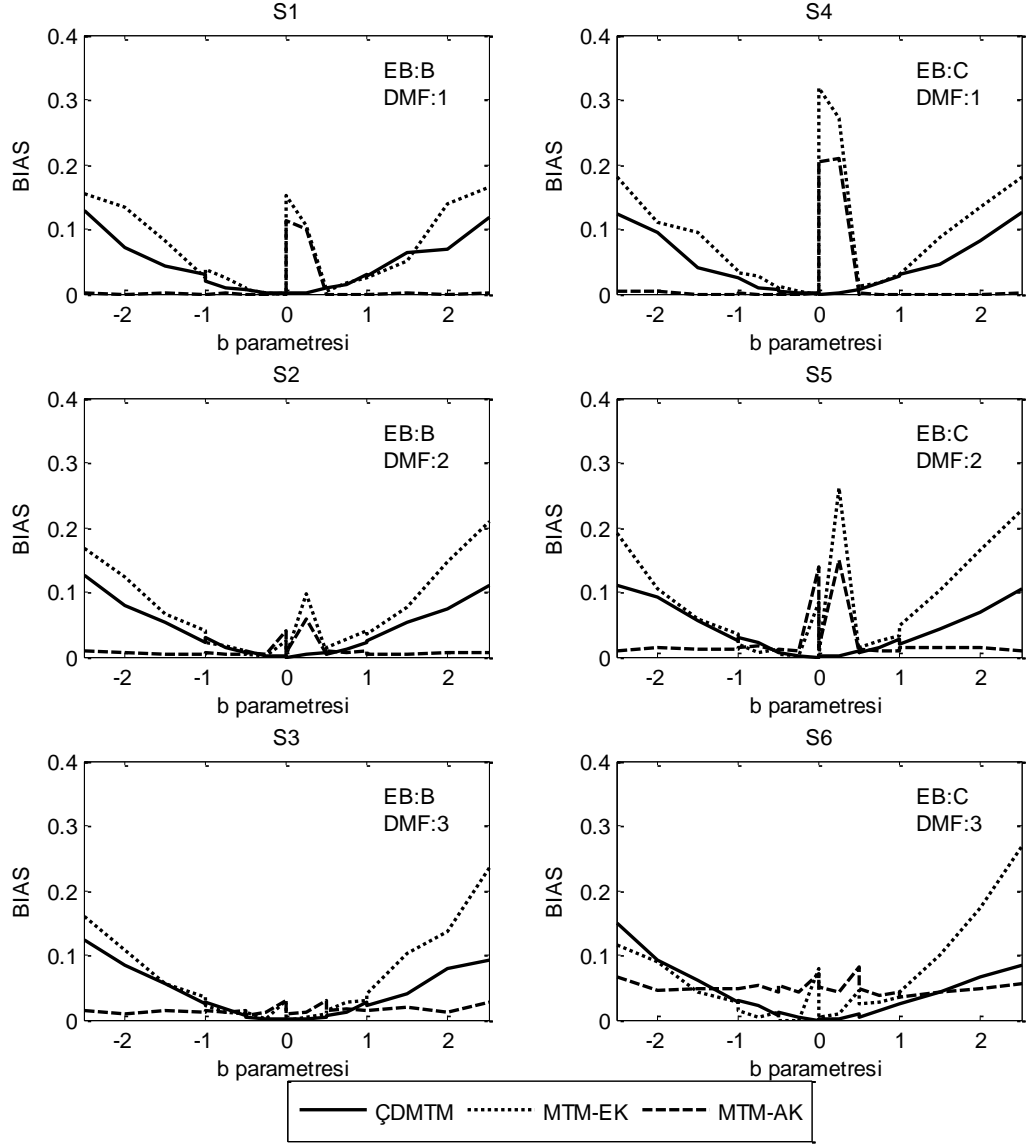
*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

EK 29. DMF'li maddeler testten çıkarıldığında yetenek parametrelerine ait ortalama SE değerleri

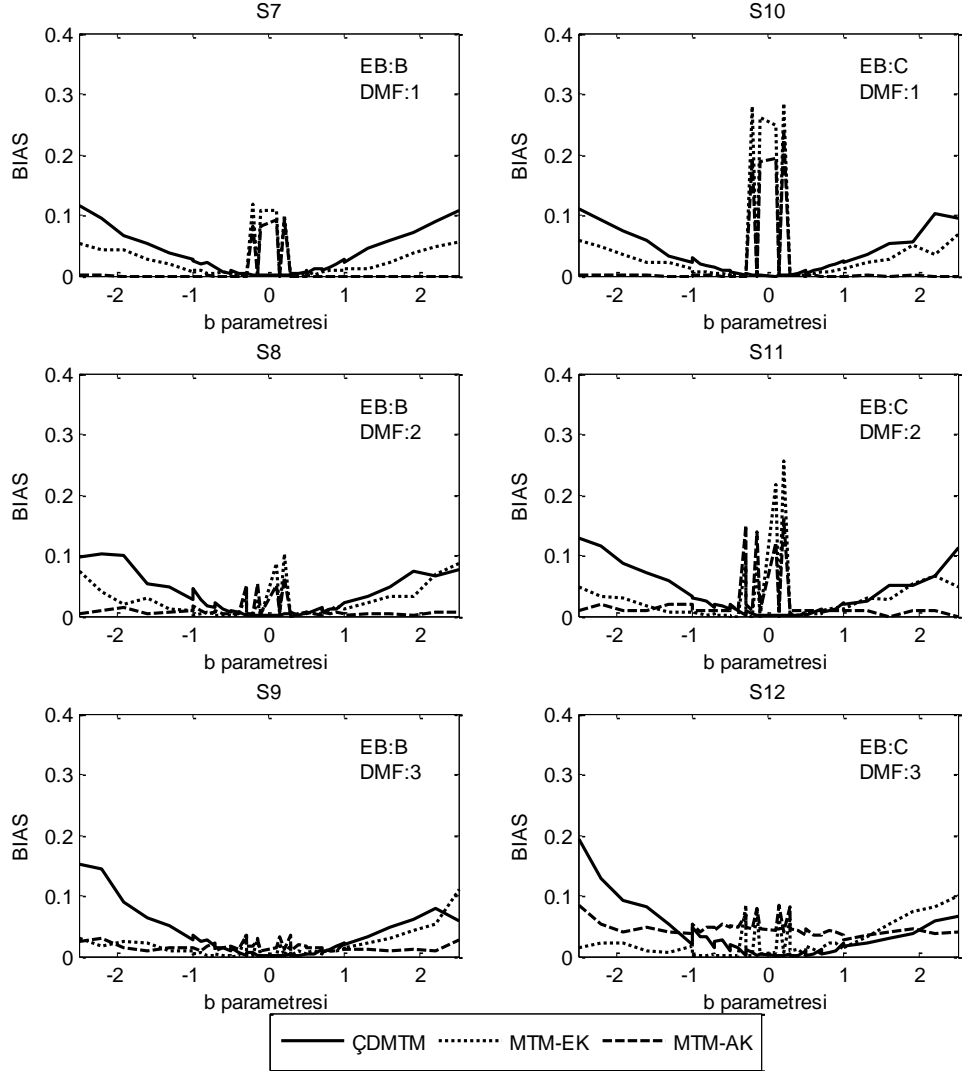
<i>Simülasyon koşulları</i>	<i>Örneklem büyüklüğü</i>	<i>test uzunluğu</i>	<i>DMF etki büyüklüğü</i>	<i>DMF bulunan test</i>	<i>DMFli MTM-EK</i>	<i>DMFsiz MTM-EK</i>	<i>DMFli MTM-AK</i>	<i>DMFsiz MTM-AK</i>
S1	500-500	20	etkiB	ET	0.476	0.501	0.410	0.424
S2	500-500	20	etkiB	ET-OT	0.478	0.501	0.412	0.423
S3	500-500	20	etkiB	OT	0.475	0.502	0.415	0.432
S4	500-500	20	etkiC	ET	0.476	0.500	0.402	0.420
S5	500-500	20	etkiC	ET-OT	0.477	0.501	0.411	0.430
S6	500-500	20	etkiC	OT	0.476	0.501	0.407	0.425
S7	500-500	40	etkiB	ET	0.356	0.374	0.324	0.338
S8	500-500	40	etkiB	ET-OT	0.356	0.373	0.324	0.337
S9	500-500	40	etkiB	OT	0.357	0.374	0.328	0.345
S10	500-500	40	etkiC	ET	0.358	0.376	0.324	0.339
S11	500-500	40	etkiC	ET-OT	0.358	0.376	0.326	0.341
S12	500-500	40	etkiC	OT	0.356	0.375	0.321	0.338
S13	2000-2000	20	etkiB	ET	0.463	0.486	0.406	0.423
S14	2000-2000	20	etkiB	ET-OT	0.465	0.501	0.404	0.419
S15	2000-2000	20	etkiB	OT	0.464	0.487	0.405	0.420
S16	2000-2000	20	etkiC	ET	0.465	0.489	0.405	0.421
S17	2000-2000	20	etkiC	ET-OT	0.465	0.488	0.405	0.421
S18	2000-2000	20	etkiC	OT	0.464	0.488	0.406	0.421
S19	2000-2000	40	etkiB	ET	0.348	0.364	0.320	0.335
S20	2000-2000	40	etkiB	ET-OT	0.348	0.365	0.320	0.334
S21	2000-2000	40	etkiB	OT	0.348	0.365	0.321	0.336
S22	2000-2000	40	etkiC	ET	0.348	0.365	0.321	0.336
S23	2000-2000	40	etkiC	ET-OT	0.348	0.365	0.319	0.335
S24	2000-2000	40	etkiC	OT	0.348	0.365	0.320	0.337
				min	0.348	0.364	0.319	0.334
				max	0.478	0.502	0.415	0.432
				ort	0.411	0.433	0.365	0.380

*RMSE'nin karesi, BIAS'nın karesi ve SE'nin karesinin toplamına tam olarak eşit olmayabilir, bu yuvarlamadan ve ortalama alınmasından kaynaklı hatadandır.

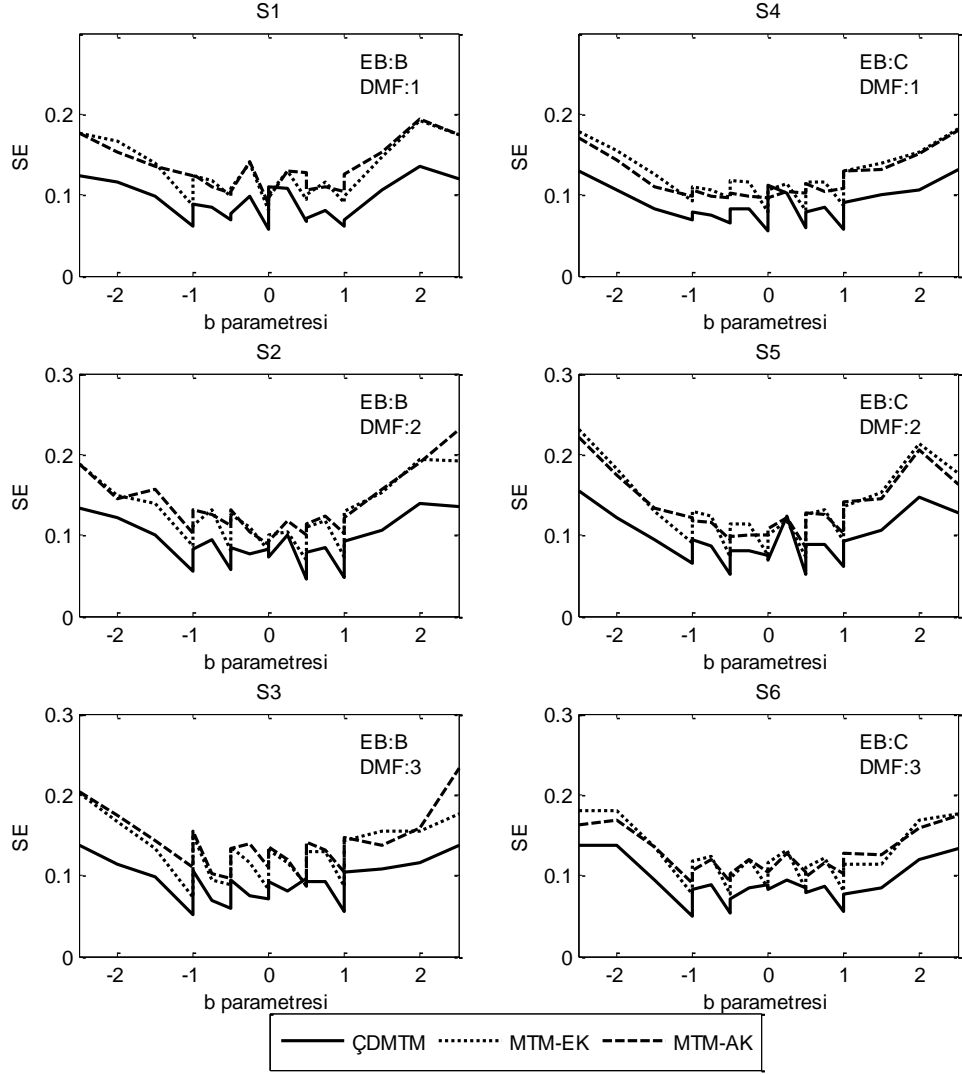
EK 30. Küçük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri



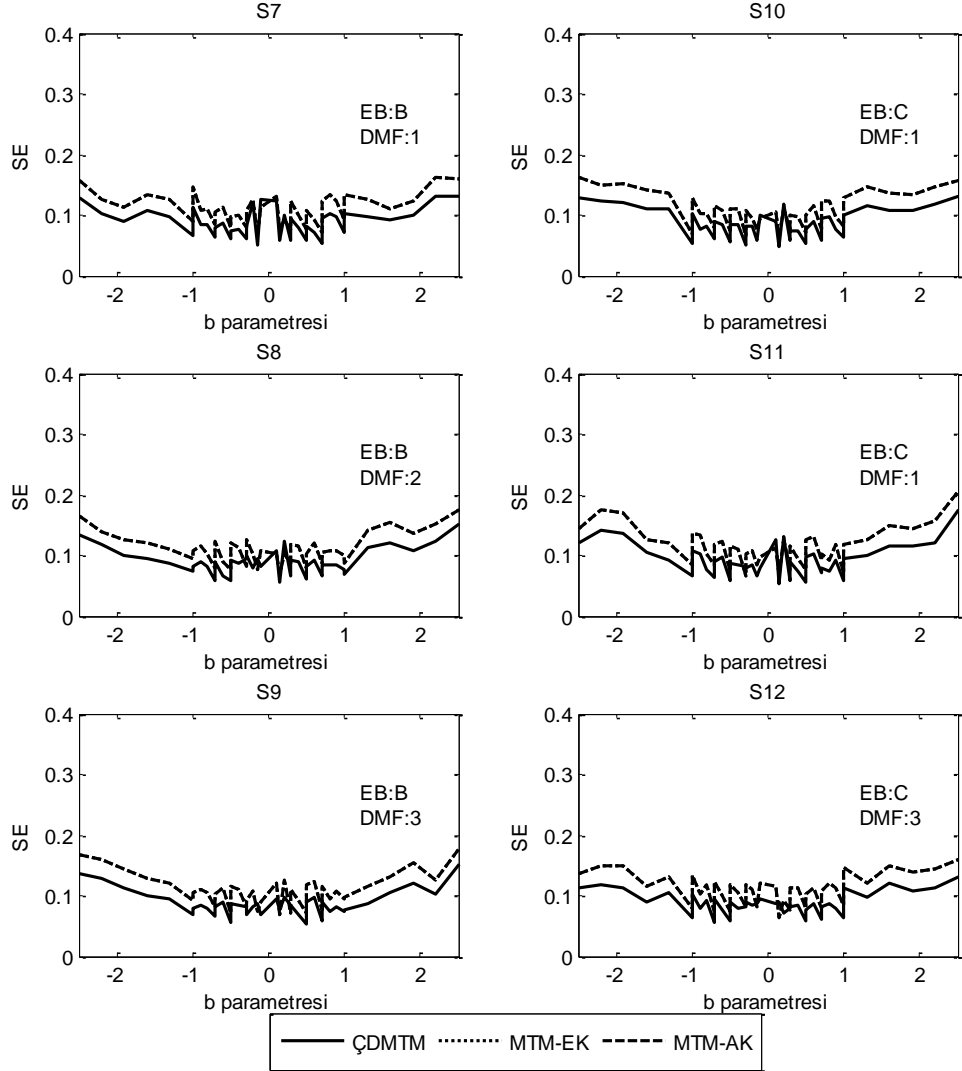
EK 31. Küçük örneklemede 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri



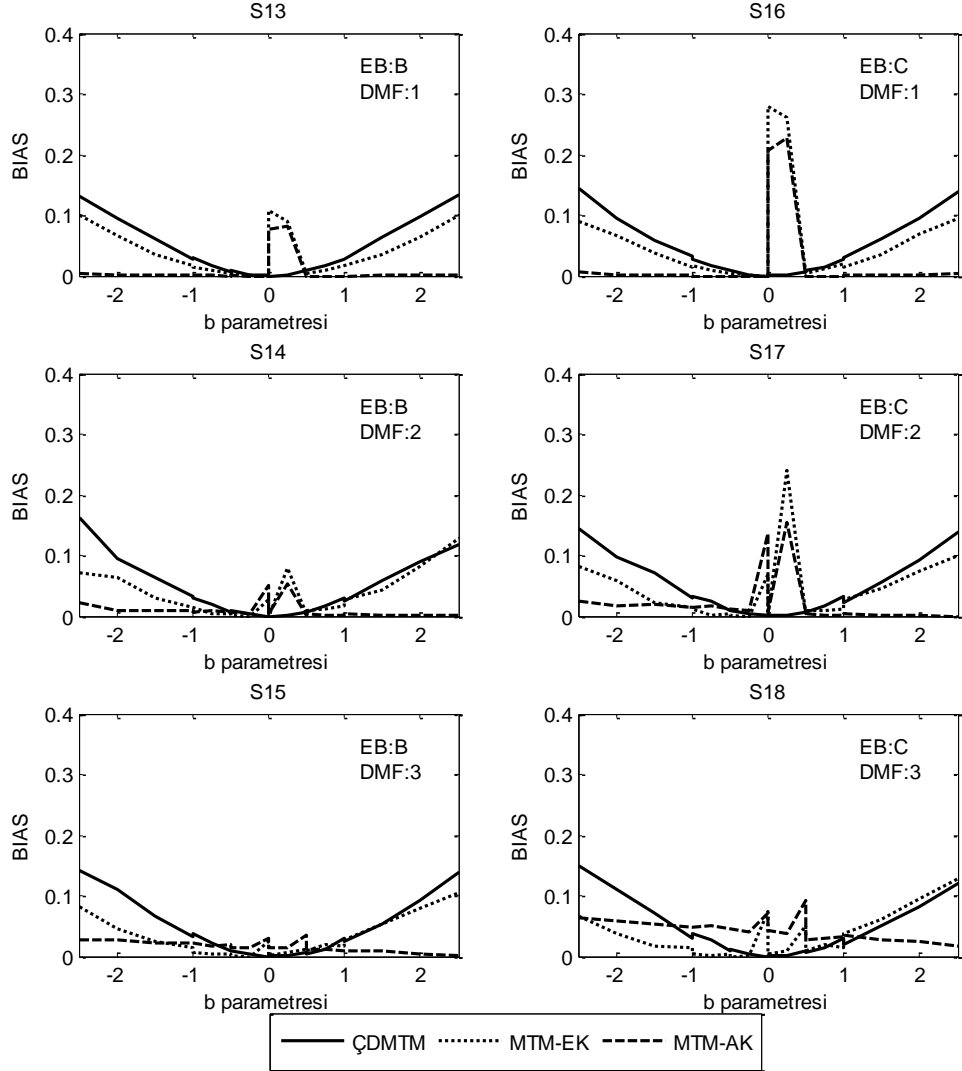
EK 32. Küçük örnekleimde 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri



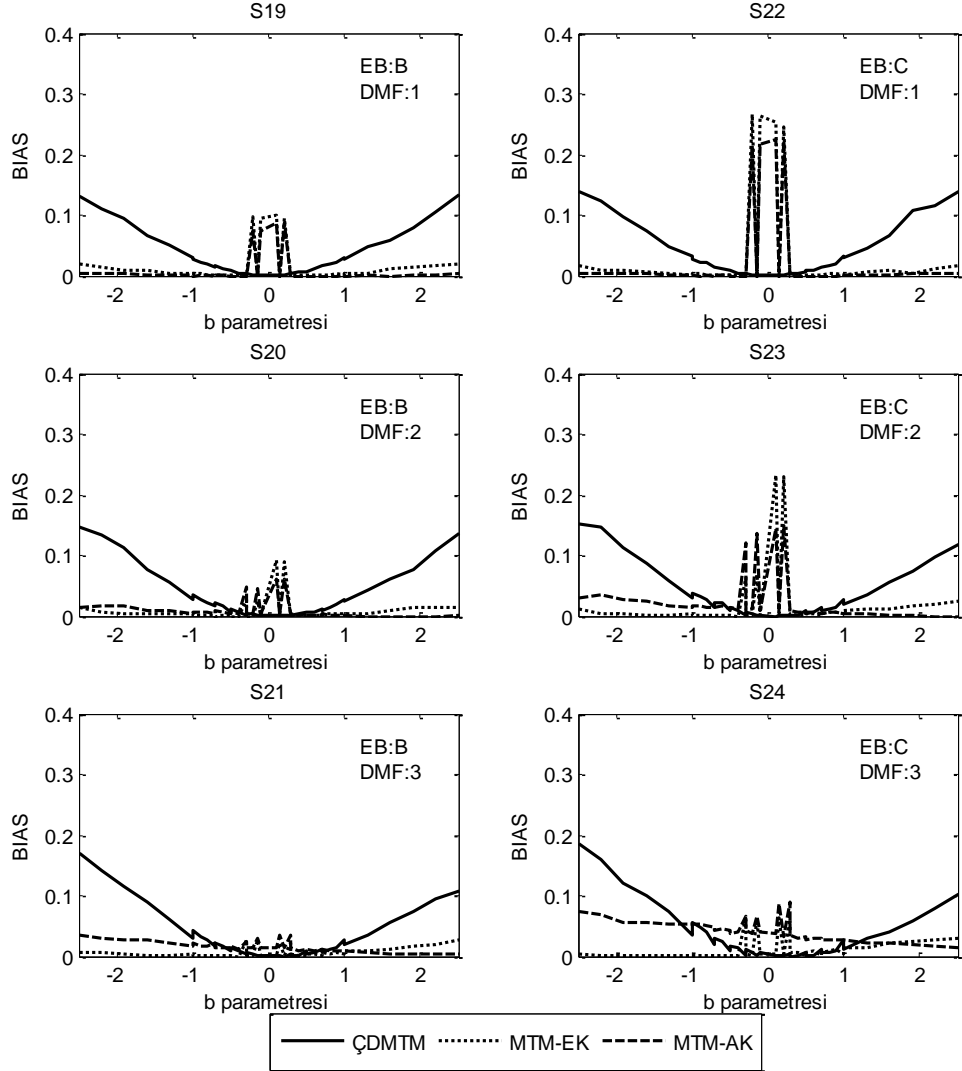
EK 33. Küçük örneklemede 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri



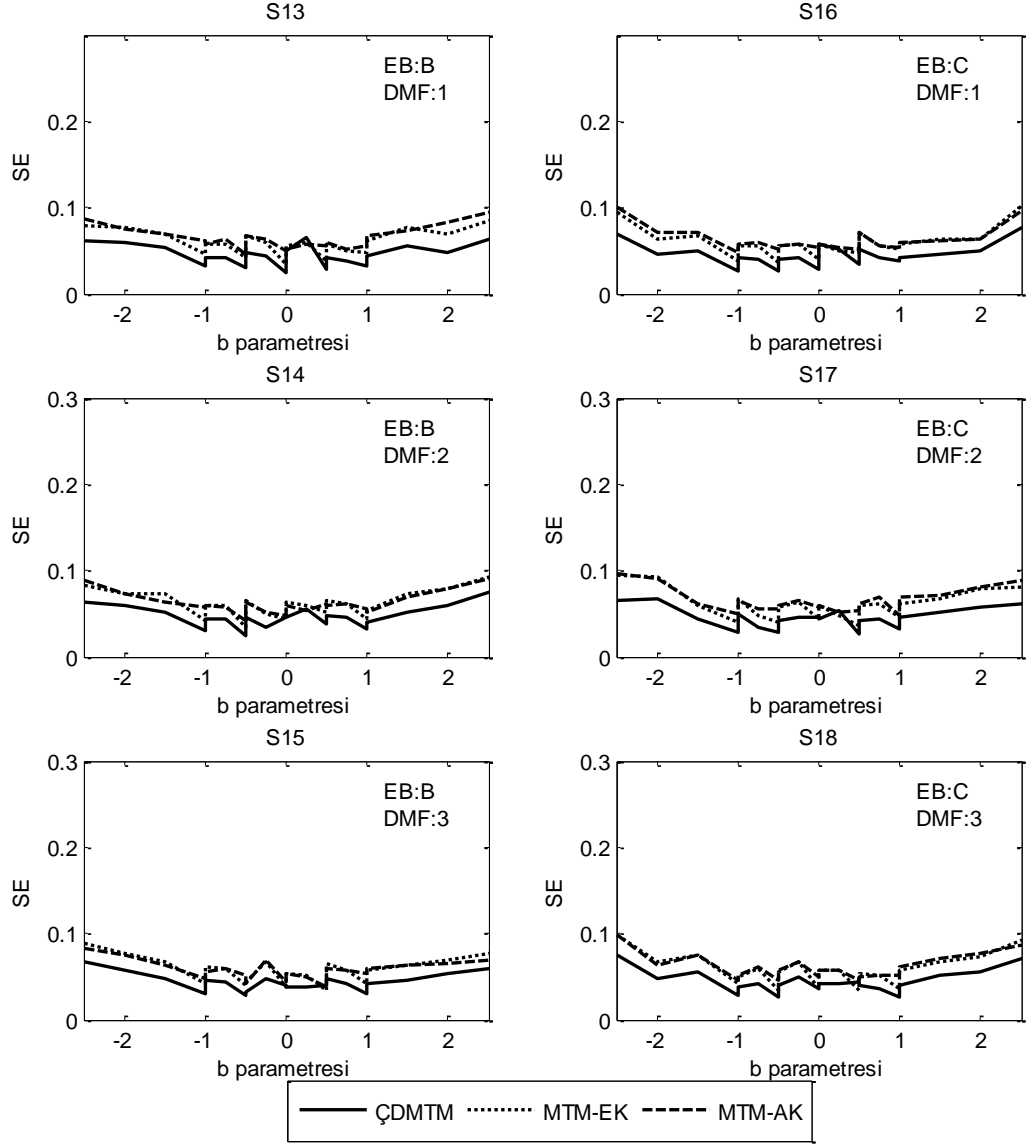
EK 34. Büyük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri



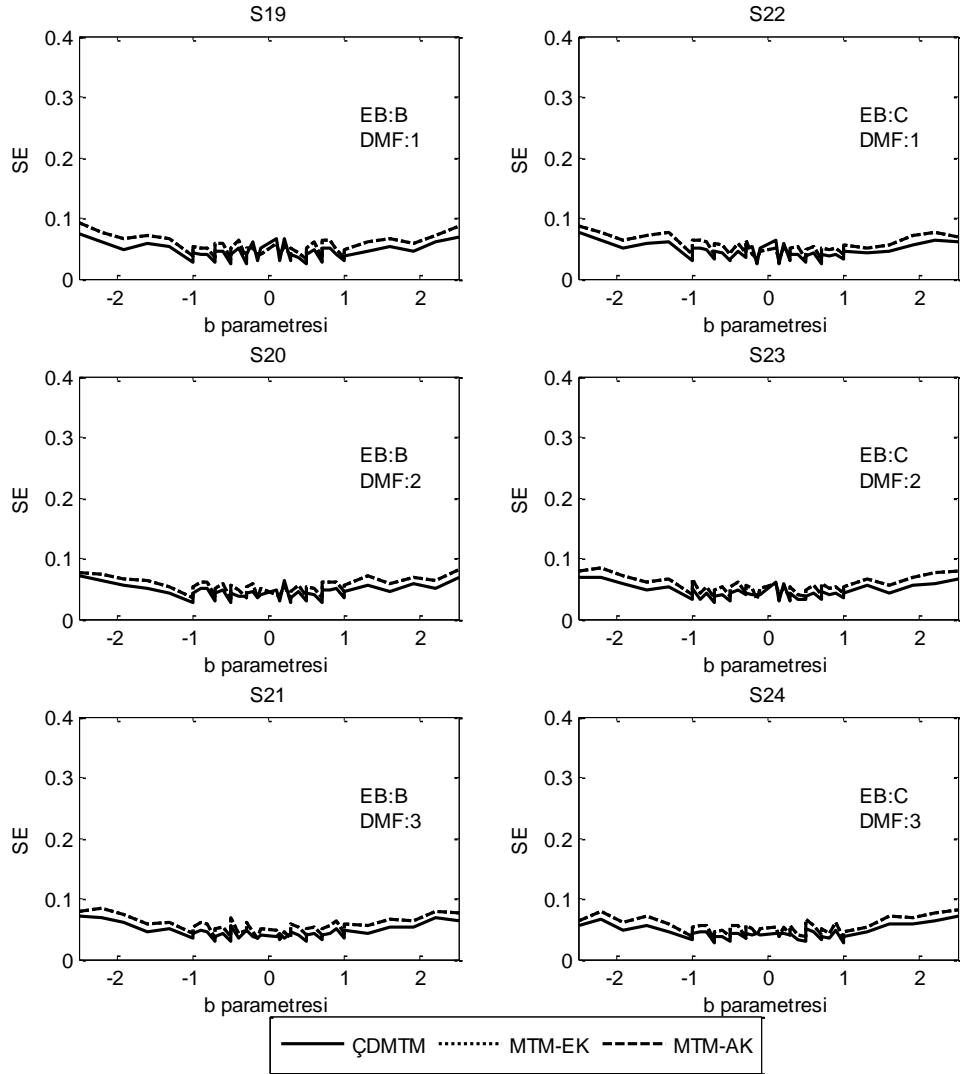
EK 35. Büyük örnekleme de 40 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitleme yanlılığı grafikleri



EK 36. Büyük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri



EK 37. Büyük örneklemede 20 maddelik testlerde b parametresi değerlerine ait eşitlemenin standart hatası grafikleri



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Kübra ATALAY KABASAKAL
Doğum Yeri	Isparta
Doğum Yılı	1986
Medeni Hali	Evli

Eğitim ve Akademik Durumu

Lisans	Hacettepe Üniversitesi-İlköğretim Matematik Öğretmenliği	2008
Yüksek Lisans	Hacettepe Üniversitesi-Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme	2010
Doktora	Hacettepe Üniversitesi-Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme	2014
Yabancı Dil	İngilizce	
İş Deneyimi	Başkent Üniversitesi Eğitim Fakültesi- Araştırma Görevlisi	2008-2009
İş Deneyimi	Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi- Araştırma Görevlisi	2009-Halen