

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ANABİLİM DALI

DINA MODEL İLE GELİŞTİRİLEN BİR TESTİN PSİKOMETRİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif Kübra Demir

Ankara
Haziran, 2013

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ANABİLİM DALI

DINA MODEL İLE GELİŞTİRİLEN BİR TESTİN PSİKOMETRİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif Kübra Demir

Danışman: Prof. Dr. Nizamettin KOÇ

Ankara
Haziran, 2013

JÜRİ ÜYELERİNİN İMZA SAYFASI

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Ölçme ve Değerlendirme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ ÇALIŞMASI olarak kabul edilmiştir.

Başkan.....

Prof. Dr. Nizamettin KOÇ (Danışman)

Üye.....

Doç. Dr. Nuri DOĞAN

Üye.....

Yrd. Doç. Dr. Deniz GÜLLEROĞLU

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2013

Prof. Dr. İsmail GÜVEN

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Test geliştirmede öğrencilerin yeteneklerinin kestirilerek profillerinin belirlenmesine ve buna bağlı olarak eğitim ihtiyaçlarının düzenlenmesine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Test sonuçlarından yola çıkarak yapılan tanılamaların objektif olması ve bireylerin yeterlik düzeylerini ve farklılıklarını daha doğru şekilde belirlemesi beklenir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen bilişsel tanı modelleri, öğrencilerin zihinsel süreçlerinin ve performanslarının altında yatan bilgi yapısının ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır. Bilişsel tanı modelleri ile öğrencilerin sahip olduğu yetenek ve özelliklerin tanımlanarak her öğrencinin profili belirlenebilmektedir. Bu anlamda bilişsel tanı modelleriyle geliştirilmiş testler sadece değerlendirme sürecine değil aynı zamanda her bir öğrencinin eğitim ihtiyacını belirleme konusuna da hizmet etmektedir.

Araştırmanın hedefi bilişsel tanı modellerinden DINA model ile geliştirilen bir testin psikometrik özelliklerinin belirlenmesidir. Bu hedef doğrultusunda çalışmamın bilişsel tanı modellerine dikkat çekmesini ve bilişsel tanı modelleri ile geliştirilen ölçme araçlarının yaygınlaşmasına katkıda bulunmasını ümit ediyorum.

Çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Nizamettin KOÇ başta olmak üzere Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bölümü'nün tüm öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bilim insanı olma yolunda bana örnek olan ve yüreklendiren sevgili hocam Doç. Dr. Tuncay ÖĞRETMEN'e, çalışmam boyunca bana yol gösteren, benimle birlikte emek sarf eden değerli hocam Yrd. Doç. Dr. T. Oğuz BAŞOKÇU'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Desteklerini hiç esirgemeyen Haşim YILMAZ, Burcu AHTIKALMAZ, Sait ÇÜM ve Emrah GÜL'e, ayrıca uygulamalar sırasında yardımlarından dolayı okul yöneticileri, değerli öğretimler ve öğrencilere çok teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca her koşulda yanımda olduklarını hissettirerek bana güven veren, canım annem Ferda DEMİR'e, en iyi dostum babam Mehmet DEMİR'e ve biricik kardeşim Ayça Bahar DEMİR'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Çalışmamı eğitimim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan anneme ve babama ithaf ediyorum.

ÖZET

DINA MODEL İLE GELİŞTİRİLEN BİR TESTİN PSİKOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Demir, Elif Kübra

Yüksek Lisans, Ölçme ve Değerlendirme Anabilimdalı

Tez danışmanı: Prof. Dr. Nizamettin KOÇ

Haziran 2013, xi+ 106 sayfa

Bu araştırmada Bilişsel Tanı Modellerinden biri olan DINA model ile test geliştirme süreci gerçekleştirilmiş ve teste ait psikometrik özellikler belirlenmiştir.

Geliştirilen test, 7. Sınıf Fen ve Teknoloji dersine ait Potansiyel ve Kinetik Enerji konu alanını kapsamaktadır. DINA model öğrencileri test toplam puanları yerine maddeleri doğru yanıtlamak için sahip olmaları gereken özelliklere göre sınıfladığından Potansiyel ve Kinetik Enerji konu alanı için gerekli olan özelliklerin tanımlanmasında uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu amaçla belirlenen beş uzman konu alanına ilişkin dört temel özellik belirlemiştir. Bu özellikler sonucunda oluşan 15 örtük sınıfa ait maddeler alanında deneyimli beş Fen ve Teknoloji öğretmeninden oluşan uzman grup tarafından yazılmıştır. DINA model analizleri için maddelerin ölçülen özellikler ile ilişkilendirildiği Q-matrisin hazırlanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda maddeleri hazırlayan uzman grubundan bağımsız, alanında doktora düzeyinde eğitim almış beş uzmandan maddeler ile özellikleri ilişkilendirmeleri istenmiş ve hazırlanan Q-matrisler karşılaştırılarak hem fikir olunan 65 madde testin deneme formuna alınmıştır.

Ölçme aracının deneme uygulaması 7. ve 8. Sınıflardan oluşan 504 kişilik öğrenci grubuna uygulanmıştır. Elde edilen veriler DINA modele göre analiz edilmiştir. Model veri uyum indeksleri, örtük sınıfların sonsal olasılıkları ve dağılımları ile madde parametreleri incelenmiştir. Deneme uygulaması için

maddelere ait g parametrelerinin aritmetik ortalaması 0.42, s parametrelerinin ortalaması 0.30 ve δ parametrelerine ait değerlerinin ortalaması ise 0.28 olarak hesaplanmıştır.

DINA modelde elde edilen g , s ve δ parametrelerine göre 25 maddelik testler oluşturulmuş ve mevcut veri üzerinden analiz edilmiştir. Testlerin madde parametreleri ve model veri uyumları karşılaştırıldığında literatürün de desteklediği gibi nihai testin δ parametresi dikkate alınarak oluşturulmasına karar verilmiştir.

Nihai test 7. ve 8. sınıflardan oluşan 270 kişilik ğrenci grubuna uygulanmıştır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda model veri uyum indekslerine, madde parametrelerine, örtük sınıfların sonsal olasılıklarına ve öğrencilerin dahil oldukları örtük sınıf bilgisine ulaşılmıştır. Nihai teste ilişkin g , s ve δ parametrelerinin ortalaması ise sırasıyla 0.39, 0.26 ve 0.34 olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen teste ait psikometrik bilgiler literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmış, testin konu alanı ile uyumunun yüksek olduğu ve parametre değerlerinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilişsel Tanı Modelleri, DINA Model, Test Geliştirme, Psikometrik zellik

ABSTRACT

DETERMINING PSYCHOMETRIC CHARACTERISTICS OF A TEST DEVELOPED BY MEANS OF DINA MODEL

Demir, Elif Kübra

MS, Department of Measurement and Evaluation

Adviser: Prof. Dr. Nizamettin KOÇ

June 2013, xi+ 106 pages

In this research, test developing process was carried out by means of DINA model as one of the Cognitive Diagnostic Models, and psychometric characteristics of the test were determined.

The test developed includes Potential and Kinetic Energy subject area of 7th Grade Science and Technology Course. Since DINA model classifies students according to the attributes they should have to reply the items correctly instead of their total test scores; expert opinions were sought to define the attributes necessary for Potential and Kinetic Energy subject area. Five experts determined for this purpose have specified 4 basic characteristics. Items of 15 latent classes constituted as a result of these attributes were written by an expert group consisting of five teachers of Science and Technology experienced in their field. Preparation of Q-matrix in which items are associated with the attributes measured was necessary for the DINA model analyses. For this purpose, five experts with doctor's degree in their field and as independent of the expert group preparing the items were asked to associate the items and attributes, and the Q-matrices prepared were compared, and 65 agreeable items were included in the trial practice of the test.

Trial practice of the measuring instrument was applied to a student group of 504 persons consisting of 7th and 8th grades. The data obtained were analyzed according to the DINA model. Model-data fit indexes, posterior probabilities and

distributions of latent classes as well as the item parameters were examined. For the trial practice, the mean of g parameters of the items was calculated as 0.42, the mean of s parameters as 0.30, and the mean of δ parameters as 0.28.

Tests of 25 items were prepared according to the g , s and δ parameters obtained in the DINA model, and they were analyzed according to the available data. Upon comparison of the item parameters and the test-level fit statistics of the tests, it was concluded to perform the final test by considering the δ parameter as supported by the literature.

Final test was applied to a group of 270 students from 7th and 8th grades. As a result of the analysis of the data obtained, information was received on the test-level fit statistics, item parameters, posterior probabilities of latent classes, and the latent classes to which the students are included. The mean of g , s and δ parameters of the final test were calculated respectively as 0.39, 0.26 and 0.34.

Psychometric characteristics of the developed test was compared with the other studies in the literature, thus it was determined that the compatibility of the test with the subject area is high and that the parameter values are adequate.

Key Words: Cognitive Diagnostic Models, DINA Model, Test Development, Psychometric Characteristics

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ÜYELERİNİN İMZA SAYFASI	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem	1
1.2. Amaç	6
1.3. Önem.....	6
1.4. Sınırlılıklar.....	7
BÖLÜM II.....	8
KURAMSAL ÇERÇEVE ve İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	8
2.1. Bilişsel Tanı Modelinin Genel Özellikleri	8
2.2. Bilişsel Tanı Modellerinin Öncüleri	14
2.2.1. Lineer Lojistik Test Modeli (LLTM)	15
2.2.2. Rule Space Modeli.....	16
2.2.3. Reparametrize Birleşik Model	17
2.2.4. Sınırlandırılmış Örtük Sınıf Modeli	18
2.3. Yaygın Olarak Kullanılan Bilişsel Tanı Modelleri	19
2.3.1. DINA Model.....	19
2.3.2. G - DINA Model.....	27
2.3.3. HO- DINA Model	28
2.3.4. NIDA Model.....	30
2.3.5. MC- DINA Model.....	31
2.3.6. DINO Model	33
2.3.7. Fusion Model	34

2.4. DINA Model ile İlgili Araştırmalar.....	35
BÖLÜM III.....	38
YÖNTEM.....	38
3.1. Araştırmanın Modeli	38
3.2. Çalışma Grubu.....	38
3.3. Veri Toplama Aracı	39
BÖLÜM IV	48
BULGULAR ve YORUMLAR	48
4.1. Deneme Uygulamasına Ait Bulgular	48
4.1.1. Deneme Uygulaması Sonucu Elde Edilen Test ve Madde İstatistiklerine İlişkin Bulgular.....	48
4.1.2. Deneme Uygulaması DINA Model - Veri Uyum İstatistikleri Model Veri Uyumu.....	51
4.1.3. DINA Model Madde Parametreleri ve Madde Seçimi.....	51
4.1.4. g , s ve δ Parametreleri Dikkate Alınarak Oluşturulan Testlere İlişkin Test ve Madde İstatistikleri	56
4.2. Nihai Teste Ait Bulgular.....	63
4.2.1. Nihai Test ve Madde İstatistiklerine İlişkin Bulgular	63
4.2.2. Nihai Teste İlişkin Veri Uyum İstatistikleri.....	66
4.2.3. Nihai Teste İlişkin Madde Parametreleri	67
4.2.4. Nihai Teste İlişkin Örtük Sınıf Bilgileri	71
4.2.5. Nihai Teste İlişkin Geçerlik ve Güvenirlik Bilgileri.....	75
BÖLÜM V	77
SONUÇ ve ÖNERİLER	77
5.1. Sonuçlar.....	77
5.2. Öneriler	80
KAYNAKÇA.....	82
EKLER.....	90
Ek-1: Uzmanlar Tarafından Hazırlanan Q Matrisler	90
Ek-2. OxEdit Syntax	95
Ek-3: Deneme Uygulaması Verileri	96
Ek-4. Deneme Uygulaması Seçenek Analizi	99

Ek-5. Nihai Uygulama Analiz Çıktıları	101
Ek-6. Öğrencilerin Ait Oldukları Örtük Sınıflar	104
Ek-7. Nihai Testte Yer Alan Maddeler	106

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. Q- Matris	11
Çizelge 2. Tatsuoka (1991) tarafından geliştirilen teste ilişkin Q-matris	12
Çizelge 3. MELAB Okuma Bölümü Q-Matrisi	13
Çizelge 4. MC-DINA Modelde Maddeye ilişkin Seçenek – Özellik Gösterimi	32
Çizelge 5. Çalışma Grubu	39
Çizelge 6. Teste Ait Özellik – Örtük Sınıf Matrisi	41
Çizelge 7. Deneme Uygulamasına Ait Q-Matris	43
Çizelge 8. Madde – Özellik İlişkisi	44
Çizelge 9. Deneme Uygulaması Sonucunda Teste İlişkin Betimsel İstatistikler	49
Çizelge 10. Deneme Uygulamasına İlişkin KM-S Testi.....	50
Çizelge 11. Model Veri Uyumu İstatistikleri	51
Çizelge 12. Madde Veri Uyumu İstatistikleri	51
Çizelge 13. DINA Model Madde Parametreleri	52
Çizelge 14. g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerde Özelliklerin Temsil Edildiği Madde Sayısı.....	58
Çizelge 15. g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerin Model Veri Uyum İstatistikleri	59
Çizelge 16. g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerde Özelliklerin Gözlenme Olasılıkları	59
Çizelge 17. g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerin Madde Parametreleri.....	60
Çizelge 18. Seçilen Maddelerin Kolaydan Zora Sıralanışı	64
Çizelge 19. Nihai Teste İlişkin Q-Matris.....	65
Çizelge 20. Nihai Testte Özelliklerin Temsil Edildiği Madde Sayısı	66
Çizelge 21. Model Veri Uyumu İstatistikleri	67
Çizelge 22. Madde Veri Uyumu İstatistikleri	67
Çizelge 23. Nihai Test Madde Parametreleri	68

Çizelge 24. Nihai Testte Özelliklerin Gözlenme Olasılıkları	72
Çizelge 25. Örtük Sınıfların Sonsal Olasılıkları	73
Çizelge 26. Örtük Sınıflara Ait Birey Sayısı	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ve Kapısı	19
Şekil 2. Eğitimde Ve kapısı Modeli	20
Şekil 3. DINA Modelin Biçimsel Gösterimi	20
Şekil 4. İkili Grafikleme Yöntemi ve Q-matris.....	21
Şekil 5. Öğrencinin Madde Yanıtlama Süreci	24
Şekil 6. G-DINA Model δ Oluşumu	28
Şekil 7. NIDA Modelin Biçimsel Gösterimi	31
Şekil 8. Veya Kapısı	33
Şekil 9. Deneme Uygulaması Sonucu Elde Edilen Toplam Puanların Histogram Grafiği	50
Şekil 10. g, s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlere Seçilen Maddelerin Venn Şeması ile Gösterimi.....	61

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi ve sınırlılıklara yer verilmektedir.

1.1. Problem

Eğitimde bireylerle ilgili pek çok karar verilmektedir. Verilen kararların bireylerin hayatına yön vermedeki önemi dikkate alındığında bireyler hakkında bilgi toplamanın ve bireylerin özelliklerini belirlemeye çalışmanın önemi de artmaktadır. Bireyler hakkında bilgi toplanması gözlem, kontrol listeleri, biyografi, otobiyografi gibi test dışı tekniklerle veya bireylerin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan ölçme araçları olan testler ile gerçekleştirilir.

Test, sözlük anlamı olarak bir kimsenin, bir topluluğun doğal veya sonradan kazanılmış yeteneklerini, bilgi ve becerilerini ölçmeye ve anlamaya yarayan sınama olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu [TDK], 2013). Eğitimde ise test, bireylerin belli özelliklerini ölçmek için düzenlenen ve onu alan herkes için aynı olan maddeler veya işlerden oluşan ölçme aracıdır. Test, kapsadığı maddelerle daha geniş anlamda uyarıcılara verilen cevaplara ya da gösterilen tepkilere dayanılarak bireyler ya da bir bireyin değişik özellikleri arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya çıkarma işlemidir (Tekin, 2010).

Hazırlanan testlerin geçerli ve güvenilir olmasında testin geliştirilmesi sırasındaki basamakların özenle ve eksiksiz gerçekleştirilmesi önemlidir. Baykul (2000)'a göre test geliştirme, özellikleri önceden belli bir yaklaşıklıkla kestirilebilen bir test hazırlama işidir. Başka bir ifade ile test geliştirme, önceden belirlenmiş özelliklerde bir testin hazırlanması, bir takım sistematik işlem basamaklarından geçilerek testin oluşturulması işidir.

Günümüzde test geliştirmede davranışların daha geçerli ve güvenilir ölçülmelerini sağlayacak ve gözlenen özelliklerin gerçek değerlerini en iyi şekilde kestirmeyi amaçlayan bazı istatistiksel kuramlar geliştirilmiştir Geliştirilen kuram

ve yaklaşımlar sonucunda ölçülmek istenen özelliklere ait daha az hata içeren ve daha detaylı sonuçlara ulaşılma istenmektedir. Geliştirilen kuramlardan başlıcaları Klasik Test Kuramı (KTK) ve Madde Tepki Kuramı (MTK)'dir. KTK'nın temellerini 1904 yılında Charles Spearman atmıştır. KTK, testten alınan puanı, gerçek puan ve ölçme hatasının toplamı ile açıklayan bir modeldir. KTK'nın en önemli sınırlılıklarından biri test ve madde özelliklerinin gruba bağlı olmasıdır. Kurama göre bir maddenin zor veya kolay olması, katılımcıların yeteneğine, katılımcıların yeteneği ise maddelerin zor ya da kolay oluş derecesine bağlıdır. Bu durumda yetenek puanlarının ranjı da puanların elde edildiği örneklemeden etkilenmektedir. KTK'da madde ayırt edicilik indeksi de, örneklemin söz konusu özellik bakımından homojenliğine göre değişmektedir. Genellikle örneklemin heterojen olması durumunda madde ayırt edicilik indeksi, homojen olması durumuna göre daha yüksek olmaktadır (Lord ve Novick, 1968). Dolayısıyla KTK'ya göre geliştirilen teste ait istatistiklerin bu istatistiklerin elde edildiği örnekleme benzer gruplar için kullanılması daha anlamlıdır.

KTK'nın sınırlılıklarına alternatif olarak doğan ve Thurstone'un 1925 yılında temelinin attığı Madde Tepki Kuramı (MTK) örtük özellik ile yanıtlanma davranışları arasındaki ilişkinin olasılıklı modelleme ile tanımlanmasıdır (Embretson ve Reise, 2000). MTK'nın temel varsayımı; testi alan bireylerin teste ilişkin performanslarının, bireylerin yeteneklerinin tanımlanması ve bireylerin yetenek puanları tahmin edilerek, madde ve test performanslarının kestirilebileceğine dayanmaktadır (Hambleton ve Swaminathan, 1985; Hambleton, 1994).

MTK'nın önemli avantajlarından biri bireyin ölçülen yeteneğini daha keskin, daha küçük ölçme hataları ile ortaya koyması ve KTK'ya göre gruptan bağımsız ölçme sonuçları elde etmede daha başarılı olmasıdır (Hambleton, 1990).

Eğitimde yapılan ölçmelerin hedefi öğrencinin test maddeleri ile ölçülmek istenen becerisinin altında yatan psikolojik ve bilişsel süreci doğru analiz edebilmektir. Mevcut modellerden elde edilen bilginin ötesinde öğrenme alanının yapısı ile ilgili daha detaylı bilgi edinilmesinin gerekliliği ortaya konmuştur. Bu

durum Bilişsel Tanı Modellerinin (BTM) gelişimini tetiklemiştir (Mislevy Steinberg ve Almond, 2003).

Bilişsel Tanı Modelleri (BTM), nitelik olarak MTK modellerinin bir uzantısıdır. MTK'da öğrencinin yeteneği genel yetenek parametresi olan θ ile modellenir. θ ve gözlenen puanlar belirli bir öğrencinin performansını ve grup içindeki sırasını kestirme imkanı tanır. Bilişsel tanı modellerini ayıran nokta ise, madde tepki kuramında bir testten aynı puanı alan bireyler için yetenek kestiriminin aynı olmasıdır. Bir matematik testinden iki öğrencinin de aynı puanı alması bu öğrencilerin aynı özelliklere ve yeteneklere sahip olduğunu göstermez. Bu iki öğrencinin konu alanı ile ilgili güçlü ve zayıf yönleri tamamen farklı olabilir. Öğrencilerden biri dört işlem becerisinde yetersizken diğeri yeterli olabilir veya bir diğeri tam sayılar konusunda yeteriyken diğeri yetersiz olabilir (Tatsuoka, 1995b).

Bir testten aynı toplam puanı elde etmenin pek çok yolu vardır. Örneğin 20 maddeden oluşan ve her doğru yanıtın 1 puan olduğu bir yabancı dil testinden 10 puan almanın 184756 yolu vardır. Bu testte dilbilgisi, algılama, kelime bilgisi, cümle bilgisi alanlarına ait beşer madde bulunduğu düşünülürse 184756 kişinin aynı yetenek düzeyinde olduğu kabul edildiği halde birbirlerinden farklı yetenek ve birikime sahip oldukları ifade edilebilir. Tüm dilbilgisi sorularını doğru yanıtlayan öğrenci ile hiçbir dilbilgisi sorusunu doğru yanıtlayamayan öğrencinin, kelime bilgisi, cümle bilgisi alanlarında yeterli iken algılama konusunda eksiklikleri bulunan öğrencilerin yeterlilikleri aynı sayılacağı gibi bireyler için aynı öğrenme etkinlikleri yapılacak ve bu durum öğrenim sürecine ve öğrencilerin eksikliklerinin giderilmesine yön veremeyecektir. Madde tepki kuramına göre aynı yetenek düzeyine sahip olan bu öğrenciler aslında farklı yeteneklere sahiptirler.

Öğrencilerin öğrenim eksiklikleri KTK'ya göre biçimlendirme testleri ile belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu durumda örneklenen yabancı dil testindeki maddelere verilen doğru yanıtlar incelenerek öğrencinin eksiklikleri belirlenmeye çalışılır. Ancak bu belirleme genellikle maddenin tek bir özellik veya konu alanı ile ilgili olduğu durumlar ve az sayıda özellik için uygundur. KTK ile ayrı ayrı belirlenmeye çalışılan eksiklikler BTM ile pek çok özelliği içeren maddeler ile

belirlenebilir. Bir testte çok fazla sayıda ölçülmek istenen özellik varsa bunların tek tek ölçülmeye çalışılması bile oldukça zor ve yorucu süreçtir. Aynı zamanda bu özelliklerin birbiri ile ilişkisinin değerlendirilmesi ise daha da güç olacaktır. Testte 50 adet özellik ölçülmek isteniyorsa öncelikle bu özelliklerin her birine ait ait en az birer madde bulunmalıdır. Özelliklerin birbiri ile ilişkilendirilmesinin ölçülmesi ise bu özelliklerin birbiri ile kombinasyonunu içeren tüm maddelerin bulunmasını gerektirir. BTM ile ise bir madde birden fazla özellik ile ilişkilendirilerek kodlanabilmektedir. Bu durumda testte her bir özellik için ayrı bir madde bulunmasına gerek kalmamaktadır. BTM bu yönüyle öğrenime yön verilmesine, bilişsel süreç ve bilgi yapısının ortaya çıkmasına ve testlerin kullanılabilirliğinin artmasına katkı sağlamaktadır.

BTM'de eğitimde ölçmek istediğimiz özelliklerin ve geliştirilen başarı testlerinin birden fazla boyutlu olduğu ve dolayısıyla klasik test kuramının tek boyutlu yapısının bu ölçme araçlarının analizinde yetersiz kalacağı öngörülmüştür. BTM öğrencilerde belirli bir bilginin yapısını ya da bir becerinin gelişimini, öğrencilerin bilişsel düzeydeki güçlü ve zayıf yönlerini dikkate alarak çok boyutlu hesaplama yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu nedenle BTM testin birbiriyle ilişkili birden fazla özelliği ölçtüğü durumlar için daha uygundur. Testteki her madde bu özellikleri ya da bilişsel bileşenleri ölçecek biçimde düzenlenir ve testte ölçülen birden fazla boyutu ölçülebilir. BTM öğrencilerin örtük ölçekteki yetenek düzeylerine odaklanmaz, her bir bilişsel öge üzerindeki öğrenci performansını belirler. Elde edilen olasılıklar öğrencinin uzmanlaştığı becerilerin profilini çıkartacak şekilde dönüştürülebilir (Leighton ve Gierl, 2007).

Test sonuçlarından yola çıkarak yapılan tanılamaların objektif olması ve bireylerin yeterlik düzeylerini ve farklılıklarını daha keskin şekilde belirlemesi beklenir. Bilişsel tanı modelleri, bireylerin yetenek ve özelliklerini tanımlayarak profillerinin çıkarılmasını sağlar. Bu anlamda bilişsel tanı modelleriyle geliştirilmiş testler sadece değerlendirme sürecine değil aynı zamanda her bir öğrencinin eğitim ihtiyacını belirleme konusuna da hizmet eder (Cheng ve Chang, 2007).

BTM ile öğrencinin zihinsel sürecinin ve performansının altında yatan bilginin yapısı ortaya çıkartılabilir. Öğretmen sınav sonunda tek bir puan vermek yerine BTM ile öğrenci performansını, sahip olduğu becerileri de göstererek

düzenleyebilir. Bu durumda öğretmen öğrencinin bir beceri profilini çıkartıp eksik olan noktaları belirleyerek bu noktalar üzerine eğilebilir. Eğitim sürecinin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya çıkartarak daha doğru öğrenme stratejileri düzenlenebilir.

Geliştirilen bir çok test güvenilirlik ve geçerlik düzeyleri yüksek olmasına rağmen bireylerin bilgi düzeylerini ve öğrenme süreçlerini belirlemede yetersiz olmaları yönüyle eleştirilmektedir. Ayrıca bu testlerin çoğunda bireylerin güçlü ve zayıf yönleri hakkında tatmin edici geribildirim verilmemektedir. Geliştirilen ve standardize edilen testlerin sayısı gün geçtikçe artarken bu testlerin öğrenime ve öğrencilerin değerlendirilme sürecine katkısı yeterince artmamaktadır. BTM bilişsel süreçlere yönelik teorilerle istatistiksel teknikleri birleştirmekte ve testi alan bireylerin doğru yanıtları ile bilişsel becerilerini ve mevcut profillerini ortaya çıkarmaktadır (DiBello, Roussos ve Stout, 2007; Embretson, 1991, 1997; Hartz, 2002; Nichols, Chipman ve Brennan, 1995; Tatsuoka, 1983).

Jang (2008)'e göre, BTM öğrenmeyi değerlendirmeye değil, öğrenme için değerlendirmeye hizmet eder. Öğrenmenin değerlendirilmesi, öğrencilerin mevcut program çerçevesinde sahip oldukları kazanım sayısının belirlenmesini ve bir sonraki eğitim aşaması için hazırbulunuşluklarının ortaya konmasını sağlar. Öğrenme için değerlendirme ise öğretmenlerin öğrenime yön verebilmelerini ve sınıf içi öğrenim durumunu düzenleyebilmelerini sağlar. Öğretmenler, öğrencilerin profillerine göre öğrenme etkinliklerini yeniden düzenleyebilir, yaklaşımını değiştirebilir ve öğrencilerin eksikliklerine yönelik takviye edici öğrenme ortamları hazırlayabilirler. Bilişsel tanı modellerinin bu yaklaşımı öğrencileri de olumlu yönde etkilemektedir. Öğrencilere değerlendirmenin bir amaç değil araç olduğu düşüncesi verilmekte ve bu durum öğrenmeye devam ederek eksikliklerini gidermeleri konusunda pekiştirici olmaktadır. Öğrencilerin kendi durumlarını ve yeterlik düzeylerini ayrıntılı şekilde görebilir olmaları kendi öğrenmelerinin değerlendiricisi olmalarını sağlamakta ve mevcut birikimleriyle yeni öğrenmelerine yön verebilmektedirler.

Test geliştirmede öğrencilerin yeteneklerinin kestirilerek profillerinin belirlenmesine ve buna bağlı olarak eğitim ihtiyaçlarının düzenlenmesine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. BTM ile test geliştirmenin önemi dikkate alındığında bu alanda sınırlı sayıda test geliştirme çalışmasının yapılmış olması, ülkemizde

ise test geliştirme çalışmalarında BTM'nin kullanılmamış olması bir problem durumu teşkil etmektedir. Aynı zamanda BTM'nin tüm öğrenme alanlarında kullanılması öngörülürken mevcut çalışmaların matematik ve İngilizce alanları ile sınırlı olması da bir başka problem durumudur. Araştırma kapsamında bilişsel tanı modellerinden DINA modelin seçilmiş olması DINA modelin diğer modellere göre kuramsal alt yapısının kuvvetli olması, yetenek kestirimde başarılı olması ve modelle ilgili çalışmaların yapılmış olmasıdır. Bu nedenle bütün süreçleri ile DINA modele göre geliştirilen ve gerçek uygulama verisi kullanılan fen alanındaki bir test ile modele ilişkin araştırma yapılmak istenmektedir.

1.2. Amaç

Araştırmanın genel amacı Bilişsel Tanı Modellerinden DINA modele göre geliştirilen Fen Bilgisi ve Teknoloji dersi kapsamında olan Potansiyel ve Kinetik Enerji konu alanındaki başarı testinin psikometrik özelliklerinin incelenmesidir. Bu genel amaç doğrultusunda DINA model ile test geliştirme sürecinin detaylı incelenmesi, elde edilen sonuçların analiz edilmesi, DINA model parametreleri ile ilgili çıkarımlarda bulunulması ve öğrencilere ait yetenek kestiriminin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.3. Önem

Test geliştirme süreçleri teorik ve teknolojik yaklaşımlarla gün geçtikçe değişmekte ve gelişmektedir. Test geliştirme yaklaşımlarının değerlendirmeye olan etkisi de artmaktadır. Bu anlamda test geliştirme süreci değerlendirme tarzına da yön verir olmuştur. Klasik yöntemlerle hazırlanan testler sonucunda yapılan değerlendirmelerde daha çok toplam puan üzerinden saptamalar yapılırken bilişsel tanı modellerinin gelişimiyle değerlendirmenin bireyselliği artmıştır. Bireylerin profilleri çıkarılarak kendilerini görme, zayıf ve güçlü yönlerini tanıma fırsatı doğmuştur. Dünyada hızla gelişen bilişsel tanı modelleri ile test geliştirmek ve bu gelişimi ülkemizde yakalayabilmek önemlidir.

DINA model ile yapılan çalışmaların çoğu simülasyon çalışmalarıdır. Gerçek veri çalışmalarının ise önemli bir kesimi önceden hazırlanmış testlere ilişkin Q-matris hazırlanarak DINA model ile analiz edilen çalışmalardır. Bu çalışmaların hemen hepsi ise Matematik ve İngilizce alanındadır. Bu durumda DINA model ilkeleri bağlı olarak hazırlanan ve gerçek bir okul uygulaması yapılarak test geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca bilişsel tanı modellerinin tüm eğitim alanlarına uygun olmasına karşın sadece bazı alanlardaki çalışmalarının yapılması modelin uygulanabilirliği ile ilgili yeterli bilgi edinilememesine sebep olmaktadır. Bu bağlamda Fen alanında bir test geliştirilmesi modelin hem kuramsal temeline hem de okul uygulamalarında kullanılabilirliğine katkı sağlayacaktır.

Okul uygulamalarında tam olarak yerini almamış olan Bilişsel Tanı Modellerinin gelişimine katkı sağlamak ve okul uygulamalarında yaygınlaşmasına yardımcı olmak istenmektedir. Gerçek bir uygulama olması yönüyle de modelin teorik verileri ile pratikteki verileri arasında inceleme ve karşılaştırma yapma fırsatı doğacaktır. Yapılan çalışma sonucunda BTM'nin uygulanabilirliği, sağladığı katkılar ve eksiklikleri incelenebilecektir. Bu sebeplerle araştırma literatüre katkı sağlayacak ve daha sonra yapılacak çalışmalara yardımcı olacaktır.

1.4. Sınırlılıklar

DINA model ile literatürdeki çalışmaların yeterli olmaması sebebi ile geliştirilen testin model veri uyumu istatistiklerinin ve parametrelerinin karşılaştırılması bu çalışmalar ile sınırlıdır. Deneme formunun ve nihai formun uygulamasından elde edilen model veri uyum istatistikleri karşılaştırılabilir veriler bulunmadığından yorumlanamamıştır.

DINA modelde modele özgü herhangi bir seçenek analizi yöntemi bulunmaması yöntemin ve çalışmanın bir diğer sınırlılığıdır.

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE ve İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Bilişsel Tanı Modelinin Genel Özellikleri

Gulliksen'e (1950) göre test geliştirmedeki en temel ve önemli konu bireyin test ile ölçülen özelliği ile gözlenen puanı arasındaki ilişkiye odaklanmasıdır. Eğitimde ve psikolojide ölçülmek istenen özelliklerin doğrudan ölçülemeyen özellikler olması giderek örtük özelliklerle ilgili çalışmaları hızlandırmıştır. Bireyleri değerlendirmede örtük özellikler söz konusu olduğunda bu özelliklerin göstergesi veya işaretçisi olabilecek daha belirgin özelliklerin saptanması gerekmektedir. Örtük değişkenlerin kullanıldığı en yaygın modeller faktör analiz teknikleri, madde tepki modelleri, örtük sınıf analizi modelleri ve bayesian ağlarıdır.

Eğitimde yapılan değerlendirmelerle ilgili genel görüş değerlendirme ile öğrencilerin bilişsel süreçlerinin ve düşünme yapılarının belirlenmesi gerektiği yönündedir. Değerlendirme anlayışının bu yönde gelişmesi öğretmenlerin ve değerlendirme yapan uzmanların var olan bilişsel süreçlere odaklanmasını, öğrencilerin nasıl düşündüğünü, bilgi ve becerilerini gerçek yaşama nasıl uyguladıklarını anlamasını sağlamaktadır (Resnick ve Resnick, 1992). Mislevy (1996) ise değerlendirmenin kanıta dayalı bir mantıksal süreç olduğunu ve bu sürecin öğrencinin ölçme aracına verdiği gözlenebilen tepkilerden öğrencinin bilişsel sürecine dair çıkarımlarda bulunulması olarak ifade etmektedir.

Bilişsel Tanı Modelleri (BTM), 2000'li yıllarda tekrar gündeme gelen ve giderek yaygınlaşan, temelinde örtük sınıf analizi olan yaklaşımlardır. Örtük sınıf analizi, kategorik veriler ile gözlenemeyen kategorik grupları tanımlayan istatistiksel bir yöntemdir (Muthen ve Muthen, 1998-2007; Samuelsen ve Dayton, 2010).

Ulusal Araştırma Konseyi'nin (National Research Council – NRC), 2001 yılında yayınladığı raporda bilişsel tanı modellerine olan ihtiyaç vurgulanmıştır. Bu durum, bilişsel tanı modellerinin gelişmesine ve gündeme gelmesine katkıda bulunmuştur. Yayımlanan raporda değerlendirmenin birbiri ile ilişkili üç temel yapısının bulunduğu ve bunların, bilişsel unsur, gözleme unsuru ve yorumlama unsuru olduğu belirtilmiştir. Bilişsel unsurun bilişsel modelleri işaret ettiği ve bu modellerin öğrencilerin bilişsel süreçlerinin ve mevcut yeterliğinin nasıl geliştiğini açıklamaya çalışan bilişsel tanı modelleri olduğu belirtilmiştir. Bilişsel unsurun etkilediği gözleme unsuru ise bilişsel yapı ile ilgili öğrenci davranışlarının ortaya çıkarılmasını ifade etmektedir. Ölçülecek bilişsel yapının daha detaylı tanımlanmasıyla öğrenciden beklenen performansın içeriği ve şekli ile ilgili ayrıntılı bilgi edinilebilir. Aynı zamanda bilişsel unsur yorumlama unsurunun da temelini oluşturmaktadır. Yorumlama unsuru, öğrencilerin davranışlarına ilişkin bilişsel sürecin nasıl yorumlanması gerektiğini vurgular (National Research Council, 2001)

Bilişsel tanı Modellerine olan ihtiyaç ABD'de gerçekleştiren “Hiçbir Çocuğun Eğitimden Kalmaması Reformu” (No Child Left Behind Act) ile artmıştır. Hiçbir Çocuğun Eğitimden Kalmaması Reformu A.B.D'nin eğitim sistemindeki problemlerin giderek artması ile ortaya çıkmıştır. Ülkede 4.sınıf öğrencilerinin %70'i ulusal okuma testlerinde basit seviyede bile okuma başarıları gösterememiştir. Lise son sınıf öğrencileri de, uluslararası matematik testlerinde son sıralarda yer almaktadır. Kolejleri kazanan birinci sınıf öğrencilerinin yaklaşık üçte birinin ise derslere başlamadan bir destek eğitim almaları gerekmektedir. Reform kapsamında öğrencilerin bilişsel süreç gelişiminde etkili nedenler üzerinde durulmuştur. Öğrencilerin sadece bir test puanı ile değerlendirilmesi değil, başarılı ve başarısız oldukları yönleri ile raporlaştırılması istenmiştir. Her öğrenci için hazırlanan bilişsel tanı raporları ile öğretmenler, aileler ve öğrencilerin kendileri bilgilendirilmiştir (The White House, 2003). Reformun başlaması ile birlikte bilişsel modeller, bilgisayar destekli değerlendirme sistemleri ve puanlama tekniklerindeki gelişimler de hızlanmıştır. Öğrencilerin yeterliliklerine ilişkin vurgu yapılması ve bilişsel dönüt verilmesi BTM'nin gelişimini ve kullanımını desteklemiştir (Embretson, 1999; Leighton ve Gierl,

2007; National Research Council, 2001; Nichols, 1994; Stout, 2002; Williamson, Mislevy ve Bejar, 2006).

BTM'nin amacı, bireyi iki kategorili özelliklerin sıralanışına dayanan örtük kategorilere göre sınıflamaktır. Uzmanlığı belirleyen bir vektör olan örtük değişkenleri oluşturan özellikler, öğrenciye yönelik tanının altında yatan beceri setini tanımlar. Burada "özellik" olarak adlandırılan örtük değişkenler, görev, alt görev, bilişsel süreç veya beceri olarak tanımlanabilir (Tatsuoka, 1995a).

BTM ile geliştirilmiş bir testte, bir toplam puan veya toplam alt ölçek puanı yerine, testi alan bireylerin test kapsamındaki becerilerden hangilerine sahip olduğu ve hangileri konusunda eksiklikleri belirlenir. Bu belirlemenin yanı sıra ölçülmek istenen özellikler ile bu özellikleri içeren maddeler arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılır.

BTM yapısı gereği birden fazla özelliğin ölçüldüğü testler için daha uygundur. BTM ile test geliştirme sürecinde, testteki her bir madde ölçülmek istenen özelliklerin ve bilişsel yapıların temsilcisidir. Testteki her madde bu özelliklerden birini veya birkaçını ölçecek şekilde düzenlenir. BTM ile test geliştirme sürecinde maddelerin ölçülecek özelliklerle eşleştirilmesi için Q-matris kullanılır. Q-matris terimi ilk defa Tatsuoka (1991) tarafından kullanılmıştır ve maddeler ile maddelere ait özelliklerin dağılımını göstermektedir (Kato, 2009).

Q-matriste sütunlar özellikleri, satırlar ise maddeleri temsil etmektedir. BTM uygulamalarında kılavuzluk yapan Q-matris, 1-0 şeklinde kodlama yapılarak oluşturulur. Bu kodlama "ağırlıklandırma" şeklinde tanımlanmış ve bir k niteliğinin bir i maddesinde bulunduğu durumda 1, bulunmadığı durumda 0 şeklinde kodlandığını belirtmiştir (Fisher, 1973).

$J \times K$ matrisini $Q = [q_{jk}]$ 0 ve 1 için;

q_{jk} ; k özelliği j maddesinde bulunuyorsa; 1,

k özelliği j maddesinde bulunmuyorsa; 0 şeklinde gösterilebilir.

Çizelge 1.'de 4 özellikten ve 6 maddeden oluşan bir teste ait örnek Q-matris oluşturulmuştur. Q-matris oluşturulurken bir maddeyi doğru yanıtlayabilmek için gerekli olan özellikler "1", gerekli olmayan özellikler ise "0" olarak kodlanır. Çizelge 1.'deki Q-matris incelendiğinde 1. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için α_2 özelliğine sahip olmak gerektiği, 2. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için α_1 ve α_2 özelliklerine, 3. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için α_2 ve α_3 özelliklerine, 4. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için α_2 , α_3 ve α_4 özelliklerine, 5. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için α_1 , α_3 ve α_4 özelliklerine, 6. maddeyi doğru yanıtlayabilmek için ise dört özelliğin hepsine birden sahip olmak gerektiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 1. Q- Matris

Maddeler	Özellikler			
	α_1	α_2	α_3	α_4
1	0	1	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	1	1
6	1	1	1	1

Q-matriste tanımlanan k tane özellik için 2^k tane örtük sınıf belirlenir. Çizelge 1.'de verilen Q-matriste 4 adet özellik bulunduğundan 2^4 tane yani 16 adet örtük sınıf belirlenir. Bu örtük sınıflar (0000), (1000), (0100), (0010), (0001), (1100), (1010), (1001), (0110), (0101), (0011), (1110), (1101), (1011), (0111), (1111) şeklinde belirlenmektedir. Örtük sınıflar öğrencinin hangi özelliklere sahip olup hangilerine sahip olmadıklarını ifade eden gruplardır. (1000) örtük sınıfına dahil olan öğrencinin ölçülen dört özellikten sadece α_1 olarak tanımlanan ilk özelliğe sahip olduğu anlaşılır.

Tatsuoka'nın 1991 yılında matematik alanında kesirlerle işlem konulu geliştirdiği test ve teste ait Q-matris BTM ile ilgili pek çok çalışmada kullanılmaktadır (Kato, 2009). Tatsuoka (1991) tarafından geliştirilen test maddeleri ve Q-matrisin birlikte gösteriminin belli bir bölümü Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.

Tatsuoka (1991) tarafından geliştirilen teste ilişkin Q-matris

Özellikler						
Madde No	Madde	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
4	$3\frac{1}{2} - 2\frac{3}{2}$	1	1	1	1	0
6	$\frac{6}{7} - \frac{4}{7}$	1	0	0	0	0
7	$3 - 2\frac{1}{5}$	1	1	1	1	1
8	$\frac{3}{4} - \frac{3}{8}$	1	0	0	0	0
9	$3\frac{7}{8} - 2$	1	0	1	0	0
10	$4\frac{4}{12} - 2\frac{7}{12}$	1	1	1	0	0
11	$4\frac{1}{3} - 2\frac{4}{2}$	1	1	1	1	0
12	$\frac{11}{8} - \frac{1}{8}$	1	1	0	0	0

(Mislevy, 1995, s.58)

Tatsuoka (1991)'nin geliştirdiği teste ait özellikleri şöyle belirlemiştir: α_1 : Kesirlerde temel çıkarma işlemi, α_2 : Kesirlerde sadeleştirme, α_3 : Kesirlerde tam sayı ile işlem, α_4 : Kesirlerde tam sayıdan ödünç sayı alma, α_5 : Tam sayıyı kesire dönüştürme (Mislevy, 1995).

Çizelge 2.'de verilen Q-matris incelendiğinde bir öğrenci belirlenen özelliklerden sadece α_1 ve α_3 özelliklerine sahipse 6., 8. ve 9. numaralı maddeleri doğru yanıtlaması diğer maddeleri ise yanlış yanıtlaması beklenir.

Bilişsel tanı modellerinin kullanıldığı MELAB (Michigan English Language Assessment Battery) ve TOEFL (Test of English as a Foreign Language) testlerinde okuma bölümü ile ilgili özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler şöyle sıralanmıştır:

α_1 : Kelime Bilgisi

α_2 : Cümle Bilgisi

α_3 : Okuma parçasına ait temayı anlayabilme

α_4 : Okuma parçası ile ilgili ilişkilendirme yapabilme

α_5 : Okuma parçası ile ilgili çıkarım ve yorum yapabilme

Belirlenen özellikler kullanım ve anlatım kolaylığı olması amacıyla kısaca kelime, cümle, tema, ilişkilendirme ve çıkarım olarak özetlenmiştir. Çizelge 3.'de MELAB testine ait oluşturulan Q-matris verilmiştir (Li, 2011).

Çizelge 3. MELAB Okuma Bölümü Q-Matrisi

Madde	Özellikler				
	α_1 (kelime)	α_2 (cümle)	α_3 (tema)	α_4 (ilişkilendirme)	α_5 (çıkartım)
1	1	1	0	1	0
2	1	0	1	0	0
3	0	0	0	1	0
4	0	0	1	0	0
5	1	1	0	0	1
6	1	0	1	0	0
7	0	1	1	0	0
8	1	0	0	1	0
9	0	0	1	0	0
10	1	0	0	0	1
11	0	0	1	0	0
12	1	1	1	0	0
13	0	0	0	1	0
14	1	0	0	1	0
15	1	1	0	0	1
16	1	1	1	0	0
17	0	1	0	1	0
18	0	1	1	0	0
19	1	0	0	1	0
20	0	0	1	0	0

Q-matrisin hazırlanma süreci bir maddeyi doğru yanıtlamak için hangi özellik veya özelliklerin gerekli olduğunun belirlendiği hipotetik bir süreçtir. BTM’de maddeler ve özellikler arasındaki ilişki ve öğrencilerin dahil oldukları örtük sınıflar Q matris ile belirlendiğinden Q matrisin doğru oluşturulması oldukça önemlidir. Bu nedenle Q matris konu alanına hakim uzmanlarca hazırlanmalıdır. Henson (2004), Q matrisin kalitesinin, öğrencilerin beceri profilinin kestirimini doğrudan belirlediğini ifade etmektedir. Bu nedenle, bu çalışmalar “tanısal analiz” için çok önemli bir nitelik taşımaktadır. Son dönem yapılan araştırmalarda Q matrisinin doğruluk miktarını ve etkisini ölçmeye yönelik sağlam kanıtlar sunan metotlar geliştirilmektedir aynı zamanda BTM’ne ilişkin parametreler de Q matris geçerliğine ilişkin kanıtlar sunmaktadır. (de la Torre ve Douglas, 2004).

BTM ile öğrencilerin özelliklerinin belirlenmesi hem geniş ölçekli testlerde hem de sınıf içi değerlendirmelerde giderek artmaktadır. BTM değinilen yönleriyle öğrencilerin ölçülen özelliklere ait bir profilinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Eğitimciler ve öğretmenler hangi özelliklerin öğrenci tarafından sahip olup olunmadığının yanı sıra bu özelliklerin yapısı ile ilgili de fikir sahibi olmaktadır. Belirlenen profiller ışığında öğretim etkinlikleri düzenlenebilmekte ve iyileştirilebilmektedir (Wylie ve Wiliam, 2007).

2.2. Bilişsel Tanı Modellerinin Öncüleri

BTM olarak ifade edilen modeller literatürde; sınırlandırılmış örtük sınıf modelleri (restricted latent class models) (Haertel, 1989), bilişsel psikometrik modeller (cognitive psychometric models) (Rupp, 2007), çoklu sınıflandırma modelleri (multiple classification models) ve yapısal madde tepki kuramı modelleri (structured item response theory models) (Rupp ve Mislevy, 2007) gibi farklı isimler almıştır. Modellere verilen farklı isimlerin bilişsel tanı modeli adı altında yaygınlaşmasında modellerin bireylere ilişkin tanısal profil oluşturmayı hedeflemesi etkili olmuştur.

Sınırlandırılmış örtük sınıf modeli, modellerin yanıtlayıcıları örtük sınıflara ayırdıklarını ve bununla birlikte kestirilen örtük sınıfların sayıları konusunda da bir sınırlamanın var olduğunu belirtmektedir (Haertel, 1989).

Çoklu sınıflandırma modeli, yanıtlayıcıların sahip oldukları özelliklere göre çok değişkenli profilinin oluşturulmasına, her bir özelliğe ilişkin durumlarına veya o özelliğe sahip olma derecesine göre sınıflandırlarına vurgu yapmaktadır (Rupp ve Templin, 2010).

Yapısal madde tepki kuramı modeli, modellerin örtük özellik modelleri içinde bir bölüm olduğunu vurgulayarak bu modellerin yapısal olmayan modellere göre açıklayıcı bir yapısının ve heterojenliği içeren ek parametrelerinin bulunduğunu belirtir (Rupp ve Mislevy, 2007) .

Bilişsel psikometrik model, modellerin teorik temeline vurgu yapmaktadır. Bilişsel psikolojik model terimi ile yanıtlama sürecinin teorik olarak bilişsel psikolojinin bir parçası olduğu belirtilmektedir (Rupp ve Mislevy, 2007).

BTM, MTK modelleri ile aynı amaç doğrultusunda madde yetenek arasındaki ilişkiye doğrudan yönelen modellerdir ve bu yönleriyle nitelik olarak MTK modellerinin bir uzantısıdır. Tek boyutlu MTK modellerinin çok boyutlu şekilde düzenlenmesi ve madde tepki fonksiyonunda yapılan değişiklikler ile BTM'nin iskelet yapısı meydana gelmiştir. BTM'nin kaynağı temel fonksiyonu MTK'ya dayanan Lineer Lojistik Test Modeli (LLTM), Tatsuoka ve Tatsuoka'nın Rule Space modeli, Reparametrize Birleşik Model ile Sınırlandırılmış Örtük Sınıf Modelidir. Bu nedenle BTM'nin öncüleri olan bu modellere kısaca değinilmiştir.

2.2.1. Lineer Lojistik Test Modeli (LLTM)

Lineer lojistik test modelinin (LLTM) çok boyutlu MTK modellerinin kaynağı olduğu düşünülürse aynı zamanda BTM'nin de gelişmesinde önemli bir adımdır.

LLTM, madde güçlük parametresini bilişsel yeteneklere dayanarak tanımlar. Modelde her bir beceri birden fazla boyutu temsil ettiğinden çok boyutlu MTK modellerine benzemektedir (DiBello ve diğerleri, 2007). LLTM her madde için "bilişsel süreç" listesini barındıran bir Q-matrise sahiptir ve bu özelliği ile Rasch modeli gibi tek boyutlu modellerle BTM arasında köprü kurmaktadır (Fischer, 1983). LLTM'nin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir;

$$b_i = \sum_{k=1}^K q_{ik} + \eta_k + c$$

Modelde ait matematiksel formül incelendiğinde q_{ik} parametresi i maddesinin çözümünde k yeteneğinin bir faktör olduğu durumun göstergesidir. η_k parametresi k yeteneğinin güçlük özelliğidir ve c parametresi ise ölçeğin orijininde belirlenebilecek keyfi bir sabittir.

LLTM'de q_{ik} değişkeni her zaman ikilidir ve becerinin madde güçlüğünden etkilenip etkilenmediğine işaret eder (DiBello ve diğerleri, 2007). Modelde görüldüğü gibi maddenin doğru yanıtlanabilmesi için tek bir olası strateji bulunmaktadır. Her ne kadar model bir madde için herhangi bir sayıda yeteneğe izin verse de ayrıştırılmış yeteneklere ilişkin bir performansın modellenmesi mümkün değildir. Tek bir örtük özellik kullanarak, model başarıyla bütün yeteneklere ilişkin düzeyleri tek boyutlu parametreye indirerek, yeteneklerin kombinasyonuna ilişkin bir değer verir. Bu θ , öğrencinin bütün yetenek düzeylerinin ağırlıklandırılmış ortalaması olarak kabul edilebilir (Başokçu, 2011).

2.2.2. Rule Space Modeli

Tatsuoka'nın (1983) geliştirdiği Rule Space yaklaşımını, her bir öğrenci için beceri profili puanını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımda, öğrencinin becerisi, nitelik vektörleriyle karakterize edilen bilişsel öğelere bölünmüştür.

Rule Space yaklaşımının alana en büyük katkısı ise Q matrisidir. Bu matris maddelerle, ölçülen özellikler arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır (Tatsuoka, 1990). Ölçülen özelliklerle birlikte düzenlenen Q matrisi, madde güçlüğünün psikometrik model ve bilişsel süreçle arasındaki bağlantısını kurar. Modelin seçimi ve Q matrisi birbirine eşit sınırlardan oluşan, örtük sınıf cevaplama olasılıklarını belirlemeyi sağlar (Madenöğlü, 2008).

Rule Space modeli yanıtlanan maddelerin genel doğru yanlış sayısındaki tüm olası durumları klasik modellerin aksine farklı profiller olarak çıkartır. Böylece testi cevaplayan hakkında daha detaylı ve zengin tanısal bilgi üretir. Modelde Boolean Tanımlayıcı Fonksiyonu olarak belirtilen bir fonksiyon

kullanılarak bireylerin sahip oldukları özellikler belirlenir ve bunlar ideal madde yanıt örüntüsüyle karşılaştırılır (Tatsuoka, 1991).

Rule Space modeli ideal madde yanıt örüntüsünü θ (theta) ve ζ (zeta) değişkenlerine göre oluşturmaktadır. Tatsuoka (1990) tarafından geliştirilen ζ parametresi “atipik” cevap örüntülerini ölçmeyi sağlar ve iki artık (residual) matrisin standartlaştırılmasıyla hesaplanır. θ tek boyutlu ideal madde yanıt örüntüsünü tanımlar. Bu durum yüksek θ düzeyinde olan öğrencilerin madde yanıt örüntülerinde çok fazla 1 ve çok az 0 olacağı anlamına gelir. Düşük θ düzeyi için ise tam tersi bir durum söz konusudur. Eğer yüksek θ düzeyindeki bir öğrenci kolay bir maddeyi yanlış yanıtlıyorsa ya da düşük θ düzeyindeki bir öğrenci zor bir maddeyi doğru yanıtlıyorsa bu durum “beklenmedik yanıtılama” yani ζ parametresinin artmasına neden olur (Tatsuoka 1984, Tatsuoka ve Linn 1983).

2.2.3. Reparametrize Birleşik Model (Reparameterized Unified Mode - RUM)

Reparametrize Birleşik Model madde yanıtları ve bu yanıtların altında yatan yetenek arasındaki ilişkiyi ifade eder (DiBello, Stout ve Roussos, 1995). Birleşik modelin temelinde Tatsuoka'nın Rule Space modeli ve örtük sınıf modeli vardır. Birleştirilmiş model fonksiyonunda “kaydırma” ve “tahmin” olarak adlandırılan iki parametre bulunmaktadır.

Birleştirilmiş model, bilişsel modeller arasında Q matrisin testte yer alan bütün bilişsel gereklilikleri karşılamadığını kabul eden ilk modeldir. Bu modelde test model uyumunun artırılması için Q matris dışında kalan başka örtük yeteneklerin de farklı parametrelerle temsil edilip denklemin içinde yer alması gerektiği ortaya koyulmuştur. Bu model, sınıflama geçerliliğinin ancak gerçek test ve tekrar test verilerinin uyumuyla sağlandığı görüşüne dayanmaktadır. Birleştirilmiş modelin sınıflama geçerliği konusundaki en önemli eksiği ise denklemin içinde yer alan bütün parametrelerin istatistiksel olarak hesaplanamamasıdır. Kuramsal olarak birleşik model kavramsal olarak heyecan verici olsa da madde parametrelerinin tanımlanamaz olması ve kısıtlı parametrelerle istatistiksel kestirime imkan vermemesinden dolayı işlevsel

olmamıştır. Bu nedenle Hartz (2002) tarafından daha esnek bir model olan RUM geliştirilmiştir. RUM, örtük sınıflamanın bilişsel anlamına, bilgi yapısı temelli bir yaklaşım geliştirmiş ve sınıflama sürecini daha detaylı hale getirecek bilişsel modellemeyi amaçlamıştır (Hartz ve Roussos, 2005).

RUM modeli istatistiksel olarak daha kolay işlenebilir, ama bilişsel olarak daha karmaşık bir yapıya çevirmiştir. RUM tek bir beceriyle öğrenci performansını modellemeyi amaçlamaktadır ancak RUM bu modellemeyi yaparken sürekli olan beceri düzeyi parametrelerini kesikli duruma çevirir. RUM da yanıtlayıcıların beceriye ilişkin performansları bir lojistik fonksiyonla (sürekli nitelikte beceri düzeyi) belirlenmek yerine, madde parametrelerini, yanıtlayıcının beceri düzeyini iki kategorili olarak belirlemektedir. RUM aynı zamanda Q matrisin tam olarak maddelerin gerektirdiği becerileri karşılamadığı durumları da kapsamaktadır. Q matris tarafından tanımlanmayan becerileri RUM, tek boyutlu MTK yöntemleri ile sürekli örtük özellikler olarak modeller. RUM'un Hartz(2002) tarafından geliştirilmiş ve kestirimler için hiyerarşik yapıda Bayesian yöntemi kullanan bir uzantısı da Fusion Modeldir.

2.2.4. Sınırlandırılmış Örtük Sınıf Modeli (Restricted latent class mode, RLCM)

Bu modelin “sınırlandırılmış” olarak adlandırılmasının temel nedeni kullanılan tanımlayıcı örtük cevap vektörlerinin sayısının ve türünün modelde yer alan Q matrisi tarafından sınırlandırılmış olmasıdır.

Bu modelin bir başka ayırt edici niteliği ise öğrencinin aranan özelliğe sahip olma düzeyinin daha önce bahsedilen modellerdeki gibi sürekli bir değişken niteliğinde tanımlanmamasıdır. Bunun yerine öğrenci yeteneği bir K- \underline{q} boyutsal vektörü olarak 0 ve 1'lerle ifade edilmektedir. Bu vektör öğrenciyi her bir beceri için sahip(1) ya da sahip değil(0) şeklinde tanımlamaktadır. Modele ilişkin matematiksel ifade aşağıdaki gibidir;

$$P X_{ij} = 1 | \underline{\alpha}_j = \pi_i \prod_{k=1}^K \alpha_{jk}^{q_{ik}} r_i^{1 - \prod_{k=1}^K \alpha_{jk}^{q_{ik}}}$$

Bilişsel olarak model basitçe şunu ifade etmektedir; eğer bir öğrenci maddenin ölçtüğü becerilerin tamamına sahipse bu öğrencinin o maddeye doğru yanıt verme olasılığı 1 veya 1'e çok yakın bir değerdir. Diğer yandan eğer öğrenci maddenin ölçtüğü özelliklere sahip değilse maddeyi doğru yanıtlama olasılığı çok düşüktür. Bu nedenle RLCM de eğer bir öğrenci maddeyle ölçülen becerilerden herhangi birine ya da birkaçına sahip değilse bu öğrencinin o maddeyi doğru cevaplama olasılığının olmadığı anlamına gelir. Bu kabul modelin istatistiksel olarak kullanışlı olmasının önemli nedenlerinden biridir (Haertel, 1984, 1990).

2.3. Yaygın Olarak Kullanılan Bilişsel Tanı Modelleri

2.3.1. DINA Model

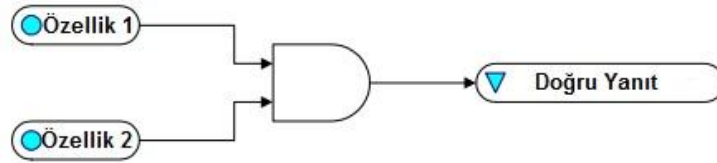
DINA modelin temelleri Macready ve Dayton (1977), Tatsuoka (1983) ve Haertel (1989) tarafından atılmıştır. Haertel (1989) geliştirdiği modele "İkili Yetenek Modeli" adını vermiştir. Junker ve Sijtsma (2001) model ile ilgili çalışmaları ilerleterek modele DINA adını vermişlerdir. DINA "Deterministic Input Noisy And Gate" ifadesinin baş harflerini ifade etmektedir. "*Deterministic input*" terimi bir maddenin doğru yanıtlanabilmesi için gerekli olan özelliklerin o maddeyi yanıtlayan bireylerin örtük özelliklerinde tam olarak tanımlanıyor olduğunu, özelliğe sahip olma durumunun "1" olmama durumunun "0" ile gösterildiğini ifade etmektedir (Rupp ve Templin, 2008). Bir mühendislik terimi olan "*and-gate*" ise dilimizde de "*ve kapısı*" olarak isimlendirilen bir çeşit devredir. Ve Kapısı, sadece tüm girişleri 1 ise 1 verir, diğer tüm hallerde 0 verir.



A	B	A ve B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

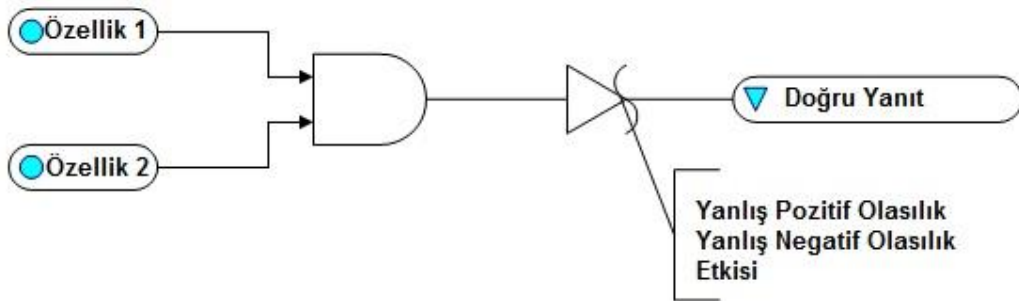
Şekil 1. Ve Kapısı

Eğitimde ise ve kapısının anlamı bir maddeyi doğru yanıtlayabilmek için madde ile temsil edilen tüm özelliklere sahip olunması gerektiğidir. Şekil.2’de iki özellekle temsil edilen bir madde gösterilmiştir. Doğru yanıtı ulaşabilmek için bireyin her iki özelliğe birden sahip olması gerekmektedir. Özelliklerden herhangi birine sahip olması yeterli değildir.



Şekil 2. Eğitimde Ve kapısı Modeli

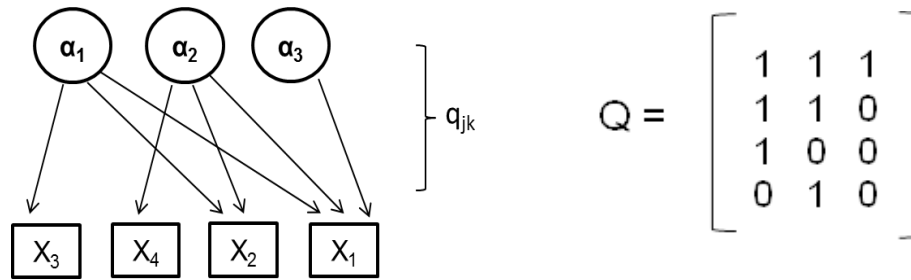
Araştırmacılar tarafından eğitimde tek başına *deterministik ve kapısı* yapısını kullanmak yeterince açıklayıcı görülmemektedir. Birey sahip olmadığı özelliği içeren bir maddeyi tahmin yoluyla veya başka bilişsel mekanizmaları kullanarak doğru yanıtlayabilir. Aynı şekilde birey maddeyi yanıtlamak için gerekli olan tüm özelliklere sahip olsa da dikkatsizlik gibi çeşitli etkenlerle maddeyi yanlış yanıtlayabilir. Bu nedenle Junker ve Sijtsma (2001) yanlış pozitif olasılığı ile doğru pozitif olasılığın da dahil edildiği DINA modeli Şekil-3.’deki gibi betimlemiştir.



Şekil 3. DINA Modelin Biçimsel Gösterimi

DINA modelde tek bir özelliğe sahip maddeler oluşturulabileceği gibi bir madde birden fazla özellik tarafından da temsil edilebilir. Modelde özelliklerle ilişkilendirilen maddelerin dağılımını gösteren Q-matrisi hazırlamak gerekmektedir. Q-matris her bir maddenin doğru yanıtlanması için gerekli olan özelliklerin 1-0 şeklinde gösterimidir.

Q- matris, ikili grafikleme yöntemi ile gösterilen madde- özellik ilişkisinin matrise dönüştürülmesini temel almaktadır. Şekil- 4'de grafikte verilen X_1 , X_2 , X_3 , X_4 maddeleri ile α_1 , α_2 , α_3 özellikleri arasındaki ilişkinin Q-matrise dönüştürülmüş hali verilmiştir. Grafik incelendiğinde X_1 maddesinin α_1 , α_2 ve α_3 özellikleri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Aynı şekilde X_2 maddesinin α_1 ve α_2 özellikleri ile, X_3 maddesinin α_1 özelliği ile, X_4 maddesinin ise α_2 özelliği ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. İkili Grafikleme Yöntemi ve Q-matris

Bir maddenin doğru yanıtlanabilmesi için gerekli olan özellikler ne kadar doğru belirlenebilirse model o kadar başarılı olmaktadır. Bu nedenle Q-matris ile madde - özellik ilişkisi kurulurken mutlaka ilgili alanda uzmanlaşmış kişilerce matrisin hazırlanması önerilmektedir. Q matrisin kalitesinin, öğrencilerin profillerinin kestirimini doğrudan belirlediğini ifade edilmektedir (de la Torre ve Douglas, 2004).

DINA model, ikili yetenek modellerine benzeyen bir örtük sınıf modelidir. Modelde kestirilmesi istenen yetenek veya özellikler 1 veya 0 şeklinde ikili kodlama ile belirtilir. DINA model MTK modellerinin bir uzantısı gibi görünse de

öğrencilerin yeteneklerini sürekli biçimde değil belirlenmiş örtük sınıflara ayırarak saptamaktadır (Haertel, 1989).

Q-matriste tanımlanan k tane özellik için 2^k tane örtük sınıf oluşturulduğu belirtilmiştir. Örtük sınıflar öğrencinin hangi özelliklere sahip olup hangilerine sahip olmadıklarını ifade eden gruplardır. Beş özellikten oluşan bir test için $2^5=32$ adet örtük sınıf bulunmaktadır. Bir öğrenci belirlenen beş özellikten hiçbir özelliğe sahip değilse (00000) örtük sınıfına, sadece iki ve dördüncü özelliklere sahipse (01010) örtük sınıfına, tüm özelliklere sahipse (11111) örtük sınıfına dahil edilmektedir.

Öğrencilerin ait olduğu örtük sınıflar belirlenirken öğrencinin özellik bakımından 0 sınıfına veya 1 sınıfına dahil edilmesi olasılık değerine bağlıdır. Bu olasılık değeri istendiğinde değiştirilebilir ancak genel kullanımda 0.50 değeri belirlenmiştir. Öğrencinin ilgili özelliğe sahip olma olasılığı bu değer altında kalırsa 0 sınıfına, üstünde kalırsa veya olasılık değeri ile aynı değeri alırsa 1 sınıfına dahil olur.

DINA model bağlayıcı (conjunctive) bir modeldir. DINA öğrencileri temelde iki ayrı sınıfa ayırır. Bu sınıflardan biri madde ile ölçülen hiç bir özelliğe sahip olmama durumunu belirten yokluk sınıfı ve tüm özelliklere sahip olma durumunu ifade eden tam sınıftır. Başka bir ifade ile maddeye ilişkin özelliklerden herhangi birine sahip olmayan birey ile bu özelliklerden hiçbirine sahip olmayan birey gibi yokluk sınıfına atanmaktadır. Bu durum bir maddeyi doğru yanıtlayabilmek için madde ile ilişkili tüm özelliklere sahip olunması gerektiğini belirtmektedir. Bu özellik DINA modelin parsimoni bir yöntemle yeterince açıklayıcı ve yorumlanabilir olmasını sağlamıştır (de la Torre, 2009a)

DINA model, örtük özellik ve ilgili gözlenen özellik arasındaki ilişkiyi olasılık temeli olarak modellemekte ve her madde için s ve g parametresi olarak iki ayrı madde parametresi üretmektedir. s parametresi, İngilizce “*slip*” kelimesinin baş harfini ifade etmektedir. Bu parametre dilimizde *kaydırma parametresi* olarak da adlandırılır. g parametresi ise “*guess*” kelimesinin baş harfini belirtmektedir ve dilimizde *tahmin parametresi* olarak da isimlendirilir.

s ve g parametreleri aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$s_j = P(Y_{ij} = 0 | \eta_{ij} = 1)$$

$$g_j = P(Y_{ij} = 1 | \eta_{ij} = 0)$$

s parametresi, bireyin j maddesini doğru yanıtlayabilmek için gerekli özellik veya özelliklere sahip olmasına rağmen maddeyi yanlış yanıtlamasını ifade eder. Bu durum yanlış pozitif olasılık olarak tanımlanır. Maddeye ilişkin s parametresinin değeri ne kadar düşük olursa aranan özelliklere sahip bireylerin maddeyi doğru yanıtlama olasılığı o kadar artar. g parametresi ise bireyin j maddesini doğru yanıtlayabilmek için gerekli özellik veya özelliklere sahip olmamasına rağmen maddeyi doğru yanıtlamasını ifade eder. Bu durum doğru pozitif olasılık olarak tanımlanır. g parametresinin değeri ne kadar yüksek ise maddeyi doğru yanıtlamak için gerekli özelliğe sahip olmayan bireylerin maddeyi doğru yanıtlama olasılıkları artar. Benzer şekilde, g parametresinin değeri ne kadar düşüğe maddenin sadece gerekli özelliğe sahip bireyler tarafından doğru yanıtlanma olasılığı o kadar artar (Zhang, 2006).

Maris (1999), g parametresinin alternatif bir yorumunu yapmış ve g parametresinin bireyin gerekli özelliğe sahip olmamasına rağmen zihinsel beceri ile maddeyi doğru yanıtlayabilmesi olarak tanımlamıştır. Bu durumda g parametresi, doğru yanıt için gerekli olduğu düşünülen özellikler dışında başka özellikleri kullanarak da maddenin doğru yanıtlandığı anlamına gelmektedir. Bu durum aynı zamanda Q matris geçerliği olarak da düşünülebilir. Bir madde için "1" değerine yakın çıkan g parametresi maddenin doğru yanıtlanabilmesi için gerekli özelliğe sahip olmayan öğrenciler tarafından doğru yanıtlandığını belirttiği gibi aynı zamanda maddeyi doğru yanıtlamak için gerekli olan bazı özelliklerin belirlenemediği şeklinde de yorumlanabilir. Bu durumda Q matriste maddeye ilişkin olarak belirlenen özellikler dışında başka özelliklerin de madde ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Tahmin parametresi bu anlamda MTK'daki şans parametresinden farklı bir yapıdadır. (de la Torre ve Douglas, 2004).

DINA modelin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

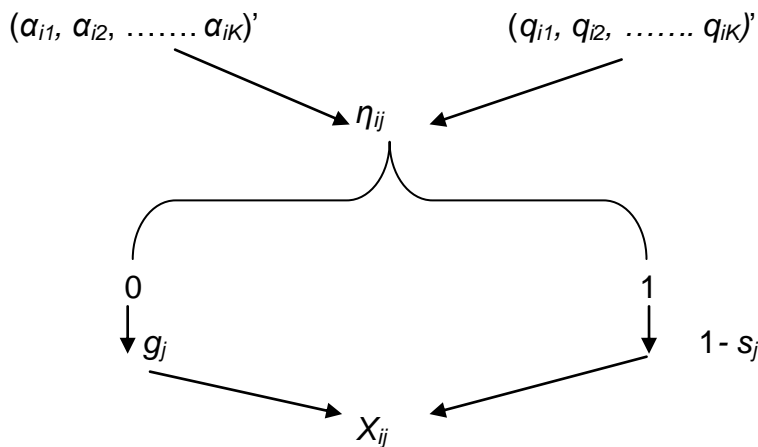
$$P(X_{ij} = 1 | \eta_{ij}, s_j, g_j) = 1 - s_j \eta_{ij} g_j^{1-\eta_{ij}}$$

P aranan bütün becerilere sahip olan öğrencinin maddeyi doğru yanıtlama olasılığıdır. $\alpha_i = \alpha_{i1}, \dots, \alpha_{iK}$ “bilgi durumları” olarak tanımlanır (Tatsuoka, 1983). η_{ij} , α tarafından belirlenen örtük cevaplama ve i inci konunun niteliğini ve g_j nin vektörünü ifade eder. Q matrisinin j inci maddesine tekabül eden sıra şu şekilde gösterilebilir;

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^K \alpha_{ik}^{q_{jk}}$$

Yukarıdaki eşitlik incelendiğinde $\alpha_{ik} = 0$ veya 1 olması i öğrencisinin k ; $\eta_i = \eta_{i1}, \dots, \eta_{ij}$ niteliğine sahip olup olmamasına bağlıdır. j , toplam madde sayısını göstermekle birlikte i öğrencisinin istenilen niteliklere sahip olup olmadığını ve X_{ij} gözlenen puanının belirlenmesini sağlar.

Örtük yanıt (η_{ij}), öğrenci yeteneği (α_{ik}) ve maddenin gerekliliklerinin (q_{jk}) bir fonksiyonudur. Şekil’5 ‘de gösterildiği gibi η_{ij} belirlendiğinde, $\eta_{ij} = 0$ olduğu halde i öğrencisinin j maddesine doğru cevap verme olasılığı g_j parametresini ve $\eta_{ij} = 1$ olduğunda ise $1 - s_j$ parametresini ifade eder. Aşağıdaki şemada örtük yanıt, öğrenci yeteneği ve madde için gerekli özelliklerin fonksiyonu gösterilmektedir (de la Torre, 2009a).



Şekil 5. Öğrencinin Madde Yanıtlama Süreci

Koşullu dağılan madde cevap değişkeni Y_{ij} aynı zamanda α_{ij} den η_{ij} ye de bağlıdır. bu DINA modelin olasılık fonksiyonunun bir uzantısıdır, konular arasındaki bağımsızlığı gösteren koşullu bağımsızlık şu şekilde yazılabilir;

$$L(s, g; \alpha) = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^J s_j^{1-y_{ij}} (1-s_j)^{y_{ij}} \eta_{ij} g_j^{y_{ij}} (1-g_j)^{1-y_{ij}} (1-\eta_{ij})$$

Koşullu dağılım için parametreler ile hesaplamalar arasındaki ilişki aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

s_j parametresinin olasılık kestirimi, X_{ij} öğrencisinin gerekli bütün özelliklere sahip olduğu $\eta_{ij}=1$ hipotezine duyarlıdır.

g_j parametresinin olasılık kestirimi, X_{ij} öğrencisinin tanımlanan görev için gerekli özelliklerden bir veya birkaçına sahip olmadığı hipotezine duyarlıdır. α_{ij} nin kestiriminde, i öğrencisinin k niteliğine sahip olup olmadığının belirlenmesi, i öğrencisinin yalnızca o görevdeki performansına dair bütün bilişsel özelliklere sahip olduğu hipotezine duyarlıdır (Junker, 2001).

Bütün testler ve test geliştirme süreçleri için madde güçlüğü ve özellikle madde ayırt edicilik indeksi oldukça önemli bir madde parametresidir. DINA modellerde elde edilen s ve g parametreleri madde güçlüğü'nün yorumlanması konusunda fikir vermektedir. Özellikle g parametresi maddenin doğru tahmin edilebilme olasılığı ile ilgili olduğundan madde güçlüğüne ilişkin de yorum yapmaya izin vermektedir. Maddenin doğru yanıtının tahmin edilerek bulunması ne kadar zor olursa madde güçlüğü de o kadar azalır. Zor maddelerde s parametresi yüksek ve g parametresi düşük çıkmaktadır. Benzer şekilde düşük s ve yüksek g parametresine sahip olan maddelerin de kolay maddeler olduğu ifade edilebilir. Her iki parametrenin de düşük değerler alması maddenin orta güçlüğüne yakın olduğunun işaretçisi olarak görülebilmektedir. Bununla birlikte yüksek g parametre değeri, maddenin belirlenen özellikleri dışında tanımlanmayan özelliklerle de doğru yanıtlanabileceğini ve Q matriste belirlenen özelliklere başka özelliklerin de eklenmesi gerektiğinin göstergesi olabilir (Zhang, 2006).

de la Torre (2008)'e göre madde ayırt edicilik indeksi δ_j (delta), $1 - s_j - g_j$ formülüyle hesaplanabilmektedir. Modelde s ve g parametreleri 0 ile 1 arasında değer alabildiğinden δ_j katsayısı $-1 \geq \delta_j \leq 1$ arasında değerler almaktadır. Örtük özelliğe göre öğrencileri mükemmel düzeyde ayırt eden bir madde için $\delta_j = 1$ olmalıdır ve bu değer sıfıra yaklaştıkça maddenin ayırt edicilik gücü düşmektedir. DINA modelde hesaplanan δ_j parametresi konusunda tam bir ölçüt bulunmamakla birlikte daha yüksek δ_j değeri daha ayırıcı bir maddeyi işaret etmektedir.

DINA modelde s parametresi de oldukça önemlidir çünkü öğrencilerin örtük sınıflarının belirlenmesinde s parametresi oldukça etkilidir. İki öğrenci aynı testte eşit sayıda doğru yanıtı sahip olsa dahi öğrencilerin belirlenen özellik sayıları birbirinden farklı olabilir. 20 madde ve 5 özellikten oluşan bir testin X_1 ve X_2 yanıtlayıcılarına uygulandığında her ikisinin de 10'ar doğru yanıtının olduğu bir durumda X_1 yanıtlayıcısının atandığı örtük sınıf "10011" iken X_2 yanıtlayıcısının atandığı örtük sınıf "00010" olabilir. Bu durumda yanıtlayıcılar eşit sayıda maddeyi doğru yanıtladıkları halde biri üç özelliğe sahipken diğeri sadece bir özelliğe sahiptir. Bu durumun sebebi X_1 yanıtlayıcısının düşük s parametresine sahip maddeleri doğru yanıtlarken X_2 yanıtlayıcısının yüksek s değeri olan maddeleri doğru yanıtlamasıdır.

s parametresi kullanılarak elde edilen $1 - s_j$ değerinin yüksek olması maddeyi doğru yanıtlamak için gerekli özelliğe sahip bireyler tarafından kaydırma yapmadan doğru yanıtlanma olasılığının yüksek olduğunu ifade eder. Bu nedenle s veya $1 - s_j$ değerinin de madde ayırt ediciliği için kullanılabileceği belirtilmektedir (de la Torre, 2010).

DINA model uygulamalarında örneklem orta veya üstü büyüklüğe sahipse ki-kare uyum iyiliği testi yapılarak model veri uyumu belirlenebilmektedir. Madde düzey değerleri yardımı ile de madde veri uyumu belirlenebilmektedir (DeCarlo, 2011).

Öğrencileri değerlendirme ve durum belirleme anlayışları geliştikçe DINA model uygulamaları da artmaktadır. DINA model ile öğrencilerin eksiklikleri belirlenerek öğrenme etkinlikleri düzenlenmekte ve öğrencilerin edinemedikleri özelliklere de sahip olabilmeleri hedeflenmektedir. Özellikle ulusal veya uluslar

arası dil sınavlarında, bilgisayar destekli bireyselleştirilmiş testlerde ve madde yanlılığı belirlemede kullanılmaktadır.

DINA modelde madde ayırt ediciliği için genellikle δ parametresi dikkate alınmakla birlikte g ve s parametrelerine dayalı olarak da madde ayırt ediciliğinin belirlenmesi test geliştirme sürecinde dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Bu nedenle DINA modele göre test geliştirmede δ , s ve g parametreleri dikkate alınarak seçilen maddeler ile oluşturulan testlerin madde ve model istatistiklerinin karşılaştırılması uygundur.

2.3.2. G - DINA Model

G-DINA (Generalized DINA) model DINA modelin varsayımlarının genelleştirilmiş halidir. Birçok BTM gibi G-DINA modelde de $J \times K$ Q-matrisi kullanılır ve 2^{K_j} sayıda örtük grup oluşturulur. Her bir örtük grup α_{lj}^* ile gösterilen bir beceri vektörü ile ifade edilir ve her örtük grubun kendisine ait bir başarı olasılığı $P \alpha_{lj}^*$ vardır (de la Torre, 2011).

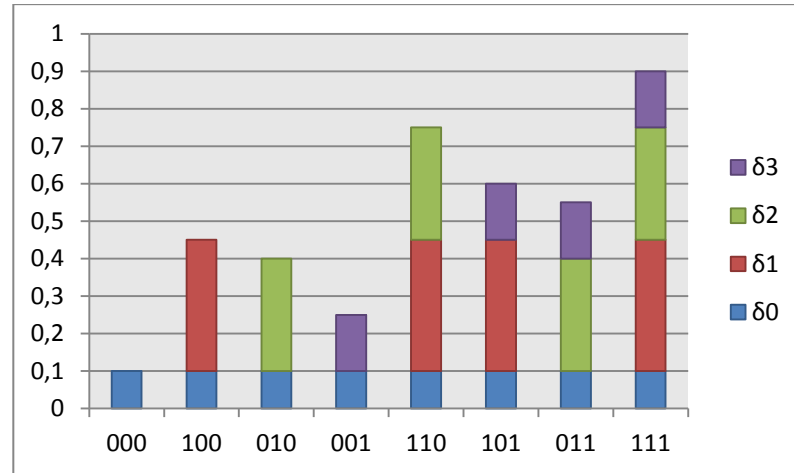
DINA modelde maddeyi doğru yanıtlama olasılığı sadece öğrencinin maddeye ait özelliklerin tümüne sahip olduğu durumda maksimum olmakta ve diğer her durum için olasılık minimum düzeyde kalmakta iken G-DINA modelde her bir özellik maddenin doğru yanıtlanma olasılığına farklı bir etki yapar.

G-DINA model de her bir madde için yanıtlayıcının sahip olabileceği her bir $P \alpha_{lj}^*$ durumuna ilişkin olasılık hesaplamaktadır. Modelde öğrencinin maddeye ilişkin özelliklerden herhangi birine ya da bir kaçına sahip olması durumunda maddeyi doğru yanıtlama olasılığı özelliğin ağırlıklandırılmasına göre değişmektedir (de la Torre, 2008).

G-DINA için $P \alpha_{lj}^*$ temelli olan orijinal formül, her bir spesifik beceri ve bu becerilerin birbirleriyle etkileşimi toplam etkilerine göre parçalara ayrılabilir. Aşağıda G-DINA modele ait olasılık formülü verilmiştir;

$$P \alpha_{lj}^* = \delta_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^*} \delta_{jk} \alpha_{lk} + \sum_{k=k+1}^{K_j^*} \delta_{jkk'} \alpha_{lk} \alpha_{lk'} \dots + \delta_{j12\dots K_j^*} \alpha_{lk}$$

Aşağıdaki şekilde G-DINA modelin her bir madde için belirlediği δ değerinin oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 6. G-DINA Model δ Oluşumu (Başokçu, 2011'den uyarlandı.)

Şekil 6.'da görüldüğü gibi özelliklerin maddeyi doğru yanıtlama olasılığına katkıları farklıdır. Örneğin 110 sütunu ve 101 sütunları incelendiğinde ilk iki özelliğe sahip olan bireylerin maddeyi doğru yanıtlama olasılıkları birinci ve üçüncü özelliğe sahip olanların maddeyi doğru yanıtlama olasılıklarından fazladır (Başokçu, 2011).

2.3.3. HO- DINA Model (High Order DINA)

Eğitim uygulamalarında, yüksek düzey örtük özellik genel olarak özel bir alana ilişkin beceri düzeyi ya da yetkinlik olarak tanımlanabilir. Yüksek düzey örtük özelliğin DINA model içinde tanımlanabileceği bir model HO-DINA model sunulmuştur. Bu gereksinimin sebebi örtük değişkeni tam olarak belirleme sürecinde hem maddeyi doğru cevaplamak için gerekli yetenek örüntüsünün koşullu olasılığı hem de yetenek örüntüsünün ortak dağılımının gerekmesi ancak DINA modelin çok sınıflı bir dağılım ortaya koymasındadır. EM algoritmasının tamamlanması aşamasında, olası yetenek örüntüsü sayısına bağlı olan olasılıklar 2^k-1 tane kestirim basamağı üretir. Bütün olası örtük sınıfların temsil

edildiği bir modele genel olarak “tam doymuş” model adı verilmektedir. Doymuş modelde özellik sayısı fazla ise en çok olabilirlik kestirimleri nerdeyse tamamen yavaşlamakta ve modele ilişkin kestirimler tamamen imkansız olmasa da uygulaması zor bir model olmaktadır (de la Torre ve Douglas, 2004).

DINA modele ilişkin hesap hatalarını azaltmak amacıyla yeteneklerin ortak dağılımında bir modifikasyon yapılmıştır ve gözlenen α bileşenini genel zeka kavramıyla ilişkilendirilmiştir. de la Torre (2009b) α 'nın bileşenlerinin koşullu bağımsızlığı sağlandığının varsayıldığı durumlarda yeteneklerin ortak dağılımı olarak alınmasını ve θ 'nın genel yüksek düzey (higher-order) örtük özellik olarak tanımlanmasını önermektedir. Bunun nedenini ise genel yetenek testlerinde genellikle birkaç genel yeteneğin ölçüldüğüdür. Bu amaçla önerilen α 'nın θ üzerindeki olasılık dağılımına ilişkin matematiksel ifade aşağıdaki gibidir;

$$P_{\alpha|\theta} = \prod_{k=1}^K P_{\alpha_k|\theta} = \prod_{k=1}^K \frac{\exp(\lambda_{0k} + \lambda_1\theta)}{1 + \exp(\lambda_{0k} + \lambda_1\theta)}$$

Modele ilişkin oluşturulan yeni ifade ile problemin karmaşıklığından kaynaklanan hesaplama hataları önemli şekilde azaltılmıştır. Doymuş modele ilişkin 2^k-1 adet parametre tahmininin yerine bu modelde sadece $K+1$ adet parametre bulunmaktadır. Bu durum modelde yeteneklerin ortak dağılımı altında K parametre sayısının katlanarak değil doğrusal olarak artmasını sağlamıştır. Ancak geliştirilen formülasyon ile HO-DINA model de EM (expectation maximization) algoritmasıyla hesap yapmak mümkün olmamaktadır. HO-DINA modelde güvenilir parametreleri oluşturabilmek için Monte Carlo Markov Zinciri algoritmasının kullanması önerilmiştir (de la Torre ve Douglas, 2004; DeCarlo, 2011).

2.3.4. NIDA Model

NIDA model “Noisy inputs, Deterministic “And” Gate” sözcüklerinin baş harflerini ifade etmektedir. Modele bu ismi Junker ve Sijtsma (2001) tarafından verilmiştir. Bu model amaç olarak diğer örtük sınıf modellerine benzer ama bununla birlikte BTM arasında yapı olarak en karmaşığdır. NIDA model daha karmaşık bir bilişsel tanı modelidir. Birleştirilmiş Model (Unified Model) ve Reparametrize Birleşik Model de NIDA modelin bir uzantısı olarak gelişmiştir. DINA modelle NIDA model arasında birçok benzerlik bulunmaktadır. İki modelde monotonluk ve koşullu bağımsızlık varsayımları altında görev performansını temel alan rastlantısal bilişsel modellerdir. NIDA model DINA modelden farklı olarak kaydırma ve tahmin parametrelerini madde/görev düzeyi yerine özellik seviyesi üzerinden kestirir. NIDA modelin matematiksel ifadesi şöyledir;

$$P(Y_{ij} = 1 | \alpha, s, g) = \prod_{k=1}^K (1 - s_k)^{\alpha_{ik}} g_j^{1 - \alpha_{jk}} Q_{jk}$$

NIDA model DINA modelden farklı olarak, maddeye ait özelliklerden birine sahip olmayan öğrencinin hiçbir özelliğe sahip olmayan öğrenciye göre maddeyi doğru yanıtlama olasılığının daha yüksek olduğunu kabul eder. NIDA modelde örtük cevaplama değişkeni η_{ij} ile ifade edilir. Her bir k becerisi için s ve g parametresi aşağıdaki gibi elde edilir;

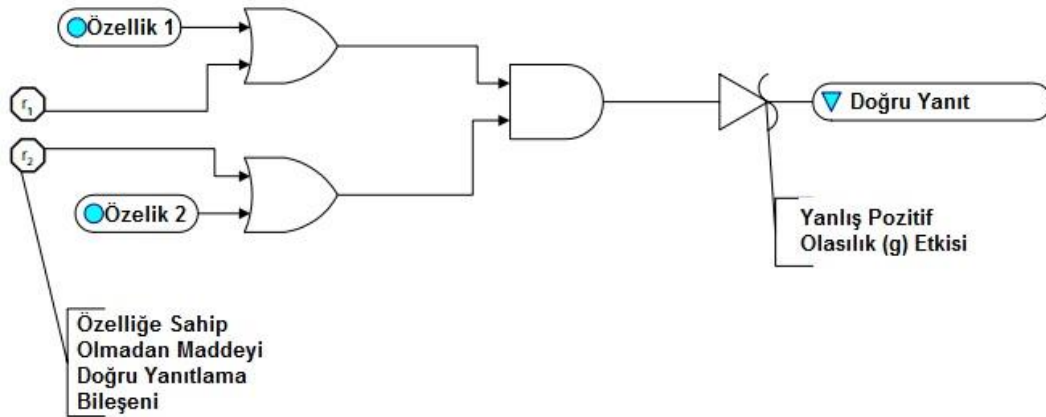
$$s_k = P(\eta_{ijk} = 0 | \alpha_{ik} = 1, Q_{jk} = 1)$$

$$g_k = P(\eta_{ijk} = 0 | \alpha_{ik} = 0, Q_{jk} = 1)$$

NIDA modelde *tamamlayıcı* olarak tanımlanan fazladan bir indeks daha vardır ve aşağıdaki gibi gösterilir;

$$P(\eta_{ijk} = 1 | \alpha_{ik} = a, Q_{jk} = 0) = 1$$

Tamamlayıcı parametre k becerisine sahip olan ama bu beceriye sahip oluş biçimi Q matrisi içinde tanımlanamayan durumlar için α_{ij} değerini temsil eder (Junker, 2001). NIDA modelin şematik gösterimi Şekil-7’de verilmiştir.



Şekil 7. NIDA Modelin Biçimsel Gösterimi

Şekil 7. incelendiğinde DINA modele ek olarak r_1 ve r_2 bileşenlerinin modele dahil edildiği görülmektedir. Şematik gösterimde bir öğrencinin maddeyi doğru yanıtlayabilmesi için o maddeye ilişkin özellik-1 veya r_1 bileşenine ve özellik-2 veya r_2 bileşenine sahip olması gerekir. r_1 ve r_2 bileşenleri öğrencinin maddeyi doğru yanıtlayabilmek için gerekli olan özelliğe sahip olmasa da bulunduğu alternatif yollar veya sahip olduğu farklı özellikler olarak ifade edilmektedir (Yan, Almond ve Mislevy, 2004).

2.3.5. MC- DINA Model

BTM modellerinin gelişimiyle araştırmacılar seçenekler üzerinden de farklı özelliklerin belirlenebileceğini önermişlerdir. Çoktan seçmeli yöntemin gelişmesinin sebeplerinden en önemlisi çok sayıda farklı özelliklerin bir araya getirilebilmesi ve içeriğin zenginleştirilebilmesidir (Nitko, 2001). MC-DINA model ile ilgili ilk çalışmalar (1,0) şeklinde kodlanmış ikili datalar üzerinden yapılmıştır. 2003 yılına ait TIMSS datasının seçenekleri üzerinden Birenbaum, Tatsuoka ve Xin (2005) ile Tatsuoka, Corter, ve Tatsuoka (2004)'nin yaptığı çalışmalar ve yine 2003 yılındaki National Assessment of Educational Progress (NAEP) datası üzerinden de la Torre (2006)'nin yaptığı çalışmalar çoktan seçmeli DINA tekniklerinin ilk çalışmalarıdır.

BTM’de bir çok aşamada alan uzmanlarının olması ve disiplinler arası bir çalışma gerçekleştirilmesi gerekmektedir. MC-DINA modelde ise uzman kişilere olan gereksinim se diğer modellere göre daha fazladır. Bu durumun sebebi uzmanlara sadece özelliklerin belirlenmesinde değil seçeneklerin oluşturulmasında da aynı hassasiyetin gerekliliğidir (Kato, 2009).

MC-DINA modelde ölçülmek istenen özellikler maddelerin seçeneklerinde belirtilir. En fazla özellik sayısına sahip olan seçenek doğru yanıt olarak belirlenmiş seçenektir. Çizelge 4.’de MC-DINA modele ait bir madde ve maddeye ilişkin özellikler belirtilmiştir.

Çizelge 4.

MC-DINA Modelde Maddeye İlişkin Seçenek – Özellik Gösterimi

Seçenekler	Özellikler		
	α_1	α_2	α_3
A		X	
B		X	X
C	X	X	
D	X	X	X

de la Torre, 2009b’den uyarlandı.

Çizelge 4. incelendiğinde A seçeneğini işaretleyen öğrenci α_2 örtük özelliğine sahiptir. Benzer şekilde B seçeneğini işaretleyen öğrenci α_2 ve α_3 özelliklerine, C seçeneğini işaretleyen öğrenci α_1 ve α_2 özelliklerine ve D seçeneğini işaretleyen öğrenci α_1 , α_2 ve α_3 özelliklerine sahiptir. Aynı zamanda Çizelgede görülebileceği gibi en fazla özelliğe sahip olan seçenek D seçeneği olduğundan maddeye ilişkin doğru yanıt D seçeneğidir. Böyle bir madde için seçenek sayısı dört olduğunda $H_j=4$ olarak tanımlanır.

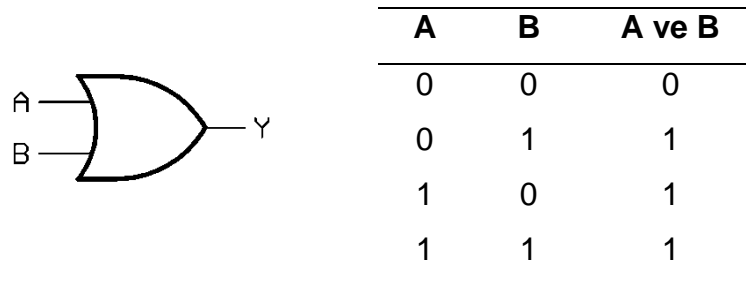
Bir j maddesi için $X_{ij}= 1,2,3,\dots,H_j$ eşitliğinde H_j , j maddesi için toplam seçenek sayısını ifade etmektedir. Modelde 2^K-1 örtük madde sınıfı vardır. Hiçbir özelliğe sahip olmayan madde olmayacağından toplam örtük sınıf sayısından bir eksik sayı alınmaktadır. Dört seçenekli bir madde için $H_j=4$ olarak tanımlanır. qjk vektörü $K \times Q$ matrisine göre tanımlanır. MC-DINA modelde i öğrencinin j maddesine ait h seçeneğini seçme olasılığı şöyle ifade edilmektedir;

$$P_{jh}(\alpha_i)=P(X_{ij}=h|\alpha_i)=P(X_{ij}=h|g_{ij}=g)=P_j(h|g),$$

MC-DINA modelinde, DINA modelinde olduğu gibi EM algoritması kullanılmaktadır (Rupp, Templin ve Henson, 2010).

2.3.6. DINO Model

DINO Model adını “Deterministic Input Noisy Or Gate” ifadesinin baş harflerinden almaktadır. Model, Templin ve Henson (2006) tarafından geliştirilmiştir. DINA modeldeki *ve kapısının* yerini DINO modelde *veya kapısı* almaktadır. Veya kapısı da ve kapısı gibi bir çeşit devreye ait terimsel ifadedir. Şekil 8.’de veya kapısı şematize edilmiştir.



Şekil 8. Veya Kapısı

Ve kapısı yapısında ancak tüm girişler 1 iken sonuç 1 olarak değerlendirilmektedir. Veya kapısında ise girişlerden herhangi birinin 1 olarak kodlanması sonucun 1 olması için yeterlidir. Bu duruma bağlı olarak DINA modelde yanıtlayıcının bir maddeyi doğru yanıtlama olasılığının yüksek olması için madde için gerekli özelliklerin hepsine sahip olması gerekmektedir. DINO modelde ise yanıtlayıcının maddenin gerektirdiği özelliklerden sadece birine sahip olması bile maddeyi doğru yanıtlama olasılığının yüksek olması için yeterlidir. Bunun dışında iki modelin madde ve yetenek parametreleri neredeyse aynıdır fakat madde tepki fonksiyonunda DINO modele ait veya yapısı eklenmiştir (Templin ve Henson, 2006).

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha_j) = \pi_i^{1 - \prod_{k=1}^K (1 - \alpha_{jk})^{q_{ik}}} r_i^{\prod_{k=1}^K (1 - \alpha_{jk})^{q_{ik}}}$$

Formülde $\pi_i = i$ maddesi için gerekli becerilerden en az bir tanesine sahip olan öğrencinin maddeyi doğru cevaplama olasılığı, $r_i =$ ise i maddesi için gerekli hiçbir beceriye sahip olmayan öğrencinin maddeyi doğru cevaplama olasılığıdır (de la Torre ve Douglas, 2004).

2.3.7. Fusion Model

Fusion Model, Hartz (2002) tarafından geliştirilmiş ve kestirimler için hiyerarşik yapıda Bayesian yöntemi kullanan bir modeldir. Fusion Modele ait matematiksel ifade aşağıdaki gibidir;

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha_j, \theta_j) = \pi_i^* \prod_{k=1}^K r_{ik}^{* 1 - \alpha_{jk} \cdot q_{ik}} P_{c_i}(\theta_j)$$

Formülde $X_{ij} = j$ yanıtlayıcısının i maddesine yanıtı, α_j , j yanıtlayıcısının Q matrisi tarafından belirlenmiş K becerisine ilişkin bilişsel beceri düzeyinin vektörünü, $\theta_j =$, j yanıtlayıcısının Q matrisi tarafından belirlenemeyen testle ilişkili beceri veya yeteneğini, $\pi_i^* = i$. madde için gerekli bütün becerilere sahip olan yanıtlayıcının i maddesini doğru cevaplama olasılığı, $r_i^* = i$ maddesi için k özelliğine ilişkin (Q matrisi tarafından tanımlanan) ayırt edicilik parametresini, $q_{ik} = i$ maddesi için k becerisinin gerekli olup olmamasını, $c_i =$ Q matrisi tarafından belirlenen becerilere ek olarak maddeyi doğru cevaplama için gerekli olan θ_j düzeyini, $P_{c_i}(\theta_j) =$ Q matrisi tarafından tanımlamayan becerilerin doğru uygulanma olasılığını ifade eder (Montero, Molfils, Wang, Yen, Julian ve Moody, 2003).

Modelde genel olarak $\pi_{jk}^* = \prod_{k=1}^K \pi_{jk}$ ve $r_{jk}^* = \frac{r_{j,k}}{\pi_{j,k}}$ parametrelerini Bayesian Markov Monte Carlo Zinciri yöntemi kullanarak reparametrize etmiştir. RUM'da π_{jk}^* , Q temelli şartlı madde güçlüğüken r_{jk}^* ise j maddesi tarafından temsil edilen beceriler hakkında elde edilen bilgiyi göstermektedir. Bunun yanında bu kestirim için Arpeggio isimli bilgisayar programını geliştirmiştir (Hartz, 2002).

2.4. DINA Model ile İlgili Araştırmalar

DINA model ile ilgili yapılan çalışmalar genelde simülasyon çalışmalarıdır. DINA modelin gelişmesine katkıda bulunan en önemli isimlerden olan de la Torre bir çok simülasyon çalışması yaparak modele katkıda bulunmuştur.

Zhang (2006) yaptığı araştırmada DINA modelle madde yanlılığının belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada madde yanlılığı DINA model, Mantel-Haenszel ve SIBTEST modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Simülasyon çalışmasının yanı sıra 2004 yılında uygulanan TIMSS testinden seçilen 14 madde için hazırlanan Q matris ile gerçek veri üzerinden de madde yanlılığı araştırılmıştır. Çalışmada DINA model ve diğer modeller arasında madde yanlılığını belirleme konusunda yüksek uyum gözlenmiştir. Bir madde dışında üç teknikte aynı maddelerde yanlılık tespit etmiştir.

de la Torre ve Douglas (2008) DINA modelin değişik formlarının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada HODINA, NIDA, tek stratejili DINA ve çok stratejili DINA modelleri karşılaştırılmıştır. Araştırmanın simülasyon çalışması bölümünde DINA, NIDA model ve HO-DINA modelleri karşılaştırılarak veri için en uygun modellerin HO-NIDA olduğuna karar verilmiştir. Araştırmada 2002 yılında Tatsuoka tarafından geliştirilip uygulanmış bir teste ait veriler kullanılmıştır. Sonuçta NIDA modelin veriye uyumu çok düşük çıkmıştır.

Huebner, Wang ve Lee (2009) DINA modelin bilgisayara adapte edilmiş bir teste uygulama koşullarını araştırdıkları çalışmalarında 97 sorudan oluşan ve 3776 kişiye uygulanan bir testi incelemişleridir. Araştırmada 97 sorudan 50 tanesi seçkisiz olarak seçilmiş ve bu sorulara ilişkin Q matrisi oluşturularak bireylerin sınıflama durumları incelenmiştir. 50 soru üzerinden DINA modele göre belirlenen öğrenci durumları ile gerçek uygulama sonuçları arasında 0,997 düzeyinde yüksek bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir.

Cheng (2010) Bilişsel Tanı Temelli Bilgisayar Uyarlamalı Test (Cognitive Diagnostic CAT, CD-CAT) geliştirme sürecinde madde seçimi yapma aşamasında DINA modelin kullanılmasına ilişkin simülasyon verisine dayanan bir çalışma yapmıştır. Bireyselleştirilmiş testler için genelde kullanılan madde seçim algoritması olan Global Discrimination Index (GDI) ile DINA modele göre geliştirilen The Modified Maximum Global Discrimination Index (MMGDI) metodu karşılaştırılmıştır. Araştırmada 30 maddelik ve 24 maddelik iki testte ilişkin iki simülasyon analizinde de MMGDI %92.5 oranında, GDI ise %84.8 oranında bilişsel profil belirleme konusunda başarılı olmuştur. Bununla birlikte MMGDI yöntemi GDI yöntemine göre daha kısa bir testle yüksek oranda başarılı belirlemelerde bulunmuştur.

de la Torre ve Lee (2010) DINA modelin parametrelerinin değişmezliği üzerine yaptıkları simülasyon ve 2002 yılında Tatsuoka tarafından geliştirilip uygulanmış bir teste ait gerçek veriye dayanan çalışmalarında soru sayısı, örneklem sayısı modeller değiştirilerek test parametrelerini incelemiştir. Bu çalışmada DINA model ve HODINA model karşılaştırılmış aynı zamanda kestirim yöntemi olarak Markov Zinciri Monte Carlo (MZMC) yöntemi ile maksimum olabilirlik yöntemleri kıyaslanmıştır. MZMC kestirimlerin HO-DINA model parametrelerinin değişmezliği konusunda daha tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Başokçu (2011) yaptığı araştırmada bağıl ve mutlak değerlendirme ile DINA modele göre yapılan sınıflamaların geçerliğini karşılaştırmıştır. Bu çalışma sonucunda öğrenciler hakkında mutlak ölçütle belirlenen geçti kaldı kararlarıyla DINA modelle belirlenen öğrencilerin sahip olduğu özellik sayısı arasında %84.5 oranında bir uyum olduğu gözlenmiştir. Çalışmanın bir diğer dikkat çeken tarafı ise belirlenen özelliklerden çoğuna sahip olmasına rağmen mutlak değerlendirme içinde hakkında kaldı kararı verilen öğrencilerin olmasıdır. DINA model sınıflamalarıyla bağıl ölçütle verilen geçti kararları arasındaki uyum yaklaşık %80 düzeyinde hesaplanmıştır. Bağıl değerlendirmede gerekli özelliklere sahip olduğu halde dersten başarısız sayılan öğrenci bulunmamaktadır. Dersten başarılı sayılan hakkında her beş öğrenciden birinin ise gerekli özelliklere sahip olmadığı belirtilmiştir.

Lee, Park ve Taylan (2011) yaptıkları çalışmada 4. Sınıf düzeyine ait 2007 yılı TIMSS maddelerinden 15 çoktan seçmeli matematik bölümüne ait madde belirlemiştir. Seçtikleri maddelere ait Q-matris oluşturmuşlardır. Araştırmanın çalışma grubu Massachusetts, Minnesota ve Birleşik Devletler olarak üç bölüme ayrılmıştır ve toplam 823 öğrenciden oluşmaktadır. Test DINA model kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre DINA model KTK ve MTK modellerine göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Üç ayrı bölgeye ait analizler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca DINA modelin 1PL, 2PL ve 3PL MTK modelleri ile model veri uyumları karşılaştırılmış ve DINA modelin uyumu daha yüksek bulunmuştur.

Chen ve Xin (2012) Bilişsel Tanı Temelli Bilgisayar Uyarlamalı Test (Cognitive Diagnostic CAT, CD-CAT) geliştirme sürecinde madde seçimi ve kalibrasyon ile ilgili olarak DINA model simülasyon verisine dayanan bir çalışma yapmıştır. Yaptıkları çalışma sonucunda madde seçiminde g ve s parametreleri 0.05 ile 0.25'in altında olan madde havuzu için Method A, 0.25 ile 0.45'in üzerinde olan maddeler için ise CD-OEM ve CD-MEM yöntemlerinin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda her ne kadar bilgisayar uyarlamalı testlerde bireyin yeteneği doğrultusunda madde güçlük düzeyi ile madde seçimi yapılsa da bunun yeterli olmadığını, bilişsel tanı temelli bilgisayar uyarlamalı testlerde Q-matris kullanılması ve teste ilişkin özellikler dikkate alınarak madde seçimi yapılmasının daha bütüncü ve doğru bir anlayış olduğunu ifade etmişlerdir.

DINA model ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde mevcut çalışmaların oldukça sınırlı ve simülasyon çalışmalarının ağırlıkta olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar modelin kuramsal alt yapısına önemli katkılarda bulunmuşlardır. Gerçek uygulama verisine dayanan ve okul uygulamalarına destek olabilecek çalışmalar ise daha azdır. Bu çalışmalarda ise genellikle daha önce uygulanmış testler incelenmiş, bu testlerdeki maddelere ilişkin özellikler belirlenmiş ve teste ilişkin Q matris oluşturularak DINA modele göre analiz edilmiştir. Bu durumda DINA model dikkate alınarak test geliştirme çalışmaları yok denecek kadar azdır. Aynı zamanda yapılan çalışmalar incelendiğinde DINA modelin bilişsel tanı temelli bilgisayar uyarlamalı testlerde kullanımına olan ilginin arttığı görülmüştür.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Araştırmanın bu kısmında; araştırmanın modeli, çalışma grubu, veri toplama aracı, verilerin toplanması ve verilerin analizi bölümleri yer almaktadır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırmada, DINA modele göre test geliştirme çalışması yapılarak oluşturulan testin psikometrik özelliklerinin belirlenmesi ve modelin kuramsal temeline katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu yönüyle araştırma temel araştırma türünde betimsel bir çalışmadır.

3.2. Çalışma Grubu

Araştırma, DINA modele göre test geliştirme ve geliştirilen testin psikometrik özelliklerinin belirlenmesi üzerine yoğunlaştığından evrenden örneklem belirlemeye ihtiyaç duyulmamış ve araştırmanın çalışma grubu üzerinde yapılması tercih edilmiştir.

Çalışma grubu, veri toplama ve ulaşım kolaylığı ile okul idarecilerinin çalışma konusunda gösterdikleri ilgi ve yardımlar sebebiyle Samsun ilinin İlkadım ilçesinde Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı 23 Nisan İlköğretim Okulu'nda eğitim alan 7. ve 8. sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin seçilme nedeni testte ölçülecek konu alanı bakımından eğitim almış bir grup olmalarıdır. Sınıfların her biri 11 şubeden oluşmaktadır.

Testin uygulanacağı gün ve saatte okulda bulunan ve uygulama için gönüllü olan tüm 7. ve 8. sınıf öğrencilerine test uygulanmıştır. Deneme uygulaması 504 kişilik çalışma grubu üzerinden yürütülmüştür. Testin nihai hali ise 270 kişilik öğrenci grubuna uygulanmıştır.

Çizelge 5.'de deneme ve nihai formlarının uygulanmasında yer alan öğrencilerin sınıf düzeylerine ve cinsiyete göre dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 5. Çalışma Grubu

Sınıf Düzeyi	Deneme Uygulaması Çalışma Grubu			Nihai Uygulama Çalışma Grubu		
	Şube Sayısı	Öğrenci Sayısı Kız	Öğrenci Sayısı Erkek	Şube Sayısı	Öğrenci Sayısı Kız	Öğrenci Sayısı Erkek
7	7	104	151	4	69	62
8	7	133	124	4	75	64
Toplam	14	504		8	270	

3.3. Veri Toplama Aracı

Bilişsel tanı modelleri kapsamında DINA modele göre alan uzmanları tarafından hazırlanan maddeler doğrultusunda araştırmacı tarafından geliştirilen başarı testi için 7. sınıf Fen ve Teknoloji dersi Potansiyel ve Kinetik Enerji konusu seçilmiştir. Konu alanının 7. ve 8. sınıf Fen ve Teknoloji dersi kapsamında olması, Seviye Belirleme Sınavı (SBS) gibi geniş ölçekli sınavlarda ağırlık verilen önemli bir konu olması testin hem 7. hem de 8. sınıflara uygulanabilir olmasını sağlamıştır.

Bu araştırmanın gereği olarak geliştirilen başarı testi için DINA modele uygun olarak test geliştirme aşamalarının gerekleri yerine getirilmeye çalışılmıştır.

Testin Amacı

Araştırmada kullanılmak üzere geliştirilen test, ilköğretim 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin potansiyel ve kinetik enerji konu alanında sahip oldukları özellikleri ve dahil oldukları örtük sınıfları belirlemeyi amaçlayan bir başarı testidir.

Q-matrisin Belirlenme Süreci

Özelliklerin belirlenmesi

Öğrencilerin Potansiyel ve Kinetik Enerji konu alanı kapsamında sahip olması beklenen özellikleri belirlemek için 5 uzmanın görüşü alınmıştır. Görüşü alınan uzman grup 3 yıldan fazla süredir Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı İlköğretim okullarında görev yapan Fen ve Teknoloji öğretmenlerinden oluşmaktadır. Konu alanı ile ilgili olarak öğrencilerin sahip olması gereken 4 temel özellik uzman grubun ortak kararı ile belirlenmiştir. Bu özellikler şöyle sıralanmıştır;

1. Kütle potansiyel ve kinetik enerjideki rolü (α_1 , kütle)
2. Yüksekliğin potansiyel ve kinetik enerjideki rolü (α_2 , yükseklik)
3. Hızın potansiyel ve kinetik enerjideki rolü (α_3 , hız)
4. Sürtünme kuvvetinin potansiyel ve kinetik enerjideki rolü (α_4 , sürtünme kuvveti)

Belirlenen 4 temel özelliğe sahip olan bireylerin potansiyel ve kinetik enerji konusuna hakim olması beklenmektedir.

Örtük Özellik Grubu Oluşturma

Öğrencilerin sahip olması gereken özellikler ve sayısı belirlendikten sonra örtük özellik grupları oluşturulur. Belirlenen 4 özellik için toplam 16 kombinasyon mevcuttur. Örtük özellik sınıfları 2^k formülü ile hesaplanırsa da test geliştirilirken hiçbir özelliğe sahip olmayan bir maddenin testte yer alması mümkün olmadığından, hiçbir özelliğe sahip olmayan (0000) örtük sınıf da oluşmayacaktır. Bu durumda test geliştirilirken oluşturulması gereken örtük sınıflar $2^k - 1$ formülü ile hesaplanabilir ve maddelerin temsil edeceği 15 örtük sınıf belirlenir. Çizelge 6. 'da özellikler ile örtük sınıflar verilmiştir.

Çizelge 6. Teste Ait Özellik – Örtük Sınıf Matrisi

Özellik	Örtük sınıf
α_1	1000
α_2	0100
α_3	0010
α_4	0001
α_1, α_2	1100
α_1, α_3	1010
α_1, α_4	1001
α_2, α_3	0110
α_2, α_4	0101
α_3, α_4	0011
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	1110
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4$	1101
$\alpha_1, \alpha_3, \alpha_4$	1011
$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$	0111
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$	1111

Madde Türünün ve Sayısının Belirlenmesi

DINA model henüz açık suçlu sorularda kullanılmamış ve analizleri çalışılmamıştır. Geliştirilen testte sınıf düzeyi de göz önünde bulundurularak 4 seçenekli çoktan seçmeli madde tipi kullanılması uygun bulunmuştur. Örtük sınıf sayısı dikkate alındığında her örtük sınıfa ait 5 madde yazılması planlanmıştır. Beş kişiden oluşan uzman grubun her bir örtük sınıfa ait madde yazması istenmiştir. Testte 15 örtük sınıf bulunduğundan 75 maddelik madde havuzu oluşturulmuştur.

Q- Matrisin Hazırlanması

DINA modele göre test geliştirilirken bireylerin sahip olduğu örtük özelliklerin saptanabilmesi ve analizin doğru çalışabilmesi için maddelerin sahip olduğu özelliklerin doğru şekilde belirlenmesi gerekir. Maddeler ile özelliklerin ilişkilendirilmesi için uzman görüşüne başvurulmuştur. Uzman grup, doktora düzeyinde eğitim almış iki Ölçme ve Değerlendirme uzmanı ile Fen Bilgisi Öğretmenliği alanında görev yapan üç öğretim görevlisinden oluşan beş kişilik bir gruptur. Q-matrisin belirlenmesinde bilgi ve deneyimlerine başvuru uzman grup maddeleri hazırlayan uzman gruptan bağımsızdır.

Uzman gruba DINA model ve Q-matris ile ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Aynı zamanda grup testin kapsamı, belirlenen özellikler ve kendilerinden beklenen madde-özellik ilişkilendirmesi konusunda yeterince bilgilendirilerek Q matris oluşturma ile ilgili örnek uygulamalar yapılmıştır. Uzmanlardan bir maddenin doğru yanıtlanabilmesi için öğrencinin test kapsamında belirlenen 4 özellikten hangisi veya hangilerine sahip olması gerektiğinin dikkate alınması beklenmektedir. Her bir uzmanın 75 maddeden oluşan testi inceleyerek Q matris oluşturmaları istenmiştir. Oluşturulan 5 adet Q matris incelenerek uzmanların madde-özellik ilişkilendirmesinde hemfikir oldukları 65 madde seçilmiştir. Uzmanlar tarafından oluşturulan Q-matrisler Ek-1'de verilmiştir.

Seçilen maddeler üç ölçme ve değerlendirme uzmanı tarafından ölçme ilkeleri ve bilimsel doğruluk açısından tekrar incelenmiş ve bir Türkçe öğretmeni tarafından da dil ve anlatım bakımından gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Çizelge 7.'de uzman grup tarafından oluşturulan deneme uygulamasına ait Q matris verilmiştir.

Çizelge 7. Deneme Uygulamasına Ait Q-Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	1	1	0	0
4	1	0	1	0
5	0	1	1	0
6	0	1	0	1
7	0	0	1	1
8	1	0	0	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	0	1	1	0
12	0	1	0	1
13	0	1	1	0
14	0	1	0	1
15	0	0	1	0
16	1	1	1	0
17	1	0	1	1
18	0	0	1	1
19	1	1	1	0
20	1	1	0	1
21	1	0	0	0
22	0	1	1	0
23	1	0	1	1
24	1	0	1	1
25	0	1	0	0
26	1	1	0	1
27	0	1	1	1
28	1	1	1	1
29	0	1	1	1
30	1	1	1	0
31	1	1	1	1
32	1	0	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
33	1	1	0	0
34	1	0	1	1
35	1	1	0	0
36	1	1	0	0
37	1	0	0	1
38	1	1	0	0
39	1	0	1	0
40	0	0	1	1
41	1	0	1	0
42	1	1	0	1
43	0	1	0	1
44	1	1	1	1
45	0	1	1	1
46	1	1	1	0
47	1	0	0	1
48	0	0	1	1
49	1	0	1	0
50	0	0	1	1
51	1	1	0	1
52	1	1	0	1
53	1	1	1	1
54	1	1	1	0
55	1	0	1	1
56	0	1	0	1
57	1	1	1	1
58	0	1	1	0
59	0	0	0	1
60	1	1	1	1
61	1	1	1	0
62	0	0	0	1
63	1	1	1	1
64	0	1	0	0
65	0	1	1	1

DINA model parametreleri maddenin özellikleri ile ilgili bilgi vermenin yanı sıra Q-matris ile tanımlanan özelliklerin maddeyi temsil etme düzeyi ile ilgili de bilgi vermektedir. Çizelge 8. 'de uzmanlar tarafından belirlenen özelliklerin ilişkilendirildiği maddeler ve özellikle ilişkili toplam madde sayıları verilmiştir.

Çizelge 8. Madde – Özellik ilişkisi

Özellik	Maddeler	N
Kütlenin enerjideki rolü (α_1)	1,2,3,4,8,9,10,16,17,19,20,21,23,24,26,28,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,44,46,47,49,51,52,53,54,55,57,60,61,63	41
Yüksekliğin enerjideki rolü (α_2)	1,3,5,6,11,12,13,14,16,19,20,22,,25,26,27,28,29,30,31,33,35,36,38,42,43,44,45,46,51,52,53,54,56,57,58,60,61,63,64,65	40
Hızın enerjideki rolü (α_3)	2,4,5,7,11,13,15,16,17,18,19,22,23,24,27,28,29,30,31,34,39,40,41,44,45,46,48,49,50,53,54,55,57,58,60,61,63,65	38
Sürtünme kuvvetinin enerjideki rolü (α_4)	6,7,8,9,10,12,14,17,18,20,23,24,26,27,28,29,31,34,37,40,42,43,44,45,47,48,50,51,52,53,55,56,57,59,60,62,63,65	38

Çizelge 8. incelendiğinde özelliklerle ilişkili maddeler görülmektedir. Özelliklerle ilişkili madde sayısı dikkate alındığında α_1 özelliğinin toplam 41 madde ile temsil edildiği görülmektedir. Aynı şekilde α_2 özelliği 40 adet, α_3 özelliği 38 adet ve α_4 özelliği de 38 adet madde ile ilişkilendirilmiştir.

Deneme Uygulaması

Öğrencilere teste ilişkin bilgi vermek amacıyla test yönergesi hazırlanmıştır. Deneme uygulaması için maddeler seçkisiz (random) olarak teste yerleştirilmiştir. Testi iki form haline getirebilmek için maddelerin yerleri değiştirilerek iki kitapçık oluşturulmuştur. Yanıtlamayı ve veri girişini kolaylaştırmak amacıyla yanıt kağıdı hazırlanmış, kitapçıkların son kez gözden geçirilmesinden sonra basım işlemine geçilerek test ve yanıt kağıtları yeterli sayıda çoğaltılmıştır.

Testin deneme uygulaması 3 Nisan 2013 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama için okul müdürlüğü ile yapılan işbirliği çerçevesinde belirlenen gün içerisinde 7 ve 8. sınıfların ardışık 2 ders saati tahsis edilmiştir. Uygulamalar ders öğretmeni ve araştırmacı gözetiminde yapılmıştır. Testi yanıtlamaya başlamadan öğrencilere test yönergesi yüksek sesle okunmuş ve öğrencilerin soruları yanıtlanmıştır. Yanlış yanıtların doğru yanıtları etkilemeyeceği üzerine vurgu yapılmış, öğrencilerin soruların tamamını yanıtlamaları sağlanmaya çalışılmıştır. Uygulama süresi olarak belirlenen 90 dakika içerisinde öğrencilerin tamamı testi tamamlamıştır.

Araştırma grubuna dahil edilmiş olan 14 şubede uygulama sorunsuz şekilde tamamlanmış ve 504 öğrenciye test uygulanmıştır.

Deneme Uygulamasından Elde Edilen Verilerin Analizi ve Madde Seçimi

Test maddelerine verilen yanıtların veri girişi yapılarak testin A ve B formları tek veri setinde birleştirilip analiz işlemlerine geçilmiştir. Analizler sonucunda model veri uyumu istatistikleri, maddelere ilişkin parametreler incelenerek testin DINA modele uyum düzeyi ve maddelerin istatistikleri belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra yapılan işlemler aynı zamanda araştırmanın bulguları olduğu için, bulgular bölümünde yer almaları uygun görülmüştür.

Nihai Formların Uygulanması

Deneme uygulaması sonrasında madde seçimi yapılmıştır ve 25 maddeden oluşan testin nihai formu oluşturulmuştur. Deneme uygulaması ile benzer koşullarda yapılan nihai formun uygulanması 2 Mayıs 2013 tarihinde yapılmıştır. Deneme uygulamasında olduğu gibi testte yer alan maddelerin yeri değiştirilerek test A ve B formu şeklinde düzenlenmiştir. Uygulamaya başlamadan önce öğrencilere test ile ilgili bilgilendirme yapılmış ve soruları yanıtlanmıştır. Testi alan 270 öğrencinin tamamı 35 dakika içerisinde testi yanıtlamayı tamamlamıştır. Nihai uygulama sonuçlarının analizinden elde edilen sonuçlar da bulgular bölümünde yer almaktadır.

3.4. Verilerin Analizi

OxEdit programında DINA model için gerekli olan syntax (Ek-2.) yazılır. Kullanılan syntax kodlarının yanıtlayıcı, madde ve özellik sayısına göre düzenlenmesi gerekmektedir. Öğrencilerin 1-0 şeklinde kodlanmış yanıtları ile teste ilişkin Q-matrix kullanılmıştır. Analiz sonucunda DINA modele ilişkin özelliklerin sonsal dağılımlarını, öğrencilerin örtük sınıflarını, model ve madde uyum indekslerini ve madde parametrelerini ve bu parametrelere ait standart hataları vermektedir.

Analiz işlemi ile modele ilişkin model veri uyum istatistiklerine ulaşılır. Bu değerler değerlendirilerek modele ilişkin yorumlarda bulunulur. DINA modelin model-veri uyumu *Test-Level Fit Statistics* analizi ile yapılmaktadır. Analizin amacı modelin doğruluğunu kontrol etmektir. Bu amaçla kullanılan en önemli iki kriter; *Akaike bilgi kriteri (AIC)* ve *Schwartz Bayesian bilgi kriteridir (BIC)*. AIC, farklı boyutlu modellerin karşılaştırmasında kullanılan güçlü bir model seçme kriteridir (Akıncı, 2007). BIC ise model seçiminde Bayesian yaklaşımının kesin sonuçlar veren basit bir uygulamasıdır. BIC'in pratikliği onun standart istatistiksel yazılım çıktılarından kolayca hesaplanabilmesinden dolayıdır. Bir diğer üstünlüğü ise yuvalanmış modeller kadar yuvalanmamış modellerin test edilmesine de uygun olmasıdır (Duyar, 1995).

Schwarzs (1978), BIC'in büyük örneklerde doğru modeli yüksek olasılıkla seçme prosedürü sağlaması ile Bayesian yaklaşımının ötesinde bir geçerliğe sahip olduğunu savunmuştur.

p tahmin edilecek parametre sayısı ve n gözlem adedi iken;

$$\text{AIC}(p) = n \log s^2 + 2p \text{ ve}$$

$$\text{BIC}(p) = n \log s^2 + p \log(n) \text{ şeklinde elde edilir.}$$

Hata kareler toplamı, $\text{RSS} = \sum e_t^2$ iken

$$s^2 = \text{RSS}/(n-p).$$

Sonuçta, en düşük AIC veya BIC değerini veren model seçilmiştir.

Analiz sonucunda geliştirilen testin ve Q matrisin niteliğini belirleyen DINA model parametreleri olan g , s ve δ değerleri elde edilir. Deneme uygulamasından elde edilen değerler incelenerek her bir parametreye göre seçilen maddeler belirlenmiş ve üç ayrı test formu oluşturulmuştur. Deneme uygulamasına ait veri üzerinden analiz edilen bu testlerden elde edilen model veri uyum indeksleri, madde parametreleri karşılaştırılarak testin nihai hali için hangi parametrenin dikkate alınması gerektiğine karar verilmiştir. Nihai teste ait uygulama yapılarak veriler toplanmış ve analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneme uygulamasına benzer şekilde nihai teste ilişkin model veri uyum indeksleri, madde parametreleri ve örtük sınıf bilgileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular sınırlı sayıdaki ölçütle karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Bu bilgiler araştırmancının bulgular ve yorumlar bölümünde yer almaktadır.

BÖLÜM IV

BULGULAR ve YORUMLAR

Bu bölümde, araştırmada ulaşılan bulgulara ve bu bulgular hakkındaki yorumlara yer verilmiştir. Testin deneme uygulaması ve nihai uygulaması sonucu elde edilen bulgular bu bölümde ele alınmıştır.

4.1. Deneme Uygulamasına Ait Bulgular

4.1.1. Deneme Uygulaması Sonucu Elde Edilen Test ve Madde

İstatistiklerine İlişkin Bulgular

Deneme uygulaması sonucunda 504 öğrenciden elde edilen yanıtların hem seçeneklerine göre hem de doğru yanıtın 1 yanlış yanıtın 0 olarak kodlandığı şekliyle veri girişi yapılmıştır.

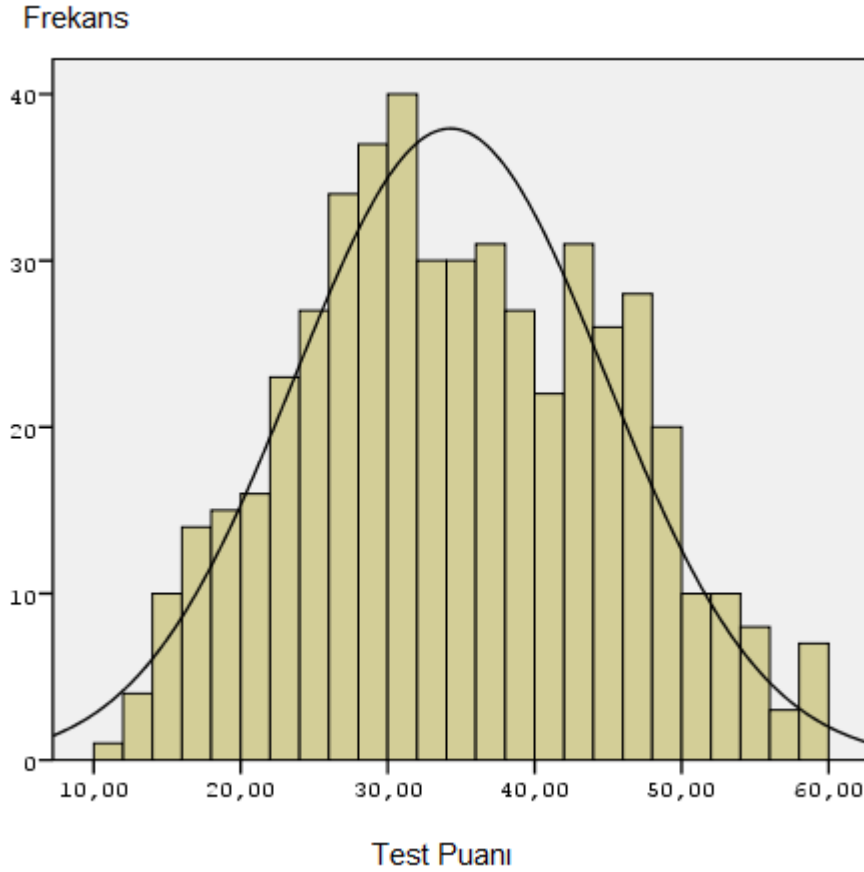
DINA modele göre test analizi yapıldığında testin model veri uyumu istatistiklerine, madde parametrelerine, madde parametrelerine ait standart hatalara, öğrencilerin yetenek düzeylerine ve öğrencilerin ait oldukları örtük grup bilgisine ulaşılmıştır. Klasik test kuramında olduğu gibi öğrencilere toplam puan verilmez. Toplam puan yerine öğrencilerin test kapsamında belirlenen özelliklerden hangilerine sahip olup olmadıkları belirlenir. Literatürde DINA model ve parametrelerine dair sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle DINA modele ilişkin bulguların karşılaştırılabilir olması, test ve testin uygulandığı grup hakkında bilgi edinilmesi açısından klasik test teorisine göre öğrencilerin toplam puanları üzerinden test ve madde istatistikleri verilmiştir. Elde edilen betimsel istatistikler Çizelge 9.'da sunulmuştur.

Çizelge 9.

Deneme Uygulaması Sonucu Elde Edilen Betimsel İstatistikler

İstatistik	Değer
Aritmetik Ortalama	34.27
Ortanca	34.00
Tepe Değer	31.00
Standart Hata	0.47
Dizi Genişliği	49.00
Standart Sapma	10.60
Çarpıklık	0.136
Basıklık	0.109
En Düşük Puan	11.00
En Yüksek Puan	60.00
KR-20	0.88

Çizelge 9.'da görülebileceği gibi test puanları ortalaması 34.27'dir. Ortanca (34.00) ve tepe değeri (31.00) de aritmetik ortalamaya çok yakın değerler almıştır. Bu değerler dağılımın normal dağılıma yakın olduğunu gösterir. Öğrencilerin testten aldıkları puanlar 11.00 ile 60.00 arasında değiştiğinden dağılımın dizi genişliği 49.00 olarak hesaplanmıştır. Testin standart sapması ise 10.60 olarak hesaplanmıştır. Testin deneme uygulaması sonucu elde edilen KR-20 iç tutarlılık katsayısı 0.88 olarak bulunmuştur. Çarpıklık (0.136) ve basıklık (0.109) katsayıları incelendiğinde ise dağılımın normalden sapmasının çok küçük olduğu anlaşılmaktadır. Dağılımın normal dağılım eğrisi ile birlikte histogram grafiği Şekil 9.'da verilmiştir.



Şekil 9. Deneme Uygulaması Sonucu Elde Edilen Toplam Puanların Histogram Grafiği

Dağılıma ilişkin Kolmogorov-Smirnov testi yapılmıştır. Test sonucuna göre z değeri 1.342, p değeri ise 0.055 olarak bulunmuştur. p değeri 0.05 değerinden büyük olduğundan dağılımın normal olduğu yorumu yapılabilir.

Çizelge 10.

Deneme Uygulamasına İlişkin KM-S Testi

Kolmogorov-Smirnov Z	1.342
p	0.055

4.1.2. Deneme Uygulaması DINA Model - Veri Uyum İstatistikleri Model

Veri Uyumu

Modele ait model veri uyum istatistik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 11.'de verilmiştir. Teste ilişkin madde uyum istatistikleri ise Çizelge 12.'de verilmiştir. Bu değerler karşılaştırmalı veriler olduğundan ve DINA modele göre analiz edilmiş madde sayıları ve örneklem büyüklüğü ilişkili ölçüt olabilecek çalışmalar bulunmadığından karşılaştırma yapılmamıştır. Bu alanda yapılacak olan çalışmalara katkı sağlaması amacıyla uyum istatistikleri Çizelge 11. ve Çizelge 12.'de verilmiştir.

Çizelge 11.

Model Veri Uyumu İstatistikleri

-2LL	41909.06
AIC	42199.06
BIC	42810.18

Çizelge 12.

Madde Veri Uyumu İstatistikleri

	Prop	Z	Log
Ortalama Sapma	0.0046	0.2614	0.2546
En Yüksek Sapma	0.0161	0.2865	1.2019
Standart Hata En Yüksek Sapma	0.0222	0.0449	0.2005

4.1.3. DINA Model Madde Parametreleri ve Madde Seçimi

DINA modelde maddelere ilişkin g ve s parametreleri ile bu parametrelerin standart hataları elde edilir.

DINA modelde s ve g parametreleri madde düzeyinde ortaya çıkmaktadır. Her madde testi alan grubu iki sınıfa böler ve aynı sınıfa düşen öğrencilerin o maddeye doğru cevap verme olasılıkları eşittir. DINA model olasılık temelli bir modeldir ve ancak s ve g parametrelerinin olasılığını görmeye izin verir. s parametresi, öğrencinin maddede aranan özelliğe sahip olmasına rağmen

alt görevi doğru tamamlayamadığını ya da maddeyi doğru yanıtlayamadığını ifade eder. g parametresi ise öğrencinin maddede aranan özelliklerden birine ya da birkaçına sahip olmamasına rağmen alt görevleri doğru tamamlamasını veya maddeyi doğru yanıtlamasını belirtir (de la Torre ve Douglas, 2008). Çizelge 13.'de maddelere ilişkin g , s değerleri ile bu değerlere ait standart hatalar verilmiştir. Aynı zamanda DINA model parametreleri ile KTK parametrelerinin farklı olduğunun incelenebilmesi için KTK'ya ait madde güçlük indeksi (p_j), madde ayırt edicilik indeksi (r_{jx}) ve madde test korelasyonu (r_j) verilmiştir.

Madde No	g	SE (g)	s	SE (s)	δ	p_j	r_{jx}	r_j
1	0.47	0.03	0.22	0.03	0.31	0.61	0.23	0.18
2	0.34	0.03	0.18	0.03	0.48	0.69	0.26	0.24
3	0.59	0.03	0.12	0.03	0.29	0.55	0.60	0.49
4	0.59	0.03	0.15	0.03	0.26	0.82	0.39	0.40
5	0.52	0.03	0.45	0.04	0.03	0.69	0.37	0.32
6	0.39	0.03	0.30	0.03	0.31	0.72	0.26	0.28
7	0.43	0.03	0.33	0.04	0.24	0.71	0.52	0.43
8	0.40	0.03	0.46	0.04	0.14	0.73	0.46	0.40
9	0.40	0.03	0.45	0.04	0.15	0.51	0.25	0.25
10	0.24	0.03	0.59	0.04	0.17	0.28	0.35	0.34
11	0.51	0.03	0.57	0.03	-0.07	0.35	-0.08	-0.09
12	0.23	0.03	0.50	0.04	0.27	0.22	0.03	0.07
13	0.46	0.03	0.16	0.03	0.38	0.64	0.53	0.48
14	0.50	0.03	0.24	0.03	0.26	0.76	0.44	0.45
15	0.41	0.04	0.26	0.03	0.32	0.69	0.32	0.30
16	0.40	0.03	0.20	0.03	0.40	0.44	-0.05	-0.01
17	0.41	0.03	0.71	0.04	-0.11	0.60	0.47	0.39
18	0.50	0.03	0.19	0.03	0.31	0.44	0.22	0.19
19	0.37	0.03	0.26	0.04	0.37	0.61	0.63	0.55
20	0.41	0.03	0.45	0.04	0.15	0.41	0.44	0.39
21	0.32	0.03	0.36	0.04	0.32	0.77	0.38	0.37
22	0.17	0.03	0.10	0.02	0.74	0.25	0.27	0.26
23	0.28	0.02	0.18	0.03	0.54	0.66	0.62	0.51
24	0.36	0.03	0.19	0.03	0.45	0.60	0.51	0.41
25	0.31	0.03	0.17	0.03	0.52	0.62	0.55	0.46
26	0.32	0.03	0.38	0.04	0.30	0.52	0.53	0.40
27	0.34	0.03	0.30	0.04	0.36	0.68	0.58	0.50
28	0.47	0.03	0.11	0.03	0.42	0.70	0.39	0.36
29	0.43	0.03	0.23	0.03	0.34	0.61	0.55	0.45
30	0.46	0.03	0.47	0.04	0.07	0.30	0.23	0.21
31	0.32	0.03	0.37	0.04	0.30	0.54	0.35	0.25
32	0.30	0.03	0.26	0.03	0.43	0.61	0.23	0.18

Çizelge 13. DINA Model Madde Parametreleri

Çizelge 13. DINA Model Madde Parametreleri (Devam)

Madde No	g	SE (g)	s	SE (s)	δ	p_i	r_{ix}	r_i
33	0.45	0.03	0.12	0.03	0.43	0.32	0.17	0.18
34	0.41	0.03	0.17	0.03	0.42	0.53	0.42	0.34
35	0.38	0.03	0.35	0.04	0.27	0.29	0.33	0.30
36	0.26	0.03	0.32	0.04	0.42	0.38	0.49	0.39
37	0.43	0.03	0.19	0.03	0.38	0.29	0.21	0.20
38	0.38	0.03	0.36	0.04	0.26	0.63	0.44	0.36
39	0.43	0.03	0.16	0.03	0.40	0.62	0.25	0.19
40	0.50	0.03	0.23	0.03	0.27	0.70	0.51	0.44
41	0.42	0.03	0.41	0.04	0.16	0.61	0.52	0.46
42	0.46	0.03	0.29	0.04	0.24	0.24	0.01	0.01
43	0.47	0.03	0.20	0.03	0.33	0.52	0.54	0.44
44	0.54	0.03	0.13	0.03	0.33	0.46	0.49	0.44
45	0.41	0.03	0.27	0.04	0.32	0.45	0.18	0.18
46	0.47	0.03	0.22	0.03	0.31	0.47	0.48	0.42
47	0.48	0.03	0.14	0.03	0.37	0.64	0.62	0.50
48	0.42	0.03	0.18	0.03	0.40	0.53	0.54	0.42
49	0.48	0.03	0.26	0.04	0.26	0.42	0.60	0.49
50	0.35	0.03	0.51	0.04	0.14	0.77	0.37	0.40
51	0.41	0.03	0.58	0.04	0.00	0.37	0.25	0.21
52	0.39	0.03	0.62	0.04	-0.01	0.56	0.44	0.37
53	0.50	0.03	0.24	0.04	0.26	0.63	0.48	0.43
54	0.52	0.03	0.29	0.04	0.19	0.60	0.51	0.42
55	0.47	0.03	0.24	0.04	0.28	0.28	0.16	0.17
56	0.55	0.03	0.52	0.04	-0.07	0.45	0.51	0.42
57	0.60	0.03	0.29	0.04	0.10	0.58	0.59	0.47
58	0.43	0.03	0.45	0.04	0.13	0.58	0.41	0.35
59	0.21	0.08	0.18	0.02	0.61	0.53	0.62	0.49
60	0.53	0.03	0.40	0.04	0.08	0.48	0.39	0.29
61	0.63	0.03	0.25	0.04	0.11	0.38	0.46	0.37
62	0.13	0.06	0.55	0.03	0.31	0.46	0.42	0.38
63	0.56	0.03	0.18	0.03	0.26	0.33	0.3	0.29
64	0.43	0.04	0.26	0.03	0.30	0.60	0.46	0.36
65	0.37	0.03	0.32	0.04	0.31	0.53	0.51	0.41
χ	0.42	0.03	0.30	0.03	0.28	0.53	0.40	0.34
Ortanca	0.42	0.03	0.26	0.04	0.30	0.55	0.44	0.37
Tepe Değer	0.41	0.03	0.18	0.04	0.26	0.61	0.51	0.18

Maddelere ilişkin g parametreleri incelendiğinde g parametrelerinin ortalaması 0.42, ortanca değeri 0.42 ve tepe değeri ise 0.41 olarak hesaplanmıştır.

En düşük g parametresine sahip madde 62. maddedir ve aldığı değer $g= 0.13$ olarak belirlenmiştir. En yüksek g parametresine sahip madde ise 61. maddedir ve aldığı değer $g= 0.63$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda g parametre değerleri 0.13 ile 0.63 arasında değişmektedir. Q-matris incelendiğinde en yüksek g parametresine sahip olan 61. Maddenin ait olduğu örtük sınıf (1 1 1 0) sınıfıdır ve bu durumda $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ özellikleri ile ilişkilidir. Maddenin yüksek g parametresine sahip olması α_1, α_2 ve α_3 özelliklerine sahip olmayan öğrenciler tarafından da maddenin doğru yanıtlanma olasılığının yüksek olduğunu ifade eder. Düşük g parametre değerine sahip olan 62. Madde ise α_4 özelliği ile ilişkilidir ve (0 0 0 1) örtük sınıfına dahildir. Maddenin g parametresinin düşük değer alması α_4 özelliğine sahip olmayan öğrenciler tarafından maddenin doğru yanıtlanma olasılığının düşük olduğunu ifade etmektedir. Aynı zamanda maddenin doğru yanıtlanması için gerekli olan özellik dışında başka bir özellik ile ilişkili olmadığını belirtmektedir. Bu ifade maddenin Q-matriste son derece doğru tanımlandığının da göstergesi olarak kabul edilebilir.

Deneme uygulamasına ait s_j parametreleri incelendiğinde s_j parametrelerinin ortalaması 0.30, ortanca değeri 0.26, ve tepe değeri ise 0.18 olarak hesaplanmıştır.

Maddelere ilişkin s parametreleri incelendiğinde en düşük s parametresine sahip madde 22. maddedir ve aldığı değer $s= 0.10$ olarak belirlenmiştir. En yüksek s parametresine sahip madde ise 17. maddedir ve aldığı değer $s= 0.73$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda s_j parametresine ait en düşük değer 0.10 iken en yüksek değer de 0.71 olarak gözlemlenmiştir. En düşük s parametre değerine sahip olan 22. Madde (0 1 1 0) örtük sınıfını temsil eder ve dolayısıyla α_2 ve α_3 özellikleri ile ilgilidir. Bu durumda α_2 ve α_3 özelliklerine sahip olan öğrencilerin maddeyi doğru yanıtlama olasılıkları yüksektir. En yüksek s parametresine sahip olan 17. Madde ise (1 0 1 1) örtük sınıfına dahildir ve α_1, α_3 ve α_4 özellikleri ile ilişkilidir. Maddeye ilişkin s parametresinin yüksek olması maddenin α_1, α_3 ve α_4 özelliklerine sahip olan

öğrenciler tarafından da yanlış yanıtlanma olasılığının yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Maddelerin kalitesini belirleyen ayırt edicilik indeksini belirlemek amacıyla hem s hem de g parametrelerinin birlikte kullanıldığı bir hesaplama yöntemi önerilmiştir. Bu öneriye göre δ_j (delta), ayırt edicilik indeksi olarak $1 - sj - gj$ formülüyle hesaplanabilmektedir. Örtük özelliğe göre öğrencileri çok iyi düzeyde ayırt eden bir madde için $s=0$ ve $g=0$ olacağından $\delta_j = 1$ olmalıdır. Modelde s ve g parametreleri 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir. Bu nedenle madde ayırt ediciliğini ifade eden δ_j katsayısı $-1 \geq \delta_j \leq 1$ arasında değerler almaktadır. DINA modelde hesaplanan δ_j parametresi konusunda tam bir ölçüt bulunmamakla birlikte daha yüksek δ_j değeri daha ayırıcı bir maddeyi işaret etmektedir (de la Torre, 2008).

Deneme uygulamasına ait δ_j değerleri incelendiğinde bu değerlerin ortalaması 0.28, ortanca değeri 0.30 ve tepe değeri ise 0.26 olarak hesaplanmıştır. δ_j parametresine ilişkin en düşük değer -0.11 iken en yüksek değer de 0.74 olarak belirlenmiştir.

Maddenin δ_j değeri yükseldikçe ayırt edicilik gücü artmaktadır. En yüksek δ değerine sahip olan ve ayırt ediciliği en yüksek olan madde 22. madde iken en düşük δ değerine sahip olan 17. maddenin ise ayırt edicilik gücü en düşük olan madde olarak değerlendirilebilir. En nitelikli ve en niteliksiz madde belirlemede s ve δ parametreleri aynı maddeleri belirlemişlerdir.

Madde ayırt ediciliği dikkate alındığında DINA model ile KTK parametreleri arasında farklılıklar görülmektedir. DINA modele göre δ , s ve g değerleri dikkate alındığında ayırt ediciliği en yüksek madde olan 22. maddenin KTK'ya göre madde ayırt edicilik indeksi (r_{jx}) 0.27, madde test korelasyonu 0.26 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde DINA model parametrelerine göre ayırt ediciliği en düşük olan 17. maddenin KTK'ya göre madde ayırt edicilik indeksi (r_{jx}) 0.47, madde test korelasyonu 0.39 olarak hesaplanmıştır.

Madde güçlüğüne ilişkin durum incelendiğinde de benzer bulgulara rastlanmıştır. Düşük g (0.13) ve yüksek s (0.55) parametre değerlerine sahip 62. maddenin KTK'ya göre madde güçlük indeksi değeri (p) 0.46 olarak

hesaplanmıştır. Madde DINA modele göre zor maddelerden biri olarak yorumlanabilirken KTK'ya göre orta güçlüğü yakın bir maddedir. Bu durumda DINA model ile KTK madde istatistiklerinin farklılık gösterdikleri ifade edilebilir. Bu durumun sebebi KTK'nın madde parametrelerinin toplam puan üzerinden hesaplanarak bulunması, DINA modelinse toplam puanla ilgilenmemesi ve bireylerin yanıt örüntülerini dikkate alması olabilir.

Deneme uygulamasına ait maddelerin seçenekleri incelenmiştir. Seçenekleri düzenlenmesi gereken maddeler belirlenerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Modele özgü ayrı bir seçenek analizi metodu bulunmadığından seçeneklerin işaretlenme sıklıkları incelenmiştir. Deneme uygulamasına ait seçenek analizi Ek-4.'te verilmiştir.

4.1.4. g , s ve δ Parametreleri Dikkate Alınarak Oluşturulan Testlere

İlişkin Test ve Madde İstatistikleri

DINA modele ilişkin g_j parametresi incelenirken bu parametrenin bireyin maddeyi doğru yanıtlayabilmek için gerekli olan özelliğe sahip olmadığı halde maddeyi doğru yanıtlama olasılığını belirttiği düşünülmelidir. Bu durumda g_j parametresinin değeri ne kadar düşük olursa maddeyi doğru yanıtlayabilmek için gerekli olan özelliğe sahip olmayan bireyler tarafından doğru yanıtlanma olasılığı da o kadar düşüktür. Dört seçenekli bir teste öğrencilerin maddeye ilişkin özelliğe sahip olmasa da doğru yanıtı bulabilme olasılığı %25'tir. Seçeneklerden birini veya birkaçını eleyebilen bir öğrenci için ise bu olasılık daha da artmaktadır. DINA modelde genel kabul görmüş bir kesme değeri olmamakla birlikte beş seçenekli maddelerden oluşan test için g parametresi 0.35 değerinin altındaki maddeler nitelikli maddeler olarak değerlendirilebilir (Li, 2008). Geliştirilen test dört seçenekli bir test olduğu için ve doğru yanıtla ulaşma olasılığı beş seçenekli bir testten %5 daha fazla olduğu için g parametresi 0.40 değerinin altında olan maddelerden ilk 25 madde seçilmiştir.

DINA modelde s parametresi örtük özelliğe sahip bireyin j maddesine yanlış cevap verme olasılığını gösteren durumu (yanlış pozitif olasılık) ifade

eder. s (kaydırma) parametresi ne kadar düşük olursa maddeyi doğru yanıtlamak için gerekli olan özelliklere sahip bireylerin maddeyi doğru yanıtlama olasılığı o kadar artar. Literatürde s parametresinin tek başına da madde ayırt ediciliğini belirlemede yeterli olduğuna ilişkin çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda s parametresi için 0.30 değerinin altındaki maddelerin ayırt edicilik güçlerinin yüksek olduğu ifade edilmiştir (Li, 2008). Geliştirilen testte maddelere ilişkin s parametreleri incelendiğinde 65 madde içinde 40 maddenin s parametresi değerinin 0.30 olduğu görülmüştür. Bu durum testteki maddelerin nitelikli maddeler olduğuna dair fikir sahibi olunmasını sağlar. Maddelere ilişkin s parametreleri dikkate alınarak en düşük s değerine sahip ilk 25 madde seçilmiştir.

Maddelerin ayırt edicilik indekslerini belirlemek amacıyla hem s hem de g parametrelerinin birlikte kullanıldığı bir hesaplama yöntemi önerilmiştir. Bu öneriye göre δ_j (delta), ayırt edicilik indeksi olarak $1 - s_j - g_j$ formülüyle hesaplanabilmektedir. Örtük özelliğe göre öğrencileri çok iyi düzeyde ayırt eden bir madde için $s=0$ ve $g=0$ olacağından $\delta_j = 1$ olmalıdır. Modelde s ve g parametreleri 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir. Bu nedenle madde ayırt ediciliğini ifade eden δ_j katsayısı $-1 \geq \delta_j \leq 1$ arasında değerler almaktadır.

DINA modelde hesaplanan δ_j parametresi konusunda tam bir ölçüt bulunmamakla birlikte daha yüksek δ_j değeri daha ayırıcı bir maddeyi işaret etmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda δ değeri 0.30 ve üzerinde olan maddelerin ayırt edicilik güçlerinin yeterli olduğu ileri sürülmüştür (Li ve Oranje, 2007). Teste ilişkin g ve s parametreleri için kullanılacak 0.40 ve 0.30 kesme değerleri δ 'ya ait formülde kullanıldığında da δ değerine ilişkin kesme değerinin 0.30 olarak alınması beklenmektedir. Maddeler δ_j değerlerine göre sıralanmış ve değerleri 0.30 ve üzerinde olan ilk 25 madde seçilmiştir.

g , s ve δ parametrelerine göre oluşturulan 25 maddelik testler için mevcut Q-matris düzenlenerek her bir teste ait birer Q-matris hazırlanmıştır. Q-matrisler hazırlandıktan sonra testte ölçülen dört özelliğin temsil edildiği madde sayıları incelenmiştir. Testte ölçülen her bir özelliğin birbirine yakın sayıda maddelerde temsil edilmesi istenir. Böylece ölçülen özellikler arasında denge sağlanmış olur. Her hangi bir testte bu örüntü sağlanamıyorsa testin

kapsam geçerliğine ilişkin sorun teşkil eder. g , s ve δ parametrelerine göre oluşturulan testlere ait özellik madde sayısı ilişkisi Çizelge 14.'de verilmiştir.

Çizelge 14.

g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerde Özelliklerin Temsil Edildiği Madde Sayısı

Özellikler	Parametrelere Göre Oluşturulan Testlerde Özellikleri Temsil Eden Madde Sayısı		
	g	s	δ
α_1	16	16	15
α_2	14	13	13
α_3	11	17	16
α_4	15	14	13

Çizelge 14. incelendiğinde, g parametresine göre oluşturulan testte α_1 özelliği 16 adet madde tarafından temsil edilmektedir. Aynı şekilde α_2 özelliği 15 adet, α_3 özelliği 11 adet ve α_4 özelliği 15 adet madde tarafından temsil edilmiştir. s parametresine göre oluşturulan testte α_1 özelliği 16 , α_2 özelliği 13 adet, α_3 özelliği 17 adet ve α_4 özelliği 14 adet madde tarafından temsil edilmiştir. δ parametresine göre oluşturulan testte α_1 özelliği 15 , α_2 özelliği 13 adet, α_3 özelliği 16 adet ve α_4 özelliği 13 adet madde tarafından temsil edilmiştir.

Oluşturulan testlerdeki özellikler ile temsil edildikleri madde sayıları dikkate alındığında her üç testte de özelliklerin dengeli dağıldığı ve bu nedenle kapsam bakımından üç testin de uygun testler olduğu ifade edilebilir.

g , s ve δ parametrelerine göre oluşturulan testler mevcut veri üzerinden düzenlenen Q matrisleri ile analiz edilmiştir. Analizler sonunda testlere ilişkin model- veri uyum istatistikleri karşılaştırılmıştır. Çizelge. 15'de testlere ait model veri uyum değerleri verilmiştir.

Çizelge 15

g, s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerin Model Veri Uyum İstatistikleri

Model- Veri Uyum İstatistikleri	Parametrelere Göre Oluşturulan Testler		
	<i>g</i>	<i>s</i>	δ
-2LL	16192,06	16472.17	16089.23
AIC	16322,06	16602.17	16219.23
BIC	16596,01	16876.11	16493.18

Schwards (1968)'e göre model veri uyum istatistiklerinin değeri düştükçe model ile verinin uyumu yükselmiştir. Çizelge 15. incelendiğinde -2LL, AIC ve BIC değerlerinin her üçünde de en küçük değer δ parametresine göre oluşturulan teste aittir. Bu durumda δ parametresine göre oluşturulan testin model veri uyumu diğer testlere göre daha yüksektir.

Analiz sonucunda her bir teste özelliklerin gözlenme olasılıkları belirlenmektedir. Testlere göre özellik olasılık değerleri Çizelge 16.'da verilmiştir. Çizelge.16 incelendiğinde değerlerin testlere göre farklılaştıkları görülmektedir.

Çizelge 16.

g, s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerde Özelliklerin Gözlenme Olasılıkları

Özellikler	Parametrelere Göre Oluşturulan Testlerde Özelliklerin Gözlenme Olasılıkları		
	<i>g</i>	<i>s</i>	δ
α_1	0.74	0.53	0.53
α_2	0.48	0.56	0.65
α_3	0.81	0.60	0.73
α_4	0.54	0.50	0.65

Analiz sonucunda her teste ait elde edilen madde parametreleri incelenmiştir. Madde parametrelerine ilişkin değerler Çizelge. 17'de verilmiştir.

Çizelge 17.

g, s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlerin Madde Parametreleri

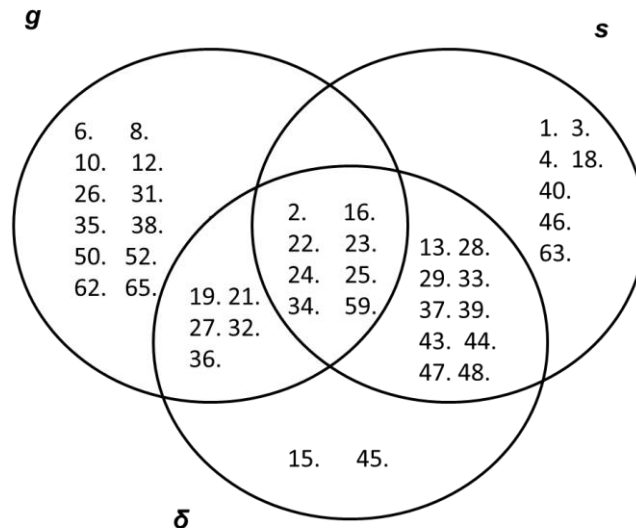
g Parametresine Göre Oluşturulan Teste İlişkin Değerler				s Parametresine Göre Oluşturulan Teste İlişkin Değerler				δ Parametresine Göre Oluşturulan Teste İlişkin Değerler			
Madde No	g	s	δ	Madde No	g	s	δ	Madde No	g	s	δ
2	0.30	0.32	0.37	1	0.48	0.23	0.29	2	0.46	0.30	0.24
6	0.56	0.40	0.04	2	0.40	0.43	0.17	13	0.49	0.36	0.15
8	0.34	0.32	0.33	3	0.41	0.33	0.25	15	0.56	0.64	-0.21
10	0.42	0.62	-0.04	4	0.31	0.44	0.25	16	0.53	0.24	0.23
12	0.36	0.61	0.02	13	0.48	0.29	0.22	19	0.45	0.33	0.23
16	0.56	0.40	0.05	16	0.50	0.27	0.23	21	0.20	0.36	0.44
19	0.38	0.17	0.45	18	0.39	0.27	0.33	22	0.37	0.26	0.37
21	0.26	0.31	0.43	22	0.42	0.42	0.16	23	0.38	0.19	0.42
22	0.47	0.39	0.14	23	0.47	0.26	0.26	24	0.39	0.20	0.42
23	0.33	0.31	0.36	24	0.36	0.14	0.50	25	0.28	0.28	0.44
24	0.41	0.37	0.22	25	0.17	0.21	0.62	27	0.40	0.13	0.47
25	0.28	0.26	0.46	28	0.37	0.13	0.49	28	0.44	0.09	0.47
26	0.30	0.21	0.49	29	0.51	0.39	0.10	29	0.28	0.53	0.19
27	0.43	0.11	0.46	33	0.58	0.35	0.07	32	0.37	0.30	0.33
31	0.51	0.50	-0.02	34	0.47	0.19	0.34	33	0.46	0.15	0.39
32	0.46	0.70	-0.16	37	0.37	0.24	0.39	34	0.38	0.17	0.45
34	0.44	0.37	0.18	39	0.49	0.08	0.42	36	0.25	0.28	0.46
35	0.26	0.19	0.55	40	0.52	0.13	0.35	37	0.59	0.16	0.24
36	0.37	0.19	0.44	43	0.47	0.46	0.07	39	0.41	0.21	0.38
38	0.54	0.50	-0.04	44	0.45	0.37	0.19	43	0.42	0.42	0.16
50	0.63	0.18	0.19	46	0.35	0.54	0.11	44	0.33	0.25	0.42
52	0.59	0.15	0.26	47	0.50	0.12	0.38	45	0.37	0.28	0.35
59	0.15	0.24	0.61	48	0.53	0.32	0.27	47	0.47	0.21	0.32
62	0.23	0.28	0.48	59	0.21	0.35	0.56	48	0.18	0.30	0.52
65	0.36	0.16	0.48	63	0.61	0.29	0.10	59	0.21	0.29	0.50
\bar{x}	0.40	0.33	0.27		0.43	0.29	0.27		0.39	0.28	0.33
Ortanca	0.38	0.31	0.33		0.47	0.27	0.25		0.39	0.28	0.38
En Düşük	0.15	0.11	-0.16		0.17	0.08	0.07		0.18	0.09	-0.21
En Yüksek	0.63	0.70	0.61		0.61	0.54	0.62		0.59	0.64	0.52

Geliştirilen testin deneme uygulamasından sonra DINA model hata parametrelerinden g, s ve δ değeri en iyi olan 25 madde belirlenmiştir. Testlerin analizleri sonucunda her üç testin madde parametreleri verilmiştir. Aynı zamanda bu değerlere ilişkin aritmetik ortalama, ortanca ve tepe değerleri ile en düşük ve en yüksek değerler de çizelgeye eklenmiştir.

Belirlenen maddeler incelendiğinde g ve δ parametrelerine göre oluşturulan iki testin içerdiği maddelerden 13 tanesi ortaktır. Bu maddeler deneme formundaki 2, 16, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 32, 34, 36 ve 59 numaraları ile yer alan maddelerdir. Bu durumda her iki testte yer alan madde sayısı toplam madde sayısının yarısından fazladır.

s ve δ parametrelerine göre oluşturulan iki testin içerdiği maddelerden ise 18 maddesinin ortak olduğu görülmüştür. Bu maddeler deneme formundaki 2, 13, 16, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 33, 34, 37, 39, 43, 44, 47, 48 ve 59 numaralı maddelerdir. Bu durumda pek çok madde her iki testte de yer almaktadır.

Oluşturulan testlerin her üçünde de 2, 16, 22, 23, 24, 25, 34 ve 59. maddeler ortaktır. Bu maddeler dışında g ve s parametrelerine göre oluşturulan iki testin ortak maddesi bulunmamaktadır. Şekil 10.'da Venn şeması yöntemiyle her parametreye ilişkin testlerin içerdiği maddeler gösterilmiştir. Şekil 10. incelenirse δ parametresine göre oluşturulan testin maddelerinin çoğunun diğer testler tarafından da içerdiği görülmektedir. δ parametresine göre oluşturulan testin sadece 15, ve 45. Maddesi diğer testlerde yer almamaktadır.



Şekil 10. g , s ve δ Parametrelerine Göre Oluşturulan Testlere Seçilen Maddelerin Venn Şeması ile Gösterimi

Çizelge 17.'deki parametreler incelendiğinde g parametresi dikkate alınarak oluşturulan testin madde parametrelerinden g_j parametrelerinin ortalama değeri 0.40, ortanca değeri 0.38 ve tepe değeri ise 0.26 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin g_j parametrelerine ilişkin değerleri 0.15 ile 0.63 arasındadır. Maddelerin s_j parametreleri incelendiğinde s_j parametrelerinin ortalaması 0.33, ortanca değeri 0.31 ve tepe değeri ise 0.19 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin s_j parametrelerine ilişkin değerleri 0.11 ile 0.70 arasındadır. Maddelere ait δ parametreleri incelendiğinde değerlerin aritmetik ortalamasının 0.27, ortanca değerinin 0.33 ve tepe değerinin -0.04 olduğu görülmektedir. Maddelerinin δ parametrelerine ilişkin değerleri -0.16 ile 0.61 arasında değişmektedir.

s parametresi dikkate alınarak oluşturulan testin madde parametreleri incelendiğinde g_j parametrelerinin ortalama değeri 0.43, ortanca değeri 0.47 ve tepe değeri ise 0.47 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin g_j parametresine ilişkin değerleri 0.17 ile 0.61 arasındadır. Maddelerin s_j parametreleri incelendiğinde s_j parametrelerinin ortalaması 0.29, ortanca değeri 0.29 ve tepe değeri ise 0.13 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin s_j parametrelerine ilişkin değerler 0.08 ile 0.54 arasındadır. Maddelerin δ parametreleri incelendiğinde δ parametrelerinin ortalaması 0.27, ortancası 0.25 ve tepe değeri ise 0.07 olarak hesaplanmıştır. Testteki maddelerin minimum δ değeri 0.07 iken maksimum δ değeri ise 0.62'dir.

δ parametresi dikkate alınarak oluşturulan teste ilişkin Çizelge 17.'de verilen parametreler incelendiğinde g parametrelerinin ortalama değeri 0.39 ortanca değeri 0.39 ve tepe değeri ise 0.37 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin g parametrelerine ilişkin değerler 0.18 ile 0.59 arasındadır. Maddelerin s parametreleri incelendiğinde s parametrelerinin ortalaması, ortancası ve tepe değeri 0.28 olarak hesaplanmıştır. Test maddelerinin s parametrelerine ilişkin değerler 0.09 ile 0.64 arasındadır. Maddelerin δ parametreleri incelendiğinde δ parametrelerinin ortalaması 0.33, ortancası 0.38 ve tepe değeri ise 0.42 olarak hesaplanmıştır. Maddelere ait minimum δ değeri -0.21 iken maksimum δ değeri ise 0.52'dir.

Her üç teste ilişkin g , s ve δ parametrelerinin ortalamaları dikkate alındığında en iyi madde parametre değerlerine sahip testin δ parametresi dikkate alınarak oluşturulan test olduğu görülmektedir. Testin diğer testlere göre g ve s parametrelerinin ortalaması düşük, δ parametrelerinin ortalamaları ise yüksektir. Aynı zamanda model veri uyum istatistiklerinde modele uyumun en yüksek olduğu test δ parametresine göre oluşturulan testtir. Literatürdeki çalışmaların büyük bir bölümü tarafından da δ parametresinin göz önünde bulundurulması test maddelerinin seçilmesi önerildiğinden nihai uygulama için kullanılacak testin δ parametresine göre oluşturulan test olmasına karar verilmiştir.

4.2. Nihai Teste Ait Bulgular

4.2.1. Nihai Test ve Madde İstatistiklerine İlişkin Bulgular

Deneme uygulaması sonucunda δ parametresi dikkate alınarak 25 maddeden oluşan test hazırlanmıştır. Deneme uygulaması sonucundaki seçenek analizi dikkate alınarak gerekli görülen seçeneklerde düzeltme yapılmıştır. Testteki maddeler kolaydan zora sıralanmıştır. Testin nihai halinde yer alan maddelerden bir kısmı Ek-7.'de verilmiştir. Maddelerin kolaydan zora sıralanmasında DINA model parametreleri esas alınmıştır. DINA modele göre bir maddenin g parametresinin yüksek olması o maddenin tahmin yoluyla doğru yanıtlanma olasılığının da yüksek olması anlamına gelmektedir. Bu durumda g parametresi yüksek olan maddelerin daha kolay olduğu ifade edilebilir. Aynı zamanda literatürde g parametresi yüksek ve s parametresi düşük maddelerin kolay maddeler olduğu belirtilmiştir (Zhang, 2006).

Deneme formunda δ parametresi dikkate alınarak oluşturulan testin madde istatistikleri dikkate alınarak maddeler g parametrelerine göre büyükten küçüğe sıralanmıştır. Maddelerden birbirine yakın veya aynı g değerine sahip olanlardan s değeri daha küçük olan madde daha kolay olarak yorumlanmış ve maddeler teste yerleştirilmiştir. Maddeler teste sıralandıktan sonra seçenekleri kontrol edilerek ard arda çok sayıda aynı seçeneğin gelmemesine özen gösterilmiştir. Çizelge 18.'de deneme uygulamasından sonra δ

parametresi dikkate alınarak oluşturulan testin maddeleri kolaydan zora sıralanmıştır.

Çizelge 18. Seçilen Maddelerin Kolaydan Zora Sıralanışı

Madde No	Deneme Uyg. Madde No	g	s
1	37	0.59	0.16
2	16	0.53	0.24
3	15	0.56	0.64
4	13	0.49	0.36
5	47	0.47	0.21
6	33	0.46	0.15
7	2	0.46	0.30
8	28	0.44	0.09
9	19	0.45	0.33
10	39	0.41	0.21
11	43	0.42	0.42
12	27	0.40	0.13
13	24	0.39	0.20
14	34	0.38	0.17
15	23	0.38	0.19
16	22	0.37	0.26
17	45	0.37	0.28
18	32	0.37	0.30
19	44	0.33	0.25
20	25	0.28	0.28
21	29	0.28	0.53
22	36	0.25	0.28
23	59	0.21	0.29
24	21	0.20	0.36
25	48	0.18	0.30

Çizelge 18. incelendiğinde maddelere ait en yüksek g parametresi değeri 37. Maddeye aittir. Aynı zamanda maddenin s parametresinin de düşük olması maddenin göreceli olarak kolay bir madde olduğunu belirtmektedir. Testte en son sırada yer alan 48. maddenin ise g parametresinin değeri oldukça düşüktür. Bu durumda madde ile ilişkilendirilen özelliklere sahip olmayan öğrenciler tarafından doğru yanıtın tahmin edilebilmesi oldukça zordur. Bu nedenle 48. maddenin zor bir madde olduğuna karar verilebilir. Aynı zamanda 21. madde de düşük g ve yüksek s parametre değeri ile göreceli olarak zor bir maddedir.

Nihai test 270 öğrenciye uygulanmıştır. Öğrencilerden elde edilen yanıtlar hem seçeneklerine göre hem de doğru yanıtın 1 yanlış yanıtın 0 olarak kodlandıkları şekliyle veri girişi yapılmıştır. Maddelerin yeri değiştirildiği için analiz sırasında kullanılacak Q-matrisin de yeniden sıralanması gerekmektedir. Q- matris düzenlendikten sonra nihai uygulamadan elde edilen veriler analiz edilmiştir.

Çizelge 19. Nihai Teste İlişkin Q-Matris

Madde	α_1	α_2	α_3	α_4	Özellik
1	1	0	0	1	α_1, α_4
2	1	1	1	0	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$
3	0	0	1	0	α_3
4	0	1	1	0	α_2, α_3
5	1	0	0	1	α_1, α_4
6	1	1	0	0	α_1, α_2
7	1	0	1	0	α_1, α_3
8	1	1	1	1	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$
9	1	1	1	0	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$
10	1	0	1	0	α_1, α_3
11	0	1	0	1	α_2, α_4
12	0	1	1	1	$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$
13	1	0	1	1	$\alpha_1, \alpha_3, \alpha_4$
14	1	0	1	1	$\alpha_1, \alpha_3, \alpha_4$
15	1	0	1	1	$\alpha_1, \alpha_3, \alpha_4$
16	0	1	1	0	α_2, α_3
17	0	1	1	1	$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$
18	1	0	0	0	α_1
19	1	1	1	1	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$
20	0	1	0	0	α_2
21	0	1	1	1	$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$
22	1	1	0	0	α_1, α_2
23	0	0	0	1	α_4
24	1	0	0	0	α_1
25	0	0	1	1	α_3, α_4

Q-matriste madde - özellik eşleştirmeleri incelendiğinde özelliklerin temsil edildiği madde sayısına da ulaşılabilir. Çizelge 20'de ayrıca verilen bu bilgiye göre testte α_1 özelliği 15 adet, α_2 özelliği 13 adet, α_3 özelliği 16 adet ve α_4 özelliği 13 adet madde tarafından temsil edilmiştir. Bu durumda testte özelliklerin dengeli dağıldığı ileri sürülebilir.

Çizelge 20.

Nihai Testte Özelliklerin Temsil Edildiği Madde Sayısı

Özellik	Madde Sayısı
α_1	15
α_2	13
α_3	16
α_4	13

DINA modele göre test analiz edildiğinde testin model ve madde veri uyumu istatistiklerine, madde parametrelerine, madde parametrelerine ait standart hatalara, özelliklerin gözlenme olasılıklarına, örtük sınıfların sonsal olasılıklarına ve öğrencilerin ait oldukları örtük sınıf bilgisine ulaşılır.

4.2.2. Nihai Teste İlişkin Veri Uyum İstatistikleri

Model ve Madde Veri Uyumu

Modele ait model veri uyum istatistik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler karşılaştırılabilir değerlerdir. DINA modele göre geliştirilmiş benzer bir test olmadığından verilen istatistikler karşılaştırılamamıştır. Ayrıca uyum istatistikleri örneklem büyüklüğünden etkilendiğinden deneme uygulamasından sonra madde parametrelerine göre oluşturulan 25 maddelik testlerle de karşılaştırılmaz. Nihai teste ilişkin bulgular olarak nitelendirilebilecek model veri uyum istatistikleri ile madde veri uyum istatistikleri sırasıyla Çizelge 21.'de ve Çizelge 22.'de verilmiştir.

Çizelge 21.

Model Veri Uyumu İstatistikleri

Model- Veri Uyum İstatistikleri	
-2LL	8341.44
AIC	8471.44
BIC	8705.34

Çizelge 22.

Madde Veri Uyumu İstatistikleri

	Prop	Z	Log
Ortalama Sapma	0.0072	0.0665	0.2848
En Yüksek Sapma	0.0174	0.2730	1.1393
Standart Hata En Yüksek Sapma	0.0280	0.0612	0.2644

4.2.3. Nihai Teste İlişkin Madde Parametreleri

Nihai testte ilişkin g , s ve δ parametreleri ve bu parametrelere ait standart hatalar elde edilmiştir. Maddelere ait parametreler Çizelge 23.'de verilmiştir. Madde parametrelerine ilişkin yorumlar her madde için benzerdir. Aynı yorumların tekrarlanmaması adına madde parametrelerine ait genel bir açıklama yapılmış ve önemli görülen maddeler incelenmiştir.

Çizelge 23. Nihai Test Madde Parametreleri

Madde No	g	SE (g)	s	SE (s)	δ
1	0.26	0.05	0.48	0.04	0.25
2	0.52	0.05	0.34	0.04	0.14
3	0.48	0.09	0.33	0.04	0.19
4	0.45	0.04	0.17	0.05	0.37
5	0.38	0.04	0.10	0.03	0.52
6	0.38	0.05	0.34	0.03	0.27
7	0.49	0.04	0.31	0.04	0.20
8	0.58	0.04	0.23	0.04	0.18
9	0.45	0.04	0.08	0.03	0.46
10	0.64	0.04	0.32	0.04	0.05
11	0.47	0.04	0.28	0.03	0.26
12	0.28	0.04	0.05	0.04	0.67
13	0.40	0.04	0.11	0.02	0.48
14	0.46	0.04	0.20	0.04	0.34
15	0.34	0.04	0.16	0.04	0.50
16	0.19	0.04	0.33	0.04	0.48
17	0.36	0.04	0.59	0.05	0.04
18	0.21	0.04	0.57	0.05	0.23
19	0.46	0.04	0.37	0.04	0.17
20	0.14	0.04	0.19	0.04	0.67
21	0.45	0.04	0.04	0.05	0.51
22	0.32	0.04	0.42	0.05	0.26
23	0.13	0.04	0.18	0.03	0.70
24	0.47	0.04	0.10	0.05	0.43
25	0.47	0.04	0.30	0.04	0.23
x	0.39	0.04	0.26	0.04	0.34
Ortanca	0.45	0.04	0.28	0.04	0.27
Tepe Değer	0.45	0.04	0.10	0.04	0.23
En Düşük	0.13	0.04	0.04	0.02	0.04
En Yüksek	0.64	0.09	0.59	0.05	0.70

Madde parametreleri incelendiğinde g parametrelerinin ortalamasının 0.39 olduğu görülmektedir. Dört seçenekli bir madde için maddeye ilişkin hiçbir fikri olmayan herhangi birinin doğru yanıtı tahmin edilebilme olasılığı 0.25 olduğundan g parametrelerine ilişkin ortalama değer oldukça iyi olarak yorumlanabilir. Maddelerin g parametre değerlerine ait ortanca ve tepe değerleri 0.45 olarak bulunmuştur. Testte en düşük g parametresine sahip madde 23. Maddedir ve g parametresinin değeri 0.13 olarak hesaplanmıştır. En yüksek g parametresine sahip madde ise 0.64 değeri ile 10. Maddedir. Bu

durumda 10. maddenin kolay bir madde olduğu, 23. maddenin ise zor bir madde olduğu ifade edilebilir.

g parametresinin yüksek olması öğrencinin sadece tahmin yoluyla maddeyi doğru yanıtladığını ifade etmez. Bir öğrenci maddenin gerektirdiği özellikler dışında sahip olduğu başka özellikler yardımı ile de maddeyi doğru yanıtlayabilir. Bu tarz maddeler yeniden düzenlenerek ne gibi özellikler yardımı ile doğru yanıtlanabileceği araştırılabilir veya madde de doğru yanıtla dair ipuçlarının olup olmadığı incelenebilir. Testte bulunmasa da çok yüksek g parametresine sahip bir maddenin özelliklerinin doğru tanımlanmadığı düşünülebilir. Bu durumda madde ile ilişkili özellikler gözden geçirilmeli ve Q -matris düzeltilmelidir. Tam tersi olarak düşük g parametresine sahip bir maddenin tahmin yoluyla doğru yanıtlanma olasılığı düşüktür. Maddeye ilişkin özellikler doğru tanımlanmıştır ve madde herhangi bir başka özellikten etkilenmemektedir yorumu yapılabilir. Bu durumun doğal sonucu düşük g parametresi maddenin Q matriste doğru tanımlandığına ve Q -matris geçerliliğine ilişkin kanıt sağlamış olur.

Maddelere ait s parametreleri incelendiğinde s parametrelerinin ortalamasının 0.26 olduğu görülmektedir. Aynı zamanda maddelerin s değerlerinin ortancası 0.28 tepe değeri ise 0.10 olarak belirlenmiştir. s parametresi bir maddenin o maddeye ait özelliklere sahip olan bireyler tarafından yanlış yanıtlanmasını belirttiğinden $1-s$ değeri de bir maddenin o maddeye ait özelliklere sahip olan bireyler tarafından doğru yanıtlanmasını ifade etmektedir. Bu durumda s veya $1-s$ değeri maddelerin ayırt edicilik güçleri ile ilgili bilgi vermektedir. Maddeye ait s değeri düştükçe ayırt edicilik gücü artmaktadır. Parametre değerinin 0 ile 1 arasında değiştiği göz önünde bulundurulduğunda teste ilişkin ortalama s değerinin oldukça iyi olduğu belirtilebilir.

En düşük s parametresine sahip madde 0.04 değeri ile 21. maddedir. Maddeye ilişkin s değerinin neredeyse sıfıra yakın olması maddeyi doğru yanıtlayabilmek için gerekli özelliklere sahip olan bireylerin maddeyi doğru yanıtladıklarını ifade eder. Q -matris incelenerek 21. maddenin α_2 , α_3 , α_4 özellikleri ile ilişkilendirildiği dikkate alınırsa α_2 , α_3 ve α_4 özelliğine sahip olan

öğrenciler maddeyi herhangi bir yanılığa düşmeden doğru yanıtlamışlardır. Bu durumda madde bilen öğrenciyi ayırabilmektedir. En yüksek s parametresine sahip madde ise 17. maddedir ve parametre değeri 0.59 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda öğrencilerden 17. maddeye ilişkin özelliklere (α_2 , α_3 , α_4) sahip olanların büyük bir bölümü maddeyi yanlış yanıtlamıştır. Maddenin s değeri testten çıkarılmasını ya da düzeltilmesini gerektirecek kadar yüksek değildir ancak yine de s parametresi yükseldikçe maddenin ayırt ediciliği düşmektedir. s parametresi madde gücüyle ilgili de fikir vermektedir. Bir maddenin s parametresi yüksek ve g parametresi düşük ise maddenin zor bir madde olduğu anlamına gelebilir. Testteki maddelerden 18. madde bu duruma örnek olarak verilebilir. Maddenin s değeri 0.57 iken g değeri 0.21 olarak görülmektedir bu durumda 18. madde zor bir maddedir yorumu yapılabilir.

Maddelere ait δ parametreleri g ve s değerleri ile hesaplanmaktadır. Bir çok kaynakta madde ayırt ediciliği olarak tanımlanan δ parametreleri incelendiğinde testte yer alan maddelerin ortalama δ değerlerinin 0.34 olduğu görülmektedir. Aynı zamanda parametreye ait ortanca 0.27, tepe değeri ise 0.23 olarak hesaplanmıştır. δ parametre değeri -1 ile 1 arasında değiştiğinden 0.30 değerinin üzerindeki maddelerin ayırt edicilik güçlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Maddelere ait δ parametrelerinin ortalaması 0.34 olduğundan maddelerin ve dolayısıyla da testin ayırt edicilik gücünün yüksek olduğu ifade edilebilir.

Testte en yüksek δ parametresine sahip madde 0.70 değeri ile 23. maddedir. Maddenin g değeri 0.13, s değeri ise 0.18 olarak görülmektedir. Bu değerler gerçek uygulama verisinde gözlenebilecek iyi değerlerdir. Düşük g ve s değerine sahip maddelerin ayırt edicilik güçleri de yüksektir çünkü δ parametresinin formülü gereği maddenin g ve s değerleri ne kadar düşerse δ değeri de o kadar yüksek olacaktır. En düşük δ parametresine sahip madde ise 17. maddedir ve parametre değeri 0.04 olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu madde s değeri en yüksek olan maddedir. Hem s parametresi hem de δ parametresi dikkate alındığında testte yer alan maddelerden ayırt ediciliği en düşük olan maddenin 17. madde olduğu görülmektedir.

Deneme uygulaması verisi üzerinden δ parametresi dikkate alınarak seçilen test nihai test olarak uygulanmıştır. Maddelerin deneme verisi üzerinden yapılan analizde g parametrelerinin ortalaması 0.39, s parametrelerinin ortalaması 0.28 ve δ parametrelerinin ortalaması ise 0.33 olarak hesaplanmıştır. Nihai teste ilişkin g , s ve δ parametrelerinin ortalaması ise sırasıyla 0.39, 0.26 ve 0.34 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ile nihai test sonuçları karşılaştırıldığında maddelerin parametreleri örnekleme göre değişiklik gösterse de ortalama değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

DINA modelle geliştirilen test yok denecek kadar azdır. Genellikle çalışmalar mevcut testlerdeki maddelere ait Q matris belirlenerek yapılmaktadır. Nihai teste ilişkin madde parametrelerinin karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için yapılan bir çalışmadan örnek vermek yararlı olacaktır. Lee ve diğerleri (2011) yaptıkları çalışmada TIMSS maddelerinden 25 madde belirleyerek Minnesota örnekleminde DINA modele göre analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda maddelerin ortalama g değerleri 0.48, ortalama s değerleri 0.28 ve ortalama δ değerleri 0.24 olarak hesaplanmıştır. Bu durum dikkate alındığında nihai teste ilişkin madde parametrelerin daha iyi olduğu görülmektedir.

4.2.4. Nihai Teste İlişkin Örtük Sınıf Bilgileri

DINA modelde madde parametrelerinin yanı sıra örtük özelliklerin örnekleme görülme sıklıklarına, örtük sınıfların sonsal dağılımlarına ve her bir bireyin ait olduğu örtük sınıf bilgisine ulaşılır.

Test kapsamında belirlenen dört özellikten her birinin örnekleme gözlenme sıklığı Çizelge 24.'de verilmiştir. Çizelge 24. incelendiğinde α_1 özelliğinin gözlenme sıklığının 0.51 olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda grubun %51'i α_1 özelliğine sahiptir. Aynı şekilde α_2 özelliğinin görülme sıklığı 0.56, α_3 özelliğinin görülme sıklığı 0.73 ve α_4 özelliğinin görülme sıklığı ise 0.51 olarak belirlenmiştir. Bu durumda grupta en çok α_3 özelliğine sahip olma

oranı yüksektir. En çok gözlenen ikinci özellik α_2 özelliğidir, α_1 ve α_4 özelliklerine sahip olunma oranları ise birbirine eşittir ve diğer özelliklere göre daha az gözlenmektedir.

Çizelge 24.

Nihai Testte Özelliklerin Gözlenme Olasılıkları

Özellikler	Gözlenme Olasılıkları
α_1	0.51
α_2	0.56
α_3	0.73
α_4	0.51

Modele ilişkin analiz sonuçlarından bir diğeri ise örtük sınıfların sonsal olasılıklarıdır. Örtük sınıfların sonsal olasılıkları test ve uygulanan grup göz önünde bulundurularak belirlenmekte ve örtük sınıfların oluşma olasılığına ilişkin değerleri ifade etmektedir. Nihai teste ilişkin örtük sınıf ve sonsal olasılıkları Çizelge 25'de verilmiştir. Çizelge 25. incelendiğinde grupta (0000) örtük sınıfının gözlenme olasılığı 0.1520'dir. Benzer şekilde en düşük gözlenme olasılığı (1101) örtük sınıfına aittir. Bu örtük sınıfın gözlenme olasılığı 0.0001 olarak hesaplanmıştır. En çok gözlenmesi beklenen örtük sınıf ise 0.2954 olasılık değeri ile (1111) örtük sınıfıdır. Bu değerler sadece grup ve test özelliklerine göre örtük sınıfların gözlenme olasılıklarıdır. Örtük sınıflara ait birey sayıları bu değerlerle doğrudan orantılı olarak gözlenmeyebilir.

Çizelge 25.

Örtük Sınıfların Sonsal Olasılıkları

Örtük Sınıf	Olasılık Değeri	Örtük Sınıf	Olasılık Değeri
(0000)	0.1520	(0110)	0.0362
(1000)	0.0931	(0101)	0.0271
(0100)	0.0373	(0011)	0.0189
(0010)	0.0931	(1110)	0.0411
(0001)	0.0922	(1101)	0.0001
(1100)	0.0355	(1011)	0.0385
(1010)	0.0305	(0111)	0.0268
(1001)	0.0263	(1111)	0.2954

BTM'nin en önemli işlevi öğrencilerin profillerini belirlemek olduğundan analiz sonucunda her bir öğrencinin ait olduğu örtük sınıf bilgisine ulaşılır. Her bir öğrencinin ait olduğu örtük sınıf Ek-4.'de verilmiştir. Çizelge 26' de ise her bir örtük sınıfa düşen birey sayısı verilmiştir.

Çizelge 26.

Örtük Sınıflara Ait Birey Sayısı

Örtük Sınıf	Birey Sayısı (N)
0 0 0 0	49
1 0 0 0	2
0 1 0 0	9
0 0 1 0	33
0 0 0 1	23
1 1 0 0	2
1 0 1 0	1
1 0 0 1	0
0 1 1 0	12
0 1 0 1	4
0 0 1 1	2
1 1 1 0	14
1 1 0 1	0
1 0 1 1	2
0 1 1 1	7
1 1 1 1	110

Çizelge 26. incelendiğinde en çok öğrenciyi barındıran örtük sınıf (1111) sınıfıdır. Nihai testin 270 öğrenciyeye uygulandığı dikkate alındığında grubun yaklaşık % 41'i testte ölçülen özelliklerin hepsine sahiptir. Grupta hiçbir özelliğe sahip olmadığı belirlenen ve (0000) örtük sınıfına dahil edilen 49 öğrenci bulunmaktadır. Hiçbir özelliğe sahip olmayan öğrenciler grubun yaklaşık %18'ini oluşturmaktadır. Bununla birlikte bazı örtük sınıflarda çok az öğrenci bulunmaktadır. Aynı zamanda grupta (1001) ve (1101) örtük sınıflarına dahil olan hiçbir öğrenci yoktur. Bu durumun anlamı grupta sadece α_1 ve α_4 özelliği ile sadece α_1 , α_2 ve α_4 özelliğine sahip öğrenci bulunmamaktadır. BTM modellerinin amaçlarından biri de özelliklerin birbiri ile ilişkisini açıklayabilmek ve bilişsel süreçlerin işleyişine ışık tutabilmektedir. Ancak tek bir uygulama ile böyle bir ilişki kurmaya çalışmak yanıltıcıdır. Benzer sonuçların tekrarlandığı varsayılırsa neden bazı örtük sınıfların oluşmadığı ve bazılarının gözlenme olasılıklarının daha yüksek olduğu araştırılabilir. Özellikler arasındaki bağ kurulabilir ve böylece öğrencilerin bu özelliklere nasıl sahip olduğu ve özellikler arasındaki ilişki ortaya çıkartılabilir.

4.2.5. Nihai Teste İlişkin Geçerlik ve Güvenirlik Bilgileri

DINA model ile hazırlanan testte uzman görüşü ile konu alanına ait özellikler belirlenir. Çalışmada konu alanına ilişkin özelliklerin belirlenmesinde her biri üç yıldan fazla mesleki tecrübeye sahip beş adet Fen ve Teknoloji öğretmeninin görüşü alınmıştır. Özelliklere ilişkin yazılan maddeler ise üçü ölçme ve değerlendirme uzmanı, dördü ise Fen ve Teknoloji öğretmeni olan yedi kişilik başka bir uzman grup tarafından değerlendirilerek Q matris oluşturulmuştur. Nihai teste seçilen maddelere ilişkin Q matris incelendiğinde belirlenen özelliklerin her birinin temsil edildiği görülmektedir. Testte α_1 özelliği 15 adet, α_2 özelliği 13 adet, α_3 özelliği 16 adet ve α_4 özelliği 13 adet madde tarafından temsil edilmiştir. DINA modele göre testte her bir örtük sınıfı temsil eden maddenin bulunma zorunluluğu yoktur ancak oluşturulan Q matris incelenirse seçilen maddelerin dağılımı neredeyse tüm örtük sınıfları kapsamaktadır. DINA modele göre geliştirilen test belirlenen özellikleri temel aldığından ve uzman görüşü ile hazırlandığından testin kapsam geçerliğini sağladığı ifade edilebilir.

DINA model toplam puan üzerinden değerlendirme yapmadığından ve aynı puana sahip olan öğrencilerin profillerinin farklı olabileceğini ileri sürdüğünden geliştirilen testten elde edilen bilgiler KTK'ya göre elde edilen bilgilerle karşılaştırılmamıştır. Öğrencilerin dönem veya yılsonu notları, ara sınav ya da SBS puanları DINA modele göre geliştirilen bir test için dış geçerlik ölçütü olarak kullanılamaz.

DINA modelde test geliştirme çalışmaları henüz oldukça sınırlıdır. Bu durum geliştirilen teste ait ölçüt geçerliğini sınırlandırmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu simülasyon çalışmalarından veya daha önce geliştirilmiş testlere ait Q-matris oluşturularak yapılmış çalışmalardan oluşmaktadır. Gerçek uygulama verisine dayanan araştırmaların madde parametreleri ile geliştirilen teste ait parametreler karşılaştırılmıştır. Zhang (2006) TIMSS maddelerini kullanarak oluşturduğu 14 maddelik testi DINA model ile analiz etmiştir. Analiz sonucunda maddelere ait ortalama g değerleri 0.44, ortalama s değerleri 0.23 ve ortalama δ değerleri 0.33 olarak hesaplanmıştır. Başokçu

(2011) yaptığı çalışmada önceden geliştirilmiş ve lisans öğrencilerine yönelik ölçme ve değerlendirme testine ait maddeleri uzman görüşü ile birlikte değerlendirmiştir. Testte yer alan özellikler belirlenerek teste ait Q-matris hazırlanmıştır. 50 maddeden oluşan testin DINA modele göre analizi sonucunda maddelere ait g değerlerinin ortalaması 0.52, s değerlerinin ortalaması 0.25 ve δ değerlerinin ortalaması ise 0.23 olarak hesaplanmıştır. Lee ve diğerler (2011) ise TIMSS maddelerinin içinden 25 madde belirleyerek Q matris oluşturmuşlardır ve maddeleri Minnesota örnekleminde DINA modele göre analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda maddelerin ortalama g değerleri 0.48, ortalama s değerleri 0.28 ve ortalama δ değerleri 0.24 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmalara ait madde parametreleri incelendiğinde geliştirilen teste ait maddelerin parametre değerlerinin iyi çalıştığı görülmektedir. Nihai teste ilişkin g , s ve δ parametrelerinin ortalaması ise sırasıyla 0.39, 0.26 ve 0.34 olarak hesaplanmıştır.

Bir ölçme aracının ve bu araçtan elde edilecek sonuçların kabul görebilmesi için ölçme aracının geçerli olmasının yanı sıra güvenilir olması da gerekmektedir. DINA modele göre analiz yapıldığında teste ait bir güvenilirlik indeksi elde edilmemektedir. Bu nedenle teste ait bir iç tutarlık katsayısı olan KR-20 hesaplanmıştır. Teste ait KR-20 değeri 0.82'dir. Hesaplanan iç tutarlılık katsayısı için de genel kabul en az .70 olmasıdır (Nunnally, 1978; Nitko, 2001). Teste ait KR-20 değeri 0.70 değerinden yüksektir ve bu durum testin güvenilirliğine ilişkin bir kanıt oluşturmaktadır.

BÖLÜM V

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde yapılan analizler doğrultusunda elde edilen sonuçlar ve yapılacak olan benzer nitelikteki araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Çalışmada araştırmacı tarafından uzman görüşleri yardımıyla Fen ve Teknoloji dersi kapsamında Potansiyel ve Kinetik Enerji konu alanına yönelik test geliştirilmiştir. Testin deneme uygulaması 65 maddeden oluşmaktadır ve 504 öğrenciye uygulanmıştır. Deneme uygulamasının yapıldığı çalışma grubunun %51'ini 7. Sınıf öğrencileri, %49'unu ise 8. Sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Testin DINA modele göre analiz edilmesiyle madde parametrelerine ulaşılmıştır. Deneme uygulaması için maddelere ait g parametrelerinin aritmetik ortalaması 0.42, ortanca değeri olarak hesaplanmıştır. Maddelerin s_j parametrelerinin ortalaması 0.30 iken δ parametrelerine ait değerlerinin ortalaması ise 0.28 olarak hesaplanmıştır.

DINA modelde madde ayırt ediciliği genellikle δ parametresi ile belirlense de maddelere ait s parametresinin de ayırt edicilik için kullanılması gerektiğini vurgulayan çalışmalar vardır. Aynı zamanda madde seçiminde g parametresinin de önemli olduğu belirtilmiştir (Li, 2008). Bu nedenle deneme uygulamasındaki verilere dayanarak g , s ve δ_j parametrelerini dikkate alan ve 25 maddeden oluşan üç ayrı test oluşturulmuştur. Testlerin her birinde dört örtük özelliğin de yeterli sayıda temsil edildiği gözlenmiştir. Her bir test deneme uygulamasına ait veri üzerinden analiz edilmiştir. Testlerin model veri uyum indeksleri ve madde veri uyum indeksleri karşılaştırıldığında en iyi değerlere sahip olan testin maddelere ait δ parametreleri dikkate alınarak oluşturulan test olduğu belirtilmiştir. Her üç teste ait madde parametreleri de incelenmiştir. Madde parametrelerinin ortalama değerleri dikkate alındığında en iyi değerler sahip olan testin yine δ parametreleri dikkate alınarak oluşturulan test olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle nihai test için δ parametresi

dikkate alınarak oluşturulan testin kullanılmasına karar verilmiştir. Literatürde de δ parametresinin madde ayırt ediciliğini belirlemede daha etkin olduğunu vurgulayan çalışmalar bulunmaktadır. Bu durumun sebebi δ parametresinin hem g hem de s parametresini dikkate alması olarak ifade edilebilir.

Nihai test için seçilen maddeler genel olarak kolaydan zora doğru sıralanmıştır. Test 270 kişilik bir öğrenci grubuna uygulanmıştır ve bu grubun %52'sini 7. Sınıf öğrencileri, %48'ini ise 8. Sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Bu anlamda deneme uygulamasına benzer bir grup üzerinde çalışılmıştır. Maddelerin yeri değiştiğinden Q-matris yeniden düzenlenerek test verileri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda teste ait model veri uyum indeksleri ile madde veri uyum indekslerine ulaşılmıştır.

Test kapsamında belirlenen dört özellikten her birinin örnekleme gözlenme sıklığı incelendiğinde α_1 özelliğinin gözlenme sıklığı 0.51, α_2 özelliğinin görülme sıklığı 0.56, α_3 özelliğinin görülme sıklığı 0.73 ve α_4 özelliğinin görülme sıklığı ise 0.51 olarak belirlenmiştir. Konu alanı dikkate alındığında öğrencilerin en çok α_3 özelliğine sahip oldukları ifade edilebilir. α_1 ve α_4 özellikleri ise öğrenciler tarafından daha zor sahip olunan özellikler olarak belirlenmiştir. Bu durum öğrenim etkinlikleri düzenlenirken α_1 ve α_4 özelliklerine yönelik ek öğrenmeler yapılabileceğini göstermektedir.

Analiz sonucunda her bir öğrencinin ait olduğu örtük sınıf bilgisine ulaşılmıştır. En çok öğrenciyi barındıran örtük sınıf (1111) sınıfıdır. Grubun yaklaşık % 41'i testte ölçülen özelliklerin hepsine sahiptir. Grupta hiçbir özelliğe sahip olmadığı belirlenen ve (0000) örtük sınıfına dahil edilen 49 öğrenci bulunmaktadır. Hiçbir özelliğe sahip olmayan öğrenciler grubun yaklaşık %18'ini oluşturmaktadır. Bazı örtük sınıflarda ise çok az öğrenci bulunmaktadır. Nihai uygulamada (1001) ve (1101) örtük sınıflarına dahil olan hiçbir öğrenciye rastlanmamıştır. Bu durumda bu özelliklerin ayrı ayrı bir arada bulunmasının güç olduğu sonucuna ulaşılabilir. (1001) sınıfına dahil olan bir öğrencinin bulunmaması sadece α_1 ve α_4 özelliklerine sahip bireyin çalışma grubunda bulunmadığını ifade eder. Bu durumda α_1 ve α_4 özelliklerine sahip olan öğrencilerin α_3 özelliğine veya hem α_2 hem de α_3 özelliğine de sahip olduğu sonucuna ulaşılabilir. Böylece öğrencilerin atandıkları örtük sınıf (1011)

veya (1111) olarak belirlenecektir. Örtük sınıfların incelenmesi konu alanının bilişsel özellikleri ile ilgili bilgi vermektedir. Bu çalışmadan çıkan bu sonuç her ne kadar bu özelliklerin birbirleri ile bağlantılı olduğunu ifade etse de benzer çalışmalar yapılmadan kesin bir yargıya varılması doğru bulunmamaktadır.

Nihai teste ilişkin g , s ve δ parametrelerinin ortalaması ise sırasıyla 0.39, 0.26 ve 0.34 olarak hesaplanmıştır. Daha önce Zhang (2006), Başokçu (2011), Lee ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmalar incelenmiş ve nihai teste ilişkin parametrelerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda nihai teste ait madde parametreleri ortalamalarının diğer çalışmalardaki değerlerden daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Testte yoklanan özellikler ile bu özellikleri temsil eden madde sayıları incelenmiştir. α_1 özelliğinin 15 adet, α_2 özelliği 13 adet, α_3 özelliğinin 16 adet ve α_4 özelliğinin 13 adet madde tarafından temsil edildiği belirlenmiştir. DINA modele göre geliştirilen bir test konu alanı ile ilgili belirlenen özellikleri temel olarak geliştirildiğinden ve uzman görüşü ile hazırlandığından testin kapsam geçerliğini sağladığı ifade edilmiştir.

Teste ilişkin bir iç tutarlık katsayısı olan KR-20 hesaplanmıştır. Teste ait KR-20 değeri 0.82'di Teste ait KR-20 değeri 0.70 değerinden yüksektir ve bu durum testin güvenilirliğine ilişkin bir kanıt oluşturmaktadır.

5.2. Öneriler

1. DINA modelde g , s , δ madde parametreleri ve madde güçlüğü yorumlanırken göreceli olarak yorumlanmaktadır. Parametrelerin niteliğine ilişkin kesin bir ölçüt bulunmamaktadır. Bu alanda farklı örneklemeler ve değişik madde tipleri kullanılarak yapılacak araştırmalar parametre değerlerinin yorumlanmasına katkı sağlayacaktır.
2. Modele ilişkin seçenek analizi yöntemleri geliştirilebilir. KTK'daki alt-üst grup yöntemine benzer şekilde hiçbir özelliğe sahip olmayan öğrenciler ile tüm özelliklere sahip olan öğrenciler dikkate alınarak seçenek analizi çalışmaları yapılabilir.
3. Yapılan çalışmada nihai test için madde seçiminde δ parametresinin dikkate alınmasının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ancak literatürde s ve g parametrelerinin de ayırt edicilik olarak yorumlanabileceğine dair bilgiler bulunduğunda DINA modelde madde ayırt ediciliğini belirleme konusunda çalışmak modele katkı sağlayacaktır.
4. DINA model ile geliştirilen test çalışmaları yok denecek kadar azdır. Bu durum geliştirilen testlerden elde edilen bilgileri de sınırlamaktadır. Model ile test geliştirme çalışmalarının artması hem modele kuramsal katkı sağlayacak hem de geliştirilecek testler için ölçüt olarak incelenebilecektir.
5. BTM'nin amaçlarından biri öğrencilerin eğitimdeki eksikliklerinin belirlemek ve böylece bu eksikliklerin giderilmesine katkı sağlamaktır. iyi yapılandırılmış bir süreçte BTM'ye yönelik ölçme araçlarının kullanıldığı ve öğrencilerin saptanan eksikliklerinin giderildiği bir grup ile klasik ölçme araçlarının ve eğitim uygulamalarının kullanıldığı deneysel bir düzenek kurularak gruplar arasındaki farklılıklar saptanabilir.
6. DINA modelde Q matris oldukça önemlidir. Maddelerin tanımlanması ve özelliklerle ilişkilendirilmesi Q matris ile ifade edilmektedir. Q matris

geçerliğine ilişkin çalışmaların artması model ile elde edilen bulguları sağlamlaştıracaktır.

7. Bilişsel tanıya yönelik olarak geliştirilmiş modellerin birbirleri ile karşılaştırılmaları bu yaklaşımlar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların ortaya konmasına yardımcı olabilir. Bu amaçla BTM kapsamındaki DINA, DINO, NIDA ve Fusion modellerinin karşılaştırıldığı araştırmalar yapılabilir.
8. DINA model de farklı soru tipleri kullanılabilir. Bu durumda çoktan seçmeli maddeler ile açık uçlu maddelerden DINA model ile elde edilen bilgiler ve belirlenen öğrenci profilleri karşılaştırılabilir.
9. DINA modellerinin modifikasyonları sayılabilecek G-DINA, HO-DINA ile bu modellere göre sonradan gelişen MC-DINA modelinin karşılaştırıldığı araştırmalar yapılarak testte ölçülmek istenen özelliklerin seçenekler ile belirlenmesinin etkileri araştırabilir.

KAYNAKÇA

- Akıncı, D. E. (2007). *Yapısal Eşitlik Modellerinde Bilgi Kriterleri*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başokçu, T.O. (2011). *Bağıl ve Mutlak Değerlendirme ile DINA Modele Göre Yapılan Sınıflamaların Geçerliğinin Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Baykul, Y. (2000). *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme*. Ankara. ÖSYM Yayınları.
- Birenbaum, M., Tatsuoka, C. ve Xin, T. (2005). Large-scale diagnostic assessment: Comparison of eighth graders' mathematics performance in the United States, Singapore and Israel. *Assessment in Education Principles Policy and Practice*, 12, 167-181.
- Chen ve Xin (2012). Online Calibration Methods for the DINA Model with Independent Attributes in CD-CAT. *Psychometrika* 77, 2, 201-222.
- Cheng, Y. (2010). Improving Cognitive Diagnostic Computerized Adaptive Testing by Balancing Attribute Coverage: The Modified Maximum Global Discrimination Index Method. *Educational and Psychological Measurement*, sayı, 70 (6), ss. 902-913
- Cheng Y. ve Chang H. (2007). The Modified Maximum Global Discrimination Index Method for Cognitive Diagnostic Computerized Adaptive Testing. *Presented at the CAT and Cognitive Structure Paper Session*, Haziran 7.
- DeCarlo, L. T. (2011) On the Analysis of Fraction Subtraction Data: The DINA Model, Classification, Latent Class Sizes, and the Q-Matrix. *Applied Psychological Measurement*, 35, 8–26.
- de la Torre, J. (2006). *Skills profile comparisons at the state level: An application and extension of cognitive diagnosis modeling in NAEP*. The International Meeting of the Psychometric Society toplantısında sunulmuştur, Montreal, Canada.
- de la Torre, J. (2008). An empirically-based method of Q-matrix validation for the DINA model: Development and applications. *Journal of Educational Measurement*, 45, 343–362.

- de la Torre, J. (2008b). *The generalized DINA model*. The International Meeting of the Psychometric Society toplantısında sunulmuştur, Temmuz, Durham.
- de la Torre, J., Douglas, J.A.(2004). Higher-order latent trait models for cognitive diagnosis. *Psychometrika* 69, 333–353
- de la Torre, J. & Douglas, J. (2008). Model Evaluation and Multiple Strategies in Cognitive Diagnosis: An Analysis of Fraction Subtraction Data. *Psychometrika*. V73, N3, s. 595-624.
- de la Torre, J. (2009a). DINA Model and Parameter Estimation: A Didactic. *Journal of Educational and Behavioral Statistics March*, 34, No. 1, ss. 115–130
- de la Torre, J. (2009b). A cognitive diagnosis model for cognitively based multiple-choice options. *Applied Psychological Measurement*, 33,163-183.
- de la Torre, J. ve Lee, Y.S. (2010). A note on Invariance of the DINA Model Parameters, *Journal of Educational Measurement*, 47,No:1, s: 115-127
- DiBello, L. V., Stout, W. F., ve Roussos, L. A. (1995). *Unified cognitive/psychometric diagnostic assessment likelihood-based classification techniques*. In P.D. Nichols, S.
- Dibello, L.V. RoussosL. A. ve Stout, W. (2007). *Review of Cognitively Diagnostic Assessment and a Summary of Psychometric Models*. Rao,C. Sinharay, S. (Eds.) Handbook of Statistics, Psychometrics. Vol. 26. North-Holland: Amsterdam
- Duyar, İ. (1995). Model Seçiminde Bayesian Yaklaşımı. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*. Sayı 2, 28, s. 95-106.
- Embretson, S.E. (1991). A multidimensional latent trait model for measuring learning and change. *Psychometrika* 56, 495–515.
- Embretson, S.E. (1997). *Multicomponent response models*. In: van der Linden,W.J., Hambleton, R.L. (Eds.),*Handbook of Modern Item Response Theory*. New York: Springer, pp. 305–321.
- Embretson, S. E. (1999). *Cognitive psychology applied to testing*. Handbook of applied cognition (pp. 629{660). NY: Wiley.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Fischer, G.H. (1973). The linear logistic model as an instrument in educational research. *Acta Psychologica* 37, 359–374.
- Fischer, G.H. (1983). Logistic latent trait models with linear constraints. *Psychometrika* 48, s.3–26.
- Gulliksen, H. (1950). *Theory of Mental Tests*. New York: Mcgrawhill Book
- Haertel, E.H. (1984). An application of latent class models to assessment data. *Applied Psychological Measurement* 8, 333–346.
- Haertel, E. H. (1989). Using restricted latent class models to map the skill structure of achievement items. *Journal of Educational Measurement*, 26, 333-352.
- Haertel, E.H. (1990). Continuous and discrete latent structure models of item response data. *Psychometrika* 55, 477–494.
- Hambleton, R.K. (1990). *Criterion-referenced assessment in evaluation*. (editörler: Walberg, J. H. ve Haertel, D. G.) The international encyclopedia of Education Evaluation. Newyork: Peramon Pres.
- Hambleton, R.K. (1994). Item Response Theory: A Broad Psychometric Framework For Measurement Advances. *Psicothema*, 6, 535-536.
- Hambleton, R.K. ve Swaminathan, H. (1985). *Item response theory: Principles and applications*. Boston: Kluwer Nijhoff
- Hartz, S. (2002). *Skills diagnosis: Theory and practice*. User Manual for Arpeggio software. Princeton, NJ: ETS.
- Hartz, S.M. (2002). *A Bayesian framework for the Unified Model for assessing cognitive abilities: Blending theory with practicality*. Yayınlanmamış doktora tezi, University of Illinois, Champaign, IL.
- Hartz, S.M., Roussos, L.A. (2005). *The Fusion Model for skills diagnosis: Blending theory with practice*. ETS Research Report, Educational Testing Service, Princeton, NJ.
- Henson, R. (2004). *Test discrimination and test construction for cognitive diagnostic models*. Yayınlanmamış doktora tezi, University of Illinois.
- Henson, R.A., Roussos, L., Templin, J.L. (2004) *Cognitive diagnostic “fit” indices*. ETS Proje Raporu, Princeton, NJ.

- Huebner, A., Wang, B. .& Lee S. (2009). *Practical Issues Concerning the Application of the DINA Model to CAT Data*. Proceedings of the 2009 GMAC Conference on Computerized Adaptive Testing sunuldu.
- Jang, E. E. (2008). A framework for cognitive diagnostic assessment. *Natural language processing for diagnostic language assessment* (pp. 117-131).
- Junker, B. W. (2001). *On the interplay between nonparametric and parametric IRT, with some thoughts about the future*. Essays on item response theory (s. 274–276). New York: Springer-Verlag.
- Junker, B. W. ve Sijtsma, K. (2001). Cognitive Assessment Models with few Assumptions, and Connections with Nonparametric item Response Theory. *Applied Psychological Measurement*, 25(3), 258-272.
- Kato, K. (2009). *Improving Efficiency of Cognitive Diagnosis by Using Diagnostic Items and Adaptive Testing*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, The University of Minnesota.
- Lee, Y., Park, Y. ve Taylan, D. (2011). A Cognitive Diagnostic Modeling of Attribute Mastery in Massachusetts, Minnesota, and the U.S. National Sample Using the TIMSS 2007. *International Journal of Testing*, 11: 144–177, 2011
- Leighton, J. P. ve Gierl M. J. (2007). *Why Cognitive Diagnostic Assessment?* Leighton, J. P. Gierl M. J. (Editörler). Cognitive Diagnostic Assessment for Education. New York: Cambridge University Press.
- Li, D., ve Oranje, A. (2007). *Estimation of standard error of regression effects in latent regression models using Binder's linearization* (ETS Research Rep. No. RR-07-09). Princeton, NJ: ETS.
- Li, F. (2008). *A Modified Higher-Order DINA model for Detecting Differential Item Functioning and Differential Attribute Functioning*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, The University of Georgia.
- Li, H. (2011). A Cognitive Diagnostic Analysis of the MELAB Reading Test. *Spain Fellow Working Papers in Second or Foreign Language Assessment*. 9: 17–46. Michigan Üniversitesi.
- Lord, F. M. ve Novick, M. R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. Reading MA: Addison-Wesley.

- McMillan, J. H. (1992). *Educational research: fundamentals for the consumers*. New York: Harper Collins.
- Macready, G.B., Dayton, C.M. (1977). The use of probabilistic models in the assessment of mastery. *Journal of Educational Statistics* 2, 99–120.
- Madenoglu, M.Ş. (2008). *Fonksiyon Tanımı ve En Geniş Tanım Aralığının Öğretiminde Rule Space Modeli Kullanımı ve Öğrencilerin Bilgi Beceri Bileşenlerinin Saptanması*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Maris, E. (1999). Estimating multiple classification latent class models. *Psychometrika*, 64, 187-212.
- Mislevy, R. J. (1995). *Probability-based inference in cognitive diagnosis*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Mislevy, R. J. (1996). Test theory reconceived. *Journal of Educational Measurement*, 33, 379-416.
- Mislevy, R. J., Steinberg, L. S. ve Almond, R. G. (2003). On the structure of educational assessments. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 1, 3–62.
- Montero, D., Molfils, L., Wang, J., Yen, W., Julian, M ve Moody, M. (2003). *Investigation of the Application of Cognitive Diagnostic Testing to an End-of-Course- High School Examination*, The Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education'da sunuldu. Chicago, IL, April 24
- Muthen, L. K. ve Muthen, B. O. (1998-2007). *Mplus user's guide* fifth edition. Los Angeles: CA: Muthen& Muthen.
- National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nichols, P. D. (1994). A framework for developing cognitively diagnostic assessment. *Review of Educational Research*, 64(4), 575–603.
- Nichols, P. D., Chipman, S. F. ve Brennan, R. L. (1995). *Cognitively diagnostic assessment*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Nitko, A. J. (2001). *Educational Assessment of Students*. NJ: Merrill: Uper Saddle River.
- No Child Left Behind Act of 2001, Pub. L. No. 107{110, 115 Stat. 1425 (2002).

- Nunnally, J. (1978). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.
- Resnick, L. B. ve Resnick, D. P. (1992). *Assessing The Thinking Curriculum: New Tools For Educational Reform*. Norwell, MA: Kluwer.
- Rupp, A. A. (2007). The answer is in the question: A guide for describing and investigating the conceptual foundations and statistical properties of cognitive psychometric models. *International Journal of Testing*. p95-125.
- Rupp, A. A. ve Mislevy, R. J. (2007). Cognitive psychology as it applies to diagnostic assessment. *Theory and practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rupp, A. A. ve Templin, J. (2008). The Effects of Q-Matrix Misspecification on Parameter Estimates and Classification Accuracy in the DINA Model. *Educational and Psychological Measurement*, 68. No 1, ss;78-96.
- Rupp, A. A. ve Templin, J. (2010). *Diagnostic Measurement: Theory, Methods, and Applications*. New York: The Guilford Press A Division of Guilford Publication 82/83
- Rupp, A. A., Templin, J. ve Henson, R. J. (2010). *Diagnostic Measurement: Theory, Methods and Applications*. New York, NY: Guilford Press.
- Samuelsen, K. ve Dayton, M. (2010). *Latent class analysis*. London: Taylor Francis Group.
- Schwartz, G. (1978). Estimating the Dimensions of a Model. *Annals of Statistics* 6, pp. 461-464.
- Stout, W. (2002). Psychometrics: From practice to theory and back: 15 years of nonparametric multidimensional IRT, DIF/test equity, and skills diagnostic assessment. *Psychometrika*, 67, 485-518
- Tatsuoka, K. (1983). Rule space: An approach for dealing with misconceptions based on item response theory. *Journal of Educational Measurement* 20, 345-354.
- Tatsuoka, K. (1984). Caution indices based on item response theory. *Psychometrika*, 49, 95-110.
- Tatsuoka, K. (1990). *Toward an integration of item-response theory and cognitive error diagnosis*. Hillsdale, NJ; Erlbaum.

- Tatsuoka, K. (1991). *Boolean algebra applied to determination of universal set of knowledge states*. Araştırma Raporu ONR-1. Princeton NJ: Educational Testing Service
- Tatsuoka, K. (1995a). *Architecture of knowledge structures and cognitive diagnosis: A statistical pattern recognition and classification approach*. In P.D. Nichols, S. F.
- Tatsuoka, K. (1995b). *Cognitive assessment An Introduction to the Rule Space Method*, Routledge, New York: Taylor & Francis Group.
- Tatsuoka, K. Linn, R.L. (1983). Indices for detecting unusual patterns: Links between two general approaches and potential applications. *Applied Psychological Measurement* 7, 81-96.
- Tatsuoka, K. K., Corter, J. E. Ve Tatsuoka, C. (2004). Patterns of diagnosed mathematical content and process skills in TIMSS-R across a sample of 20 countries. *American Educational Research Journal*, 41,901–926.
- Tekin, H. (2004). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*. Ankara. Yargı Yayınevi. (17. Baskı).
- Templin, J.L. ve Henson, R.A. (2006). Measurement of psychological disorders using cognitive diagnosis models. *Psychological Methods* 11, 3, 287-305.
- The White House [W.H.]. (2003). *An Overview of No Child Left Behind Act*.<<http://www.whitehouse.gov/news/reports/no-child-left-behind.html> #1> (2003, June 3)
- Türk Dil Kurumu (2013). *Güncel Türkçe Sözlük*. www.tdk.gov.tr
- Williamson, D. M., Mislevy, R. J. ve Bejar, I. I. (2006). *Automated scoring of complex tasks in computer-based testing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wylie, E. C. ve Wiliam, D. (2007, April). *Analyzing diagnostic items: What makes a student response interpretable?* The annual meeting of the National Council on Measurement in Education'da sunuldu, Chicago, IL
- Yan, D. Almond, R. & Mislevy, R. (2004). *A Comparison of Two Models for Cognitive Diagnosis*, Research Report, ETS. Ocak 2004

Zhang, W. (2006). *Detecting Differential Item Functioning Using the DINA Model*. Yayınlanmamış doktora tezi. The University of North Carolina at Greensboro.

EKLER

Ek-1: Uzmanlar Tarafından Hazırlanan Q Matrisler

Ek 1.1. Uzman 1 tarafından Hazırlanan Q-Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	1	0	1	0
4	1	1	0	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	0	1	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	1	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	0	1
14	0	1	1	0
15	0	1	0	1
16	0	0	1	0
17	1	1	1	0
18	1	0	1	1
19	0	0	1	1
20	1	1	1	0
21	1	1	0	1
22	0	1	0	0
23	1	0	0	0
24	0	1	1	0
25	1	0	1	1
26	0	1	0	1
27	1	0	1	1
28	0	1	0	0
29	1	1	0	1
30	0	1	1	1
31	1	1	1	1
32	0	1	1	1
33	1	1	1	0
34	1	0	0	0
35	1	1	1	1
36	1	0	0	0
37	1	1	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
38	1	0	1	1
39	1	1	0	0
40	1	1	0	0
41	0	1	1	0
42	1	0	0	1
43	1	1	0	0
44	1	0	1	0
45	0	0	1	1
46	1	0	1	0
47	0	0	1	0
48	1	1	0	1
49	0	1	0	1
50	1	1	1	1
51	0	1	1	1
52	1	1	1	0
53	1	0	0	1
54	0	0	1	1
55	1	0	0	1
56	0	1	0	1
57	1	0	1	0
58	0	0	1	1
59	1	1	0	1
60	1	1	0	1
61	1	1	1	1
62	1	1	1	0
63	1	1	1	0
64	1	0	1	1
65	0	1	0	1
66	1	1	1	1
67	0	1	1	0
68	0	0	0	1
69	1	1	1	1
70	1	1	1	0
71	0	0	0	1
72	1	1	1	1
73	1	1	1	0
74	0	1	0	0
75	0	1	1	1

Ek 1.2. Uzman 2 tarafından Hazırlanan

Q-

Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	1	0	0	0
4	1	1	0	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	0	1	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	1	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	0	1
14	0	1	1	0
15	0	1	0	1
16	0	0	1	0
17	1	1	1	0
18	1	0	1	1
19	0	0	1	1
20	1	1	1	0
21	1	1	0	1
22	1	1	0	0
23	1	0	0	0
24	0	1	1	0
25	1	0	1	1
26	0	1	1	1
27	1	0	1	1
28	0	1	0	0
29	1	1	0	1
30	0	1	1	1
31	1	1	1	1
32	0	1	1	1
33	1	1	1	0
34	1	0	1	0
35	1	1	1	1
36	1	0	0	0
37	1	1	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
38	1	0	1	1
39	1	1	0	0
40	1	1	0	0
41	1	1	1	0
42	1	0	0	1
43	1	1	0	0
44	1	0	1	0
45	0	0	1	1
46	1	0	1	0
47	1	0	1	0
48	1	1	0	1
49	0	1	0	1
50	1	1	1	1
51	0	1	1	1
52	1	1	1	0
53	1	0	0	1
54	0	0	1	1
55	1	0	1	4
56	0	1	0	0
57	1	0	1	0
58	0	0	1	1
59	1	1	0	1
60	1	1	0	1
61	1	1	1	1
62	1	0	1	1
63	1	1	1	0
64	1	0	1	1
65	0	1	0	1
66	1	1	1	1
67	0	1	1	0
68	0	0	0	1
69	1	1	1	1
70	1	1	1	0
71	0	0	0	1
72	1	1	1	1
73	0	1	1	0
74	0	1	0	0
75	0	1	1	1

Ek 1.3. Uzman 3 tarafından Hazırlanan Q-Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	0	1	1	0
4	1	1	0	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	0	1	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	1	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	0	1
14	0	1	1	0
15	0	1	0	1
16	0	0	1	0
17	1	1	1	0
18	1	0	1	1
19	0	0	1	1
20	1	1	1	0
21	1	1	0	1
22	1	1	0	0
23	1	0	0	0
24	0	1	1	0
25	1	0	1	1
26	0	1	0	1
27	1	0	1	1
28	0	1	0	0
29	1	1	0	1
30	0	1	1	1
31	1	1	1	1
32	0	1	1	1
33	1	1	1	0
34	1	0	1	0
35	1	1	1	1
36	1	0	0	0
37	1	1	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
38	1	0	1	1
39	1	1	0	0
40	1	1	0	0
41	0	2	3	0
42	1	0	0	1
43	1	1	0	0
44	1	0	1	0
45	0	0	1	1
46	1	0	1	0
47	0	1	1	0
48	1	1	0	1
49	0	1	0	1
50	1	1	1	1
51	0	1	1	1
52	1	1	1	0
53	1	0	0	1
54	0	0	1	1
55	1	0	0	1
56	0	1	1	1
57	1	0	1	0
58	0	0	1	1
59	1	1	0	1
60	1	1	0	1
61	1	1	1	1
62	0	1	1	0
63	1	1	1	0
64	1	0	1	1
65	0	1	0	1
66	1	1	1	1
67	0	1	1	0
68	0	0	0	1
69	1	1	1	1
70	1	1	1	0
71	0	0	0	1
72	1	1	1	1
73	1	1	1	0
74	0	1	0	0
75	0	1	1	1

Ek 1.4. Uzman 4 tarafından Hazırlanan Q-Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	0	0	1	0
4	1	1	0	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	0	1	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	1	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	0	1
14	0	1	1	0
15	0	1	0	1
16	0	0	1	0
17	1	1	1	0
18	1	0	1	1
19	0	0	1	1
20	1	1	1	0
21	1	1	0	1
22	0	1	1	0
23	1	0	0	0
24	0	1	1	0
25	1	0	1	1
26	0	0	0	1
27	1	0	1	1
28	0	1	0	0
29	1	1	0	1
30	0	1	1	1
31	1	1	1	1
32	0	1	1	1
33	1	1	1	0
34	1	0	1	0
35	1	1	1	1
36	1	0	0	0
37	1	1	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
38	1	0	1	1
39	1	1	0	0
40	1	1	0	0
41	0	1	1	0
42	1	0	0	1
43	1	1	0	0
44	1	0	1	0
45	0	0	1	1
46	1	0	1	0
47	1	0	1	0
48	1	1	0	1
49	0	1	0	1
50	1	1	1	1
51	0	1	1	1
52	1	1	1	0
53	1	0	0	1
54	0	0	1	1
55	1	0	1	1
56	0	1	0	1
57	1	0	1	0
58	0	0	1	1
59	1	1	0	1
60	1	1	0	1
61	1	1	1	1
62	1	0	1	0
63	1	1	1	0
64	1	0	1	1
65	0	1	0	1
66	1	1	1	1
67	0	1	1	0
68	0	0	0	1
69	1	1	1	1
70	1	1	1	0
71	0	0	0	1
72	1	1	1	1
73	1	0	1	0
74	0	1	0	0
75	0	1	1	1

Ek 1.5. Uzman 5 tarafından Hazırlanan Q-Matris

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	0	1	1	0
4	1	1	0	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	0	1	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	1
10	1	0	0	1
11	1	0	0	1
12	0	1	1	0
13	0	1	0	1
14	0	1	1	0
15	0	1	0	1
16	0	0	1	0
17	1	1	1	0
18	1	0	1	1
19	0	0	1	1
20	1	1	1	0
21	1	1	0	1
22	0	1	0	0
23	1	0	0	0
24	0	1	1	0
25	1	0	1	1
26	0	1	0	1
27	1	0	1	1
28	0	1	0	0
29	1	1	0	1
30	0	1	1	1
31	1	1	1	1
32	0	1	1	1
33	1	1	1	0
34	1	0	0	0
35	1	1	1	1
36	1	0	0	0
37	1	1	0	0

Madde No	Özellik			
	α_1 Yükseklik	α_2 Kütle	α_3 Hız	α_4 Sürtünm
38	1	0	1	1
39	1	1	0	0
40	1	1	0	0
41	0	0	1	0
42	1	0	0	1
43	1	1	0	0
44	1	0	1	0
45	0	0	1	1
46	1	0	1	0
47	0	0	1	0
48	1	1	0	1
49	0	1	0	1
50	1	1	1	1
51	0	1	1	1
52	1	1	1	0
53	1	0	0	1
54	0	0	1	1
55	1	0	0	1
56	0	1	0	0
57	1	0	1	0
58	0	0	1	1
59	1	1	0	1
60	1	1	0	1
61	1	1	1	1
62	0	1	1	0
63	1	1	1	0
64	1	0	1	1
65	0	1	0	1
66	1	1	1	1
67	0	1	1	0
68	0	0	0	1
69	1	1	1	1
70	1	1	1	0
71	0	0	0	1
72	1	1	1	1
73	1	1	1	0
74	0	1	0	0
75	0	1	1	1

Ek-2. OxEdit Syntax

```

1  #include <oxstd.h>
2  #include <oxprob.h>
3  #include <oxfloat.h>
4
5  decl N=504,J=65,K=4;
6  decl data={"deneme.dat"};
7  decl qmatrix={"denemeq.txt"};
8  decl emp_bayes=1,analysis=2;
9  decl crit=0.001,maxit=999;
10
11 decl Q,X;
12 decl post,alpha,g,s,se;
13 decl r0,r1,n0,n1;
14 decl prior,lprior,eta;
15 decl it,maxabs;
16 decl locmax,max_p,m_obs,m_exp;
17 decl se2_obs,se2_exp;
18 decl Nfit;
19 decl et;
20 decl alpha1,m1;
21
22 pattern(){
23 alpha=<>;
24 for(decl k=1;k<=K;k++){
25 decl tmp=<>;
26 decl base=zeros(2^(K-k),1)|ones(2^(K-k),1);
27 for(decl l=0;l<2^(k-1);l++){
28 tmp=tmp|base;}
29 alpha=alpha~tmp;}
30
31 alpha=alpha~sumr(alpha);
32

```

Ek-3: Deneme Uygulaması Verileri

x Professional version 6.00 (Windows/U/MT) (C) J.A. Doornik, 1994-2009

 The use of this code is limited to
 educational and noncommercial research purposes only.

***** DINA MODEL OUTPUT *****

Iteration Max. Change

010	0.013144
020	0.009020
030	0.003458
040	0.001617

Number of iterations: 48
 Maximum Difference: 0.000975926
 Elapsed Time: 22.30

**** Test-Level Fit Statistics ****

-2LL 41909.0585

AIC 42199.0585

BIC 42810.1767

**** Item-Level Fit Statistics ****

Prop Z(Corr) Log(OR)

Mean Abs. Dev. 0.0046 0.0614 0.2546

Max. Abs. Dev. 0.0161 0.2865 1.2019

SE(Max Abs Dev) 0.0222 0.0449 0.2005

Parameter Estimates:

Item	Guess	SE(Guess)	Slip	SE(Slip)	Item	Guess	SE(Guess)	Slip	SE(Slip)
001	0.4682	0.0288	0.2243	0.0329	032	0.3009	0.0292	0.2642	0.0343
002	0.3388	0.0265	0.1765	0.0321	033	0.4500	0.0288	0.1156	0.0269
003	0.5870	0.0283	0.1188	0.0259	034	0.4054	0.0268	0.1725	0.0324
004	0.5859	0.0273	0.1519	0.0290	035	0.3779	0.0281	0.3524	0.0376
005	0.5226	0.0315	0.4475	0.0352	036	0.2618	0.0258	0.3197	0.0370
006	0.3912	0.0308	0.3004	0.0346	037	0.4303	0.0294	0.1859	0.0311
007	0.4303	0.0315	0.3344	0.0360	038	0.3784	0.0281	0.3587	0.0377
008	0.4003	0.0291	0.4617	0.0391	039	0.4343	0.0276	0.1647	0.0307
009	0.4007	0.0291	0.4516	0.0391	040	0.5016	0.0316	0.2284	0.0323
010	0.2421	0.0256	0.5926	0.0384	041	0.4221	0.0275	0.4138	0.0400
011	0.5063	0.0315	0.5658	0.0349	042	0.4620	0.0280	0.2936	0.0371
012	0.2333	0.0272	0.5010	0.0372	043	0.4662	0.0313	0.2043	0.0312
013	0.4607	0.0315	0.1574	0.0268	044	0.5399	0.0271	0.1284	0.0283
014	0.5011	0.0312	0.2422	0.0323	045	0.4124	0.0286	0.2710	0.0351
015	0.4149	0.0358	0.2629	0.0310	046	0.4701	0.0276	0.2196	0.0341
016	0.3981	0.0271	0.2048	0.0335	047	0.4823	0.0296	0.1446	0.0289
017	0.4094	0.0268	0.7051	0.0381	048	0.4232	0.0316	0.1784	0.0306
018	0.5043	0.0316	0.1896	0.0304	049	0.4810	0.0278	0.2602	0.0359
019	0.3695	0.0268	0.2564	0.0359	050	0.3474	0.0305	0.5095	0.0378
020	0.4061	0.0277	0.4451	0.0400	051	0.4147	0.0277	0.5814	0.0398
021	0.3246	0.0295	0.3564	0.0365	052	0.3903	0.0274	0.6165	0.0393
022	0.1675	0.0269	0.0957	0.0229	053	0.4971	0.0272	0.2402	0.0363
023	0.2838	0.0247	0.1791	0.0330	054	0.5202	0.0276	0.2941	0.0374
024	0.3629	0.0264	0.1874	0.0325	055	0.4740	0.0272	0.2416	0.0356
025	0.3109	0.0344	0.1709	0.0271	056	0.5544	0.0311	0.5173	0.0371
026	0.3248	0.0265	0.3796	0.0391	057	0.6048	0.0266	0.2940	0.0380
027	0.3374	0.0275	0.3049	0.0365	058	0.4253	0.0312	0.4483	0.0352
028	0.4715	0.0272	0.1111	0.0267	059	0.2078	0.0819	0.1804	0.0237
029	0.4274	0.0287	0.2313	0.0335	060	0.5261	0.0272	0.3962	0.0406
030	0.4553	0.0275	0.4742	0.0407	061	0.6333	0.0266	0.2528	0.0358
031	0.3244	0.0256	0.3714	0.0402	062	0.1339	0.0611	0.5518	0.0265
					063	0.5568	0.0270	0.1794	0.0326
					064	0.4325	0.0354	0.2648	0.0303
					065	0.3721	0.0281	0.3214	0.0367

Latent Classes and their Posterior Probabilities:

"0000" 0.0544	"0110" 0.0691
"1000" 0.0044	"0101" 0.0311
"0100" 0.0054	"0011" 0.0567
"0010" 0.0061	"1110" 0.0143
"0001" 0.3080	"1101" 0.0279
"1100" 0.0137	"1011" 0.0015
"1010" 0.0048	"0111" 0.0574
"1001" 0.0374	"1111" 0.3078

Estimates of Attribute Prevalence:

1	0.4117
2	0.5267
3	0.5178
4	0.8278

Ek-4. Deneme Uygulaması Seçenek Analizi

Madde No	Yanıtların Seçeneklere Dağılımı			
	A	B	C	D
1	% 7,7	11,1	61,1	20,0
2	% 69,2	7,9	17,1	5,8
3	% 13,7	21,2	55,2	9,9
4	% 9,1	4,4	4,2	82,3
5	% 17,5	7,1	6,0	69,4
6	% 15,7	72,0	6,9	5,4
7	% 71,4	10,7	5,4	12,5
8	% 6,9	7,1	12,9	73,0
9	% 15,1	17,5	50,6	16,9
10	% 7,7	28,0	21,6	42,7
11	% 9,7	46,8	8,9	34,5
12	% 21,6	29,0	36,7	12,7
13	% 15,7	64,1	8,7	11,5
14	% 8,5	7,7	7,9	75,8
15	% 69,4	6,5	18,1	6,0
16	% 32,7	11,5	44,0	11,7

Madde No	Yanıtların Seçeneklere Dağılımı			
	A	B	C	D
17	% 11,5	59,7	13,5	15,3
18	% 11,1	15,3	44,2	29,4
19	% 12,1	8,9	61,3	17,7
20	% 23,0	41,5	11,3	24,2
21	% 7,5	8,5	7,1	76,8
22	% 42,5	25,8	25,4	6,3
23	% 7,7	8,3	17,7	66,3
24	% 7,1	6,5	59,9	26,4
25	% 20,2	6,9	10,9	61,9
26	% 16,1	52,4	19,4	12,1
27	% 67,7	9,1	12,3	10,9
28	% 8,5	70,4	12,7	8,1
29	% 61,1	11,9	15,5	11,3
30	% 25,4	30,4	26,2	17,9
31	% 6,7	26,6	54,2	12,3
32	% 9,7	11,9	48,0	30,0

Madde No	Yanıtların Seçeneklere Dağılımı*			
	A	B	C	D
33	% 50,6	10,9	31,9	6,0
34	% 31,2	13,1	53,0	12,1
35	% 28,8	18,8	13,3	38,3
36	% 32,7	37,9	15,5	13,1
37	% 17,5	28,8	28,0	25,0
38	% 21,6	63,1	9,7	5,6
39	% 16,7	6,0	61,5	15,9
40	% 18,5	6,0	5,2	70,2
41	% 60,9	21,6	6,3	11,1
42	% 27,8	24,4	18,7	29,2
43	% 11,5	51,8	21,2	15,5
44	% 46,0	21,8	15,3	16,9
45	% 28,2	10,7	15,7	45,2
46	% 19,4	21,6	47,2	11,7
47	% 17,7	63,7	7,9	10,7
48	% 52,6	21,6	15,3	10,5

Madde No	Yanıtların Seçeneklere Dağılımı*			
	A	B	C	D
49	% 9,7	11,9	36,7	41,7
50	% 77,2	7,3	9,1	6,3
51	% 13,3	34,1	15,7	36,9
52	% 18,7	6,9	56,0	18,5
53	% 11,5	17,1	8,1	63,3
54	% 60,3	5,4	18,1	16,1
55	% 21,2	28,0	12,5	38,1
56	% 15,3	19,2	19,8	45,2
57	% 15,5	12,7	57,7	13,9
58	% 58,3	11,7	6,0	23,8
59	% 8,9	27,6	52,8	10,5
60	% 14,7	48,0	15,3	21,8
61	% 17,1	27,2	17,9	37,7
62	% 15,1	21,0	46,0	17,7
63	% 33,3	15,3	40,3	10,9
64	% 60,1	9,5	7,7	22,4
65	% 19,0	52,6	12,9	15,3

*Anahtar yanıt koyu renkle gösterilmiştir.

Ek-5. Nihai Uygulama Analiz Çıktıları

----- Ox at 13:56:25 on 25-May-2013 -----

Ox Professional version 6.00 (Windows/U/MT) (C) J.A. Doornik, 1994-2009

 The use of this code is limited to
 educational and noncommercial research purposes only.

***** DINA MODEL OUTPUT *****

Iteration	Max. Change
-----------	-------------

010	0.005408
-----	----------

020	0.003131
-----	----------

030	0.001184
-----	----------

Number of iterations: 32

Maximum Difference: 0.000994876

Elapsed Time: 3.47

***** Test-Level Fit Statistics *****

-2LL	8341.4430
------	-----------

AIC	8471.4430
-----	-----------

BIC	8705.3445
-----	-----------

***** Item-Level Fit Statistics *****

Prop	Z(Corr)	Log(OR)
------	---------	---------

Mean Abs. Dev.	0.0072	0.0665	0.2848
----------------	--------	--------	--------

Max. Abs. Dev.	0.0174	0.2730	1.1393
----------------	--------	--------	--------

SE(Max Abs Dev)	0.0280	0.0612	0.2644
-----------------	--------	--------	--------

Parameter Estimates:

Item	Guess	SE(Guess)	Slip	SE(Slip)
1	0.26	0.05	0.48	0.04
2	0.52	0.05	0.34	0.04
3	0.48	0.09	0.33	0.04
4	0.45	0.04	0.17	0.05
5	0.38	0.04	0.10	0.03
6	0.38	0.05	0.34	0.03
7	0.49	0.04	0.31	0.04
8	0.58	0.04	0.23	0.04
9	0.45	0.04	0.08	0.03
10	0.64	0.04	0.32	0.04
11	0.47	0.04	0.28	0.03
12	0.28	0.04	0.05	0.04
13	0.40	0.04	0.11	0.02
14	0.46	0.04	0.20	0.04
15	0.34	0.04	0.16	0.04
16	0.19	0.04	0.33	0.04
17	0.36	0.04	0.59	0.05
18	0.21	0.04	0.57	0.05
19	0.46	0.04	0.37	0.04
20	0.14	0.04	0.19	0.04
21	0.45	0.04	0.04	0.05
22	0.32	0.04	0.42	0.05
23	0.13	0.04	0.18	0.03
24	0.47	0.04	0.10	0.05
25	0.47	0.04	0.30	0.04

Latent Classes and their Posterior Probabilities:

"0000"	0.1520	"0110"	0.0362
"1000"	0.0931	"0101"	0.0271
"0100"	0.0373	"0011"	0.0189
"0010"	0.0931	"1110"	0.0411
"0001"	0.0922	"1101"	0.0001
"1100"	0.0355	"1011"	0.0385
"1010"	0.0305	"0111"	0.0268
"1001"	0.0263	"1111"	0.2954

Estimates of Attribute Prevalence:

1	0.5110
2	0.5595
3	0.7330
4	0.5144

Ek-6. Öğrencilerin Ait Oldukları Örtük Sınıflar

1	1 1 1 1	46	0 0 1 0	91	1 1 1 1
2	1 1 1 1	47	0 0 0 0	92	1 1 1 1
3	1 1 1 1	48	1 1 1 1	93	1 1 1 1
4	1 1 1 1	49	0 0 0 0	94	1 1 1 1
5	1 1 0 1	50	1 1 1 1	95	1 1 1 1
6	1 1 1 1	51	1 1 1 1	96	1 1 1 1
7	0 0 0 0	52	1 1 1 1	97	1 1 1 1
8	0 0 0 0	53	1 1 1 1	98	1 1 1 1
9	0 0 0 1	54	1 1 1 1	99	0 0 0 1
10	0 0 0 0	55	1 1 1 1	100	1 1 1 1
11	0 0 0 1	56	1 1 1 1	101	0 0 1 1
12	1 1 1 1	57	1 1 1 1	102	1 1 1 1
13	0 0 0 0	58	1 1 1 1	103	0 0 1 0
14	0 0 1 0	59	1 1 1 1	104	0 0 1 0
15	1 1 1 1	60	1 1 1 1	105	0 0 1 0
16	0 0 0 0	61	1 1 1 1	106	0 0 0 0
17	1 1 1 1	62	0 0 1 0	107	1 1 1 1
18	0 0 0 1	63	1 1 1 1	108	1 1 1 1
19	0 0 0 1	64	1 1 1 1	109	1 1 1 1
20	0 0 0 1	65	1 1 1 1	110	1 1 1 1
21	0 0 1 0	66	1 1 1 1	111	1 1 0 1
22	0 0 1 0	67	1 1 1 1	112	0 0 1 0
23	1 1 1 1	68	0 0 1 1	113	1 1 1 1
24	1 1 1 1	69	1 1 1 1	114	0 0 0 0
25	1 1 1 1	70	1 1 1 1	115	0 0 0 0
26	0 0 1 0	71	1 1 1 1	116	1 1 1 1
27	0 0 0 0	72	1 1 1 1	117	1 1 1 1
28	1 1 1 1	73	1 1 1 0	118	0 0 0 0
29	0 0 1 0	74	1 1 1 1	119	1 1 1 1
30	0 0 1 0	75	1 1 1 1	120	1 1 1 1
31	0 0 0 0	76	1 1 1 1	121	1 1 1 1
32	1 1 1 1	77	1 1 1 1	122	1 1 1 0
33	0 0 0 0	78	1 1 1 1	123	0 0 0 1
34	1 1 1 1	79	0 0 0 1	124	1 1 1 1
35	0 0 1 0	80	1 1 1 1	125	0 1 1 0
36	1 1 1 0	81	0 0 1 0	126	1 1 1 1
37	1 1 1 1	82	1 1 1 1	127	0 0 0 0
38	1 1 1 1	83	1 1 1 1	128	1 1 1 0
39	0 0 0 1	84	0 0 0 0	129	1 1 1 1
40	0 0 0 1	85	1 1 1 1	130	1 1 1 1
41	0 0 0 1	86	1 1 1 1	131	1 1 1 1
42	0 0 0 0	87	1 1 1 1	132	0 0 1 0
43	1 1 1 1	88	0 0 1 0	133	0 0 0 1
44	0 0 0 0	89	1 1 1 1	134	0 0 0 0
45	1 1 1 1	90	1 1 1 1	135	1 1 1 1

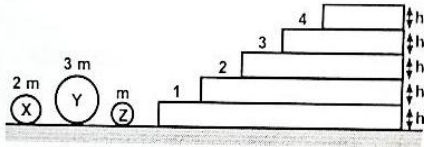
Ek-6. Nihai Test Öğrencilerin Ait Oldukları Örtük Sınıflar (Devam)

136	1 1 1 1	181	1 1 1 1	226	0 0 1 0
137	1 1 1 1	182	1 1 1 0	227	0 0 1 0
138	0 0 1 0	183	1 1 1 0	228	1 0 1 0
139	1 1 1 1	184	0 0 0 0	229	0 0 1 0
140	1 1 1 1	185	0 0 0 1	230	0 0 1 0
141	0 0 1 0	186	0 0 1 0	231	0 0 1 0
142	1 1 1 1	187	0 0 0 1	232	0 0 1 0
143	1 1 1 1	188	0 0 0 0	233	0 0 1 0
144	0 0 1 0	189	0 0 0 0	234	0 0 1 0
145	1 1 1 1	190	0 0 1 0	235	0 0 1 0
146	1 1 1 1	191	0 0 0 0	236	0 0 1 0
147	0 0 1 0	192	1 1 1 0	237	0 0 1 0
148	1 1 1 1	193	1 1 1 0	238	0 0 1 0
149	0 1 1 0	194	0 0 0 0	239	0 0 1 0
150	1 1 1 1	195	0 1 1 0	240	0 0 1 0
151	0 0 0 0	196	0 0 0 0	241	0 0 0 0
152	0 0 1 0	197	0 0 1 0	242	0 0 1 0
153	1 1 1 1	198	1 1 1 1	243	0 0 0 0
154	1 1 1 1	199	1 1 1 1	244	0 0 0 0
155	0 0 1 0	200	0 0 1 0	245	0 0 1 0
156	0 0 1 0	201	0 0 1 0	246	0 0 1 0
157	1 1 1 1	202	0 0 0 1	247	1 1 1 0
158	0 0 1 0	203	0 0 1 0	248	0 0 1 0
159	1 1 1 1	204	0 0 0 0	249	0 0 1 0
160	1 1 1 1	205	0 0 0 0	250	0 0 1 0
161	0 0 0 1	206	0 0 0 0	251	0 0 0 0
162	1 1 1 0	207	0 0 0 0	252	0 0 1 0
163	1 1 1 1	208	1 1 1 0	253	1 1 1 0
164	1 1 1 1	209	0 0 1 0	254	0 0 1 0
165	1 1 1 1	210	0 0 1 0	255	1 1 1 0
166	1 1 1 1	211	0 0 1 0	256	0 0 0 0
167	0 0 0 1	212	0 0 0 0	257	0 0 0 0
168	1 1 1 1	213	0 0 0 1	258	0 0 1 0
169	1 1 1 1	214	0 0 0 0	259	0 0 0 0
170	0 0 0 0	215	0 0 1 0	260	1 1 1 0
171	0 0 1 0	216	0 0 0 1	261	0 0 0 1
172	0 0 0 1	217	0 0 0 0	262	0 0 0 0
173	1 1 1 1	218	0 0 1 0	263	0 0 0 1
174	1 1 1 1	219	0 0 1 0	264	0 0 0 0
175	0 0 1 0	220	0 0 0 0	265	0 0 0 0
176	1 1 1 1	221	0 0 1 0	266	1 1 1 0
177	0 0 1 0	222	1 1 1 0	267	0 0 0 0
178	1 1 1 1	223	0 0 1 0	268	1 1 1 0
179	1 1 1 1	224	0 0 1 0	269	1 1 1 1
180	1 1 1 1	225	0 0 1 0	270	0 0 0 1

Ek-7. Nihai Testte Yer Alan Maddeler

7. SINIF FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ ENERJİ TESTİ

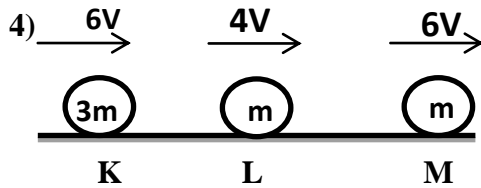
2)



Kütleleri $2m$, $3m$ ve m olan X, Y, Z cisimleri sırasıyla 3., 2. ve 4. basamaklara çıkarılarak bu noktalardan serbest bırakılıyor.

Basamakların her birinin yüksekliği h olduğuna göre cisimlerin yere çarpma hızları V_X , V_Y ve V_Z arasındaki ilişki hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

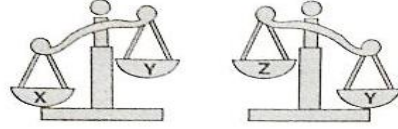
- A) $V_X = V_Y > V_Z$ B) $V_Z > V_Y > V_X$
 C) $V_Z > V_X > V_Y$ D) $V_X > V_Y > V_Z$



Sabit hızlarla sürtünmesiz yolda hareket eden K, L, M cisimlerinin hız ve kütleleri şekilde verilmiştir. Cisimlerin E_K , E_L ve E_M kinetik enerjileri arasındaki ilişki nasıldır?

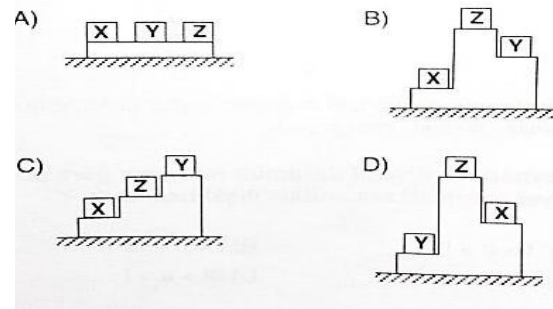
- A) $E_M = E_K > E_L$
 B) $E_K > E_M > E_L$
 C) $E_K = E_L = E_M$
 D) $E_M = E_L > E_K$

66)



X, Y, Z cisimleri eşit kollu terazilerde şekildeki gibi dengededir.

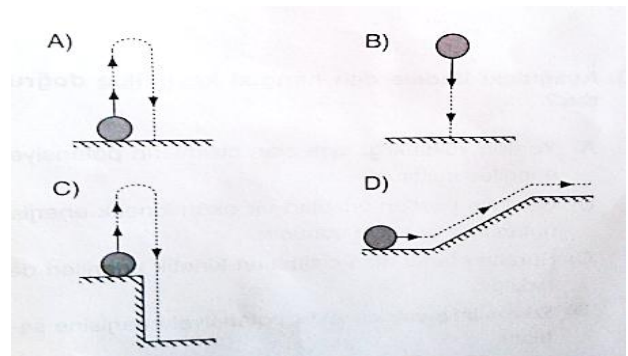
Buna göre X, Y, Z cisimlerinin konumu aşağıdaki-erden hangisindeki gibi olursa cisimlerin yere göre potansiyel enerjileri eşit olabilir?



10) Bir cismin kinetik enerji- zaman değerleri tabloda verilmiştir.

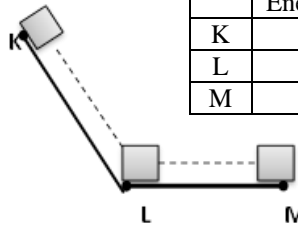
Zaman (s)	0	1	2	3
Kinetik Enerji (J)	100	0	100	200

Buna göre cisim aşağıdaki yollardan hangisini izlemiş olabilir?



14) Bir cisim K noktasından serbest bırakıldığında şekildeki yolu izlemektedir.

	Potansiyel Enerji	Kinetik Enerji
K	100 J	0
L	0	50 J
M	0	50 J

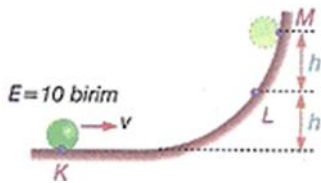


Cismin K, L ve M noktasındaki potansiyel ve kinetik enerji değerleri tabloda verildiğine göre aşağıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?

- K- L yolu sürtünmelidir.
- Cismin L-M arasındaki hızı sabittir.
- Sürtünmeye harcanan enerji 50 J'dür.
- Daha yüksekte bırakılıyorsa harcanan enerji değişmezdi..

- A) I ve II B) III ve IV
C) I,II ve III D) I,II ve IV

17)



K noktasında 10 birim enerjiye sahip olan bir cisim sürtünmeli yüzey üzerinde M noktasına kadar çıkabilmektedir.

Buna göre aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- Cisim M noktasından K noktasına geri döndüğünde hızı V' den az olur.
- Cismin L noktasındaki toplam enerjisi M noktasındaki toplam enerjisinden fazladır.

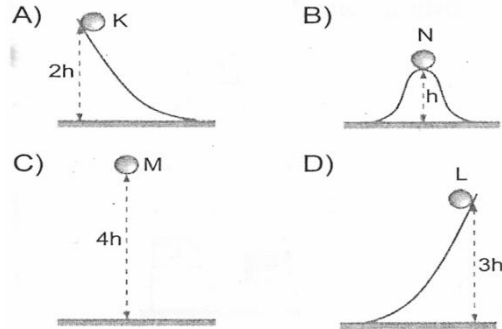
C) Cismin kütlede değişiklik olursa çıkabileceği noktayı etkiler.

D) Cisim M noktasından geriye doğru dönerken hızında değişiklik olmaz.

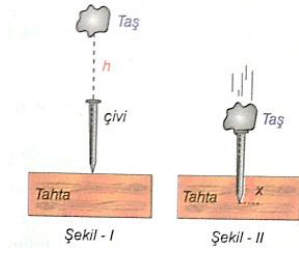
18) Aşağıdaki tabloda K, L, M ve N cisimlerinin yerden yüksekliklerine bağlı potansiyel enerji değerleri verilmiştir.

Cisimler	Cismin bulunduğu yükseklik	Cismin Potansiyel Enerjisi (Joule)
K	h	50
L	2h	140
M	3h	150
N	h/2	100

Verilen bilgilere göre aşağıdaki seçeneklerden hangisinde cismin sahip olduğu potansiyel enerji en büyüktür?



19)



Yukarıda şekilde gösterildiği gibi bir çivinin h kadar üstünden serbest bırakılan bir taş çiviye çarpıp, çivinin tahta içine girmesini sağlıyor.

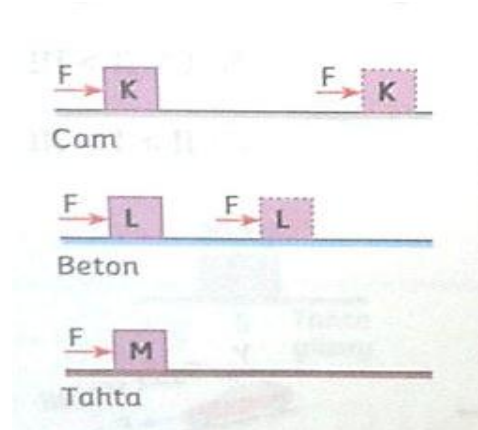
Buna göre aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

- A) Taş aynı yükseklikten süratli bir şekilde atılsaydı çivinin ilerleme miktarı x daha büyük olurdu.
- B) Daha yumuşak bir ortamda çivinin ilerleme miktarı x daha büyük olurdu.
- C) Taş daha yukarıdan bırakılsaydı çivinin ilerleme miktarı x daha büyük olurdu.
- D) Daha büyük kütleli taş bırakılsaydı, çivinin ilerleme miktarı x daha küçük olurdu.

21) Araçlar yolda hareket ederken sürtünme kuvvetine maruz kalırlar. Sürtünme kuvvetiyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

- A) Yüzeyleri aynı ağırlıkları farklı araçlara etki eden sürtünme kuvveti farklıdır.
- B) Farklı hızlardaki özdeş araçlar aynı zemine bırakıldığında durma mesafeleri aynıdır.
- C) Aracın ağırlığı alacağı yolu etkilemez sadece yüzey alanı etkilidir.
- D) Aynı hızdaki özdeş araçların tahta zeminde ve mermer zeminde durma mesafeleri aynıdır

23)



Özdeş K, L, M cisimlerine aynı anda eşit şiddette F kuvveti etki ediyor. Bir süre sonra K'nin daha hızlı ilerlediği, L'nin onun arkasında kaldığı M'nin hiç hareket etmediği görülüyor.

Buna göre; K, L, M cisimlerine etki eden sürtünme kuvvetleri arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $K = L = M$
- B) $K > L > M$
- C) $M > L > K$
- D) $K > M > L$

24)

Aşağıdakilerden hangisi potansiyel enerjiye sahip değildir?

