

# DINA Modelde Q Matrisin Hatalı Belirlenmesinin Farklı Örneklem Büyüklükleri ve Test Uzunluklarında Madde Parametrelerine Etkisi<sup>1</sup>

Gizem UYUMAZ<sup>2</sup> & Ömay ÇOKLUK-BÖKEOĞLU<sup>3</sup>

## ÖZET

Bilişsel tanı modellerinde, ölçme aracındaki her bir madde, bireylerin ölçülen beceriler bakımından sınıflandırılmasında, ölçtüğü becerilere göre belirlenen farklı etkilere sahiptir. Yapılan sınıflamaların doğruluğunu ve çıkarımların kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri ölçme aracındaki madde-beceri ilişkilerinin hatasız kurulması diğer bir deyişle Q matrisinin hatasızlığıdır. Q matrisinin hatalı belirlenmesi bireyler hakkında verilen kararların hatalı olmasına sebep olmaktadır. Temel araştırma niteliğindeki bu çalışmada, DINA modelde Q matrisinin hatalı belirlenmesinin farklı örneklem büyüklüğü (50, 100, 250, 500 ve 1000 kişi) ve test uzunluğu (15 ve 30 madde) koşullarına sahip benzetim yoluyla oluşturulan veri setlerindeki parametre kestirimlerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Parametre kestirimleri Bayes kestirimine dayanan Markov Zinciri Monte Carlo yöntemi ile yapılmıştır. Hatalı belirlenen Q matrislerine ilişkin kestirimler, veri setine uygun hatasız Q matrisine ilişkin madde parametreleriyle karşılaştırılmıştır. Q matrisinde eksik belirleme yapılan koşullarda, eksik belirleme yapılan maddelere ilişkin kaydırma parametreleri ve bunlara ilişkin standart hata değerleri, fazla belirleme yapılan koşullarda ise fazla belirleme yapılan maddelere ilişkin tahmin parametreleri ve bunlara ilişkin standart hata değerleri gerçek değerinden yüksek değerde kestirilmiştir. Ele alınan koşulların tümünde, parametre kestirimleri Q matrisinin hatalı belirlenmesinden etkilenmektedir. Ancak kestirimlerdeki hata miktarı örneklem büyüklüğüne göre düzenli bir farklılaşma göstermemektedir.

*Anahtar Sözcükler:* Hatalı belirleme, Tahmin parametresi, Kaydırma parametresi



DOI Number: <http://dx.doi.org/10.22521/jesr.2017.71.4>

<sup>1</sup> Bu makale, TÜBİTAK desteği ile Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nde çalışmanın ikinci yazarı danışmanlığında ilk yazar tarafından hazırlanan doktora tezinin bir kısmından oluşturulmuştur.

<sup>2</sup> Arş. Gör. Dr. - Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkiye - gizemuyumaz@gmail.com

<sup>3</sup> Doç. Dr. - Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Türkiye - cokluk@education.ankara.edu.tr

## GİRİŞ

Eğitimde ve psikolojide teşhis amacıyla kullanılan her bir ölçme aracı ya da bu araçlarda yer alan her bir madde, bireylerin belli bir beceriye sahip olup olmadığını ya da sahip olma derecesini belirlemek amacıyla oluşturulur. Bu durum beraberinde bireylerin her bir maddedeki ve aracın bütünündeki performansı için bir sınıflama yapılmasını gerektirir. Bir ölçme aracı tek bir beceriyi ölçmeye yönelik olmayabileceği gibi, bir maddenin doğru yanıtlanması için de yalnızca bir beceriye sahip olmak yeterli olmayabilir. Bu tür durumlarda, araçtaki her bir maddenin bireylerin sınıflandırılmasında aynı etkiye sahip olması, sınıflandırmaların geçerliği ve verilecek kararların doğruluğu açısından uygun olmayabilir. Özellikle başarı testlerinde, bireylerin maddedeki ve testin bütünündeki performanslarının doğru sınıflandırılmasında, her bir maddeyi doğru yanıtlamak için hangi becerilerin gerekli olduğunun işin içerisine katılması etkilidir. Bunu sağlayabilmek Bilişsel Tanı Modellerinin (BTM) kullanılmasıyla olanaklıdır (Rupp, & Templin, 2008b; de la Torre, 2009a; Rupp, Templin, & Henson, 2010).

BTM'ler, bireyin ölçme aracındaki bir maddeye doğru yanıt verebilmesi için gerekli olan örtük beceri ya da becerilere sahip olup olmadığını ortaya çıkarır ve buna bağlı olarak yeteneğini kategorik olarak belirler. BTM'lerde, maddelerin doğru yanıtlanabilmesi için gerekli olan beceriler doğru belirlendiğinde, bireylerin yanıtlarından hareketle ölçme aracının kapsamına yönelik güçlü ve zayıf yönleri belirlenebilir. BTM sayesinde öğrencinin her bir maddedeki ve ölçülen yapıya ilişkin her bir becerideki (gizil değişkenler yardımıyla tanımlanan) kesikli profili çıkarılarak, beceriler düzeyinde belirlemeler yapmak ve geribildirim vermek mümkündür. Böylece sadece sınıflamaya dayalı bir değerlendirme yapmanın ötesinde öğrencinin ölçülen konu alanlarındaki, mevcut durumu belirlenerek eğitim ortamındaki öğrenmeleri teşhis edilir, bir sonraki eğitim seviyesi için hazırbulunuşluk düzeyi ve eğitim ihtiyaçları belirlenerek eğitim sürecine doğru bir biçimde yön verilebilir (Henson, & Templin, 2006; Rupp, & Templin, 2008a; 2008b; de la Torre, 2009a; Rupp vd., 2010).

BTM'lerde elde edilen bilginin kalitesi, yapılacak çıkarımların ve alınacak kararların doğruluğu, maddelerin kalitesinin ve ölçme aracının kapsam geçerliğinin yanı sıra, bireylerin becerilerle ilişkili örtük sınıflara yerleştirilmesinin geçerliğine bağlıdır. Bu ise doğrudan Q matrisin hatasız belirlenmesiyle ilişkilidir. Q matris, ölçme aracıyla ölçülen yapıya ilişkin beceriler ile ölçme aracında yer alan maddeler arasında ilişki kurar. Bir maddenin doğru yanıtlanabilmesi için, ölçme aracıyla yoklanmak istenen becerilerden hangilerine sahip olunması gerektiğini gösterir. Bir madde bir beceriyi yokluyorsa, matriste o maddenin satırı ile ilgili becerinin sütununun kesiştiği hücreye "1", gerekmiyorsa "0" yazılır. Q matrisin hatalı belirlenmesi, analizler sonucunda oluşturulacak birey profilinin yanlış olmasına, yanlış belirlemeler yapıp, yanlış kararlar verilmesine neden olabilecektir (Tatsuoka, 1983; Rupp, & Templin, 2008a; 2008b; de la Torre, 2009a; Rupp vd., 2010; Im, & Corter, 2011; Romero, Ordoñez, Ponsoda, & Revuelta, 2014; Qin vd., 2015). Q matrisin hatasızlığının ve model veri uyumunun sağlanması, ölçme aracıyla elde edilen tanınal bilginin kalitesini belirleyen temel unsurdur ve elde edilen sonuçların geçerliği açısından büyük önem taşımaktadır (de la Torre, & Douglas, 2004; Henson, 2004; Dogan, & Tatsuoka, 2008; Rupp, & Templin, 2008a; Tatsuoka, 1983).

Bu çalışmada BTM'lerden DINA (The Deterministic Inputs, Noisy "And" Gate: Haertel, 1989; de la Torre, 2009) modele ilişkin incelemeler yapılmıştır. DINA model gizil yordayıcı değişkenlerin (beceriler) ve gözlenen tepki değişkenlerinin (yanıtlar) "ikili" puanlandığı, "telafi edici olmayan" yani bireyin maddenin yanıtlanabilmesi için gerekli bir beceriye sahip olmaması durumunun, başka bir beceriye sahip olması ile telafi edilemediği BTM'lerdendir (Henson, &

Templin, 2006; Rupp, & Templin, 2008a; 2008b; de la Torre, 2009b; Rupp vd., 2010). DINA modelde yanıt örüntüsünde bulunan modele uygun olmayan yanıtların olasılıkları iki şekilde tahmin edilmektedir. Bunlar bireyin ilgili madde ile ölçülen bütün becerilere sahip olduğu halde maddeye yanlış yanıt verme olasılığını ifade eden “kaydırma (s)” ve ölçülen becerilerden en az birine sahip olmadığı halde maddeye doğru yanıt verme olasılığını ifade eden “tahmin (g)” parametreleridir. s parametresi ne kadar düşük olursa madde ile ölçülen becerilere sahip bireylerin maddeye doğru yanıt verme olasılığı da o kadar artar. g parametresi ne kadar düşük olursa ölçülen becerilere sahip olmayan bireylerin maddeye doğru yanıt verme olasılığı o kadar azalır (Rupp, & Templin, 2008a; de la Torre, 2009a; Rupp vd., 2010).

DINA modele uygun olarak geliştirilen başarı testlerinde analizler yapıldığında karşılaşılan temel problemlerden biri s ve g parametrelerinin, hatasızlığın bir göstergesi olarak sifıra yakın değerler alması gerekirken (de la Torre, & Douglas, 2004; Li, 2008; Rupp, & Templin, 2008a), yüksek değerlerde elde ediliyor olmasıdır. Bu durumun temel nedeni Q matrisin belirlenmesinde hata yapılmış olmasıdır. Alanyazın incelendiğinde, Q matrisin belirlenmesinde yapılması olası pek çok hatalı belirleme durumunun olduğu tespit edilmiştir (Baker, 1993; de la Torre, 2008; Rupp, & Templin, 2008a; Im, & Corter, 2011; Kunina-Habenicht, Rupp, & Wilhelm, 2012; MacDonald, & Kromrey, 2012; MacDonald, 2013). Bu çalışmanın amacı, DINA modelde Q matrisinin hatalı belirlenmesinin farklı örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu koşullarında madde parametresi kestirimlerine etkisinin incelenmesidir. Olası farklı hatalı belirleme durumlarının parametre kestirimlerini nasıl etkilediğinin belirlenmesi ve bu belirlemelere dayalı olarak uygulayıcılara yol gösterilmesi, yapılan uygulamalar sonucunda alınacak kararların doğruluğu açısından önemlidir. Çalışma kapsamında yapılan teorik belirlemeler uygulamaya yansıtıldığında, elde edilen sonuçların ve bunlara bağlı olarak alınan kararların doğruluğuna katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## YÖNTEM

### Araştırma Modeli

Çalışma kapsamında, DINA modelde Q matrisin hatalı belirlenmesinin farklı örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu koşullarında parametre kestirimlerine etkisi benzetim verileri kullanılarak incelendiğinden çalışma temel araştırmadır.

### Verilerin Üretilmesi

Veriler R programındaki “dina” paketinden (Culpepper, 2015) yararlanılarak Ek 1’de verilen hatasız Q matrislerine ve DINA modele uygun olarak üretilmiştir. Veriler üretilirken g ve s parametreleri 0.00’a sabitlenmiştir. Öncelikle 50, 100, 250, 500 ve 1000 kişilik yanıtlayıcı beceri profili (ölçme aracını yanıtlamış olduğu kabul edilen bireylerin, ölçme aracında yer alan her bir beceriye sahip olma-olmama (0-1) durumlarından oluşan veri seti) oluşturulmuştur. Her bir olası beceri profiline sahip birey sayılarının yaklaşık eşit olması sağlanmaya çalışılmıştır. Ardından yanıtlayıcı beceri profiline uygun olarak bu bireyler için yanıt örüntüleri oluşturulmuştur. Her bir durum için 100 yinleme (replikasyon) yapılmıştır. Beceri sayısı sınıflama tutarlılığı açısından önemli bir faktördür. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ele alınan beceri sayılarının 3-8 aralığında değiştiği görülmektedir (Henson, & Douglas, 2005; Rupp, & Templin, 2008a; Kunina-Habenicht vd., 2012; Ömür-Sünbül, & Kan, 2015). Bu çalışmada dört becerinin ölçüldüğü durum incelenmiştir.

Örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu parametre kestirimini etkileyen önemli faktörlerdir. İncelenen farklı çalışmalarda ele alınan örneklem büyüklükleri 20-10000 kişi

arasında (Baker, 1993; Cassuto, 1996; de la Torre, Hong, & Deng, 2010; MacDonald, & Kromrey, 2011; Kunina-Habenicht vd., 2012; Ömür-Sünbül, & Kan, 2015), test uzunlukları ise 15-60 madde arasında (Tatsuoka, 1990; Cassuto, 1996; Henson, & Templin, 2006; Templin vd., 2009; MacDonald, 2013; Kunina-Habenicht vd., 2012; Ömür-Sünbül, & Kan, 2015) değişmektedir. Doğru parametre tahminleri için Orlando ve Marshall (2002) en az 200, Tsutakawa ve Johnson (1990) ise 500 ve üzeri örneklem büyüklüğü önermiştir. İlgili çalışmaların bulguları değerlendirilerek, bu çalışmada 50, 100, 250, 500 ve 1000 kişilik örneklemelere ilişkin incelemeler yapılmasına karar verilmiştir. Madde sayısına ise ilgili çalışmalardan elde edilen bilgiler ve ölçülen beceri sayısı temelli karar verilmiştir. Dört becerinin ölçüleceği durum için olası 16 ( $2^4$ ) farklı beceri örüntüsü sözkonusudur. Bu örüntülerden hiçbir becerinin temsil edilmediği "0000" örüntüsü dışındaki olası 15 farklı örüntüyü temsil eden madde oluşturulmuştur. Bunları içeren 15 maddelik ve bunlardan ikişer tane içeren 30 maddelik hipotetik ölçme araçları incelenmiştir.

Ölçme duyarlılığının sağlanabilmesi için ölçme aracındaki maddeler belirlenirken ve Q matris oluşturulurken, her bir becerinin yaklaşık olarak aynı sayıda madde ile ölçülmesine ve olası tüm beceri kombinasyonlarını temsil eden maddeler yazılmasına (DiBello, & Stout, 2007; Rupp, & Templin, 2008a; Kunina-Habenicht vd., 2012) dikkat edilmiştir. Çalışmada Q matrisin hatalı belirlendiği durumlarda hatalı belirleme oranı sabit tutulmuş, hatalı belirleme düzeni için iki farklı koşul ele alınmıştır. Alanyazın incelendiğinde, çalışmalarda % 1 ile % 15 arasındaki oranlarda hatalı belirlenmiş Q matrisler ele alınmıştır. Hatalı belirleme oranı arttıkça kestirimlerin hata miktarının ve hatalı parametre sayısının arttığı bulunmuştur. Ayrıca hatalı belirleme oranı arttıkça kestirim yanlılığı daha da yükselmektedir (Baker, 1993; MacDonald, 2013). Bu nedenle Q matrisin %10 oranında hatalı belirlenmesine karar verilmiştir. Hatalı belirleme düzeni ise, alanyazında eksik, dengeli ve fazla hatalı belirleme şeklinde ele alınmıştır (Baker, 1993; Rupp, & Templin, 2008a; Kunina-Habenicht vd., 2012; MacDonald, & Kromrey, 2012; MacDonald, 2013). Bu çalışmada eksik ve fazla belirleme koşulları incelenmiştir. Eksik belirlenen Q matris oluşturulurken, hatasız Q matristeki hücrelerde yer alan 1'ler 0'larla değiştirilirken, fazla belirlenen Q matriste 0'lar 1'lerle değiştirilmiştir. Q matriste yapılan hatalı belirlemelerde, hatalı tanımlama yapılacak madde ve beceriler seçkisiz olarak belirlenmiştir.

### **Verilerin Analizi**

Analizler R programındaki "dina" paketinden (Culpepper, 2015) yararlanılarak yapılmıştır. Yinelemelerle oluşturulan yanıt örüntülerinin her birinden s ve g parametreleri ve bunların standart hataları hesaplanmıştır. Kestirimlerde 100 yineleme yapılmıştır ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak raporlanmıştır. Üretilen yanıt örüntüleri kullanılarak, Q matrisin hatalı belirlendiği koşullar için analizler tekrar edilmiştir.

Parametre kestirimleri küçük örneklem büyüklüklerinde de güvenilir sonuçlar veren Bayes kestirimine (Congdon, 2001; Lee, & Song, 2004; Palomo vd., 2007; Yang, & Dunson, 2010) dayanan Markov Zinciri Monte Carlo (MZMC) yöntemiyle yapılmıştır. MZMC analizleri için, Gibbs örnekleyicisi (Gelfand, Smith, & Lee, 1992; Gelfand, 2000; Gill, 2002) kullanılmıştır. Benzer çalışmalar (Gelman, & Rubin, 1992; Best, Cowles, & Vines, 1995; de la Torre, & Douglas, 2004; Culpepper, 2015) incelenerek Gibbs örnekleyicisinde zincir uzunluğu 5000, yakma periyodu 1000 olarak belirlenmiştir ve madde parametresi kestirimleri kalan 4000 iterasyona göre yapılmıştır.

### **BULGULAR**

Bu bölümde sırasıyla 15 ve 30 madde içeren hipotetik ölçme araçlarına ilişkin hatasız ve hatalı Q matrisler kullanılarak elde edilen bulgular sunulmuştur.

### 15 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Hatasız Belirlendiği Durum

Çalışma kapsamında öncelikle hatasız  $Q_0$  matrisi kullanılarak, farklı örneklem büyüklüklerine sahip veri setlerinden madde parametreleri ve bunların standart hataları hesaplanmıştır. Daha sonra ilgili parametrelerin hatalı Q matrislerle yapılan analizlerdeki durumları belirlenmiştir. Tablo 1’de  $Q_0$  matrisi kullanılarak farklı örneklem büyüklükleri için kestirilen madde parametreleri ve bunların standart hatalarının ortalamaları verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, s ve g parametrelerinin genel olarak veriler üretilirken tanımlandığı gibi 0.00’a yakın değerler aldığı görülmektedir. Ancak 50 kişilik örneklem için, her ne kadar veriler üretilirken parametre değerlerinin 0.00’a eşit olması durumu tanımlanmışsa da örneklem büyüklüğünün çok küçük olması, özellikle üç ve dört becerinin ölçüldüğü maddeler (tabloda koyu gösterilmiştir) için kestirilen s parametrelerinin sıfırdan uzaklaşmasına sebep olmuştur. Örneklemdeki yer alan kişi sayısı arttıkça parametre değerleri sıfıra yaklaşmaktadır. Hatasız Q matris kullanılarak kestirilen s ve g parametrelerine ilişkin standart hatalar da genel olarak sıfıra yakındır. Parametre kestirimlerindeki duruma benzer olarak, 50 kişilik örneklemde parametrelere ilişkin standart hata değerleri de diğer örneklem büyüklüğü koşullarına kıyasla bir miktar yüksektir. Hatasız Q matristen elde edilen Tablo 1’deki kestirimler hatasız kabul edilmiş ve hatalı Q matrislerle kestirilen parametrelerle yapılacak karşılaştırmalar için temel oluşturmuştur.

### 15 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Eksik Belirlendiği Durum

Çalışma kapsamında  $Q_0$  matrisinin seçkisiz olarak %10 oranında eksik belirlendiği durumda (hatalı belirlenen  $Q_1$  matrisi) kestirilen parametrelerin ve bunların standart hatalarının  $Q_0$  matrisi kullanılarak kestirilen değerlerden nasıl farklılaştığı belirlenmiştir.  $Q_1$  matrisi; 5, 9 ve 12 numaralı maddelerde ikinci becerinin ölçülme durumuna, 11 ve 14. maddelerde üçüncü becerinin ve 10. maddede ise dördüncü becerinin ölçülme durumuna ilişkin olmak üzere toplam altı hücrede (Ek 2’de sunulmuştur) eksik belirleme yapılarak oluşturulmuştur. Bu maddeler, aslında ilgili becerileri ölçüyorken ve bireylerin bu maddeyi doğru yanıtlayabilmesi için bu becerilere sahip olmaları gerekiyorken, Q matriste madde bu beceri ile ilişkilendirilmeyerek, bu beceriyi ölçmüyor ve doğru yanıtlanması için bu beceriyeye sahip olunması gerekmiyormuş gibi tanımlama yapılmıştır.  $Q_1$  matrisi kullanılarak kestirilen parametrelerin ortalamaları Tablo 2’de sunulmuştur. Hatalı tanımlama yapılan maddeler tablolarda gölgeli olarak, beklenen durumdan farklı şekilde kestirilen madde parametre değerleri ise koyu olarak belirtilmiştir. Parametre değerleri veriler üretilirken 0.00 değerine sabitlendiğinden, hatalı Q matrisler kullanılarak yapılan analizler sonrasında elde edilen değerlerin hatasız durumdaki değerlerden farklılaştığına ilişkin yapılacak yorumlarda değerler arasında *0.05 ve daha fazla fark* olması kritik değer olarak kabul edilmiştir ve bu maddelere ilişkin parametreler koyu gösterilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde ve ilgili değerler Tablo 1’deki değerlerle karşılaştırıldığında, ölçme aracında 15 maddenin yer aldığı durumda, tüm örneklem büyüklüklerinde; 2 numaralı madde dışındaki maddelerin g parametrelerinde çok küçük değişimler olduğu görülmektedir. Hatasız belirlenen 2 numaralı maddenin ise g parametresi yükselmiştir. Hatalı belirleme yapılan  $Q_1$  matrisinde ikinci becerinin ölçülme durumuna ilişkin 3 farklı maddede eksik belirleme yapılmıştır. Araçta yer alan 2 numaralı madde yalnızca ikinci beceriyi ölçtüğünden diğer maddelerde bu becerinin ölçülmesine ilişkin eksik belirlemeler, yalnız bu beceriyi ölçen maddenin g parametresinin yükselmesine sebep olmuştur.

Tablo 1.  $Q_0$  matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

Madde	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi			
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>
1	0.0440	0.0413	0.0563	0.0517	0.0241	0.0240	0.0214	0.0214	0.0101	0.0097	0.0086	0.0084	0.0046	0.0044	0.0045	0.0046	0.0023	0.0022	0.0023	0.0023
2	0.0440	0.0422	0.0512	0.0487	0.0249	0.0239	0.0203	0.0196	0.0089	0.0089	0.0093	0.0093	0.0044	0.0043	0.0045	0.0045	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022
3	0.0534	0.0495	0.0410	0.0390	0.0203	0.0198	0.0236	0.0227	0.0085	0.0085	0.0093	0.0094	0.0046	0.0045	0.0045	0.0046	0.0022	0.0022	0.0023	0.0022
4	0.0391	0.0375	0.0581	0.0547	0.0201	0.0195	0.0225	0.0220	0.0080	0.0081	0.0104	0.0101	0.0049	0.0048	0.0044	0.0045	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022
5	0.0247	0.0239	0.0954	0.0863	0.0140	0.0138	0.0302	0.0293	0.0053	0.0054	0.0145	0.0146	0.0027	0.0026	0.0079	0.0077	0.0013	0.0013	0.0040	0.0039
6	0.0260	0.0252	0.0699	0.0650	0.0132	0.0128	0.0370	0.0358	0.0055	0.0053	0.0138	0.0136	0.0027	0.0027	0.0072	0.0073	0.0013	0.0013	0.0039	0.0039
7	0.0230	0.0229	0.1155	0.1048	0.0137	0.0131	0.0336	0.0326	0.0052	0.0053	0.0167	0.0166	0.0028	0.0028	0.0069	0.0070	0.0013	0.0013	0.0040	0.0040
8	0.0249	0.0243	0.0680	0.0634	0.0133	0.0128	0.0355	0.0345	0.0051	0.0050	0.0172	0.0170	0.0028	0.0028	0.0073	0.0072	0.0013	0.0013	0.0040	0.0040
9	0.0247	0.0242	0.0791	0.0729	0.0136	0.0134	0.0362	0.0347	0.0050	0.0050	0.0187	0.0179	0.0026	0.0026	0.0079	0.0078	0.0014	0.0014	0.0039	0.0039
10	0.0235	0.0226	0.0777	0.0738	0.0130	0.0127	0.0389	0.0368	0.0049	0.0050	0.0199	0.0198	0.0026	0.0026	0.0080	0.0080	0.0013	0.0013	0.0042	0.0041
11	0.0209	0.0201	<b>0.1422</b>	<b>0.1252</b>	0.0114	0.0108	0.0581	0.0554	0.0046	0.0044	0.0292	0.0288	0.0023	0.0023	0.0121	0.0122	0.0012	0.0011	0.0071	0.0070
12	0.0206	0.0195	<b>0.1693</b>	<b>0.1421</b>	0.0118	0.0115	0.0589	0.0565	0.0044	0.0043	0.0354	0.0338	0.0024	0.0024	0.0138	0.0137	0.0011	0.0012	0.0082	0.0082
13	0.0210	0.0199	<b>0.1622</b>	<b>0.1360</b>	0.0113	0.0110	0.0635	0.0580	0.0046	0.0046	0.0309	0.0305	0.0023	0.0023	0.0148	0.0145	0.0011	0.0011	0.0081	0.0081
14	0.0226	0.0224	<b>0.1261</b>	<b>0.1125</b>	0.0112	0.0111	0.0659	0.0628	0.0044	0.0043	0.0407	0.0390	0.0023	0.0023	0.0153	0.0144	0.0011	0.0011	0.0080	0.0079
15	0.0199	0.0194	<b>0.2478</b>	<b>0.1921</b>	0.0104	0.0102	0.0991	0.0909	0.0042	0.0042	0.0679	0.0643	0.0021	0.0021	0.0261	0.0254	0.0011	0.0011	0.0148	0.0146

Tablo 2.  $Q_1$  Matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

Madde	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi			
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>
1	0.0541	0.0511	0.0511	0.0495	0.0287	0.0275	0.0205	0.0200	0.0107	0.0104	0.0083	0.0080	0.0051	0.0051	0.0042	0.0041	0.0024	0.0024	0.0023	0.0023
2	<b>0.2257</b>	0.0829	0.0726	0.0676	<b>0.3793</b>	0.0621	0.0372	0.0364	<b>0.3100</b>	0.0361	0.0176	0.0167	<b>0.2676</b>	0.0260	0.0071	0.0072	<b>0.3076</b>	0.0184	0.0041	0.0040
3	0.0686	0.0599	0.0427	0.0410	0.0286	0.0281	0.0224	0.0219	0.0103	0.0102	0.0094	0.0092	0.0057	0.0057	0.0044	0.0044	0.0029	0.0029	0.0023	0.0023
4	0.0745	0.0635	0.0618	0.0581	0.0320	0.0310	0.0234	0.0224	0.0116	0.0118	0.0113	0.0110	0.0076	0.0077	0.0047	0.0046	0.0036	0.0036	0.0025	0.0024
5	0.0354	0.0342	<b>0.5963</b>	0.0956	0.0217	0.0208	<b>0.4348</b>	0.0648	0.0092	0.0091	<b>0.5211</b>	0.0424	0.0041	0.0041	<b>0.4898</b>	0.0317	0.0021	0.0020	<b>0.5026</b>	0.0224
6	0.0260	0.0246	0.0682	0.0647	0.0136	0.0135	0.0370	0.0350	0.0056	0.0056	0.0144	0.0142	0.0027	0.0028	0.0072	0.0071	0.0013	0.0013	0.0039	0.0040
7	0.0245	0.0243	0.1111	0.0978	0.0139	0.0138	0.0349	0.0337	0.0052	0.0050	0.0162	0.0160	0.0027	0.0026	0.0070	0.0070	0.0013	0.0013	0.0040	0.0040
8	0.0268	0.0258	0.0689	0.0646	0.0140	0.0140	0.0356	0.0336	0.0053	0.0052	0.0175	0.0172	0.0028	0.0027	0.0071	0.0071	0.0014	0.0014	0.0040	0.0039
9	0.0307	0.0301	<b>0.4178</b>	0.1208	0.0187	0.0188	<b>0.4397</b>	0.0729	0.0070	0.0070	<b>0.5213</b>	0.0464	0.0042	0.0043	<b>0.5288</b>	0.0300	0.0020	0.0020	<b>0.4906</b>	0.0222
10	0.0410	0.0393	<b>0.5763</b>	0.0923	0.0183	0.0173	<b>0.4847</b>	0.0707	0.0075	0.0076	<b>0.5920</b>	0.0442	0.0041	0.0041	<b>0.5132</b>	0.0311	0.0020	0.0020	<b>0.5314</b>	0.0221
11	0.0217	0.0210	0.1918	0.1545	0.0115	0.0110	0.0640	0.0594	0.0046	0.0046	0.0313	0.0301	0.0024	0.0024	0.0125	0.0124	0.0011	0.0011	0.0077	0.0076
12	0.0221	0.0215	<b>0.4450</b>	0.1582	0.0132	0.0128	<b>0.4452</b>	0.0902	0.0053	0.0053	<b>0.5402</b>	0.0635	0.0027	0.0028	<b>0.5034</b>	0.0408	0.0013	0.0013	<b>0.5177</b>	0.0307
13	0.0204	0.0198	0.1675	0.1386	0.0116	0.0115	0.0626	0.0589	0.0045	0.0044	0.0309	0.0292	0.0023	0.0023	0.0145	0.0144	0.0011	0.0012	0.0085	0.0083
14	0.0226	0.0218	<b>0.2063</b>	0.1603	0.0113	0.0112	0.0767	0.0716	0.0044	0.0044	0.0440	0.0432	0.0023	0.0022	0.0165	0.0160	0.0011	0.0011	0.0082	0.0082
15	0.0200	0.0199	0.2505	0.1907	0.0109	0.0109	0.1005	0.0909	0.0042	0.0043	0.0675	0.0632	0.0022	0.0022	0.0257	0.0242	0.0011	0.0011	0.0149	0.0145

Tüm örneklem büyüklüklerinde, eksik belirleme yapılmayan maddelerin  $s$  parametrelerinde çok küçük artışlar olmuştur. Eksik belirleme yapılan maddelerin  $s$  parametresi değerlerinin artarak 0.50 civarında (11 numaralı madde dışında) değerler aldığı görülmektedir.

Buna ek olarak tüm maddeler için  $g$  parametrelerine ilişkin standart hata değerleri çok az değişirken, özellikle eksik belirlenen maddelerin  $s$  parametrelerine ilişkin standart hata değerleri artış göstermiştir. Eksik belirleme yapılan 11 numaralı maddenin parametreleri tüm örneklem büyüklüğü koşullarında hatasız durumdakilere oldukça yakın değerler almıştır. Benzer şekilde eksik belirleme yapılan 14 numaralı maddenin parametre değerleri yalnızca 50 kişi için yapılan analizlerde artış göstermiş, diğer tüm örneklem büyüklüğü koşullarında hatasız durumdakilere yakın değerler almıştır.

$s$  parametrelerindeki artışlar örneklem büyüklüğü temelinde düzenli farklılaşma göstermemektedir. Diğer bir deyişle, örneklem büyüklüğü arttıkça hatalı belirlenen maddelerin  $s$  parametre değerlerinin daha fazla ya da daha az yükselmesi durumu sözkonusu değildir. Bu durumun nedeni, örneklem büyüklüğü arttıkça, farklı yeterlik düzeylerini temsil eden örtük sınıflardaki birey sayılarının yaklaşık olarak aynı oranda artması ve ilgili maddeye eksik belirlenen beceriye sahip olmadığı için yanlış yanıt verecek birey sayısının da buna paralel olarak artması gösterilebilir. Hatalı belirlenen maddelerin  $s$  parametrelerine ilişkin standart hata değerleri ise örneklem büyüklüğü arttıkça sifıra yaklaşmaktadır. Buna ek olarak, örneklem büyüklüğü arttıkça, hatalı belirleme yapılmayan maddelerin parametreleri ve bunlara ilişkin standart hata değerleri sifıra daha çok yaklaşmaktadır. Örneklem büyüklüğündeki artış kestirimlerin hata miktarını azaltmaktadır.

### 15 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Fazla Belirlendiği Durum

$Q_0$  matrisinin seçkisiz olarak % 10 oranında fazla belirlendiği durumda ( $Q_2$  matrisi), 9 numaralı maddede birinci becerinin ölçülme durumuna, 3 numaralı maddede ikinci becerinin, 2, 9 ve 12. maddelerde üçüncü becerinin, 11. maddede dördüncü becerinin ölçülme durumuna ilişkin olmak üzere altı hücrede (Ek 2’de sunulmuştur) fazla belirleme yapılmıştır. Bu maddeler ilgili becerileri ölçmüyorken,  $Q$  matriste bu becerilerle ilişkilendirilerek, maddenin doğru yanıtlanabilmesi için bu beceriye sahip olunması gerekiyormuş gibi tanımlama yapılmıştır.  $Q_2$  matrisi kullanılarak kestirilen parametrelerin ortalamaları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3 incelendiğinde ve ilgili değerler Tablo 1’deki değerlerle karşılaştırıldığında, tüm örneklem büyüklüğü durumlarında, fazla belirleme yapılan maddelerin  $g$  parametrelerinin ve bunların standart hata değerlerinin yükseldiği (50 kişilik örneklemde madde 12 hariç) görülmektedir. Artışlar örneklem büyüklüğü temelinde düzenli farklılaşma göstermemektedir. Üç farklı örneklem büyüklüğünde de, parametre değerleri artmıştır.

Buna ek olarak genellikle fazla belirleme yapılan maddelerde olmak üzere, maddelerin  $s$  parametreleri ve bunların standart hataları da bir miktar artış göstermiştir.  $s$  parametrelerinde artış olan madde sayısı örneklem büyüklüğü arttıkça azalmaktadır. Ayrıca örneklem büyüklüğü arttıkça  $s$  parametrelerindeki ve bunların standart hatalarındaki artış miktarı da azalmaktadır.

Tablo 3. Q<sub>21</sub> matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

M	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi			
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>
1	0.0594	0.0545	0.0543	0.0510	0.0374	0.0359	0.0207	0.0202	0.0157	0.0158	0.0083	0.0084	0.0068	0.0067	0.0044	0.0044	0.0032	0.0032	0.0023	0.0023
2	<b>0.2817</b>	0.0726	0.0708	0.0667	<b>0.4260</b>	0.0569	0.0356	0.0354	<b>0.3423</b>	0.0339	0.0173	0.0167	<b>0.3105</b>	0.0242	0.0074	0.0073	<b>0.3389</b>	0.0173	0.0040	0.0040
3	<b>0.3844</b>	0.0777	0.0715	0.0649	<b>0.2802</b>	0.0506	0.0347	0.0335	<b>0.3375</b>	0.0338	0.0174	0.0171	<b>0.3292</b>	0.0246	0.0072	0.0072	<b>0.3335</b>	0.0174	0.0040	0.0041
4	0.0486	0.0451	0.0697	0.0648	0.0288	0.0274	0.0267	0.0258	0.0103	0.0103	0.0131	0.0128	0.0070	0.0068	0.0050	0.0050	0.0032	0.0032	0.0027	0.0027
5	0.0296	0.0285	<b>0.1440</b>	0.1173	0.0185	0.0187	0.0626	0.0565	0.0067	0.0066	0.0327	0.0304	0.0033	0.0034	0.0127	0.0123	0.0016	0.0016	0.0078	0.0078
6	0.0317	0.0310	0.1129	0.0976	0.0149	0.0145	0.0460	0.0437	0.0063	0.0061	0.0204	0.0197	0.0030	0.0029	0.0090	0.0089	0.0015	0.0015	0.0053	0.0053
7	0.0233	0.0226	0.1159	0.1024	0.0134	0.0134	0.0355	0.0345	0.0051	0.0051	0.0167	0.0168	0.0028	0.0028	0.0071	0.0071	0.0013	0.0013	0.0040	0.0040
8	0.0273	0.0271	0.0728	0.0677	0.0139	0.0136	0.0346	0.0332	0.0052	0.0051	0.0180	0.0181	0.0028	0.0027	0.0073	0.0074	0.0014	0.0014	0.0040	0.0040
9	<b>0.1998</b>	0.0561	<b>0.2465</b>	0.1839	<b>0.2023</b>	0.0414	<b>0.1000</b>	0.0912	<b>0.1716</b>	0.0248	0.0657	0.0626	<b>0.1911</b>	0.0180	0.0274	0.0266	<b>0.2024</b>	0.0129	0.0145	0.0142
10	0.0303	0.0298	0.1039	0.0912	0.0146	0.0148	0.0473	0.0453	0.0059	0.0059	0.0247	0.0236	0.0032	0.0032	0.0103	0.0103	0.0015	0.0015	0.0055	0.0054
11	<b>0.0792</b>	0.0376	<b>0.2496</b>	0.1890	<b>0.0851</b>	0.0283	0.1021	0.0929	<b>0.0837</b>	0.0176	0.0678	0.0628	<b>0.0921</b>	0.0133	0.0266	0.0264	<b>0.0735</b>	0.0086	0.0150	0.0146
12	0.0600	0.0326	<b>0.2501</b>	0.1926	<b>0.0853</b>	0.0284	0.0985	0.0890	<b>0.0633</b>	0.0156	0.0673	0.0632	<b>0.0733</b>	0.0122	0.0262	0.0256	<b>0.0589</b>	0.0078	0.0150	0.0150
13	0.0210	0.0211	0.1648	0.1412	0.0111	0.0108	0.0628	0.0594	0.0045	0.0044	0.0316	0.0308	0.0023	0.0022	0.0141	0.0140	0.0011	0.0011	0.0084	0.0085
14	0.0215	0.0212	0.1250	0.1110	0.0112	0.0112	0.0647	0.0612	0.0043	0.0042	0.0410	0.0394	0.0023	0.0022	0.0159	0.0160	0.0011	0.0011	0.0080	0.0077
15	0.0203	0.0197	0.2471	0.1975	0.0108	0.0108	0.1015	0.0908	0.0043	0.0044	0.0655	0.0624	0.0022	0.0022	0.0261	0.0256	0.0010	0.0010	0.0150	0.0144



15 madde koşulu için eksik ve fazla belirleme koşulları karşılaştırıldığında, Q matriste eksik belirleme yapılmasından genel olarak eksik belirleme yapılan maddelerin s parametreleri etkilenirken, fazla belirleme yapılmasından g parametrelerin yanı sıra maddelerin s parametresi değerleri de etkilenmektedir.

### 30 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Hatasız Belirlendiği Durum

Q matrisinin hatasız olduğu (Q0<sub>2</sub>), ölçme aracında 30 madde yer alan durumda hesaplanan madde parametreleri ve bunların standart hatalarının ortalamaları Tablo 4’de sunulmuştur. Q0<sub>2</sub> matrisi (Ek 1’de sunulmuştur), Q0<sub>1</sub> matrisine matriste yer alan 15 madde ile aynı beceri örüntüsüne sahip 15 maddenin daha eklenmesiyle oluşturulmuştur.

Tablo 4 incelendiğinde, parametre değerlerinin ve bunların standart hatalarının genel olarak veriler üretilirken tanımlandığı gibi sifıra yakın olduğu görülmektedir. Ancak örneklem büyüklüğünün azalması parametre değerlerinin sifirdan bir miktar uzaklaşmasına sebep olmaktadır. s parametresi değerleri g parametresine göre örneklem büyüklüğünden daha fazla etkilenmiştir. Özellikle 50 kişilik örneklemde s parametresi değerleri ve bunların standart hataları sifirdan oldukça uzaklaşmıştır. 50 ve 100 kişilik örneklem büyüklükleri için s parametresi sifirdan diğerlerine kıyasla daha fazla uzaklaşan maddeler (tabloda koyu olarak belirtilmiştir), üç ve dört beceri ölçen maddelerdir. Bu iki örneklem için, maddeyle ölçülen beceri sayısı arttığında parametre değerlerinin sifirdan uzaklaşma miktarı artmıştır.

### 30 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Eksik Belirlendiği Durum

Çalışma kapsamında eksik belirleme yapılan diğer matris Q1<sub>2</sub> matrisidir. 15 madde koşulu ile karşılaştırılabilirliğin kolaylaşması açısından bu matris oluşturulurken, hatalı belirleme yapılacak hücreler ilk 15 madde içindeki hücrelerden seçkisiz olarak belirlenmiştir. İlk 15 madde ile aynı beceri örüntülerine sahip ikinci 15 maddelik grupta hatalı belirleme yapılmamıştır. Q1<sub>2</sub> matrisi 7, 12, 13 ve 15 numaralı maddelerde birinci becerinin ölçülme durumuna, 5, 8 ve 14 numaralı maddelerde ikinci becerinin, 6, 11, 13 ve 15. maddelerde üçüncü becerinin, 9. maddede ise dördüncü becerinin ölçülme durumuna ilişkin olmak üzere 12 hücrede eksik belirleme yapılarak oluşturulmuştur (Ek 2’de sunulmuştur). Q1<sub>2</sub> matrisi kullanılarak kestirilen parametrelerin ortalamaları Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5 incelendiğinde ve ilgili değerler Tablo 4’deki değerlerle karşılaştırıldığında, ölçme aracında 30 maddenin yer aldığı koşulda tüm örneklem büyüklüğü durumlarında, eksik belirleme yapılan maddelerin s parametresi değerleri oldukça yükselmektedir. Bu maddelerin s parametrelerine ilişkin standart hata değerleri de bir miktar yükselmiştir. Ancak s parametrelerindeki ve bunların standart hatalarındaki artışlar örneklem büyüklüğü temelinde düzenli farklılaşma göstermemektedir. Diğer bir deyişle örneklem büyüklüğü arttıkça parametre değerlerindeki artışın azaldığı ya da arttığı söylenemez. Ölçme aracında 30 maddenin yer aldığı bu koşulda, tüm maddelerin g parametrelerinde ve hatalı tanımlama yapılmayan maddelerin s parametrelerinde hatasız Q matrisle yapılan kestirimlerden çok küçük farklılaşmalar olmuştur.

Tablo 4. Q<sub>02</sub> matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

M	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi			
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>
1	0.0330	0.0318	0.0443	0.0426	0.0206	0.0203	0.0181	0.0178	0.0087	0.0086	0.0086	0.0071	0.0087	0.0040	0.0066	0.0055	0.0120	0.0023	0.0069	0.0048
2	0.0345	0.0329	0.0408	0.0395	0.0207	0.0200	0.0184	0.0181	0.0074	0.0074	0.0074	0.0085	0.0091	0.0042	0.0064	0.0053	0.0117	0.0022	0.0071	0.0049
3	0.0415	0.0399	0.0335	0.0321	0.0237	0.0230	0.0170	0.0166	0.0081	0.0080	0.0080	0.0078	0.0091	0.0042	0.0063	0.0053	0.0123	0.0023	0.0068	0.0047
4	0.0407	0.0388	0.0354	0.0335	0.0187	0.0189	0.0195	0.0190	0.0075	0.0075	0.0075	0.0084	0.0088	0.0041	0.0065	0.0055	0.0129	0.0024	0.0064	0.0045
5	0.0237	0.0232	0.0824	0.0748	0.0135	0.0135	0.0337	0.0326	0.0054	0.0053	0.0053	0.0043	0.0051	0.0028	0.0116	0.0100	0.0065	0.0016	0.0112	0.0081
6	0.0248	0.0241	0.0714	0.0679	0.0150	0.0143	0.0280	0.0267	0.0055	0.0054	0.0054	0.0041	0.0053	0.0029	0.0110	0.0094	0.0068	0.0016	0.0108	0.0077
7	0.0274	0.0263	0.0615	0.0572	0.0125	0.0123	0.0378	0.0364	0.0053	0.0053	0.0053	0.0050	0.0050	0.0028	0.0118	0.0102	0.0067	0.0016	0.0110	0.0078
8	0.0248	0.0252	0.0774	0.0714	0.0134	0.0132	0.0325	0.0321	0.0052	0.0052	0.0052	0.0059	0.0049	0.0028	0.0121	0.0104	0.0059	0.0015	0.0119	0.0087
9	0.0242	0.0231	0.0764	0.0701	0.0140	0.0142	0.0327	0.0309	0.0052	0.0052	0.0052	0.0055	0.0049	0.0028	0.0121	0.0103	0.0068	0.0016	0.0108	0.0078
10	0.0252	0.0240	0.0663	0.0612	0.0132	0.0130	0.0355	0.0342	0.0052	0.0051	0.0051	0.0057	0.0051	0.0028	0.0117	0.0100	0.0069	0.0016	0.0109	0.0077
11	0.0207	0.0197	<b>0.1708</b>	0.1443	0.0120	0.0122	<b>0.0498</b>	0.0478	0.0046	0.0046	0.0046	0.0061	0.0036	0.0024	0.0186	0.0166	0.0037	0.0013	0.0162	0.0125
12	0.0219	0.0211	<b>0.1254</b>	0.1105	0.0117	0.0115	<b>0.0701</b>	0.0657	0.0046	0.0046	0.0046	0.0067	0.0034	0.0024	0.0215	0.0194	0.0025	0.0012	0.0117	0.0098
13	0.0220	0.0210	<b>0.1146</b>	0.1013	0.0113	0.0116	<b>0.0604</b>	0.0583	0.0045	0.0045	0.0045	0.0002	0.0036	0.0024	0.0187	0.0166	0.0039	0.0014	0.0156	0.0119
14	0.0218	0.0217	<b>0.1227</b>	0.1091	0.0114	0.0114	<b>0.0596</b>	0.0551	0.0045	0.0045	0.0045	0.0096	0.0033	0.0023	0.0221	0.0199	0.0036	0.0013	0.0165	0.0127
15	0.0202	0.0193	<b>0.2475</b>	0.1919	0.0104	0.0101	<b>0.1006</b>	0.0928	0.0043	0.0043	0.0043	0.0055	0.0027	0.0022	0.0346	0.0318	0.0023	0.0012	0.0246	0.0204
16	0.0321	0.0309	0.0435	0.0410	0.0207	0.0199	0.0178	0.0172	0.0087	0.0086	0.0086	0.0069	0.0087	0.0040	0.0066	0.0055	0.0120	0.0023	0.0069	0.0048
17	0.0344	0.0340	0.0406	0.0395	0.0205	0.0206	0.0186	0.0183	0.0074	0.0073	0.0073	0.0085	0.0091	0.0042	0.0063	0.0053	0.0069	0.0021	0.0046	0.0035
18	0.0415	0.0382	0.0334	0.0330	0.0232	0.0230	0.0166	0.0162	0.0081	0.0080	0.0080	0.0076	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039	0.0123	0.0023	0.0068	0.0047
19	0.0402	0.0390	0.0347	0.0339	0.0189	0.0188	0.0199	0.0197	0.0075	0.0074	0.0074	0.0086	0.0088	0.0041	0.0066	0.0055	0.0129	0.0025	0.0064	0.0045
20	0.0235	0.0231	0.0835	0.0731	0.0138	0.0138	0.0346	0.0330	0.0054	0.0054	0.0054	0.0043	0.0051	0.0028	0.0117	0.0100	0.0065	0.0016	0.0112	0.0080
21	0.0255	0.0250	0.0711	0.0672	0.0147	0.0146	0.0274	0.0260	0.0055	0.0054	0.0054	0.0036	0.0054	0.0029	0.0110	0.0094	0.0068	0.0016	0.0107	0.0078
22	0.0265	0.0264	0.0616	0.0588	0.0128	0.0127	0.0382	0.0367	0.0053	0.0052	0.0052	0.0047	0.0050	0.0028	0.0118	0.0102	0.0067	0.0016	0.0110	0.0079
23	0.0247	0.0244	0.0766	0.0724	0.0138	0.0136	0.0320	0.0313	0.0052	0.0052	0.0052	0.0058	0.0049	0.0028	0.0121	0.0104	0.0059	0.0015	0.0119	0.0086
24	0.0245	0.0240	0.0746	0.0705	0.0138	0.0137	0.0331	0.0315	0.0052	0.0052	0.0052	0.0057	0.0049	0.0028	0.0121	0.0104	0.0068	0.0016	0.0109	0.0078
25	0.0258	0.0248	0.0651	0.0615	0.0129	0.0127	0.0345	0.0327	0.0052	0.0052	0.0052	0.0060	0.0051	0.0028	0.0117	0.0101	0.0069	0.0016	0.0107	0.0077
26	0.0205	0.0199	<b>0.1650</b>	0.1381	0.0124	0.0121	<b>0.0493</b>	0.0466	0.0046	0.0046	0.0046	0.0062	0.0036	0.0024	0.0187	0.0167	0.0037	0.0013	0.0163	0.0124
27	0.0215	0.0211	<b>0.1240</b>	0.1103	0.0111	0.0111	<b>0.0706</b>	0.0654	0.0046	0.0046	0.0046	0.0071	0.0034	0.0024	0.0215	0.0194	0.0038	0.0013	0.0159	0.0123
28	0.0224	0.0215	<b>0.1085</b>	0.0974	0.0114	0.0112	<b>0.0582</b>	0.0548	0.0045	0.0045	0.0045	0.0005	0.0036	0.0024	0.0186	0.0166	0.0039	0.0013	0.0156	0.0119
29	0.0222	0.0223	<b>0.1292</b>	0.1125	0.0116	0.0113	<b>0.0600</b>	0.0558	0.0045	0.0045	0.0045	0.0082	0.0033	0.0023	0.0221	0.0199	0.0036	0.0013	0.0164	0.0127
30	0.0196	0.0194	<b>0.2510</b>	0.1932	0.0105	0.0102	<b>0.0981</b>	0.0882	0.0043	0.0043	0.0043	0.0056	0.0027	0.0022	0.0346	0.0318	0.0023	0.0012	0.0247	0.0205

Tablo 5.  $Q1_2$  matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

M	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi				
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	
1	0.0323	0.0310	0.0427	0.0402	0.0209	0.0204	0.0182	0.0176	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0338	0.0324	0.0398	0.0380	0.0196	0.0198	0.0180	0.0174	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0403	0.0386	0.0335	0.0328	0.0230	0.0228	0.0161	0.0155	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0412	0.0392	0.0351	0.0345	0.0187	0.0182	0.0203	0.0201	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0328	0.0324	<b>0.5228</b>	0.1027	0.0206	0.0200	<b>0.4992</b>	0.0669	0.0001	0.0001	<b>0.5183</b>	0.0043	0.0001	0.0001	<b>0.5182</b>	0.0043	0.0000	0.0000	<b>0.4871</b>	0.0032	
6	0.0323	0.0316	<b>0.4304</b>	0.1018	0.0212	0.0209	<b>0.3749</b>	0.0652	0.0001	0.0001	<b>0.4963</b>	0.0043	0.0001	0.0001	<b>0.4964</b>	0.0042	0.0000	0.0000	<b>0.4553</b>	0.0032	
7	0.0400	0.0382	<b>0.4797</b>	0.0920	0.0192	0.0194	<b>0.5105</b>	0.0706	0.0001	0.0001	<b>0.4706</b>	0.0046	0.0001	0.0001	<b>0.4705</b>	0.0045	0.0000	0.0000	<b>0.5066</b>	0.0031	
8	0.0414	0.0398	<b>0.5999</b>	0.0865	0.0233	0.0231	<b>0.5079</b>	0.0636	0.0001	0.0001	<b>0.5312</b>	0.0045	0.0001	0.0001	<b>0.5312</b>	0.0044	0.0000	0.0000	<b>0.5517</b>	0.0031	
9	0.0349	0.0335	<b>0.5215</b>	0.0966	0.0200	0.0197	<b>0.4629</b>	0.0680	0.0001	0.0001	<b>0.4872</b>	0.0045	0.0001	0.0001	<b>0.4872</b>	0.0046	0.0000	0.0000	<b>0.4480</b>	0.0031	
10	0.0260	0.0254	0.0655	0.0603	0.0131	0.0130	0.0361	0.0342	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
11	0.0237	0.0230	<b>0.5794</b>	0.1353	0.0133	0.0131	<b>0.3456</b>	0.0876	0.0001	0.0001	<b>0.4696</b>	0.0062	0.0001	0.0001	<b>0.4699</b>	0.0061	0.0000	0.0000	<b>0.5000</b>	0.0043	
12	0.0238	0.0233	<b>0.4621</b>	0.1318	0.0135	0.0133	<b>0.5653</b>	0.0914	0.0001	0.0001	<b>0.4335</b>	0.0064	0.0001	0.0001	<b>0.4334</b>	0.0064	0.0000	0.0000	<b>0.5128</b>	0.0043	
13	0.0386	0.0365	<b>0.7227</b>	0.0815	0.0187	0.0181	<b>0.6854</b>	0.0651	0.0001	0.0001	<b>0.7478</b>	0.0040	0.0001	0.0001	<b>0.7479</b>	0.0039	0.0000	0.0000	<b>0.7431</b>	0.0027	
14	0.0256	0.0254	<b>0.5323</b>	0.1263	0.0131	0.0131	<b>0.4301</b>	0.0917	0.0001	0.0001	<b>0.4575</b>	0.0064	0.0001	0.0001	<b>0.4576</b>	0.0064	0.0000	0.0000	<b>0.5454</b>	0.0042	
15	0.0237	0.0228	<b>0.7676</b>	0.1121	0.0136	0.0133	<b>0.7017</b>	0.0828	0.0001	0.0001	<b>0.6830</b>	0.0059	0.0001	0.0001	<b>0.6833</b>	0.0060	0.0000	0.0000	<b>0.7712</b>	0.0036	
16	0.0324	0.0308	0.0428	0.0411	0.0212	0.0204	0.0178	0.0185	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0352	0.0336	0.0402	0.0387	0.0204	0.0198	0.0186	0.0177	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0412	0.0401	0.0338	0.0320	0.0242	0.0231	0.0164	0.0163	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0403	0.0397	0.0348	0.0338	0.0188	0.0184	0.0192	0.0191	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0242	0.0237	0.0829	0.0758	0.0134	0.0131	0.0344	0.0326	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
21	0.0251	0.0248	0.0719	0.0671	0.0147	0.0147	0.0282	0.0273	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
22	0.0260	0.0256	0.0616	0.0591	0.0128	0.0128	0.0380	0.0367	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
23	0.0248	0.0243	0.0782	0.0729	0.0135	0.0131	0.0319	0.0307	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
24	0.0248	0.0241	0.0755	0.0704	0.0134	0.0132	0.0336	0.0324	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
25	0.0262	0.0255	0.0664	0.0623	0.0132	0.0130	0.0352	0.0334	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
26	0.0209	0.0204	0.1649	0.1408	0.0118	0.0120	0.0500	0.0483	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	
27	0.0221	0.0219	0.1294	0.1135	0.0108	0.0107	0.0711	0.0647	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
28	0.0221	0.0217	0.1099	0.1002	0.0117	0.0115	0.0579	0.0552	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	
29	0.0219	0.0213	0.1253	0.1099	0.0115	0.0112	0.0593	0.0554	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	
30	0.0204	0.0201	0.2481	0.1953	0.0104	0.0104	0.0981	0.0902	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	

### 30 Madde Koşulu İçin Q Matrisin Fazla Belirlendiği Durum

Çalışma kapsamında fazla belirleme yapılan diğer matris  $Q_{22}$  matrisidir.  $Q_{22}$  matrisi 2, 4, 10 ve 14 numaralı maddelerde birinci becerinin ölçülme durumuna, 13 numaralı maddede ikinci becerinin, 4, 5, 7 ve 12. maddelerde üçüncü becerinin, 1, 2 ve 11. maddelerde ise dördüncü becerinin ölçülme durumuna ilişkin olmak üzere 12 hücrede fazla belirleme yapılarak oluşturulmuştur (Ek 2’de sunulmuştur).  $Q_{22}$  matrisi kullanılarak kestirilen parametrelerin ortalamaları Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6 incelendiğinde ve ilgili değerler Tablo 7’deki değerlerle karşılaştırıldığında, 30 madde koşulunda, tüm örneklem büyüklüğü durumlarında, fazla belirleme yapılan maddelerin g parametrelerin oldukça yükselmiştir. Fazla belirleme yapılan maddelerin g parametrelerinin standart hata değerleri de bir miktar yükselmiştir. g parametrelerinde ve standart hatalarındaki artışlar örneklem büyüklüğü temelinde düzenli farklılaşma göstermemektedir. Buna ek olarak örneklem büyüklüğü 50 ve 100 kişi olduğunda, hatalı belirlenen maddelerin bazılarının s parametreleri ve bunların standart hataları da artış göstermiştir. s parametrelerindeki artış 50 kişilik örneklem büyüklüğünde, 100 kişilik örnekleme göre daha fazladır.

### SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, DINA modelde Q matrisin hatalı belirlenmesinin ( $Q_{11}$ ,  $Q_{22}$ ,  $Q_{21}$  ve  $Q_{22}$ ) farklı örneklem büyüklüğü (50, 100, 250, 500 ve 1000 kişi) ve test uzunluğu (15 ve 30 madde) koşullarında g ve s parametresi kestirimlerine etkisi incelenmiştir.

DINA modelde g ve s parametrelerinin sıfır olması, veri ile model arasındaki uyumun mükemmel, belirlenen Q matrisin ise hatasız olduğunu, ölçme aracıyla ölçülen tüm becerilerin doğru belirlendiğini ve veri setindeki yanıtların modele uyumsuz olmadığı ideal durumu ifade etmektedir (de la Torre, & Douglas, 2004; Li, 2008; Rupp, & Templin, 2008a; de la Torre, 2009a). Sıfıra yakın değerlerde, model bir miktar modelle uyumsuz yanıt içerir. Parametreler sıfırdan çok yüksek olduğunda, ya ölçülen beceriler doğru olarak belirlenmemiştir ya da Q matrisin tanımlanmasında hata yapılmıştır. Model uyumu düşüktür ve maddelerle ölçüldüğü tanımlanan beceriler katılımcıların yanıt örüntüsünü açıklamada yetersiz kalmaktadır. Diğer bir deyişle maddelerin yanıtlanması tanımlanan beceriler dışında bir strateji içermektedir (de la Torre, & Douglas, 2004).

Çalışma kapsamında ele alınan hatasız Q matrisleri kullanılarak kestirilen g ve s parametresi değerleri veriler üretilirken tanımlandığı gibi sıfıra çok yakındır. Ancak örneklem büyüklüğü azaldıkça bazı maddeler için kestirilen parametreler (özellikle s parametresi) ve bunların standart hataları sıfırdan bir miktar uzaklaşmaktadır. Kişi sayısı arttıkça bu durum ortadan kalkmakta ve parametre değerleri ile standart hatalar sıfıra yaklaşmaktadır. Hatasız Q matrisiyle 30 madde için yapılan kestirim değerleri tüm örneklem büyüklüğü koşullarında sıfıra oldukça yakınken, 15 madde için yapılan kestirimlerde kişi sayısı azaldıkça parametre değerleri hatasız durumdaki değerlerden uzaklaşmaktadır.

Yapılan kestirimler, hesaplanan parametrelerin ve bunların standart hatalarının sıfıra yakınlığı derecesinde doğrudur (Rupp vd., 2010). Hatasız Q matrisleriyle kestirilen değerler tüm durumlar için sıfıra yakındır. Örneklem büyüklüğü ve test uzunluğu arttıkça standart hata değerleri sıfıra daha fazla yaklaşmaktadır.

Tablo 6. Hatalı  $Q_2$  matrisi kullanılarak kestirilen parametreler

M	50 Kişi				100 Kişi				250 Kişi				500 Kişi				1000 Kişi			
	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>	g	SH <sub>g</sub>	s	SH <sub>s</sub>
1	<b>0.2099</b>	0.0651	0.0619	0.0580	<b>0.3977</b>	0.0557	0.0387	0.0372	<b>0.3957</b>	0.0036	0.0002	0.0002	<b>0.3778</b>	0.0027	0.0001	0.0001	<b>0.3219</b>	0.0024	0.0001	0.0001
2	<b>0.3918</b>	0.0713	<b>0.1214</b>	0.1061	<b>0.4560</b>	0.0534	<b>0.0700</b>	0.0649	<b>0.3843</b>	0.0033	0.0003	0.0003	<b>0.3023</b>	0.0025	0.0001	0.0001	<b>0.4136</b>	0.0024	0.0001	0.0002
3	0.0419	0.0400	0.0328	0.0326	0.0235	0.0226	0.0169	0.0164	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	<b>0.4684</b>	0.0730	<b>0.1096</b>	0.0971	<b>0.4023</b>	0.0518	0.0600	0.0560	<b>0.4045</b>	0.0033	0.0003	0.0003	<b>0.3956</b>	0.0028	0.0001	0.0000	<b>0.4670</b>	0.0024	0.0001	0.0001
5	<b>0.1458</b>	0.0496	<b>0.1669</b>	0.1388	<b>0.1202</b>	0.0349	0.0507	0.0484	<b>0.1442</b>	0.0024	0.0003	0.0003	<b>0.1391</b>	0.0017	0.0001	0.0000	<b>0.1481</b>	0.0017	0.0002	0.0002
6	0.0250	0.0239	0.0707	0.0662	0.0145	0.0144	0.0279	0.0265	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
7	<b>0.1780</b>	0.0553	0.1089	0.0971	<b>0.1150</b>	0.0341	0.0595	0.0556	<b>0.1501</b>	0.0024	0.0003	0.0003	<b>0.1737</b>	0.0022	0.0000	<b>0.0001</b>	<b>0.1487</b>	0.0017	0.0001	0.0001
8	0.0244	0.0235	0.0779	0.0718	0.0138	0.0135	0.0317	0.0303	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
9	0.0240	0.0236	0.0752	0.0676	0.0133	0.0131	0.0336	0.0327	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
10	<b>0.1551</b>	0.0527	0.1118	0.0985	<b>0.1372</b>	0.0367	0.0591	0.0542	<b>0.1319</b>	0.0023	0.0003	0.0003	<b>0.1446</b>	0.0035	0.0001	0.0001	<b>0.1580</b>	0.0018	0.0001	0.0001
11	0.0592	0.0324	<b>0.2473</b>	0.1914	<b>0.1167</b>	0.0338	0.0989	0.0885	<b>0.0693</b>	0.0017	0.0005	0.0005	<b>0.0713</b>	0.0045	0.0000	0.0000	<b>0.0715</b>	0.0012	0.0003	0.0003
12	<b>0.0992</b>	0.0415	<b>0.2472</b>	0.1882	0.0530	0.0228	0.1012	0.0909	<b>0.0650</b>	0.0016	0.0005	0.0005	<b>0.0610</b>	0.0050	0.0000	0.0001	<b>0.0746</b>	0.0012	0.0003	0.0003
13	<b>0.1195</b>	0.0459	<b>0.2502</b>	0.1917	<b>0.0845</b>	0.0285	0.1014	0.0905	0.0477	0.0014	0.0005	0.0005	<b>0.0878</b>	0.0051	0.0000	0.0001	<b>0.0821</b>	0.0013	0.0003	0.0003
14	<b>0.1008</b>	0.0425	<b>0.2501</b>	0.1916	<b>0.0851</b>	0.0291	0.0995	0.0919	<b>0.0563</b>	0.0015	0.0005	0.0005	<b>0.0584</b>	0.0051	0.0002	0.0001	<b>0.0671</b>	0.0011	0.0003	0.0003
15	0.0197	0.0191	0.2473	0.1956	0.0108	0.0106	0.0999	0.0888	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003
16	0.0330	0.0314	0.0455	0.0431	0.0231	0.0227	0.0202	0.0198	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0378	0.0358	0.0463	0.0431	0.0215	0.0210	0.0201	0.0194	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0424	0.0394	0.0331	0.0319	0.0230	0.0227	0.0172	0.0168	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0441	0.0418	0.0399	0.0378	0.0207	0.0199	0.0227	0.0215	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
20	0.0241	0.0232	0.0830	0.0746	0.0129	0.0125	0.0348	0.0327	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
21	0.0247	0.0245	0.0702	0.0664	0.0143	0.0138	0.0276	0.0270	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
22	0.0261	0.0255	0.0619	0.0583	0.0130	0.0126	0.0387	0.0365	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
23	0.0241	0.0239	0.0777	0.0728	0.0142	0.0142	0.0328	0.0322	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
24	0.0246	0.0236	0.0766	0.0719	0.0135	0.0131	0.0331	0.0314	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
25	0.0265	0.0263	0.0663	0.0625	0.0132	0.0129	0.0356	0.0347	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
26	0.0209	0.0205	0.1670	0.1433	0.0116	0.0116	0.0503	0.0474	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002
27	0.0219	0.0217	0.1246	0.1108	0.0113	0.0115	0.0692	0.0639	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001
28	0.0219	0.0212	0.1125	0.1005	0.0115	0.0113	0.0596	0.0569	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
29	0.0219	0.0209	0.1262	0.1125	0.0113	0.0109	0.0576	0.0541	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002
30	0.0203	0.0201	0.2464	0.1906	0.0106	0.0106	0.0992	0.0891	0.0000	0.0000	0.0005	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003

Q matrisinde yer alan bir maddede 1'ler 0 yapıldığında, g parametresi kestirimi hatasızken, s parametresi gerçek değerinden yüksek değerde kestirilmektedir. Çünkü orijinal veriye uygun Q matrisinde yer alan bir madde bir beceri eksik ölçüyor olacak biçimde kodlandığında, madde tanımlamada daha kolay hale gelir, ancak yanıt örüntüsü beklenenden daha fazla yanlış cevap içerir (Rupp, & Templin, 2008a). Q matrisin eksik belirlenmesi çalışma kapsamında incelenen koşullarda da maddelerin s parametresinin sıfırdan yüksek değerler almasına sebep olmuştur.

Q matrisinde yer alan bir maddede 0, 1 ile değiştirildiğinde kaydırma parametresi kestirimi hatasız olurken, tahmin parametresi gerçek değerinden yüksek değerde kestirilmektedir. Bir madde ek bir beceri gerektirecek biçimde yanlış kodlandığında, analizlerde Q matrisinin orijinal kodlamasına göre bir beceri eksik olacak biçimde üretilen veri kullanıldığından, madde etkin bir biçimde olduğundan daha zor olarak kodlanmıştır (Rupp, & Templin, 2008a). Q matrisin fazla belirlenmesi çalışma kapsamında incelenen koşullarda da maddelerin g parametrelerinin sıfırdan yüksek değerler almasına sebep olmuştur.

g ve s parametrelerinden biri yüksekse bu durum modelin iyi tanımlanmadığının, maddenin veriye iyi uyum göstermediğinin (model uyumsuzluğunun maddeye özgü) göstergesidir (Rupp, & Templin, 2008a). Çalışmada hatasız Q matrisinde yapılan hatalı belirlemeler, ilgili maddenin veriye iyi uyum göstermemesine sebep olmuştur. Eksik belirleme nedeniyle ilgili maddelerin s, fazla belirleme nedeniyle de g parametrelerinde ve bunların standart hatalarında artış olmuştur. Bu artışlar örneklem büyüklüğü temelinde düzenli farklılaşma göstermemektedir. Tüm örneklem büyüklüğü durumlarında, ilgili parametre değerleri artış göstermiştir. Ancak örneklem büyüklüğünün artması parametrelerin standart hatalarının küçülmesini yani kestirimlerin hatasızlığının artmasını sağlamıştır. Örneklem büyüklüğü arttıkça, yaklaşık olarak aynı oranda farklı yeterlik düzeylerini temsil eden örtük sınıflardaki birey sayıları da artmakta ve ilgili maddeye, eksik belirlenen beceriye sahip olmadığı için yanlış yanıt verecek ya da tam tersi fazla belirlenen beceriye sahip olmadığı halde doğru yanıt verecek birey sayısı da buna paralel olarak artmaktadır. MacDonald (2013), Q matrisinin hatalı belirlenmesi durumlarında, parametre kestirimlerinin örneklem büyüklüğüne göre farklılık göstermediğini belirtmiştir. Qin ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada örneklem büyüklüğü arttıkça hatasızlığın arttığı, örneklem büyüklüğü 500, ölçülen beceri sayısı ve hatalı belirlenen madde sayısı az olduğunda, hatasız Q matrisi ile tamamen uyumlu sonuçlar elde edildiği, örneklem büyüklüğü 500'den daha da arttıkça ölçülen beceri sayısı artsa bile uyumun devam ettiği belirtilmiştir.

Madde sayısının artması, parametre kestirimlerinin kesinliğini arttıran bir durumdur (Tatsuoka, 1990; Cassuto, 1996; Henson, & Templin, 2006; Templin vd., 2009; Kunina-Habenicht vd., 2012; MacDonald, 2013; Ömür-Sünbül, & Kan, 2015). Çalışmada incelenen koşullarda testin kısaltılması, hatalı belirlenen Q matrisler kullanılarak yapılan parametre kestirimlerinin hatasız Q matrisler kullanılarak yapılan kestirimlerden daha fazla farklılaşmasına neden olmuştur. Ölçme aracında yer alan madde sayısı azaldığında, beklenen burumun aksine, eksik belirleme durumunda, eksik belirlenen bazı maddelerde s parametreleri, eksik belirleme yapılmayan bazı maddelerin ise g parametreleri yükselmektedir. Fazla belirleme durumunda ise, bazı maddelerin s parametresinde de yükselmeler olmaktadır.

Sonuç olarak, çalışmanın bulguları parametre kestirimlerinin Q matrisinin hatalı belirlenmesinden etkilendiğini göstermektedir. Eksik belirleme yapılan maddelerin s

parametrelerindeki yükselmeler, fazla belirleme yapılan maddelerin g parametrelerindeki yükselmelerden oldukça fazladır. 30 madde koşulunda hatalı belirlemeler parametre kestirimlerinde genel olarak bölgesel etki yapmaktadır. Bölgesel etkiyle kastedilen, hangi maddede hatalı belirleme yapıldıysa, yapılan hatalı belirlemeye bağlı olarak o maddeye ilişkin g ve ya s parametrelerinin yükselmesidir. Madde sayısı azaldığında, hatalı belirleme yapılan maddeler dışındaki maddelerin de parametre kestirimlerinde artış olmaktadır. Parametrelerin hatalı kestirimlerindeki bölgesel etki ortadan kalkmakta, hatalı belirleme yapılmayan maddelerin de parametre kestirimleri farklılaşmaktadır. Ölçme aracında yer alan madde sayısı, hatalı belirleme yapılmayan maddelerin parametre değerlerinin, Q matrisinde yapılan hatalı belirlemelerden etkilenme durumunu etkilemektedir. Hem örneklem büyüklüğü hem de ölçme aracında yer alan madde sayısı azaldığında, parametre kestirimlerinin hata miktarı artmaktadır.

Çalışma bulgularına dayanarak, uygulayıcılara madde parametresi kestirimlerinin doğruluğunu arttırmak amacıyla; örneklem büyüklüğü 250 ve daha fazla olan gruplarla çalışmaları, madde sayısını arttırmaları ve aynı beceri örüntülerine ilişkin birden fazla madde yazmaları, kestirdikleri parametre değerleri sıfırdan farklılaştığında bu madde ile ölçülen becerilerin tanımlanması ile ilgili hata yapıp yapmadıklarını kontrol ederek, uzman görüşü alıp yeni belirlemeler doğrultusunda analizlerini tekrar etmeleri önerilmektedir.

#### KAYNAKÇA

- Baker, F. (1993) Sensitivity of the linear logistic test model to misspecification of the weight matrix. *Applied Psychological Measurement*, 17, 201-210.
- Best, N. G., Cowles, M. K., & Vines, K. (1995). CODA\* convergence diagnosis and output analysis software for Gibbs sampling output Version 0.30. *MRC Biostatistics Unit, Cambridge*, 52.
- Cassuto, N. (1996). *The performance of the linear logistic test model under different testing conditions*. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota, Minneapolis, MN.
- Congdon, P. (2001). *Applied Bayesian modelling*. London, UK: John Wiley & Sons.
- Culpepper, S. A. (2015). Bayesian estimation of the DINA model with Gibbs sampling. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*. doi: 1076998615595403
- 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. (2009a). DINA model and parameter estimation: A didactic. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 34(1), 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., & Douglas, J. (2004). Higher-order latent trait models for cognitive diagnosis. *Psychometrika*, 3(69), 333-353.
- De la Torre, J. Hong, Y., & Deng W. (2010). Factors affecting the item parameter estimation and classification accuracy of the DINA model. *Journal of Educational Measurement*, 47(2), 227-249.
- DiBello, L. V., & Stout, W. (2007). Guest editors' introduction and overview: IRT-based cognitive diagnostic models and related methods. *Journal of Educational Measurement*, 44(4), 285-291.

- Dogan, E., & Tatsuoka, K. (2008). An international comparison using a diagnostic testing model: Turkish students' profile of mathematical skills on TIMSS-R. *Educational Studies in Mathematics*, 68(3), 263-272.
- Gelfand, A. E., Smith, A. F. M., & Lee, T-M. (1992). Bayesian analysis of constrained parameter and truncated data problems using Gibbs sampling. *Journal of the American Statistical Association*, 87(418), 523-532.
- Gelfand, A. E. (2000). Gibbs sampling. *Journal of the American Statistical Association*, 95(452), 1300-1304.
- Gelman, A., & Rubin, D. R. (1992). A single series from the Gibbs sampler provides a false sense of security. In *Bayesian statistics 4* (Ess: J. M. Bernardo et al.). Oxford: Oxford University Press.
- Gill, J. (2002). *Bayesian methods (A social and behavioral sciences approach)*. USA: Chapman & Hall/CRC Statistics in the Social and Behavioral Sciences.
- Haertel, E. H. (1989). Using restricted latent class models to map the skill structure of achievement items. *Journal of Educational Measurement*, 26, 333-352.
- Henson, R. (2004). *Test discrimination and test construction for cognitive diagnostic models*. Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois.
- Henson, R., & Douglas, J. (2005) Test construction for cognitive diagnosis. *Applied Psychological Measurement*, 29(4), 262-277.
- Henson, R. A., & Templin, J. L. (2006). *Implications of Q-matrix misspecification in cognitive diagnosis*. Manuscript submitted for publication.
- Im, S., & Corter, J. (2011). Statistical consequences of attribute misspecification in the rule space method. *Educational and Psychological Measurement*, 71, 712-731.
- Kunina-Habenicht, O., Rupp, R., & Wilhelm, O. (2012). The impact of model misspecification on parameter estimation and item-fit assessment in log-linear diagnostic classification models. *Journal of Educational Measurement*, 49, 59-81.
- Lee, S., & Song, X. (2004). Evaluation of the Bayesian and maximum likelihood approaches in analyzing structural equation models with small sample sizes. *Multivariate Behavioral Research*, 39(4), 653-686.
- Li, F. (2008). *A modified higher-order DINA model for detecting differential item functioning and differential attribute functioning*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Georgia.
- MacDonald, G. T. (2013). *The performance of the linear logistic test model when the Q-matrix is misspecified: A simulation study*. Doctoral dissertation, College of Education University of South Florida.
- MacDonald, G., & Kromrey, J. (2011). *Linear logistic test model: Using SAS® to simulate the decomposition of item difficulty by algorithm, sample size, cognitive component and time to convergence*. Proceedings of the American Statistical Association's Joint Statistical Meeting, Social Statistics Section, Miami, FL.
- MacDonald, G., & Kromrey, J. (2012). *The effects of Q-matrix misspecification when employing Proc NLMIXED: A simulation study*. Paper presented at the annual SESUG conference, Durham, NC.
- Orlando, M., & Marshall, G. N. (2002). Differential item functioning in a Spanish translation of the PTSD checklist: detection and evaluation of impact. *Psychological Assessment*, 14(1), 50-9.



- Ömür-Sünbül, S. Ö., & Kan, A. (2015). Bilişsel tanı modellerinde parametre kestirimini ve sınıflama tutarlılığını etkileyen faktörlerin incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(4), 778-795
- Palomo, J., Dunson, D. B., & Bollen, K. (2007). Bayesian structural equation modeling. Chap.8. *Handbook of Computing and Statistics with Applications* (Edt: S. Y. Lee). North-Holland: 1. Elsevier.
- Qin, C., Zhang, L., Qiu, D., Huang, L., Geng, T., Jiang, H., Ren, Q. & Zhou, J. (2015). Model identification and Q-matrix incremental inference in cognitive diagnosis. *Knowledge-Based Systems*, 86, 66-76.
- Romero, S. J., Ordoñez, X. G., Ponsoda, V., & Revuelta, J. (2014). Detection of Q-matrix misspecification using two criteria for validation of cognitive structures under the least squares distance model. *Psicologica: International Journal of Methodology and Experimental Psychology*, 35(1), 149-169.
- Rupp, A., & Templin, J. (2008a). The effects of Q-matrix misspecification on parameter estimates and classification accuracy in the DINA model. *Education and Psychological Measurement*, 68, 78-96.
- Rupp, A., & Templin, J. (2008b). Unique characteristics of diagnostic models: a review of the current state-of-the-art. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 6, 219-262.
- Rupp, A. A., Templin, J., & Henson, R. J. (2010). *Diagnostic measurement: Theory, methods, and applications*. New York: Guilford Press.
- 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. (1990). Toward an integration of item-response theory and cognitive error diagnosis. In N. Frederiksen, R. Glaser, A. Lesgold, & Safto, M. (Eds.). *Monitoring skills and knowledge acquisition* (453-488). Hillsdale, NJ; Erlbaum.
- Yang, M., & Dunson, D. B. (2010). Bayesian semiparametric structural equation models with latent variables. *Psychometrika*, 75, 675-693.

**Atıf için:**

Uyumaz, G., & Çokluk-Bökeoğlu, Ö. (2017). DINA modelde Q matrisin hatalı belirlenmesinin farklı örneklem büyüklükleri ve test uzunluklarında madde parametrelerine etkisi. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi - Journal of Educational Sciences Research*, 7(1), 109-126. <http://ebad-jesr.com/>

## APPENDIX

## Appendix I

Correct Q0<sub>1</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	1	0	0
6	1	0	1	0
7	1	0	0	1
8	0	1	1	0
9	0	1	0	1
10	0	0	1	1
11	1	1	1	0
12	1	1	0	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1

Correct Q0<sub>2</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	1	0	0
6	1	0	1	0
7	1	0	0	1
8	0	1	1	0
9	0	1	0	1
10	0	0	1	1
11	1	1	1	0
12	1	1	0	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	0	0	0
17	0	1	0	0
18	0	0	1	0
19	0	0	0	1
20	1	1	0	0
21	1	0	1	0
22	1	0	0	1
23	0	1	1	0
24	0	1	0	1
25	0	0	1	1
26	1	1	1	0
27	1	1	0	1
28	1	0	1	1
29	0	1	1	1
30	1	1	1	1

## Appendix II

Misspecified Q1<sub>1</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	0	0	0
6	1	0	1	0
7	1	0	0	1
8	0	1	1	0
9	0	0	0	1
10	0	0	1	0
11	1	1	0	0
12	1	0	0	1
13	1	0	1	1
14	0	1	0	1
15	1	1	1	1

Misspecified Q1<sub>2</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	0
7	0	0	0	1
8	0	0	1	0
9	0	1	0	0
10	0	0	1	1
11	1	1	0	0
12	0	1	0	1
13	0	0	0	1
14	0	0	1	1
15	0	1	0	1
16	1	0	0	0
17	0	1	0	0
18	0	0	1	0
19	0	0	0	1
20	1	1	0	0
21	1	0	1	0
22	1	0	0	1
23	0	1	1	0
24	0	1	0	1
25	0	0	1	1
26	1	1	1	0
27	1	1	0	1
28	1	0	1	1
29	0	1	1	1
30	1	1	1	1

Misspecified Q2<sub>1</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	0	1	1	0
3	0	1	1	0
4	0	0	0	1
5	1	1	0	0
6	1	0	1	0
7	1	0	0	1
8	0	1	1	0
9	1	1	1	1
10	0	0	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1

Misspecified Q2<sub>2</sub> Matrix

Item	Attribute			
	1	2	3	4
1	1	0	0	1
2	1	1	0	1
3	0	0	1	0
4	1	0	1	1
5	1	1	1	0
6	1	0	1	0
7	1	0	1	1
8	0	1	1	0
9	0	1	0	1
10	1	0	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	0	0	0
17	0	1	0	0
18	0	0	1	0
19	0	0	0	1
20	1	1	0	0
21	1	0	1	0
22	1	0	0	1
23	0	1	1	0
24	0	1	0	1
25	0	0	1	1
26	1	1	1	0
27	1	1	0	1
28	1	0	1	1
29	0	1	1	1
30	1	1	1	1