



Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi
Ankara University Faculty of Educational Sciences Journal of Special Education

2022, 23(4), 853-871

ARAŞTIRMA | RESEARCH

Gönderim Tarihi | Received Date: 04.02.21

Kabul Tarihi | Accepted Date: 29.06.22

Erken Görünüm | Online First: 28.07.22

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği'nin Geliştirilmesi ve Psikometrik Özelliklerinin Belirlenmesi: Özel Yetenekliler Örneklemi

[Türkçe okumak için tıklayınız](#)

Determination of Psychometric Characteristics of Mathematical Modeling Competencies Scale: Gifted and Talented Youth

[Click here to read in English](#)

Gülnur Özbek



Erdoğan Köse





Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği'nin Geliştirilmesi ve Psikometrik Özelliklerinin Belirlenmesi: Özel Yetenekliler Örnekleme*

Gülnur Özbek¹

Erdoğan Köse²

Öz

Giriş: Geliştirilen modeller ile özgün projeler oluşturma açısından kilit bir kavram olan matematiksel modelleme bu yönüyle özel yetenekli gençlerin eğitiminde kullanılmaktadır. Modelleme yeterliklerinin belirlenmesi, gelişimine ihtiyaç duydukları aşamaların tespit edilmesi nasıl eğitim uygulamaları ve program farklılaştırmaları yapılacağına karar verilmesi açısından önemli veriler sağlayacaktır. Araştırmada matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeğini geliştirmek ve psikometrik özelliklerini belirlemek amaçlanmaktadır.

Yöntem: Araştırma betimsel bir çalışmadır. Araştırma iki farklı örneklem grubu katılımı ile gerçekleştirilmiştir. İlk grupta 301 katılımcıdan elde edilen verilerle açımlayıcı faktör analizi (AFA) yapılmıştır. İkinci grupta 185 katılımcıdan elde edilen veriler ile doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmıştır.

Bulgular: Geliştirilen ölçek 'Tamamen katılıyorum', 'Katılıyorum', 'Orta derecede katılıyorum', 'Katılmıyorum' ve 'Hiç katılmıyorum' şeklinde derecelendirilmiş olup ters kodlanması gerekli olan maddeler bulunmamaktadır. Ölçeğin alt faktörlerinin 'Gerçek yaşam problemini belirleme', 'Problemi anlama ve sadeleştirme', 'Matematikselleştirme', 'Matematiksel olarak çalışma' ve 'Yorumlama ve doğrulama' olduğu belirlenmiştir. Güvenirliliği belirlemek amacıyla hesaplanan Cronbach alfa iç tutarlılık katsayıları ölçeğin bütünü için 0.958 olarak ve sırasıyla alt faktörler için .811, .900, .883, .820 ve .927 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin uyum indeksleri ($\chi^2 / df = 2.00$, GFI = .90, RMSEA = .075, SRMR = .063, IFI = .97, NNFI = .97, CFI = .97, NFI = .94, PNFI = .86) belirlenmiştir.

Tartışma: Araştırmanın sonucunda, geliştirilen 5 faktörlü 31 maddelik ölçeğin sonraki çalışmalarda kullanılabilir yeterli psikometrik özelliklere sahip olduğuna ulaşılmıştır. Geliştirilen ölçek modelleme sürecinde hem bütüncül olarak hem de aşamalarında kısmi olarak ölçüm yapmayı sağlamaktadır. Bu bağlamda bu araştırma kapsamında geliştirilen ölçek ile gerçekleştirmede en iyi olunan aşamalar ile en zorlanılan ve gelişimine ihtiyaç duyulan aşamaların belirlenmesi sağlanabilir.

Anahtar sözcükler: Özel yetenekliler, matematiksel modelleme, modelleme yeterlikleri, ölçek geliştirme, faktör analizi.

Atf için: Özbek, G., & Köse, E. (2022). Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği'nin geliştirilmesi ve psikometrik özelliklerinin belirlenmesi: Özel yetenekliler örnekleme. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 23(4), 853-871. <https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.874247>

*28. Uluslararası Eğitim Bilimleri Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

¹**Sorumlu Yazar:** Misafir araştırmacı, St. John's Üniversitesi, E-posta: gulnurozzbek1308@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9395-5022>

²Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi, E-posta: erdogan63@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0426-0267>

Giriş

Matematiksel modelleme gerçek yaşam problemlerinin belirlenmesini, sadeleştirilmesini, matematiksel olarak ifade edilmesini, modeller geliştirilerek çözülmesini, yorumlanmasını ve doğrulanmasını kapsayan çok boyutlu bir süreçtir (Borromeo-Ferri, 2006). Başka bir ifade ile gerçek yaşam problemlerini matematiksel olarak ifade etme sürecidir (Blum & Niss, 1991). Bu ifadelerde, gerçek yaşam durumlarının kullanılmasının ve gerçek yaşamla ilişki kurulmasının sağlanmasının vurgulandığı görülmektedir ve öğretim sürecindeki önemi de buradan kaynaklanmaktadır (Kaiser vd., 2010; Lesh vd., 2000; Lesh vd., 2010). Modelleme yeterlikleri ise istekli, amaçlı bir biçimde model oluşturma sürecinde ilerleme (Kaiser & Maaß, 2007), süreci bağımsız ve bilinçli olarak yürütebilme beceri ve yeterlikleridir (Blomhøj & Jensen, 2003; Maaß & Gurlitt, 2011). Başka bir ifade ile sürecin tamamlanması için bilişsel becerileri, alan bilgisini ve bu bilgileri gerçek yaşamla ilişkilendirmeyi kapsamaktadır (Borromeo-Ferri, 2010; Erbaş vd., 2014; Tekin-Dede, 2017). Gerekli varsayımları, değişkenleri ve değişkenler arası ilişkileri belirleme, matematiksel olarak açıklama hem süreci hem de sonucu yorumlama ve doğrulama becerileri olarak da ifade edilmektedir (Blum vd., 2007). Modelleme yeterlikleri ile ilgili bu açıklamalarda modelleme sürecinin aşamalarından ve bu aşamalarla ilgili becerilerden ortak olarak bahsedildiği görülmektedir (Maaß, 2006; Tekin-Dede, 2017). Bu yeterliklerin gelişiminin sağlanması açısından bakıldığında, mevcut durumun ve düzeyin belirlenmesinin gelişimine ihtiyaç duyulan yeterlikler varsa bu ihtiyacın giderilmesinin sağlanmasında temel olduğu belirtilmiştir (Blomhøj & Kjeldsen, 2006; Bukova-Güzel, 2016; Mumcu & Baki, 2017). Bu bağlamda matematiksel modelleme yeterliklerinin belirlenmesi gerçek yaşam problemlerini sistematik olarak çözümlenerek yorumlayabilme sürecinin geliştirilmesinin yanı sıra zeka ve sosyal gelişimin desteklenmesi açısından eğitim programları ve öğretimde oldukça önemlidir (Dewey, 1910; Dewey, 1997; Ornstein & Hunkins, 2016). Modelleme yeterliklerinin yani matematiği kullanarak gerçek yaşam problemlerini çözme yeterliklerinin belirlenmesi ve geliştirilmesinin gerekliliği (Kaiser, 2020), bu yeterliklerin gelişiminin belirlenmesi için geliştirilen farklı veri toplama araçları ile ölçüm yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (Biccard & Wessels, 2011; Maaß & Mischo, 2011; Sekerak, 2010). Tüm bunlar araştırma kapsamında ölçme aracının geliştirilmesinin gerekçelerini oluşturmaktadır.

Matematiksel modelleme yeterliklerinin sürecin aşamaları ile ilişkili olarak problemi belirleme, sadeleştirilme, matematikselleştirme, matematiksel olarak çalışma, yorumlama ve doğrulama yapmayı kapsayan döngüsel süreçte açıklanması mümkündür. İlk aşama matematik bilgilerini kullanarak çözüm üretebilecek gerçek yaşam problemlerini belirleme, fark etme ve duyarlılık göstermeyi, ikinci aşama ise varsayımları belirleme plan yapma, uygun strateji ve yöntem seçme ve değişkenleri açıklamayı kapsamaktadır. Sonraki aşamada uygun matematiksel yöntemleri kullanma ön plana çıkmaktadır. Sırasıyla diğer aşamada modeli çözümlenerek matematiksel sonuçlara ulaşma, matematiksel ilişkileri ve yapıları kurma ile matematik bilgilerini çözümde kullanma söz konusudur. Son iki aşama modelin ve çözümün gerçek yaşamda anlamını, uygulanabilirliğini, yararlılığını ve gerekliliğini analiz edip açıklayarak yorum yapma ile varsayımların, çözümün, modelin doğruluğunu belirleme ve eğer hatalar varsa bunları düzeltmeyi kapsamaktadır. Modelleme yeterliklerinin sürecin tüm aşamaları kapsamında ya da kısmi olarak bazı alt aşamaları kapsamında incelenebildiği görülmektedir (Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser & Grünwald, 2015). İlkinde ilk aşamadan başlanarak son aşamaya kadar sırasıyla takip edilmesi söz konusudur (Eraslan & Kant, 2015). Bunun için varsayımların, değişkenlerin ve değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesi, problemin sadeleştirilmesi, matematiksel olarak ifade edilmesi, oluşturulan model üzerinde matematiksel olarak çalışılarak çözüme ulaşılması, çözümün ve modelin gerçek yaşamda yorumlanması ve tüm aşamalarla birlikte modelin doğrulanması gibi süreç içerisindeki tüm aşamaların gerçekleştirilmesinin sağlanması gerekmektedir. İkincisinde ise bazı aşamalara odaklanılmaktadır (Blomhøj & Jensen, 2003; Haines vd., 2001). Kısmi olarak aşamaların incelendiği (Brand, 2014; Grünwald, 2012; Kaiser & Grünwald, 2015; Tekin-Dede, 2017; Tekin-Dede & Yılmaz, 2015) ya da bütüncül olarak sürecin incelendiği (Eraslan & Kant, 2015) araştırmalar vardır. Ayrıca modelleme sürecindeki basamakların birkaçının bir araya getirilmesi ile inceleme yapıldığı görülmektedir (Brand, 2014; Grünwald, 2012; Kaiser & Grünwald, 2015). Her iki yaklaşımın da birbirini destekleyecek biçimde kullanılmasının modelleme yeterliklerinin geliştirilmesinde yararlı (Blomhøj & Jensen, 2003), etkili (Brand, 2014) ve motive edici olduğu belirlenmiştir (Grünwald, 2012). Araştırma kapsamında geliştirilen ölçme aracı yapılacak araştırmalarda her iki açıdan da veri toplama sağlamaktadır.

Özel yetenekliler yaşlılarına kıyasla bir ya da birden çok alanda akademik yetenek, yüksek öğrenme hızı, üst düzey beceri, kapasite ve performans gösterebilme özelliklerine sahip bireyler olduklarından farklılaşan eğitsel ihtiyaçları eğitim programları ve öğretimlerinde dikkate alınmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2019). Eğitim programları ve öğretim açısından özel yeteneklilerde proje üretimi ve yönetimi programında, bireysel ya

da grupta, faydalı model geliştirme, özgün sonuçlara ulaşma, çıkarımda bulunma ve disiplinler arası çalışma gibi vurgular yer almaktadır (MEB, 2019).

Geliştirilen modeller ile özgün projeler oluşturma açısından kilit bir kavram olan matematiksel modellemenin özel yetenekli gençlerin eğitiminde önemli olduğu söylenebilir. Modelleme yeterliklerinin belirlenmesi, gelişimine ihtiyaç duydukları aşamaların tespit edilmesi nasıl eğitim uygulamaları ve program farklılaşmalarını yapacağına karar verilmesi açısından önemli veriler sağlayacaktır. Gerçek yaşam problemlerine çözüm üretebilen bireyler olmaları (MEB, 2019) ve matematikte derinleşme fırsatı sağlanması açılarından (Antonius vd., 2007; Campbell vd., 2018; Kaiser vd., 2010; Lesh & Caylor, 2007; Lesh vd., 2010; Maaß & Mischo, 2011) potansiyellerinin geliştirilmesine temel oluşturacaktır. Bu kapsamda modelleme yeterliklerinin belirlenmesine yönelik özel yetenekliler bağlamında ölçek geliştirilmesinin önemli gerekçeleri ortaya çıkmaktadır. Gerekçeler doğrultusunda araştırmamızın her aşamasında temele alınan kuramsal çerçeve modelleme sürecinin aşamalarına göre modelleme döngüsü (Borromeo-Ferri, 2006) ve yeterlikleri (Blum, 2011; Kaiser, 2020; Maaß, 2006) olup, bunun yanı sıra sürecin başında gerçek yaşam probleminin belirlenmesi aşaması eklenmiştir. Bu bağlamda gerçek yaşam problemini belirleme, sadeleştirme, matematikselleştirme, matematiksel olarak çalışma, yorumlanma ve doğrulanma aşamaları özel yeteneklilerin matematiksel modelleme yeterlik durumlarını belirlemede ölçek geliştirme çalışması için temele alınmıştır. Özel yeteneklilerin matematik alanında beceri, yeterlik ve performanslarının belirlenmesi gelişimlerinin nasıl sağlanabileceğinin araştırılması açısından önemli bir ihtiyaçtır (Erdoğan & Erben, 2020; Mihaela-Singer vd., Sheffield, 2018; 2016; Wang vd., 2017). Sadece belirlenmesi değil değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesi (Dağyar vd., 2022) de önemli sonuçlara ulaştırmaktadır. Geliştirilen ölçeğin kullanılmasının hem programların geliştirilmesi ve farklılaştırılması bağlamında hem de mevcut yeterliklerin geliştirilmesi bağlamında veri sağlama açısından katkılar sağlayacağı düşünülmektedir (Hidayat vd., 2018; Manuel & Freiman, 2017). Bu bağlamda ölçek özel yeteneklilere yönelik ölçek geliştirilme çalışmalarının yapılması gerekliliğini bir anlamda karşılamaktadır.

Geliştirilen ölçekler incelendiğinde bir ölçeğe ulaşılmış olup matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik öğretmen adaylarının öz yeterliklerini belirlemeyi amaçladığı belirlenmiştir. Çeşitli üniversitelerden toplam 562 ortaokul matematik öğretmen adayından veri toplanarak geliştirilen ölçeğin güvenilirlik katsayısı .97 olarak hesaplanmıştır. Ölçek tek faktörlü yapıdadır. Ölçeğin güvenilirlik uyum indeksleri (χ^2 istatistiği anlamlı $p < .001$), $\chi^2 / df = 2.55$, RMSEA = .071, SRMR = .057, GFI = .87, AGFI = .83, RFI = .94, IFI = .97, CFI = .97, NFI = .95, NNFI = 0.96) hesaplanmıştır. Geliştirilen ölçeğin geçerli ve güvenilir olduğu belirlenmiştir (Koyuncu vd., 2016). Ancak özel yeteneklilere yönelik bir ölçek olması açısından bu çalışma özgünlük taşımaktadır. Ayrıca modelleme sürecinin aşamalarına yönelik beş faktörlü yapıda olması daha önce geliştirilen tek faktörlü ölçekten (Koyuncu vd., 2016) farklılık göstermektedir. Ölçeğin modelleme sürecinde hem bütüncül olarak hem de aşamalarında kısmi olarak ölçüm yapma imkânı sağlaması ve böylece matematiksel modelleme yeterliklerinde en iyi olunan aşamalar ile en zorlanılan ve gelişimine ihtiyaç duyulan aşamaların belirlenmesini sağlaması geliştirilme gerekçelerini oluşturmaktadır. Kısmi ve bütüncül ölçümlerle mevcut durumun belirlenmesi ve ihtiyaç analizi yapılması için ölçeğin veri toplamada kullanılmasının yeterlik gelişimini destekleyen programların tasarlanması ve geliştirilmesi açılarından önemli veriler sağlaması beklenilmektedir. Sıralanan gerekçelerle araştırmada özel yetenekli öğrencilerde matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeği geliştirmek ve psikometrik özelliklerini belirlemek amaçlanmaktadır.

Yöntem

Araştırma Modeli

Matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeğinin geliştirilmesi ve psikometrik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanan bu araştırma betimsel bir çalışmadır (Cresswell, 2016; Cresswell & Plano-Clark, 2015).

Çalışma Grubu

Araştırmaya katılan iki farklı grup bulunmaktadır. Bunlardan ilkinden elde edilen verilerle açılımcı faktör analizi (AFA) yapılmıştır. Taslak form için madde sayısının 5-10 katı kadar katılımcı yer alan (Kline, 1994; Pett vd., 2003; Tavşancıl, 2005) 301 kişiden veri toplanmıştır. Analizler sırasında 9 kişi uç değer olduğu için veri setinden çıkarılmıştır. 292 kişi ile analizlere devam edilmiş ve açılımcı faktör analizi (AFA) yapılmıştır. İlk analizde değişiklikler yapıp AFA sonucu ölçeğe son hali verildikten sonra ikinci uygulamaya geçilmiştir. İkinci grupta 185 kişiden veri toplanmış olup 4 kişi uç değer olduğu için veri setinden çıkarılarak 181 kişi ile doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmıştır. Çalışma grubunu oluşturan özel yetenekli öğrencilerin özel yeteneklilik tanısı

arak Bilim ve Sanat Merkezi'ne devam etmekte olan bireyler olmaları dikkate alınarak amaçlı örnekleme yapılmıştır. Gruplardaki katılımcıların bilgilerine Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1

Çalışma Gruplarının Demografik Bilgileri

Değişken	Kategori	Grup 1 (AFA)		Grup 2 (DFA)	
		f	%	f	%
Cinsiyet	Kadın	135	46.2	86	47.5
	Erkek	157	53.8	95	52.5
	Toplam	292	100	181	100

Tablo 1 incelendiğinde, birinci grubun 135'inin (%46.2) kadın, 157'sinin (%53.8) erkek ve ikinci grubun 86'sının (%47.5) kadın, 95'inin (%52.5) erkek olduğu belirlenmiştir. Çalışma Bilim ve Sanat Merkezi'ne Özel Yetenekleri Geliştirme ve Proje Üretimi ve Yönetimi programında devam etmekte olanlar ile gerçekleştirilmiştir. Bu merkezlerde programlara devam etmek için yetenek gelişimi dikkate alındığı için program düzeyi aynı olsa bile sınıf seviyesi farklılaşabilmektedir. Bu araştırma kapsamında veri toplanan program düzeylerinde ortaokul ve lise düzeyinde öğrenciler yer almaktadır.

Veri Toplama Süreci

Matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeği "Tamamen katılıyorum", "Katılıyorum", "Orta derecede katılıyorum", "Katılmıyorum" ve "Hiç katılmıyorum" şeklinde derecelendirilmiş olup ters kodlanması gerekli olan maddeler bulunmamaktadır. Nihai ölçek formu çalışmanın sonunda yer almaktadır (bk. Ek-A). Ölçek için ilgili alan yazın taranmış ve buna ek olarak öğrencilere sorulan açık uçlu soruların cevaplarından yararlanılarak madde havuzu oluşturulmuştur. Oluşturulan 41 maddelik taslak formula ilgili uzman görüşü almak için hazırlanan "Uzman değerlendirme formu" kullanılmıştır. Uzman değerlendirme formu her madde için "Gerekli", "Gerekli değil" ve "Gerekli ama düzeltilmeli" şeklinde görüş belirtilebilecek şekilde hazırlanmıştır. Bu form kullanılarak 10 farklı uzmandan (dil, ölçme ve değerlendirme, matematik eğitimi ve özel yetenekliler alanlarında doktora yapmış ayrıca özel yeteneklilerle deneyimi olan) görüş alınmıştır. Dil ile ölçme ve değerlendirme alanlarından üçer uzman, özel yeteneklilerde matematik alanında dört uzman yer almıştır. Uzmanlara taslak form ile birlikte uzman değerlendirme formu aynı anda verilerek görüş belirtmeleri sağlanmıştır. Uzman görüşlerinin alınması ve değerlendirilmesi üç haftalık süreçte gerçekleştirilmiştir. Uzmanlardan gelen görüşler doğrultusunda gerekli olan ve olmayan maddeler, gerekli olup düzeltilmesi gereken maddeler ve öneriler belirlenmiştir. Uzmanların birbirlerinden bağımsız olarak maddelere ilişkin belirttikleri görüşlerine Tablo 2'de yer verilmiştir.

Tablo 2

Maddelerle İlgili Uzmanların Değerlendirmeleri

Maddeler	Gerekli diyen uzman sayısı (G)	Gerekli değil diyen sayısı	KGO değerleri [G/(N/2)] - 1
1	10	0	1
2	10	0	1
3	9	1	1
4	9	1	.8
5	10	0	1
6	10	0	1
7	10	0	1
8	5	5	0
9	10	0	1
10	10	0	1
11	10	0	1
12	10	0	1
13	9	1	.8
14	10	0	1
15	5	5	0

Tablo 2 (devamı)

Maddeler	Gerekli diyen uzman sayısı (G)	Gerekli değil diyen sayısı	KGO değerleri $[G/(N/2)] - 1$
16	10	0	1
17	10	0	1
18	10	0	1
19	10	0	1
20	4	6	-.2
21	10	0	1
22	10	0	1
23	10	0	1
24	10	0	1
25	10	0	1
26	9	1	.8
27	10	0	1
28	10	0	1
29	10	0	1
30	10	0	1
31	9	1	.8
32	10	0	1
33	10	0	1
34	10	0	1
35	9	1	.8
36	10	0	1
37	8	2	.6
38	10	0	1
39	10	0	1
40	10	0	1
41	10	0	1

Not: KGO = kapsam geçerlik oranı.

Tablo 2 incelendiğinde çıkarılması gereken maddelerin istatistiksel bir yöntemle belirlenmesi için kapsam geçerlik oranı (KGO) hesaplandığı görülmektedir (Adıgüzel, 2016). Tüm maddelere tüm uzmanlar eksiksiz görüş bildirmişlerdir. Maddeye gerekli diyen uzman sayısının (G) görüş bildirenlerin sayısının yarısına (N/2) bölünüp bir eksiği alınarak hesaplanan “[G / (N/2)] - 1” formülüne göre negatif ya da sıfır KGO değerlerine sahip olan maddeler (madde 8, 15 ve 20) atılmıştır (Adıgüzel, 2016). Kalan maddelerin KGO değerleri ise .05 düzeyinde hesaplanmış Kapsam Geçerlik Oranları (uzman sayısı 10 ise en küçük KGO .62) ile karşılaştırılmıştır (Alpar, 2012). Ayrıca kalan maddelerin KGO değer ortalamalarının hesaplanması ile elde edilen kapsam geçerlik indeksi (KGİ) değerinin .95 olduğu yani .67'nin üstünde olması koşulunun sağlandığı belirlenmiştir (Alpar, 2012). Uzmanlardan gelen düzeltmelerin tamamlanması sonucunda 38 maddelik form oluşturulmuştur (Gerçek yaşam problemini belirleme 3, Problemi anlama ve sadeleştirme 8, Matematikselleştirme 5, Matematiksel olarak çalışma 6, Yorumlama ve doğrulama toplamda 16 madde). Form kullanılarak her iki grupta veriler Bilim ve Sanat Merkezinde görev yapmakta olan araştırmacı tarafından yüz yüze uygulama yapılarak toplanmıştır. Katılımcıların formu cevaplamaları on dakika sürmüştür.

Veri Toplama ve Analizi

Verilerin analizinde veri girişi ve numara ekleme işlemlerinden sonra hatalı veri girişi kontrolü yapılmıştır. Analizlerden önce veri setlerindeki kayıp ve uç değerler incelenmiştir. Kayıp değer olmadığı belirlenmiştir. Uç değerler (z puanı ± 3 aralığı dışındaki kişiler) ise veri setinden çıkarılmıştır. Ek olarak örneklem büyüklüğünün uygunluğu, dağılımın normalliği, doğrusallık ve çoklu doğrusal bağlantı varsayımları incelenmiştir. Açımlayıcı faktör analizi için en az 200 kişilik örneklem büyüklüğü önerilmektedir (Kline, 1994), bu durum sağlanmıştır. Yine bu grup için tek değişkenli normallik (maddelerin dağılımlarının normalliği) çarpıklık ve basıklık katsayıları hesaplanarak test edilmiştir. Madde çarpıklık katsayıları $|.131 - .723|$ arasında değişmektedir. Madde

basıklık katsayıları $|.034 - .777|$ arasında değişmektedir. Madde çarpıklık ve basıklık katsayılarının ± 1 aralığında değişmesi normallığe uygunluk göstergesidir (Mertler & Vannatta, 2005). Faktör analizlerinden önce, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett's Küresellik Testi yapılarak örneklem büyüklüğünün faktörleştirmeye uygunluğu ve çok değişkenli normal dağılımdan geldiği test edilmiştir. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett's Küresellik Testlerinin sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett's Küresellik Testi Sonuçları

KMO ve Bartlett's Testleri		1. Uygulama	2. Uygulama
Kaiser-Meyer-Olkin		.932	.915
	Ki-Kare	6064.615	3861.527
Bartlett's Küresellik Testi	Serbestlik derecesi	465	465
	<i>p</i>	.000	.000

Tablo 3 incelendiğinde, KMO değerinin .90 üzerinde olması "mükemmel" olarak değerlendirildiği (Şencan, 2005) için örneklem büyüklüğü bakımından veri yapılarının faktörleştirmeye uygunluğu belirlenmiştir. Aynı zamanda $p = .00$ değeri verilerin çok değişkenli normal dağılımdan geldiğini (Şencan, 2005) göstermektedir. Çok değişkenli normallığın sağlanması değişken çiftleri arasındaki ilişkinin doğrusallığına da işaret eder (Büyüköztürk, 2012). Çoklu doğrusal bağlantı için maddelerin ikili korelasyonları hesaplanmış ve çalışmanın sonunda yer verilen tabloda sunulmuştur (bk. Ek B). Maddelerin ikili korelasyonları incelendiğinde, $> .90$ olan maddeler arası korelasyon (Şencan, 2005) bulunmamaktadır. Veri setlerinde çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmamaktadır.

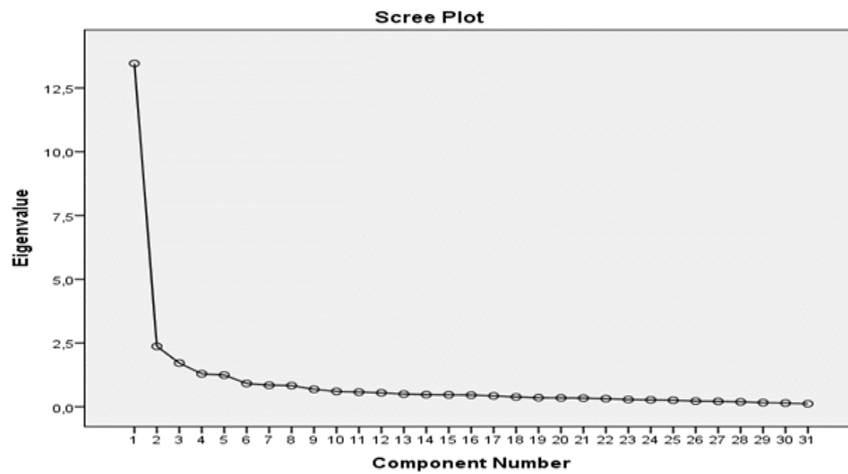
Birinci gruptan elde edilen verilerle Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve ardından ikinci gruptan elde edilen verilerle Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) yapılarak geliştirilen ölçeğin yapı geçerliği belirlenmiştir. Cronbach alfa iç tutarlılık katsayılarının hesaplanmasıyla her iki gruptan elde edilen puanların güvenilirliği belirlenmiştir. Ölçeğe ilişkin χ^2 , χ^2 / sd , RMSEA, GFI, AGFI, SRMR, IFI, NNFI, CFI uyum indekslerine bakılmıştır (Çokluk vd., 2010; Yılmaz & Çelik, 2009). Analizlerde SPSS 23.0 istatistik paket programı ve Lisrel 8.7 analiz programı kullanılmıştır.

Bulgular

Ölçeğin faktör desenini ortaya çıkarmak amacıyla faktörizasyon ve rotasyon yöntemi olarak sırasıyla temel bileşenler analizi ve faktörlere ayrılma durumuna yönelik varimax seçilmiştir. Temel bileşenler analizinde bileşenlerin arasında yüksek düzeyli ilişki olması beklenmemektedir ve bu analizde en yüksek varyansı hesaplamak temele alındığı için tercih edilen yöntem varimaxtır (Şencan, 2005). Varimax yönteminde temel amaç faktör varyanslarını maksimum yapmaktır (Tabachnick & Fidell, 2001). Bu çalışma kapsamında modelleme yeterliklerinde kısmi olarak ölçüm yapabilmek ve birden fazla birbirinden bağımsız boyut elde etmek istenildiği için bu yöntemler tercih edilmiştir (Şencan, 2005). Temel bileşenler analizi geliştirilen ölçeğin faktör desenini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Faktör sayısının belirlenmesi sürecinde her bir bileşenin toplam varyansa katkısı değerlendirilmiştir. İlk analizde, 1'den büyük özdeğerlere sahip 5 bileşenin (sırasıyla 13.459, 2.367, 1.713, 1.292 ve 1.243) toplam varyansı %64.757 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra yamaç-birikinti grafiğine bakılmıştır. Bu grafik Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1

Yamaç-Birikinti Grafiği



Her bileşenin toplam varyansa katkıları, yamaç-birikinti grafiği ve faktörlerdeki madde sayıları değerlendirilerek (Büyükoztürk, 2012; Comrey & Lee, 1992; Çokluk vd., 2010) ölçeğin beş faktörlü yapıda olduğu belirlenmiştir. Bunların yanı sıra modelleme süreci yeterliklerinde kısmi olarak ölçüm yapabilmek ve geliştirilmesine ihtiyaç duyulan alt yeterlikleri belirlemek için tek faktörlü değil beş faktörlü yapı üzerinde karar kılınmıştır. Analiz, beş faktörlü yapıda tekrar edilmiştir. Analizler sonucu birden çok faktör yapısı ile örtüşen maddeler (12, 18, 19, 23, 24, 25 ve 26) belirlenmiş ve bu maddeler atılmıştır. Maddelerin farklı faktörlerde verdikleri yükler arasında 0,100 fark olması gerektiğinden (Çokluk vd., 2010) bu kriterle bağlı olarak atılmalarına karar verilmiştir. Atma işlemi sırayla her madde için tek tek yapılmış olup her madde atıldığında analizler tekrar edilmiştir. En binişik olan maddeden yani farklı faktörlerdeki yükleri arasındaki farkın en az olduğu maddeden atma işlemine başlanıp sırayla atma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece binişikliği çok sınırdaki bazı maddelerin atılmasının önüne geçilmiştir. Analiz kalan 31 maddeyle tekrar edilmiştir. Geliştirilen ölçeğin faktör desenine ilişkin faktör yük değerleri ve belirlenen sayıda faktöre ilişkin özdeğerler ve açıklanan varyans yüzdeleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4

Ölçeğin Faktör Deseni ile Faktörlere İlişkin Özdeğerler ve Varyans Yüzdeleri

Madde	Faktör yükleri				
	1	2	3	4	5
m30	.790	.106	.124	.078	.098
m29	.758	.230	.145	.095	.127
m33	.756	.102	.225	.085	.203
m31	.735	.213	.131	.078	.147
m34	.706	.099	.169	.217	.165
m32	.705	.268	.192	.177	.128
m37	.705	.308	.095	.173	.053
m35	.678	.157	.200	.113	.231
m36	.672	.272	.206	.055	.166
m28	.637	.301	.291	.007	.019
m38	.627	.308	.127	.191	.225
m27	.578	.285	.191	.078	.188
m6	.296	.774	.139	.181	.027
m5	.352	.746	.077	.221	.093
m7	.301	.723	.274	.102	.131
m4	.268	.720	.120	.328	.157
m9	.250	.698	.260	.155	.054
m16	.399	.559	.343	-.060	.326
m14	.194	.175	.757	.106	.109
m15	.200	.332	.697	-.086	.227
m11	.195	.053	.663	.385	.077
m13	.217	.201	.645	.353	.143
m10	.269	.023	.616	.421	-.019
m8	.206	.272	.489	.257	.139
m17	.271	.183	.486	.107	.354
m3	.194	.207	.187	.753	.127
m2	.135	.191	.173	.741	.127
m1	.090	.191	.249	.730	.151
m20	.177	.016	.098	.146	.801
m21	.359	.215	.184	.139	.712
m22	.342	.185	.260	.187	.704
Özdeğer	7.133	4.147	3.706	2.692	2.397
Açıklanan varyans yüzdesi	23.011	13.378	11.954	8.684	7.731
Toplamalı açıklanan varyans yüzdesi	64.757				

Tablo 4 incelendiğinde, faktör desenini belirlemek için yapılan açımlayıcı faktör analizinde, birinci faktörün (yorumlama ve doğrulama/12 madde) faktör yük değerlerinin .578-.790, ikinci faktörün (matematiksel olarak çalışma/6 madde) faktör yük değerlerinin .559-.774, üçüncü faktörün faktör yük değerlerinin (problemi anlama ve sadeleştirme/7 madde) .486-.757, dördüncü faktörün faktör yük değerlerinin (gerçek yaşam probleminin belirlenmesi/3 madde) .730-.753, beşinci faktörün faktör yük değerlerinin (matematikselleştirme/3 madde) .704-.801 arasında olduğu hesaplanmıştır.

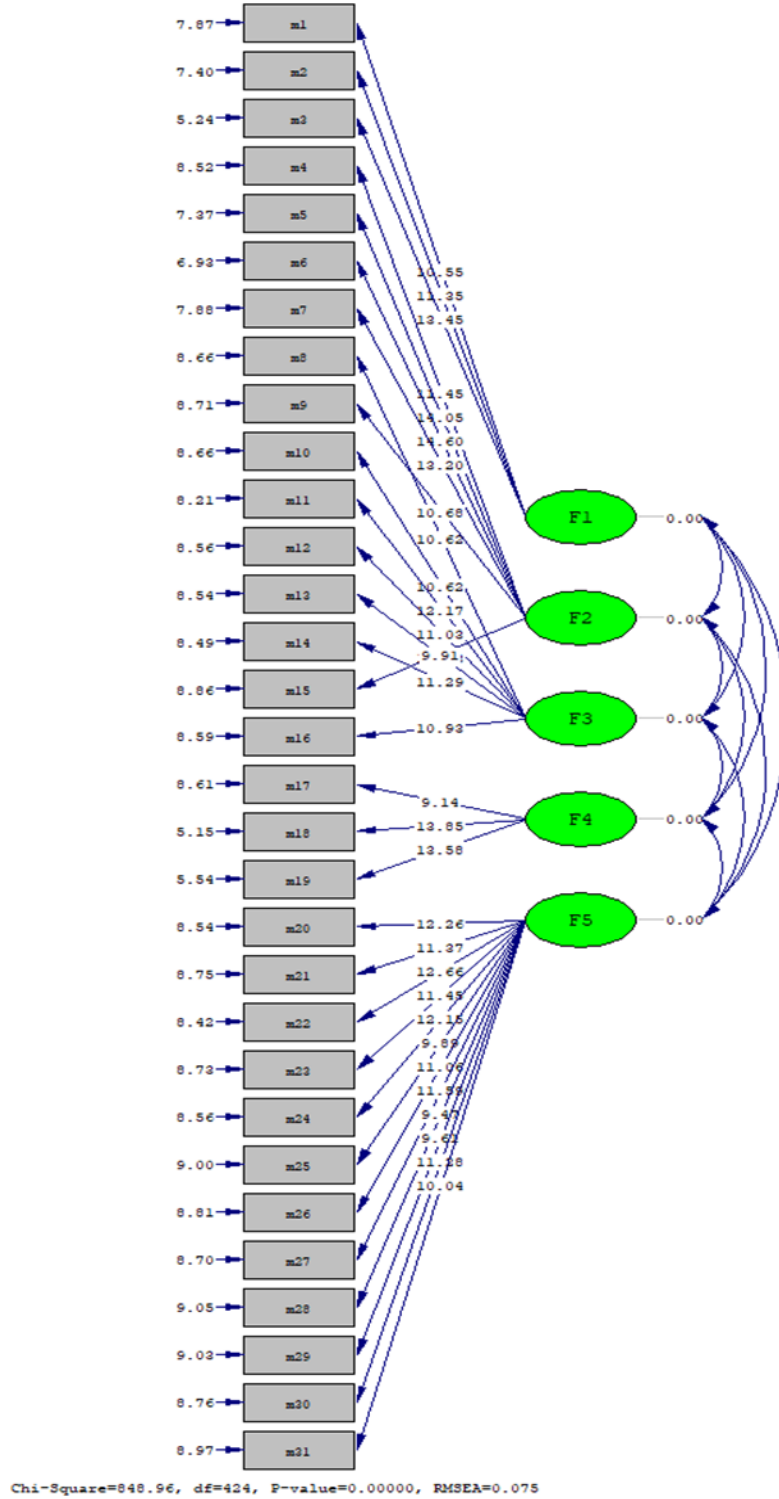
Tablo 4 incelendiğinde, ilk faktörün özdeğerinin 7.133, toplam varyansa yaptığı katkının %23.011, ikinci faktörün özdeğerinin 4.147, toplam varyansa yaptığı katkının %13.378, üçüncü faktörün özdeğerinin 3.706, toplam varyansa yaptığı katkının %11.954, dördüncü faktörün özdeğerinin 2.692, toplam varyansa yaptığı katkının %8.684 ve beşinci faktörün özdeğerinin 2.397, toplam varyansa yaptığı katkının %7.731 olduğu görülmektedir. Ölçeğin beş faktörlü yapısına ilişkin toplam varyansı %64.757 olarak hesaplanmıştır. Bu ölçek söz konusu yapıya ilişkin varyansın %64.757'sini açıklamaktadır.

Ölçeğin son şekline Ek A'da yer verilmiştir. Geliştirilen ölçeğin yapı geçerliliği ile ilgili ek kanıtlar elde etmek için ölçeği ikinci kez farklı bir gruba uygulayarak elde edilen puanlar üzerinde doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizinden elde edilen t değerlerini gösteren yol (path) diyagramı Şekil 2'de sunulmuştur. Faktör yüklerini ve hata varyanslarını gösteren yol diyagramı Şekil 3'te sunulmuştur.

Şekil 2 incelendiğinde, gözlemlenen değişkenleri açıklayan gizil değişkenler hakkında bilgi veren t değerlerinin, her madde için .01 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Şekil 3 incelendiğinde, ölçekte yer alan maddelere ilişkin faktör yüklerinin (standardize edilmemiş tahmin değerleri) .40-.63 arasında değiştiği görülmektedir. Analiz sonucunda elde edilen her bir gözlenen değişken ile bağlı olduğu gizil değişken arasındaki korelasyonları gösteren standardize edilmiş faktör yük değerleri ise .47-.73 arasında değişmektedir. Şekil 3 incelendiğinde, maddelerle ilgili gözlemlenen değişkenlerin bağlantılı olduğu gizil değişken arasındaki korelasyonu gösteren standartlaştırılmış faktör yüklemeye değerleri: “Gerçek yaşam probleminin belirlenmesi (F1)” için .72-.86 arasında, “Problemi anlama ve sadeleştirme (F3)” için .67-.78 arasında, “Matematikselleştirme (F4)” için .64-.86 arasında, “Matematiksel olarak çalışma (F2)” için .67-.88 arasında ve “Yorumlama ve doğrulama (F5)” için .67-.80 arasındadır. Gözlenen değişkenlerin hata varyansları değerlerinin yüksek olduğu madde bulunmamaktadır. Birinci faktördeki üçüncü madde faktör yükü en yüksek olan maddedir. Bu madde “Matematik bilgilerimi kullanarak çözüm üretebileceğim gerçek yaşam problemlerini belirleyebilirim.” ifadesi olup “Gerçek yaşam probleminin belirlenmesi (F1)” ile en ilişkili olan madde olarak belirlenmiştir. Üçüncü faktördeki on birinci madde faktör yükü en yüksek olan maddedir. Bu madde “Gerçek yaşam problemlerini çözmek için uygun stratejileri belirleyebilirim.” ifadesi olup “Problemi anlama ve sadeleştirme (F3)” ile en ilişkili olan madde olarak belirlenmiştir. Dördüncü faktördeki on dokuzuncu madde faktör yükü en yüksek olan maddedir. Bu madde “Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için grafikler oluşturabilirim.” ifadesi olup “Matematikselleştirme (F4)” ile en ilişkili olan madde olarak belirlenmiştir. İkinci faktördeki altıncı madde faktör yükü en yüksek olan maddedir. Bu madde “Gerçek yaşam içerisinde karşılaştığım problemleri matematik ile ilişkilendirebilirim.” ifadesi olup “Matematiksel olarak çalışma (F2)” ile en ilişkili olan madde olarak belirlenmiştir. Beşinci faktördeki yirmi ikinci madde faktör yükü en yüksek olan maddedir. Bu madde “Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda uygulanabilirliğini gösterebilirim.” ifadesi olup “Yorumlama ve doğrulama (F5)” ile en ilişkili olan madde olarak belirlenmiştir.

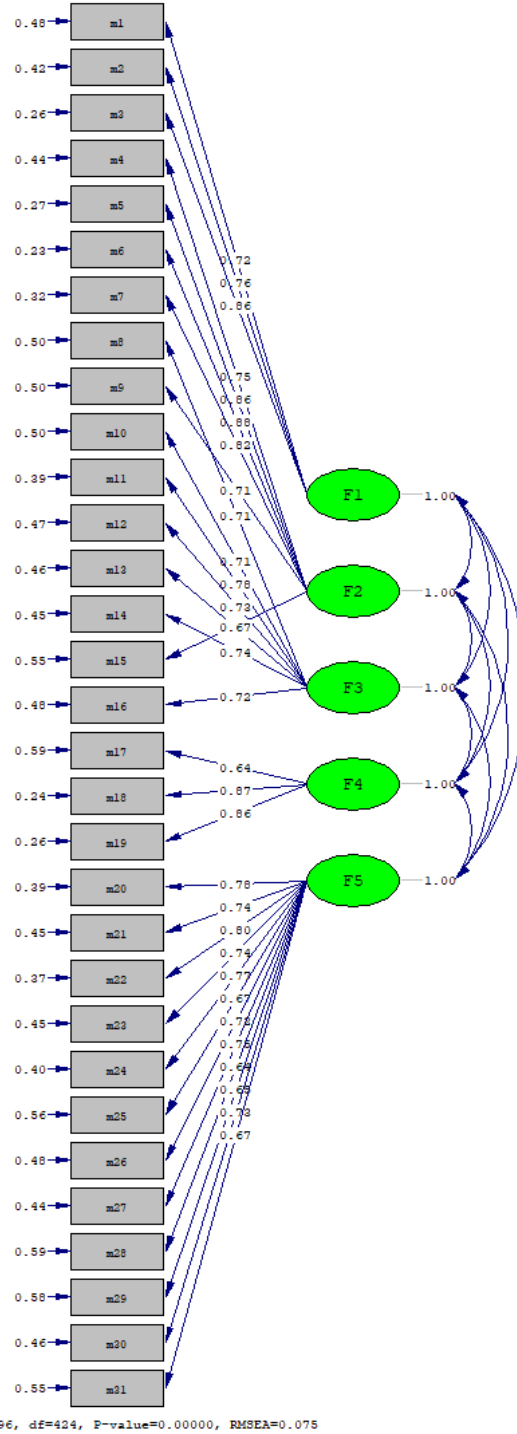
Şekil 2

Yol Diyagramı (t Değerleri)



Şekil 3

Yol Diyagramı (Faktör Yükleri)



Beklenen kovaryansla gözlenen kovaryans matrisleri arası farkın manidarlığıyla ilgili bilgi veren p değeri .01 düzeyinde manidar bulunmuştur. Fakat büyük örneklem için bu değer manidar bulunma olasılığı yüksektir (Yılmaz & Çelik, 2009). Bu sebeple beklenen kovaryansla gözlenen kovaryans matrisleri arasındaki uyumu inceleyen alternatif uyum indeksleri bulunmuştur. Geliştirilen ölçeğin uyum indeksi değerleri ve uyum düzeyleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5

Ölçeğin Uyum İndeksleri

Uyum indeksi	χ^2 / sd	GFI	RMSEA	SRMR	IFI	NNFI	CFI	NFI	PNFI
Değer	2,00	.90	.075	.063	.97	.97	.97	.94	.86
Uyum	Mükemmel	İyi	İyi	İyi	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	İyi	Kabul edilebilir

Not: CFI = karşılaştırmalı uyum indeksi, GFI = uyum iyiliği indeksi, IFI = artımlı uyum indeksi, NFI = normlaştırılmış uyum indeksi, NNFI = normlaştırılmamış uyum indeksi, PNFI = parsimony normlaştırılmış uyum indeksi, RMR = artık kareler ortalamasının karekökü, RMSEA = yaklaşık hata kareler ortalamasının karekökü.

Tablo 5 incelendiğinde; χ^2 / sd oranı (848.96 / 424) 2,00 olup bu oranın ≤ 3 olması mükemmel uyumu göstermektedir (Kline, 2005; Sümer, 2000). GFI .90 olarak bulunmuş olup bu değer GFI'nın iyi uyum kriterine karşılık gelmektedir (Hooper vd., 2008; Kelloway, 1998; Schumacker & Lomax, 1996; Sümer, 2000). RMSEA .075 olarak bulunmuş olup bu değer RMSEA'nın ($\leq .08$) iyi uyum kriterine karşılık gelmektedir (Hooper vd., 2008; Jöreskog & Sörbom, 1993; Sümer, 2000). SRMR .063 olarak hesaplanmış olup bu değer SRMR'nin ($\leq .08$) iyi uyum kriterine karşılık gelmektedir (Brown, 2015; Çokluk vd., 2010; Hu & Bentler, 1999). NNFI ve CFI indeksleri .95'in üzerinde hesaplanmış olup bu değerlerin .90'dan büyük ya da eşit olması mükemmel uyuma karşılık gelmektedir (Hu & Bentler, 1999; Sümer, 2000; Tabachnick & Fidell, 2001). NFI indeksi .94 olarak hesaplanmış olup bu değerlerin .90'dan büyük ya da eşit olması mükemmel uyuma (Hu & Bentler, 1999; Sümer, 2000), PNFI .86 olarak hesaplanmış olup bu değerlerin .95'ten küçük olduğu için kabul edilebilir uyuma karşılık gelmektedir (Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003).

Ölçeğin AFA ve DFA uygulamalarından sonra verilen son haline ilişkin Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. Cronbach alfa güvenilirlik katsayıları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6*Ölçeğin Cronbach Alfa Güvenirlik Katsayıları*

	Bütünü	F1	F2	F3	F4	F5
Cronbach Alfa	.958	.811	.900	.883	.820	.927
Madde sayısı	31	3	6	7	3	12

Tablo 6 incelendiğinde, doğrulayıcı faktör analizinde ikinci gruptan elde edilen puanların güvenilirliğini belirlemek amacıyla hesaplanan Cronbach alfa iç tutarlılık katsayılarının ölçüt olarak kabul edilen .70'ten yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Özdamar, 2004). Ölçeğin yapı geçerliğine ilişkin ve iç tutarlılık anlamında güvenilirlik katsayısına ilişkin bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda ölçeğin alt boyutlarının ve toplamının iç tutarlılık anlamında güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Tartışma

Araştırmanın sonucunda, geliştirilen 5 faktörlü 31 maddelik ölçeğin sonraki çalışmalarda kullanılabilen yeterli psikometrik özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Ölçeğin alt faktörlerinin 'Gerçek yaşam problemini belirleme (dördüncü faktör)', 'Problemi anlama ve sadeleştirme (üçüncü faktör)', 'Matematikselleştirme (beşinci faktör)', 'Matematiksel olarak çalışma (ikinci faktör)' ve 'Yorumlama ve doğrulama (birinci faktör)' olduğu belirlenmiştir. Faktör isimleri modelleme döngüsü dikkate alınarak sıralanmıştır. Bu alt faktörler temele alınan kuramsal çerçevedeki modelleme yeterlikleri ile uyum göstermekte olup (Blum, 2011; Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser, 2020; Maaß, 2006) 'gerçek yaşam problemini belirleme' faktörünün olması açısından farklılaşmaktadır. Bu farklılaşmanın gerekçesi olarak özel yeteneklilerin matematiksel modellemede gerçek yaşam problemlerini kendilerinin belirleyebilmesi gösterilebilir. Bu bağlamda gerçek yaşam problemini belirleme, sadeleştirme, matematikselleştirme, matematiksel olarak çalışma, yorumlanma ve doğrulanma olarak özel yeteneklilerin matematiksel modelleme yeterlik durumlarını belirlemede ölçeğin alt faktörleri olarak alınmıştır.

Gerçek yaşam problemini belirleme matematik bilgilerini kullanarak çözüm üretebilecek gerçek yaşam problemlerini belirleyebilme ile ilişkili olup bu ilişki araştırma kapsamında birinci faktörün faktör yükü en yüksek bulunan maddesiyle bir anlamda teyit edilmiştir. Problemi anlama ve sadeleştirme gerçek yaşam problemlerini çözmek için uygun stratejileri belirleyebilme ile ilişkili olup bu ilişki araştırma kapsamında üçüncü faktörün faktör yükü en yüksek bulunan maddesiyle doğrulanmıştır. Matematikselleştirme gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için grafikler, tablolar gibi gösterimler oluşturabilme ile ilişkili olup bu ilişki araştırma kapsamında dördüncü faktörün faktör yükü en yüksek bulunan maddesinde de görülmektedir. Matematiksel olarak çalışma gerçek yaşam içerisinde karşılaşılan problemleri matematik ile ilişkilendirebilme ile ilişkili olup bu ilişki araştırma kapsamında ikinci faktörün faktör yükü en yüksek bulunan maddesiyle teyit

edilmiştir. Yorumlama ve doğrulama matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda uygulanabilirliğini gösterebilme ile ilişkili olup bu ilişki araştırma kapsamında beşinci faktörün faktör yükü en yüksek bulunan maddesiyle teyit edilmiştir. Birinci faktör dışında diğer faktörleri en iyi açıklayan maddelere bakıldığında temele alınan kuramsal çerçeve ile uyum göstermektedir (Blum, 2011; Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser, 2020; Maaß, 2006). Gerçek yaşam problemini belirleme ile ilgili faktörün ve en iyi açıklayan maddenin özel yeteneklilerin modelleme süreçleri ile ilişkili olarak çalışmada yer aldığı ifade edilebilir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik öz yeterlik ölçeğinin geliştirilmiş olduğu ve ölçeğin tek faktörlü yapısı olduğu belirlenmiştir (Koyuncu vd., 2016). Ancak özel yeteneklilere yönelik bir ölçek olması ve modelleme sürecinin aşamalarına yönelik beş faktörlü yapıda olması açılarından hem örneklem hem de faktör sayısı olarak bu çalışmada geliştirilen ölçek farklılaşmakta ve özgünlük taşımaktadır. Bu çalışmada geliştirilen ölçek beş faktörlü yapıda olduğu için gelişimine ihtiyaç duyulan yeterliklerin kısmi olarak belirlenmesi ve devamında geliştirilmesi için kullanımı alana katkı sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen ölçeğin madde havuzu oluşturulurken literatürden temele alınan kuramsal çerçevede yararlanılmış olması doğrudan madde alınmamış olması bunun yerine özel yeteneklilere sorulan açık uçlu soruların cevaplarından yararlanılmış olması açılarından özgünlük taşımaktadır.

Geliştirilen ölçek modelleme sürecinde hem bütüncül olarak hem de aşamalarında kısmi olarak ölçüm yapmayı sağlamaktadır. Bu bağlamda bu araştırma kapsamında geliştirilen ölçek ile gerçekleştirmede en iyi olunan aşamalar ile en zorlanılan ve gelişimine ihtiyaç duyulan aşamaların belirlenmesi sağlanabilir. Eğitim programlarında modelleme yeterliklerinin yani matematiği kullanarak gerçek yaşam problemlerini çözme yeterliklerinin geliştirilmesinin önemi konusunda fikir birliğine varılmıştır (Kaiser, 2020). Programların tasarlanması, geliştirilmesi açısından modelleme yeterliklerine yönelik durumun belirlenmesi ihtiyaçların giderilmesi açısından neler yapılabileceği konusunda önemli fikirler sağlayabilmektedir (Zedan & Bitar, 2017). Geliştirilen ölçeğin modelleme sürecinde hangi aşamaların gerçekleştirilmesinde zorlanıldığının (Biccard & Wessels, 2011; Blum, 2011; Maaß, 2006; Tekin-Dede & Yılmaz, 2015) belirlenmesi amacıyla kullanılması bu aşamalara yönelik yeterliklerin geliştirilmesi açısından önemli fikirler sunacağı için önerilmektedir.

Modelleme yeterlikleri modelleme sürecinin her bir basamağı kapsamında ya da modelleme sürecinin basamaklarının birkaçının bir araya getirilmesi kapsamında incelenebilmektedir (Blomhøj & Jensen, 2003; Brand, 2014; Grünwald, 2012; Haines vd., 2001; Kaiser & Grünwald, 2015). Bu sebeple modelleme yeterliklerinin sayısı değişiklik göstermektedir (Blomhøj & Jensen, 2003; Brand, 2014; Grünwald, 2012; Haines vd., 2001). Bu araştırma kapsamında geliştirilen ölçeğin faktörleri incelendiğinde 'yorumlama ve doğrulama' faktöründe olduğu gibi aşamaların birkaçını kapsayacak şekilde yeterlikler incelenebilmektedir (Brand, 2014; Grünwald, 2012). Özel yetenekliler problem durumlarına duyarlılık gösterip, bunları fark edip belirledikten sonra matematik bilgilerini kullanarak özgün çözüm ve proje üretme potansiyeline sahiptirler (Mihaela-Singer vd., 2016). Bu kapsamda geliştirilen ölçekte gerçek yaşam probleminin belirlenmesi aşamasının özgün bir matematiksel modelleme ortaya koyabilmelerinin ilk aşaması olarak yer alması özel yeteneklilerin gerçek yaşam problemlerini kendilerinin belirleyebilme potansiyellerinin olduğu bağlamında açıklanabilmektedir.

Geliştirilen ölçeğin geçerlik-güvenirlik çalışmaları özel yetenekli öğrenciler örneğinde yapıldığı için ileriki araştırmalarda bu sınırlılık göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmanın örnekleme Bilim ve Sanat Merkezi'ne Özel Yetenekleri Geliştirme ve Proje Üretimi ve Yönetimi programında devam etmekte olan ve bu programların gereği olarak ortaokul ile lise düzeyinde özel yetenekliler ile sınırlıdır. Araştırmanın bu sınırlılıkları göz önünde bulundurularak mevcut ve gelişimine ihtiyaç duyulan modelleme yeterliklerinin belirlenmesi için ölçeğin ileri araştırmalarda veri toplamada kullanılması önerilmektedir. Matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik bütüncül ve kısmi ölçümler yapılması için ölçeğin kullanılması önerilmektedir.

Yazarların Katkı Düzeyleri

Birinci yazar veri toplama, verilerin analizi ve çalışmanın raporlanması görevlerinde, ikinci yazar da çalışma konusunu belirleme, araştırma deseni ve raporlanmasında katkı sağlamıştır.

Teşekkür

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma-Geliştirme ve Projeler Daire Başkanlığı'na destekleri için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Adıgüzel, O. C. (2016). *Eğitim programlarının geliştirilmesinde ihtiyaç analizi el kitabı*. Anı Yayıncılık.
- Alpar, R. (2012). *Uygulamalı istatistik ve geçerlik-güvenirlik*. Detay Yayıncılık.
- Antonius, S., Haines, C., Jensen, T. H., Niss, M., & Burkhardt, H. (2007). Classroom activities and the teacher. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 295-308). Springer.
- Biccard, P., & Wessels, D. (2011). Development of affective modelling competencies in primary school learners. *Pythagoras*, 32(1), 50. <https://hdl.handle.net/10520/EJC20935>
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and its Applications*, 22(3), 123-139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>
- Blomhøj, M., & Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 163-177. <https://doi.org/10.1007/BF02655887>
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (ICTMA 14) (pp. 15-30). Springer.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects-State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68. <https://doi.org/10.1007/BF00302716>
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H. W., & Niss, M. (2007). *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 3-33). Springer.
- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 86-95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Borromeo-Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 99-118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>
- Brand, S. (2014). Effects of a holistic versus an atomistic modelling approach on students' mathematical modelling competencies. In C. Nicol, P. Liljedahl, S. Oesterle, & D. Allan (Eds.), *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA 36*, (Vol. 2, pp. 185-191). PME.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). Guilford publications.
- Bukova-Güzel, E. (2016). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme*. Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum*. Pegem Yayınları
- Campbell, J. R., Cho, S., & Tirri, K. A. H. (2018). Mathematics and science olympiad studies: The outcomes of olympiads and contributing factors to talent development of olympians. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 5(2), 49-60. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1301497.pdf>
- Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed.). Erlbaum.
- Creswell, J. W. (2016). *Araştırma deseni: Nicel, nitel ve karma yöntem yaklaşımları* (S. B. Demir, Çev.; 4. baskı). Eğiten Kitap. (Orjinal kitabın yayın tarihi 2014)
- Cresswell, J. W., & Plano-Clark, V. L. (2015). *Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütmesi* (Y. Dede & S. B. Demir, Çev.; 2. baskı) Anı Yayıncılık. (Orjinal kitabın yayın tarihi 2011)
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., & Büyüköztürk, Ş. (2010). *Multivariate statistics for the social sciences: SPSS and LISREL applications*. Pegem Akademi.
- Dağyar, M., Kasalak, G., & Özbek, G. (2022). Gifted and talented youth leadership, perfectionism, and lifelong learning. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(1), 566-596. <http://ijci.wcci-international.org/index.php/IJCI/article/view/839/450>

- Dewey, J. (1910). *How we think*. D. C. Heath.
- Dewey, J. (1997). *Experience and education*. First Touchstone Edition.
- Eraslan, A., & Kant, S. (2015). Modeling processes of 4th-year middle-school students and the difficulties encountered. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(3). <https://doi.org/10.12738/estp.2015.3.2556>
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C., & Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1607-1627. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039>
- Erdoğan, F., & Erben, T. (2020). An investigation of the measurement estimation strategies used by gifted students. *Journal of Computer and Education Research*, 8(15), 201-223. <https://doi.org/10.18009/jcer.680284>
- Grünwald, S. (2012). *Acquirement of modelling competencies-first results of an empirical comparison of the effectiveness of a holistic respectively an atomistic approach to the development of (metacognitive) modelling competencies of students* [Paper presentation]. 12th International Congress on Mathematical Education, COEX, Seoul, Korea.
- Haines, C., Crouch, R., & Davis, J. (2001). Understanding students' modelling skills. In J. F. Matos, K. Houston, W. Blum, & S. P. Carreira (Eds.), *Modelling and mathematics education* (pp. 366-380). Woodhead Publishing.
- Hidayat, R., Zulnadi, H., & Syed-Zamri., S. N. A. (2018). Roles of metacognition and achievement goals in mathematical modeling competency: A structural equation modeling analysis. *PLoS ONE*, 13(11), e0206211. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206211>
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60. <https://academic-publishing.org/index.php/ejbrm/article/view/1224/1187>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Scientific Software International, Inc.
- Kaiser, G. (2020). Mathematical modelling and applications in education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 553-561). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101
- Kaiser, G., & Grünwald, S. (2015). Promotion of mathematical modelling competencies in the context of modelling projects. In N. H. Lee & N. K. E. Dawn (Eds.), *Mathematical modelling: From theory to practice* (pp. 21-39). World Scientific.
- Kaiser, G., & Maaß, K. (2007). Modelling in lower secondary mathematics classroom-problems and opportunities. In W. Blum, P. Galbraith, H. W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 99-108). Springer.
- Kaiser, G., Schwarz, B., & Tiedemann, S. (2010). Future teachers' professional knowledge on modeling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 433-444). Springer.
- Kelloway, E. K. (1998). *Using LISREL for structural equation modeling: A researcher's guide*. Sage Publications.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. Routledge.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modelling*. Guilford.
- Koyuncu, I., Güzeller, C. O., & Akyüz, D. (2016). The development of a self-efficacy scale for mathematical modeling competencies. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 4(1), 19-36. <https://doi.org/10.21449/ijate.256552>

- Lesh, R., & Caylor, B. (2007). Introduction to special issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 12(3), 173-194. <https://doi.org/10.1007/s10758-007-9121-3>
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. R. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 591-646). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., Young, R., & Fennewald, T. (2010). Modeling in k-16 mathematics classrooms-and beyond. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 275-283). Springer.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 113-142. <https://doi.org/10.1007/BF02655885>
- Maaß, K., & Gurlitt, J. (2011). LEMA-Professional development of teachers in relation to mathematical modelling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromero-Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 629-639). Springer.
- Maaß, K., & Mischo, C. (2011). Implementing modelling into day-to-day teaching practice-The project STRATUM and its framework. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 32, 103-131. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0015-x>
- Manuel, D., & Freiman, V. (2017). Differentiating instruction using a virtual environment: A study of mathematical problem posing among gifted and talented learners. *Global Education Review*, 4(1), 78-98. <https://ger.mercy.edu/index.php/ger/article/view/304>
- Mertler, C. A., & Vannatta, R. A. (2005). *Advanced and multivariate statistical methods: Practical application and interpretation* (3rd ed.). Pyrczak Publishing.
- Mihaela-Singer, F., Jensen-Sheffield, L., Freiman, V., & Brandl, M. (2016). *Research on and activities for mathematically gifted students*. Springer Nature.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2019). *Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesi*. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2016_10/07031350_bilsem_yonergesi.pdf
- Mumcu, H. Y., & Baki, A. (2017). Matematiği kullanma aktivitelerinde matematiksel modellemenin yorumlanması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(1), 7-33. <https://doi.org/10.7822/omuefd.327387>
- Ornstein, A. C., & Hunkins, F. P. (2016). *Curriculum: Foundations, principles, and issues* (7th ed.). Pearson Education.
- Özdamar, K. (2004). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi (çok değişkenli analizler)*. Kaan.
- Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Sage Publications.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Test of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research-Online*, 8(2), 23-74. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.509.4258&rep=rep1&type=pdf>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (1996). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sekerák, J. (2010). Phases of mathematical modelling and competence of high school students. *The Teaching of Mathematics*, 25, 105-112.
- Sheffield, L. J. (2018). Commentary paper: A reflection on mathematical creativity and giftedness. In F. M. Singer (Ed.), *Mathematical creativity and mathematical giftedness* (pp. 405-428). Springer.
- Sümer, N. (2000). Yapısal eşitlik modelleri: Temel kavramlar ve örnek uygulamalar. *Türk Psikoloji Yazıları*, 3(6), 49-74. <https://psycnet.apa.org/record/2006-04302-005>

- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik*. Seçkin Yayınevi
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics*. Allyn and Bacon.
- Tavşancıl, E. (2005). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. Nobel.
- Tekin-Dede, A. (2017). Modelleme yeterlikleri ile sınıf düzeyi ve matematik başarısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Elementary Education Online*, 16(3), 1201-1219. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/330554>
- Tekin-Dede, A., & Yılmaz, S. (2015). 6. Sınıf öğrencilerinin bilişsel modelleme yeterlikleri nasıl geliştirilebilir? *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 4(1), 49-63. <http://ijtase.net/index.php/ijtase/article/view/233/264>
- Tekin-Dede, A., & Bukova-Güzel, E. (2014). Model oluşturma etkinlikleri: Kuramsal yapısı ve bir örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(1), 95-111. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/188037>
- Wang, J. J., Halberda, J., & Feigenson, L. (2017). Approximate number sense correlates with math performance in gifted adolescents. *Acta Psychologica*, 176, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.03.014>
- Yılmaz, V., & Çelik, H. E. (2009). *LISREL ile yapısal eşitlik modellemesi-1*. Pegem.
- Zedan, R., & Bitar, J. (2017). Mathematically gifted students: Their characteristics and unique needs. *European Journal of Education Studies*, 3(4), 236-260. <https://oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/571/1583>

Ek A

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği

Faktörler	Nihai Form	İlk Form	Madde
Gerçek yaşam problemini belirleme	1	1	Gerçek yaşamda çözüm üretilmesi gereken problemler olduğunu fark edebilirim.
	2	2	Gerçek yaşamda çözüm üretilmesi gereken problemlere karşı duyarlı olabilirim.
	3	3	Matematik bilgilerimi kullanarak çözüm üretebileceğim gerçek yaşam problemlerini belirleyebilirim.
Problemi anlama ve sadeleştirme	8	8	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli olacak varsayımlarımı belirleyebilirim.
	10	10	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için plan yapabilirim.
	11	11	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için uygun stratejileri belirleyebilirim.
	12	13	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için kullanacağım yöntemleri belirleyebilirim.
	13	14	Gerçek yaşam durumları içerisindeki değişkenleri belirleyebilirim.
	14	15	Gerçek yaşam problemleri içerisindeki değişkenlerin ilişkilerini açıklayabilirim.
Matematikselleştirme	16	17	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli olan bilgileri ayırt edebilirim.
	17	20	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller oluşturmak için bilgisayar programlarından yararlanabilirim.
	18	21	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için tablolar oluşturabilirim.
Matematiksel olarak çalışma	19	22	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için grafikler oluşturabilirim.
	4	4	Gerçek yaşam problemlerini temsil edecek modelleri çözerek matematiksel sonuçlara ulaşabilirim.
	5	5	Gerçek yaşamda karşılaştığım durumlar ile matematik arasında ilişkiler kurabilirim.
	6	6	Gerçek yaşam içerisinde karşılaştığım problemleri matematik ile ilişkilendirebilirim.
	7	7	Gerçek yaşam durumlarını matematiksel olarak açıklayabilirim.
Yorumlama ve doğrulama	9	9	Matematik bilgilerimi gerçek yaşam durumlarını açıklamada kullanabilirim.
	15	16	Gerçek yaşam durumları içerisindeki matematiksel yapıları belirleyebilirim.
	20	27	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda ne anlama geldiğini açıklayabilirim.
	21	28	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam durumunu ne ölçüde açıkladığını yorumlayabilirim.
	22	29	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda uygulanabilirliğini gösterebilirim.
	23	30	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam için gerekliliğini açıklayabilirim.
	24	31	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda yararlılığını analiz edebilirim.
	25	32	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam bağlamında mantıklı olup olmadığını açıklayabilirim.
	26	33	Gerçek yaşam probleminin çözümü için oluşturduğum matematiksel modellerin doğruluğunu belirleyebilirim.
	27	34	Matematiksel model geliştirerek gerçek yaşam problemini çözmeye sürecinde izlediğim adımları kontrol edebilirim.
	28	35	Oluşturulan matematiksel modellerin çözümlerinde hatalar varsa bunları düzeltebilirim.
29	36	Gerçek yaşam probleminin çözümü için gerekli olan varsayımların doğruluğunu belirleyebilirim.	
30	37	Matematiksel modelleri farklı gerçek yaşam problemlerinin çözümünde kullanabilirim.	
31	38	Gerçek yaşam probleminin çözümü için oluşturduğum matematiksel modelde hatalar varsa bunları düzeltebilirim.	

Ek B

Maddelerin İkili Korelasyonları Tablosu

	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m13	m14	m15	m16	m17	m20	m21	m22	m27	m28	m29	m30	m31	m32	m33	m34	m35	m36	m37	m38		
m1	1.000																																
m2	.547	1.000																															
m3	.614	.612	1.000																														
m4	.408	.418	.503	1.000																													
m5	.405	.349	.433	.655	1.000																												
m6	.307	.274	.382	.636	.805	1.000																											
m7	.357	.351	.399	.543	.690	.727	1.000																										
m8	.311	.415	.473	.546	.457	.542	.586	1.000																									
m9	.306	.376	.425	.495	.563	.572	.690	.592	1.000																								
m10	.329	.468	.518	.502	.426	.377	.317	.452	.430	1.000																							
m11	.398	.511	.604	.533	.416	.426	.420	.546	.478	.628	1.000																						
m13	.367	.448	.543	.516	.403	.377	.400	.440	.382	.468	.614	1.000																					
m14	.340	.368	.394	.552	.513	.494	.437	.507	.427	.420	.599	.556	1.000																				
m15	.369	.489	.461	.486	.450	.424	.479	.537	.439	.470	.509	.532	.658	1.000																			
m16	.241	.253	.237	.509	.549	.588	.556	.432	.434	.340	.295	.337	.457	.473	1.000																		
m17	.374	.442	.524	.538	.380	.420	.454	.514	.526	.524	.507	.483	.483	.481	.431	1.000																	
m20	.179	.290	.283	.413	.380	.326	.358	.204	.308	.342	.379	.287	.348	.357	.339	.406	1.000																
m21	.233	.364	.419	.519	.368	.408	.330	.371	.349	.339	.412	.384	.350	.423	.337	.487	.559	1.000															
m22	.245	.399	.372	.490	.336	.384	.407	.393	.373	.287	.440	.445	.397	.390	.398	.500	.517	.757	1.000														
m27	.119	.312	.312	.476	.452	.486	.462	.410	.378	.395	.373	.417	.389	.428	.479	.423	.440	.421	.427	1.000													
m28	.230	.269	.313	.380	.310	.378	.356	.409	.268	.328	.341	.401	.294	.436	.384	.360	.372	.426	.358	.694	1.000												
m29	.240	.303	.361	.456	.344	.399	.383	.359	.330	.343	.366	.401	.354	.418	.486	.417	.385	.484	.493	.672	.737	1.000											
m30	.229	.327	.321	.387	.401	.398	.409	.391	.380	.293	.320	.369	.337	.341	.466	.456	.358	.455	.517	.559	.507	.644	1.000										
m31	.274	.367	.383	.397	.385	.417	.407	.401	.447	.405	.391	.456	.427	.462	.483	.495	.446	.405	.479	.565	.490	.615	.715	1.000									
m32	.310	.439	.361	.434	.424	.432	.469	.439	.414	.360	.471	.343	.485	.381	.347	.500	.349	.411	.423	.497	.369	.473	.547	.651	1.000								
m33	.220	.318	.341	.423	.334	.392	.458	.465	.474	.432	.505	.384	.427	.428	.389	.420	.423	.408	.452	.537	.486	.472	.439	.574	.525	1.000							
m34	.265	.435	.383	.407	.333	.351	.370	.475	.404	.366	.438	.425	.437	.416	.380	.438	.407	.480	.427	.599	.513	.536	.524	.557	.469	.660	1.000						
m35	.196	.270	.268	.309	.287	.259	.412	.296	.359	.307	.341	.373	.337	.383	.319	.260	.293	.389	.388	.491	.465	.424	.406	.377	.294	.578	.606	1.000					
m36	.269	.375	.379	.409	.385	.387	.456	.473	.393	.362	.449	.455	.473	.461	.400	.459	.409	.426	.453	.427	.483	.477	.415	.393	.418	.544	.493	.552	1.000				
m37	.175	.318	.303	.449	.365	.382	.355	.359	.372	.473	.311	.349	.312	.489	.432	.420	.303	.356	.344	.598	.588	.617	.537	.545	.395	.516	.485	.513	.469	1.000			
m38	.209	.351	.259	.407	.316	.277	.341	.340	.398	.311	.309	.274	.381	.415	.396	.413	.273	.428	.483	.463	.468	.559	.497	.514	.438	.428	.510	.461	.483	.530	1.000		



Determination of Psychometric Characteristics of Mathematical Modeling Competencies Scale: Gifted and Talented Youth*

Gülnur Özbek¹

Erdoğan Köse²

Abstract

Introduction: It can be claimed that mathematical modeling, which is a key concept in terms of creating original projects with the developed models, is important in the education of gifted youth. Determining their modeling competencies and identifying the stages that they need to develop will provide essential data in terms of deciding on what kind of educational practices and program differentiation will be carried out. The study aims to develop a scale for mathematical modeling competencies and to determine its psychometric properties.

Method: This is a descriptive study which was carried out with the participation of gifted students in two different groups. Exploratory factor analysis (EFA) was performed on the data obtained from 301 participants in the first group, and confirmatory factor analysis (CFA) was performed on the data obtained from 185 participants in the second group.

Findings: The scale includes items to be rated on a level of agreement including “Strongly agree”, “Agree”, “Moderately agree”, “Disagree” and “Strongly disagree”, and there are no items that need reverse coding. The sub-factors of the scale were determined as ‘identifying the real-life problem’, ‘understanding and simplifying the problem’, ‘mathematizing’, ‘working mathematically’ and ‘interpretation and validation’. Cronbach's alpha internal consistency coefficients were calculated as 0.958 for the scale and .811, .900, .883, .820 and .927 for the sub-factors, respectively. Fit indices of the scale ($\chi^2 / df = 2.00$, GFI = .90, RMSEA = .075, SRMR = .063, IFI = .97, NNFI = .97, CFI = .97, NFI = .94, PNFI = .86) determined.

Discussion: The developed scale is a 5-point Likert-type scale and there are no items that need to be reverse coded. According to the findings obtained from the analysis, it was concluded that the 31-item scale with a 5-factor structure is a valid and reliable scale. As a result of the research, it was concluded that the 31-item scale with a five-factor structure had sufficient psychometric properties to be used in future studies. The scale helps to measure both as a whole in the modeling process and partially in its stages. In this context, the scale developed within the scope of this research can be used for determining the stages that students are best at and those that require improvement.

Keywords: Gifted and talented students, mathematical modeling, modeling competencies, scale development, factor analysis.

To cite: Özbek, G., & Köse, E. (2022). Determination of psychometric characteristics of Mathematical Modeling Competencies Scale: gifted and talented youth. *Ankara University Faculty of Educational Sciences Journal of Special Education*, 23(4), 853-871. <https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.874247>

*Presented as an oral presentation at the 28th International Educational Sciences Congress.

¹**Corresponding Author** Visiting Scholar, St. John's University, E-mail: gulnurozbek1308@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9395-5022>

²Prof., Akdeniz University Department of Educational Sciences, E-mail: erdogan63@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0426-0267>

Introduction

Mathematical modeling is a multidimensional process that includes identifying, simplifying, and mathematizing real-life problems, building models to solve them, and interpreting and validating them (Borromeo-Ferri, 2006). It is the process of mathematizing real-life problems (Blum & Niss, 1991). Its importance in the teaching process is made manifest in terms of using real-life situations and establishing relationships with real life (Kaiser et al., 2010; Lesh et al., 2010). Modeling competencies comprise progress in the process of building a model in a willing, purposeful manner (Kaiser & Maaß, 2007), and skills and competencies to carry out the process independently and consciously (Blomhøj & Hojgaard Jensen, 2003; Maaß & Gurlitt, 2011). It includes cognitive skills, field knowledge, and associating this information with real-life situations to complete the process (Borromeo-Ferri, 2010; Erbaş et al., 2014; Tekin-Dede, 2017). It is expressed as the ability to identify and mathematize the necessary assumptions, variables, and relationships between variables, and to interpret and validate both the process and the result (Blum et al., 2007). It is observed that the stages of the modeling process and the skills related to these stages are commonly mentioned in the explanations about modeling competencies (Maaß, 2006; Tekin-Dede, 2017). Determining the current situation and level is effective in meeting the need to ensure the development of these competencies (Blomhøj & Kjeldsen, 2006; Bukova-Güzel, 2016; Mumcu & Baki, 2017). Determining mathematical modeling competencies is essential in educational programs and education for improving the process of systematically solving and interpreting real-life problems, and for intelligence and social development (Dewey, 1910; Dewey, 1997; Ornstein & Hunkins, 2016). A consensus has been reached on the necessity of determining and improving modeling competencies in education programs, that is, competencies to solve real-life problems by using mathematics (Kaiser, 2020). The importance of measuring with different data collection tools that have been developed to determine the development of modeling competencies becomes evident (Biccard & Wessels, 2011; Maaß & Mischo, 2011; Sekerak, 2010). All of these can be considered as justifications indicating the significance of developing a measurement tool within the scope of the research.

It is possible to explain mathematical modeling competencies in a cyclical process that includes identifying the real-life problem, simplifying, mathematizing, working mathematically, interpreting and verifying related to the stages of the process. The first stage includes recognizing, identifying and showing sensitivity to real-life problems that can produce solutions using mathematical knowledge, while the second stage includes determining the assumptions, making a plan, choosing the appropriate strategy and method, and explaining the variables. The next step is to use appropriate mathematical methods. At the next stage, it is possible to achieve mathematical results by solving the model, to establish mathematical relations and structures, and to use mathematical knowledge in the solution. The last two stages include analyzing and explaining the meaning, applicability, usefulness and necessity of the model and the solution in real life, making interpretations, determining the accuracy of the assumptions, solution and model, and correcting them if there are errors. It is understood that modeling competencies can be examined within the scope of all stages of the process or partially within the scope of some sub-stages (Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser & Grünewald, 2015). In the former one, it is necessary to follow up from the first stage to the last one (Eraslan & Kant, 2015). For this, all the stages in the process, including identifying the assumptions, variables and relationships between variables, simplifying the problem, mathematizing the problem, reaching the solution by working mathematically on the developed model, interpreting the solution and the model in real life, and validating the model with all stages should be achieved. In the latter one, some stages are centered on (Blomhøj & Hojgaard Jensen, 2003; Haines et al., 2001). There are studies in which the stages are partially examined (Brand, 2014; Grünewald, 2012; Kaiser & Grünewald, 2015; Tekin-Dede, 2017) or the process is examined as a whole (Eraslan & Kant, 2015). In addition, it has been found out that analyses are made by bringing together a few of the stages in the modeling process (Brand, 2014; Grünewald, 2012; Kaiser & Grünewald, 2015). It has been determined that using both approaches in a way that supports each other is beneficial (Blomhøj & Hojgaard Jensen, 2003), effective (Brand, 2014) and motivating (Grünewald, 2012) in developing modeling competencies. The measurement tool developed within the scope of the present research provides data collection in both aspects.

Since gifted and talented students have high academic ability, high learning speed, and high-level skills, capacity and performance in one or more areas compared to their peers, their differing educational needs are taken into account in their education programs and teaching (Ministry of National Education [MoNE], 2019). In terms of education programs and teaching, the project production and management program for gifted students includes emphasis such as building useful models individually or in groups, obtaining original results, making inferences and interdisciplinary work (MoNE, 2019). It can be claimed that mathematical modeling, which is a key concept in terms of creating original projects with the developed models, is important in the education of gifted youth.

Determining their modeling competencies and identifying the stages that they need to develop will provide essential data in terms of deciding on what kind of educational practices and program differentiation will be carried out. It will form the basis for the development of their potential in terms of helping them become individuals who can produce solutions to real-life problems (MoNE, 2019) and providing them with the opportunity to gain a deeper understanding of mathematics (Antoinus et al., 2007; Campbell et al., 2018; Kaiser et al., 2010; Lesh et al., 2010; Maaß & Mischo, 2011). In this context, the study aimed to develop a scale to determine the current mathematical modeling competencies of gifted students. The underlying theoretical framework is the modeling cycle (Borromeo-Ferri, 2006) and competencies (Blum, 2011; Kaiser, 2020; Maaß, 2006) based on the stages of the modeling process, as well as the addition of the stage of identifying the real-life problem to the beginning of the process. In this regard, the stages of real-life problem identification, simplification, mathematizing, working mathematically, interpretation and validation were taken as the basis for the scale development study in determining the mathematical modeling competencies of gifted students. Determining the skills, competencies and performances of gifted and talented students in mathematics is an important need in terms of investigating how their development can be achieved (Erdoğan & Erben, 2020; Mihaela-Singer et al., 2016; Sheffield, 2018; Wang et al., 2017). Not only the determination of the variables, but also the examination of the relations between them (Dagyar et al., 2022) leads to important results. It is thought that the use of the developed scale will contribute to both the development and differentiation of programs and the development of existing competencies in terms of providing data (Hidayat et al., 2018; Manuel & Freiman, 2017). In this context, the scale meets the need for conducting studies related with the determination of psychometric characteristics of a scale for gifted students and the field of gifted education.

When the previous studies were examined, it was seen that a self-efficacy scale was developed for the mathematical modeling competencies of teacher candidates. The reliability coefficient of the scale developed through collecting data from a total of 562 secondary school mathematics teacher candidates from various universities was calculated as .97. The scale has a one-factor structure. The goodness-of-fit indices of the scale are as follows: (χ^2 statistic is significant ($p < .001$), $\chi^2 / df = 2.55$, RMSEA = .071, SRMR = .057, GFI = .87, AGFI = .83, RFI = .94, IFI = .97, CFI = .97, NFI = .95, NNFI = .96) (Koyuncu et al., 2016). However, this study is unique in that it aims to develop a scale for gifted students and has a five-factor structure for the stages of the modeling process. The developed scale provides significant contributions in terms of measuring both as a whole and partially in the modeling process. In mathematical modeling competencies, determining the stages that students are best at and those which are the most challenging ones and require improvement will provide ideas for development practices. In addition, it is expected that the scale will be used to collect data for designing and developing programs and determining the needs.

Method

Model

This is a descriptive study and it aims to develop a scale for mathematical modeling competencies and to determine its psychometric properties (Cresswell, 2016; Cresswell & Plano Clark, 2015).

Study Group

There are two different groups participating in the research. Exploratory factor analysis (EFA) was performed on the data obtained from the first group. For the draft form, data were collected from 301 people, which is 5-10 times the number of items used in the scale (Kline, 1994; Pett et al., 2003; Tavşancıl, 2005). During the analyses, nine individuals were excluded from the data set because they had extreme values. Analyses continued with 292 participants and exploratory factor analysis (EFA) was performed. In the second group, data were collected from 185 people, and four individuals were removed from the data set because of having extreme values, and confirmatory factor analysis (CFA) was performed with 181 people. Gifted students in the study group included individuals who were identified with special talents and attended Science and Art Centers (SACs). Table 1 demonstrates the information about the participants included in the groups.

Table 1

Characteristics of Participants

Characteristics	Category	Group 1 (EFA)		Group 2 (CFA)	
		<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Gender	Female	135	46.2	86	47.5
	Male	157	53.8	95	52.5
	Total	292	100	181	100

Table 1 indicates that 135 (46.2%) of the participants in the first group were female, and 157 (53.8%) were male, whereas 86 (47.5%) of the participants in the second group were female, and 95 (52.5%) were male. The study

was carried out with those who were enrolled in the Talent Development and Project Production and Management program in Science and Art Centers. Since talent development is taken into consideration in order to continue the programs in these centers, even if the program level is the same, the class level may differ. Within the scope of this research, there were middle school and high school students at the program levels from which data were collected.

Data Collection Process

The mathematical modeling competencies scale includes items to be rated on a level of agreement including “Strongly agree”, “Agree”, “Moderately agree”, “Disagree” and “Strongly disagree”, and there are no items that need reverse coding. The final scale form is included in Appendix A. For the development of the scale, the relevant literature was reviewed, and an item pool was created using the answers given by the students to open-ended questions. An “expert evaluation form” was developed to obtain expert opinion on the 41-item draft form. Using this form, the opinions of 10 different experts (with PhDs in language, assessment and evaluation, mathematics education and gifted education fields) were obtained. Three experts from each of the fields of language and assessment and evaluation, and four experts in the field of mathematics and gifted education took part. The experts were given the draft form and the expert evaluation form at the same time in order for them to express their opinions. Obtaining and evaluating expert opinions was carried out in a three-week period. In line with the opinions of the experts, necessary and unnecessary items, items that were necessary but required correction, and suggestions were determined. The opinions of the experts given on the items independently of each other are given in Table 2.

Table 2

The Expert Evaluations of Items

Items	Number of experts (Ne) who call an item necessary	Number of experts who call an item unnecessary	CVR value $[Ne/(N2)] - 1$
1	10	0	1
2	10	0	1
3	9	1	1
4	9	1	.8
5	10	0	1
6	10	0	1
7	10	0	1
8	5	5	0
9	10	0	1
10	10	0	1
11	10	0	1
12	10	0	1
13	9	1	.8
14	10	0	1
15	5	5	0
16	10	0	1
17	10	0	1
18	10	0	1
19	10	0	1
20	4	6	-.2
21	10	0	1
22	10	0	1
23	10	0	1
24	10	0	1
25	10	0	1

Table 2 (continued)

Items	Number of experts (Ne) who call an item necessary	Number of experts who call an item unnecessary	CVR value $[\text{Ne}/(\text{N}/2)] - 1$
26	9	1	.8
27	10	0	1
28	10	0	1
29	10	0	1
30	10	0	1
31	9	1	.8
32	10	0	1
33	10	0	1
34	10	0	1
35	9	1	.8
36	10	0	1
37	8	2	.6
38	10	0	1
39	10	0	1
40	10	0	1
41	10	0	1

Note: CVR = content validity ratio.

When Table 2 is examined, it is seen that the Content Validity Ratio (CVR) was calculated in order to determine the items to be removed through a statistical method. Items that had negative or zero CVR values (items 8, 15 and 20) according to the formula “[Ne/(N/2)] – 1”, which is calculated by dividing the number of experts (Ne) who rate an item as necessary by half of the number of people expressing their opinion (N / 2) and then subtracting one (Adıgüzel, 2016). The CVR values of the remaining items were compared with the Content Validity Ratios of the items calculated to be at the level of .05 (the smallest CVR is .62 if the number of experts is 10) (Alpar, 2012). In addition, it was determined that the Content Validity Index (CVI) value obtained by calculating the CVR averages of the remaining items was found to be .95, that is, the condition that it must be above .67 was fulfilled (Alpar, 2012). As a result of these corrections, a 38-item form was developed (identifying the real-life problem 3, understanding and simplifying the problem 8, mathematizing 5, working mathematically 6, interpretation and validation 16 items). By using the 38-item form, the data in both groups were collected by the researcher working at the SACs by face-to-face application. It took ten minutes for the participants to fill the form.

Data Analysis

In the analysis of the data, after the data were entered with numbers added, data entry was checked in terms of errors. Before the analysis, data loss and extreme values in the data sets were examined. It was determined that there were no lost values. Extreme values (people outside the z-score range of ±3) were removed from the data sets. In addition, the suitability of the sample size, normality of the distribution, and linearity and multicollinearity assumptions were examined. A sample size of at least 200 people is recommended for exploratory factor analysis (Kline, 1994), and this was ensured. For this group, univariate normality (normality of the distributions of the items) was tested by calculating the skewness and kurtosis coefficients. Item skewness coefficients varied between [.131 - .723]. Item kurtosis coefficients varied between [.034 - .777]. The variation of the item skewness and kurtosis coefficients within the range of ±1 is an indicator of conformity to normality (Mertler & Vannatta, 2005). Before conducting exploratory factor analysis, the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test and Bartlett’s test of sphericity were performed to test the adequacy of the sample size for factorization. The results of the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test and Bartlett’s test of sphericity are presented in Table 3.

Table 3

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Test and Bartlett's Test of Sphericity Results

KMO ve Bartlett's Tests		1st application	2nd application
Kaiser-Meyer-Olkin		.932	.915
	Chi-square	6064.615	3861.527
Bartlett's Test of Sphericity			
	Degree of freedom	465	465
	<i>p</i>	.000	.000

Table 3 indicates that the KMO value (> .90) of the sample consisting of 292 people is “excellent” and that the data structure is suitable for factorization in terms of sample size (Şencan, 2005). At the same time, the *p* = .00 value shows that the data come from a multivariate normal distribution (Şencan, 2005). Ensuring multivariate normality also indicates the linearity of the relationship between variable pairs (Büyüköztürk, 2012). For multicollinearity, the bilateral correlations of items were calculated and are presented in the table at the end of the study (see Appendix B). When bilateral correlations of items are examined, there is no correlation between the items (Şencan, 2005) with a value of > .90. There is no multicollinearity problem in the data sets.

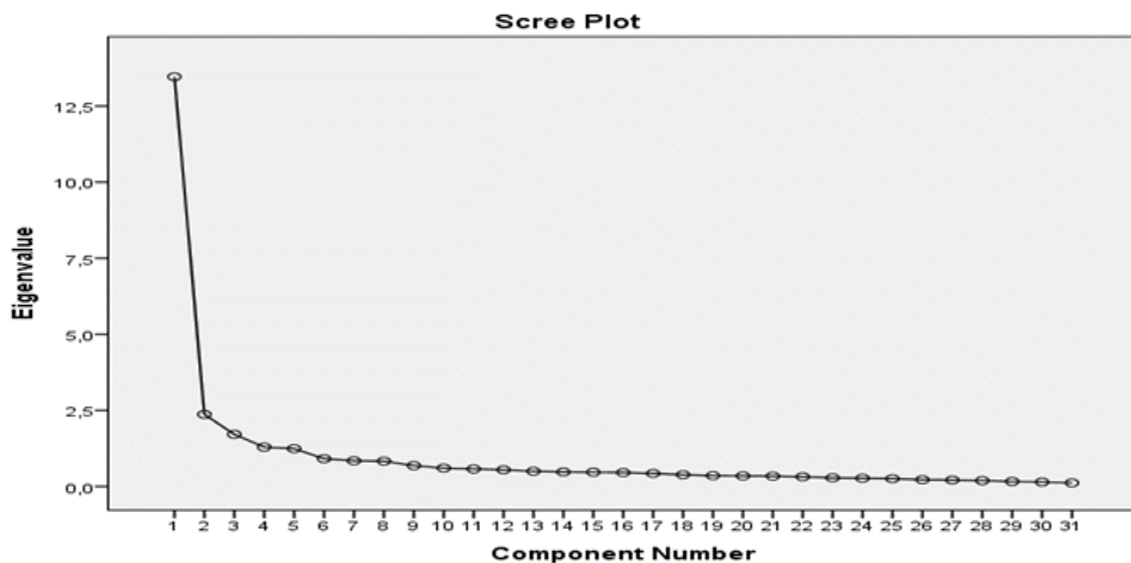
The construct validity of the developed scale was determined by performing Exploratory Factor Analysis (EFA) on the data obtained from the first group and then Confirmatory Factor Analysis (CFA) on the data obtained from the second group. The reliability of the scores obtained from both groups was determined by calculating the Cronbach alpha internal consistency coefficients. The fit indices of χ^2 , χ^2 / df , RMSEA, GFI, AGFI, SRMR, IFI, NNFI, and CFI for the scale were examined (Çokluk et al., 2010; Yılmaz & Çelik, 2009). The SPSS 23.0 statistical software package and LISREL 8.7 analysis program were used in the analyses.

Results

In order to reveal the factor design of the scale, principal component analysis and varimax were chosen as factorization and rotation methods, respectively. In principal component analysis, it is not expected to have a high-level relationship between the components, and the varimax method was chosen since this analysis is based on calculating the highest variance (Şencan, 2005). The main purpose of the varimax method is to maximize factor variances (Tabachnick & Fidell, 2001). In this study, these methods were preferred because it was desired to be able to measure partially and to obtain more than one independent dimension in modeling competencies (Şencan, 2005). Principal component analysis was used to determine the factor pattern of the developed scale. In the process of computing the number of factors, the contribution of each component to the total variance was evaluated. In the first analysis, the total variance of 5 components (13.459, 2.367, 1.713, 1.292 and 1.243, respectively) with eigen values greater than 1 was calculated as 64.757%. In addition, the scree plot was examined. This graph is illustrated in Figure 1.

Figure 1

Scree Plot



As a result of the evaluation of the contribution of each component to the total variance, the scree plot, and the number of items in the factors (Büyüköztürk, 2012; Comrey & Lee, 1992; Çokluk et al., 2010), the scale was determined to have a five-factor structure. In order to be able to partially measure the modeling process competencies and to determine the sub-competencies that need to be developed, it was decided to use a five-factor structure rather than one factor. The analysis was repeated in the five-factor structure. As a result of the analyses, items that displayed an overlap with more than one factor structure (12, 18, 19, 23, 24, 25 and 26) were determined and removed. Since there should be a difference of .100 between the loadings given by the items in different factors (Çokluk et al., 2010), it was decided to discard them based on this criterion. Each item was removed in turn, and the analyses were repeated when each item was removed. The most overlapping item with the least difference in the loadings on different factors was removed first, and then items were removed sequentially. Thus, some items which had critical overlapping values were not removed. The analysis was repeated with the remaining 31 items. The eigenvalues and the proportions of explained variance associated with all possible factors, and the determined number of factors obtained as a result of the analysis are presented in Table 4.

Table 4
Eigenvalues and Explained Variances

Item	Factor load values				
	1	2	3	4	5
i30	.790	.106	.124	.078	.098
i29	.758	.230	.145	.095	.127
i33	.756	.102	.225	.085	.203
i31	.735	.213	.131	.078	.147
i34	.706	.099	.169	.217	.165
i32	.705	.268	.192	.177	.128
i37	.705	.308	.095	.173	.053
i35	.678	.157	.200	.113	.231
i36	.672	.272	.206	.055	.166
i28	.637	.301	.291	.007	.019
i38	.627	.308	.127	.191	.225
i27	.578	.285	.191	.078	.188
i6	.296	.774	.139	.181	.027
i5	.352	.746	.077	.221	.093
i7	.301	.723	.274	.102	.131
i4	.268	.720	.120	.328	.157
i9	.250	.698	.260	.155	.054
i16	.399	.559	.343	-.060	.326
i14	.194	.175	.757	.106	.109
i15	.200	.332	.697	-.086	.227
i11	.195	.053	.663	.385	.077
i13	.217	.201	.645	.353	.143
i10	.269	.023	.616	.421	-.019
i8	.206	.272	.489	.257	.139
i17	.271	.183	.486	.107	.354
i3	.194	.207	.187	.753	.127
i2	.135	.191	.173	.741	.127
i1	.090	.191	.249	.730	.151
i20	.177	.016	.098	.146	.801
i21	.359	.215	.184	.139	.712
i22	.342	.185	.260	.187	.704
Eigenvalue	7.133	4.147	3.706	2.692	2.397
Variance explained	23.011	13.378	11.954	8.684	7.731
Total variance	64.757				

According to Table 4, it can be seen from the exploratory factor analysis conducted to determine the factor design that the factor loading values of the first factor (interpretation and validation / 12 items) ranged between .578-.790, the factor loading values of the second factor (working mathematically / 6 items) ranged between .559-.774, the factor loading values of the third factor (understanding and simplifying the problem / 7 items) ranged between .486-.757, the factor loading values of the fourth factor (identifying the real-life problem / 3 items) ranged between .730-.753, and the factor loading values of the fifth factor (mathematizing / 3 items) ranged between .704-.801.

It is revealed in Table 4 that the eigenvalue of the first factor was 7.133 and it explained 23.011% of the total variance, the eigenvalue of the second factor was 4.147 and the factor accounted for 13.378% of the total variance, the eigenvalue of the third factor was 3.706 and the variance explained by the factor was 11.954%, the eigenvalue of the fourth factor was 2.692 and it explained 8.684% of the total variance, and finally, the eigenvalue of the fifth factor was 2.397 and the variance accounted for by the factor was 7.731%. The total variance of the scale regarding its five-factor structure was calculated as 64.757%. This scale explained 64.757% of the variance related to the structure in question.

The final form of the scale is given in Appendix A. Confirmatory factor analysis was performed on the scores obtained by applying the scale to a different group for the second time in order to obtain additional evidence regarding the construct validity of the developed scale. The path diagram demonstrating the t values obtained from the confirmatory factor analysis is illustrated in Figure 2. The path diagram showing the factor loadings and error variances is presented in Figure 3.

Figure 2 illustrates that the t values that give information about the explanation rate of the observed variables by the latent variables were significant for all items at the .01 level. When Figure 3 is examined, it is seen that the factor loadings (non-standardized estimation values) of the items in the scale varied between .40-.63. The standardized factor loading values, which show the correlations between each observed variable and the latent variable on which it depends, ranged between .47-.73. Figure 3 demonstrates that the standardized factor loading values, which show the correlation between the observed variables and the latent variables to which they are related, ranged between .72-.86 for “identifying the real-life problem (F1)”, .67-.78 for “understanding and simplifying the problem (F3)”, .64-.86 for “mathematizing (F4)”, .67-.88 for “working mathematically (F2)”, and .67-.80 for “interpretation and validation (F5)”. There is no item with high error variance values of the observed variables. The third item of the first factor has the highest factor loading. The third item is “I can identify real-life problems that I can solve using my mathematical knowledge.” and it was considered as the item most related to “identifying the real-life problem (F1)”. The eleventh item of the third factor has the highest factor loading. The eleventh item states “I can identify appropriate strategies to solve real-life problems.” and it was considered as the item most related to “Understanding and simplifying the problem (F3)”. The nineteenth item of the fourth factor has the highest factor loading. The nineteenth item is “I can create graphs to develop models that represent real-life situations.” and it was considered as the item most related to “mathematizing (F4)”. The sixth item of the second factor is the item with the highest factor loading. The sixth item is “I can associate the problems I encounter in real life with mathematics.” and it was considered as the item most related to “working mathematically (F2)”. The twenty-second item of the fifth factor has the highest factor loading. The twenty-second item is “I can show how applicable the solution of the mathematical model is in real life.” and it was considered as the item most related to “interpretation and validation (F5)”.

Figure 2
Path Diagram (t Values)

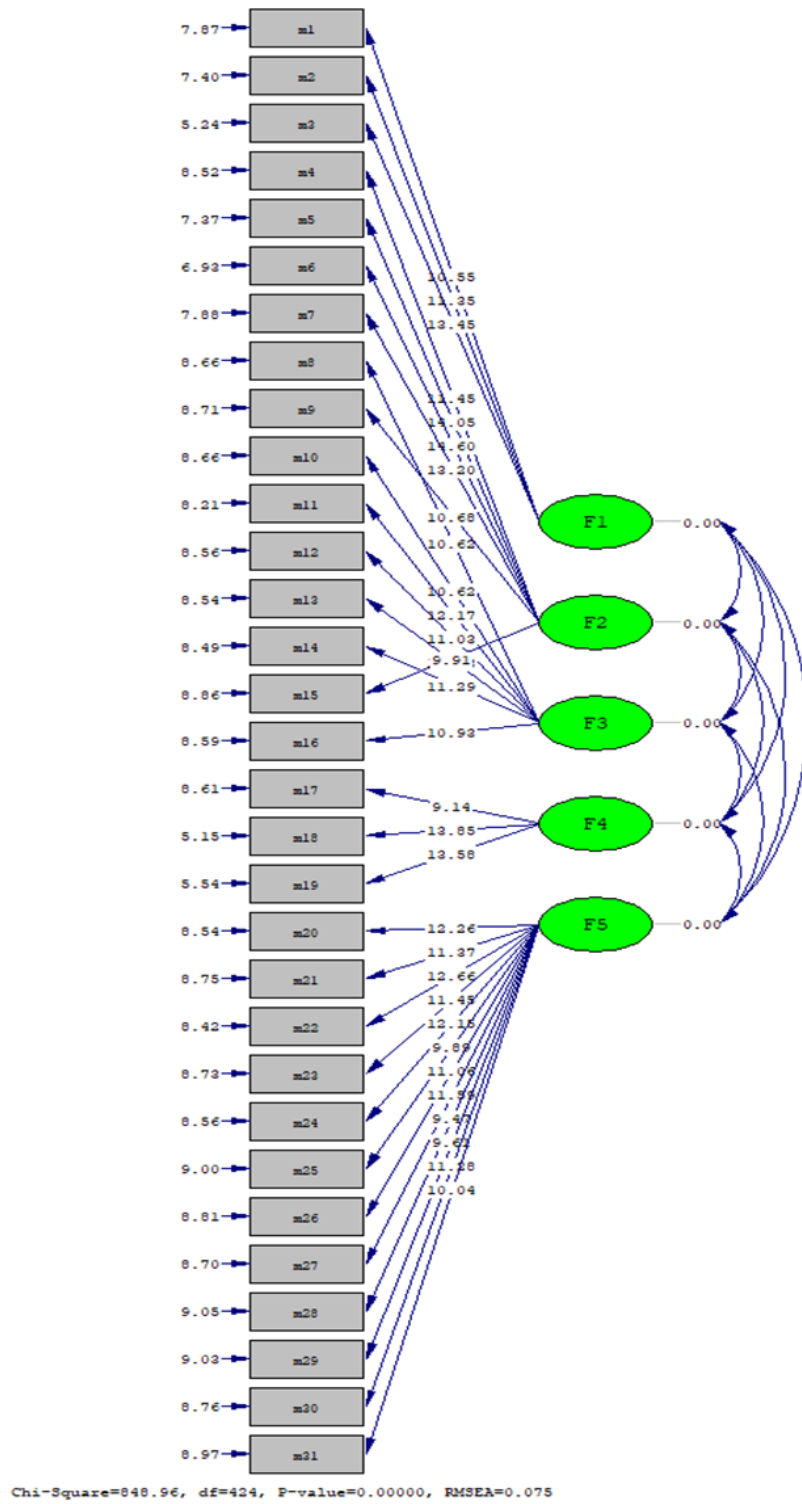
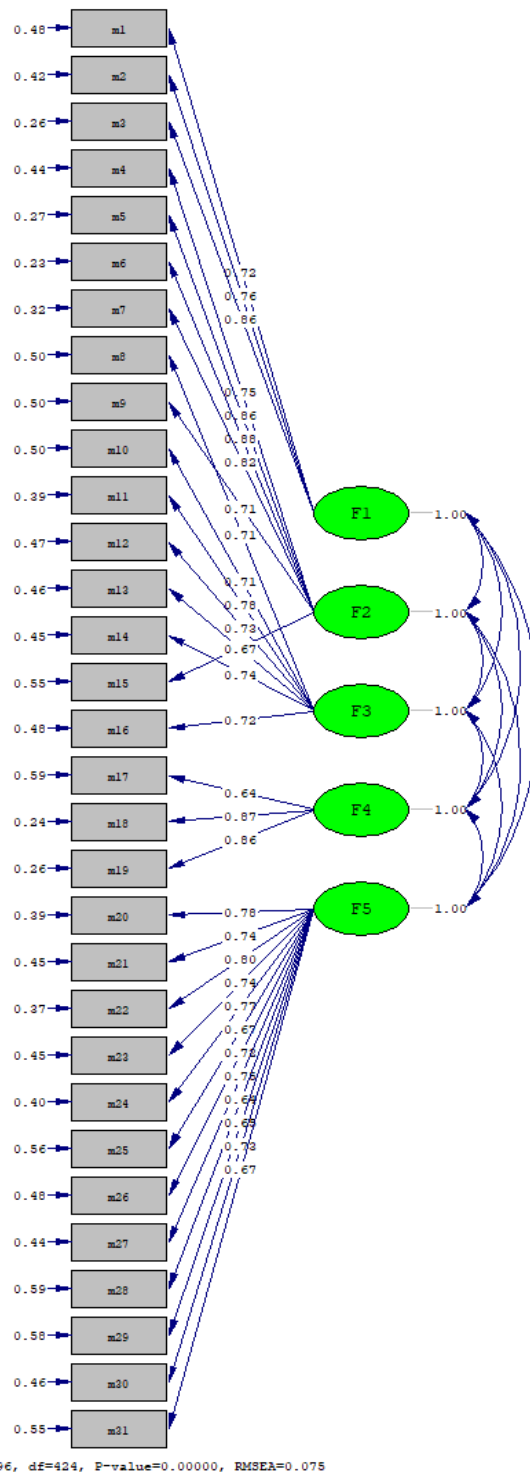


Figure 3
Path Diagram (Factor Loadings)



The p value, which gives information about the significance of the difference between the predicted and observed covariance matrices, was found to be significant at the .01 level. However, this value is likely to be significant for large samples (Yılmaz & Çelik, 2009). For this reason, alternative fit indices were found that examined the fit between the predicted and observed covariance matrices. The fit index values and the levels of fit for the developed scale are presented in Table 5.

Table 5

Fit Index Values of Scale

Fit index	χ^2/ sd	GFI	RMSEA	SRMR	IFI	NNFI	CFI	NFI	PNFI
Value	2,00	.90	.075	.063	.97	.97	.97	.94	.86
Fit	Perfect	Good	Good	Good	Perfect	Perfect	Perfect	Good	Acceptable

Note: CFI = comparative fit index, GFI = goodness of fit index, IFI = incremental fit index, NFI = normed fit index, NNFI = (Non) normed fit index, RMR = root mean square residual, RMSEA = root mean square error of approximation, PNFI = Parsimony normed fit index.

Table 5 reveals that the χ^2/df ratio (848.96 / 424) was 2.00, and since this ratio was ≤ 3 , it indicates a perfect fit (Kline, 2005; Sümer, 2000). GFI was found to be .90, which indicates a good fit (Schumacker & Lomax, 1996; Hooper et al., 2008; Kelloway, 1989; Sümer, 2000). RMSEA was found to be .075, which suggests a good fit ($\leq .08$) (Hooper et al., 2008; Jöreskog & Sörbom, 1993; Sümer, 2000). SRMR was calculated as .063, which indicates a good fit ($\leq .08$) (Brown, 2015; Çokluk et al., 2010; Hu & Bentler, 1999). The NNFI and CFI indices were determined to be over .95, and these values suggest a perfect fit (Hu & Bentler, 1999; Sümer, 2000; Tabachnick & Fidell, 2001). The NFI index was calculated as .94, which indicates a perfect fit (Hu & Bentler, 1999; Sümer, 2000), and PNFI was determined to be .86, which is accepted as an acceptable fit (Schermelleh-Engel & Moosbrugger, 2003).

Cronbach alpha internal consistency coefficients were calculated after the exploratory and confirmatory factor analysis to determine the reliability of the final form. The Cronbach alpha internal consistency coefficients are presented in Table 6.

Table 6

Cronbach Alpha Internal Consistency Coefficients of Scale

	Total	F1	F2	F3	F4	F5
Cronbach alpha	.958	.811	.900	.883	.820	.927
Number of item	31	3	6	7	3	12

When Table 6 is examined, it is concluded that the Cronbach alpha internal consistency coefficients calculated to determine the reliability of the scores obtained from the second group related with the confirmatory factor analysis are higher than .70, which is accepted as a criterion of reliability (Özdamar, 2004). According to the findings obtained from the analysis, it can be stated that the developed scale is a valid and reliable scale that can be used in future studies. Findings regarding the construct validity of the scale and the reliability coefficient in terms of internal consistency were obtained. Considering these findings, it was determined that the scale and sub-dimensions of the scale were reliable in terms of internal consistency.

Discussion

As a result of the research, it was concluded that the 31-item scale with a five-factor structure had sufficient psychometric properties to be used in future studies. The sub-factors of the scale were determined as ‘identifying the real-life problem (4th factor)’, ‘understanding and simplifying the problem (3rd factor)’, ‘mathematizing (5th factor)’, ‘working mathematically (2nd factor)’ and ‘interpretation and validation (1st factor)’. Factor names are listed considering the modeling cycle. These sub-factors are compatible with the modeling competencies in the theoretical framework (Blum, 2011; Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser, 2020; Maaß, 2006), but differ in that they have a factor of ‘identifying the real-life problem’. As a reason for this, it can be said that gifted students can identify real-life problems themselves. So, the sub-factors of the scale were determined as ‘identifying the real-life problem’, ‘understanding and simplifying the problem’, ‘mathematizing’, ‘working mathematically’ and ‘interpretation and validation’. Identifying the real-life problem is related to identifying real-life problems that can produce solutions using mathematical knowledge, and this relationship was confirmed in terms of the item with the highest factor loading of the first factor of this research. Understanding and simplifying the problem is related to determining appropriate strategies to solve real-life problems, and this relationship was confirmed by the item with the highest factor loading of the third factor in this research. Mathematizing is related to creating graphs and tables to develop models to represent real-life situations, and this relationship is also seen in the item of the fourth factor with the highest factor loading within the scope of the research. Working mathematically is related to associating problems encountered in real life with mathematics, and this relationship was confirmed by the item that has the highest factor loading of the second factor in this research. Interpretation and validation are related to demonstrating the applicability of the solution of the mathematical model in real life, and this relationship was confirmed by the item with the highest factor loading in the fifth factor in this research. Considering the items that best explain the factors, except for the first factor, similarity can be seen with the

theoretical framework (Blum, 2011; Borromeo-Ferri, 2006; Kaiser, 2020; Maaß, 2006). It can be stated that the factor related to identifying the real-life problem and the item that best explains this factor are included in the study in terms of the modeling processes of gifted and talented students. When the previous studies were examined, it was seen that a self-efficacy scale which has a single-factor structure for the mathematical modeling competencies of pre-service teachers was developed (Koyuncu et al., 2016). However, the scale developed in this study differs and has originality in terms of both the sample and the number of factors in terms of being a scale for gifted and talented students and having a five-factor structure for the stages of the modeling process. Since the scale developed in this research has a five-factor structure, its use contributes to the partial determination of the competencies that need to be developed. In addition, the scale is unique in that the theoretical framework based on the literature was used while writing the item pool, not by directly taking any items, but instead by using the answers to the open-ended questions asked to the gifted students. Furthermore, this study is unique in that the scale is aimed at gifted students and has a five-factor structure for the stages of the modeling process.

The scale helps to measure both as a whole in the modeling process and partially in its stages. In this context, the scale developed within the scope of this research can be used for determining the stages that students are best at and those that require improvement. A consensus has been reached on the importance of developing modeling competencies in education programs, that is, competencies to solve real-life problems by using mathematics (Kaiser, 2020). Determining the current situation for modeling competencies in terms of designing and developing programs can provide important ideas about what can be done to meet the needs (Zedan & Bitar, 2017). The scale developed is suggested to be used to determine which stages students have difficulty in completing in the modeling process (Biccard & Wessels, 2011; Blum, 2011; Maaß, 2006; Tekin-Dede & Yılmaz, 2015), as it will provide important ideas for the development of competencies for these stages.

Modeling competencies can be examined within the scope of each stage of the modeling process or within the context of the combination of several stages of the modeling process (Blomhøj & Hojgaard Jensen, 2003; Brand, 2014; Grünewald, 2012; Haines et al., 2001; Kaiser & Grünewald, 2015). For this reason, the number of modeling competencies varies (Blomhøj & Hojgaard Jensen, 2003; Brand, 2014; Grünewald, 2012; Haines et al., 2001). When the factors of the scale developed within the scope of this research are examined, it can be seen that the competencies can be examined in a way that combines several stages, as in the “interpretation and validation” factor (Brand, 2014; Grünewald, 2012). Gifted students have the potential to produce original solutions and projects by using their mathematical knowledge after noticing and identifying the problem (Mihaela-Singer et al., 2016). The fact that the stage of determining the real-life problem in the scale developed in this context is the first stage for them to put forward an original mathematical model can be explained in the context of the fact that gifted people have the potential to determine real-life problems themselves. Identifying the real-life problem as a first stage to produce original mathematical modeling is the first sub-factor, and this can be explained by the fact that gifted students have the potential to identify real-life problems themselves.

Since the psychometric characteristics of this scale were determined with gifted and talented youth, this limitation should be considered in further research. The sample of the study is limited to middle and high school level students who are attending Science and Art Centers and Special Talent Development and Project Production and Management programs. Considering these limitations of the research, it is recommended to use this scale to determine the modeling competencies that need to be developed. Also, it is recommended to use this scale to partially measure mathematical modeling competencies.

Authors' Contributions

First author took part in data collection, data analysis and reporting of the study, second author took part in determining the subject of the manuscript, research design and reporting of the study.

Acknowledgment

Corresponding author would like to express thanks to The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) and Ministry of National Education, General Directorate of Special Education and Guidance Services, Department for Research, Development and Projects for their support.

References

- Adıgüzel, O. C. (2016). *Eğitim programlarının geliştirilmesinde ihtiyaç analizi el kitabı [Needs analysis handbook for the development of curriculums]*. Anı Yayıncılık.
- Alpar, R. (2012). *Uygulamalı istatistik ve geçerlik-güvenirlilik [Applied statistics and validity-reliability]*. Detay Yayıncılık.
- Antonius, S., Haines, C., Jensen, T. H., Niss, M., & Burkhardt, H. (2007). Classroom activities and the teacher. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 295-308). Springer.
- Biccard, P., & Wessels, D. (2011). Development of affective modelling competencies in primary school learners. *Pythagoras*, 32(1), 50. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v32i1.20>
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and its Applications*, 22(3), 123-139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>
- Blomhøj, M., & Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 163-177. <https://doi.org/10.1007/BF02655887>
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling (ICTMA 14)* (pp. 15-30). Springer.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects-State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68. <https://doi.org/10.1007/BF00302716>
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H. W., & Niss, M. (2007). *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 3-33). Springer.
- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 86-95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Borromeo-Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 99-118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>
- Brand, S. (2014). Effects of a holistic versus an atomistic modelling approach on students' mathematical modelling competencies. In C. Nicol, P. Liljedahl, S. Oesterle, & D. Allan (Eds.), *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA 36*, (Vol. 2, pp. 185-191). PME.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). Guilford publications.
- Bukova-Güzel, E. (2016). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme [Mathematical modeling in mathematics education]*. Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum [Data analysis for social sciences: Statistics, research design, SPSS applications and interpretation]*. Pegem Yayınları
- Campbell, J. R., Cho, S., & Tirri, K. A. H. (2018). Mathematics and science olympiad studies: The outcomes of olympiads and contributing factors to talent development of olympians. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 5(2), 49-60. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1301497.pdf>
- Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed.). Erlbaum.
- Creswell, J. W. (2016). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. (S. B. Demir, Trans.; 4th ed.). Eğiten Kitap. (Original work published 2014)
- Cresswell, J. W., & Plano-Clark, V. L. (2015). *Designing and conducting mixed methods research* (Y. Dede & S. B. Demir, Trans.; 2nd ed.). Anı Yayıncılık. (Original work published 2011)

- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., & Büyüköztürk, Ş. (2010). *Multivariate statistics for the social sciences: SPSS and LISREL applications*. Pegem Akademi.
- Dağyar, M., Kasalak, G., & Özbek, G. (2022). Gifted and talented youth leadership, perfectionism, and lifelong learning. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(1), 566-596. <http://ijci.wcci-international.org/index.php/IJCI/article/view/839/450>
- Dewey, J. (1910). *How we think*. D. C. Heath.
- Dewey, J. (1997). *Experience and education*. First Touchstone Edition.
- Eraslan, A., & Kant, S. (2015). Modeling processes of 4th-year middle-school students and the difficulties encountered. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(3). <https://doi.org/10.12738/estp.2015.3.2556>
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C., & Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar [Mathematical modeling in mathematics education: Basic concepts and different approaches]. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1607-1627. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039>
- Erdoğan, F., & Erben, T. (2020). An investigation of the measurement estimation strategies used by gifted students. *Journal of Computer and Education Research*, 8(15), 201-223. <https://doi.org/10.18009/jcer.680284>
- Grünwald, S. (2012). *Acquirement of modelling competencies-first results of an empirical comparison of the effectiveness of a holistic respectively an atomistic approach to the development of (metacognitive) modelling competencies of students* [Paper presentation]. 12th International Congress on Mathematical Education, COEX, Seoul, Korea.
- Haines, C., Crouch, R., & Davis, J. (2001). Understanding students' modeling skills. In J. F. Matos, K. Houston, W. Blum, & S. P. Carreira (Eds.), *Modelling and mathematics education* (pp. 366-380). Woodhead Publishing.
- Hidayat, R., Zulnadi, H., & Syed-Zamri, S. N. A. (2018). Roles of metacognition and achievement goals in mathematical modeling competency: A structural equation modeling analysis. *PLoS ONE*, 13(11), e0206211. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206211>
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60. <https://academic-publishing.org/index.php/ejbrm/article/view/1224/1187>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Scientific Software International.
- Kaiser, G. (2020) Mathematical modelling and applications in education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 553-561). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101
- Kaiser, G., & Grünwald, S. (2015). Promotion of mathematical modelling competencies in the context of modelling projects. In N. H. Lee & N. K. E. Dawn (Eds.), *Mathematical modelling: From theory to practice* (pp. 21-39). World Scientific.
- Kaiser, G., & Maaß, K. (2007). Modelling in lower secondary mathematics classroom-problems and opportunities. In W. Blum, P. Galbraith, H-W. Henn, & M. Niss. (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 99-108). Springer.
- Kaiser, G., Schwarz, B., & Tiedemann, S. (2010). Future teachers' professional knowledge on modeling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 433-444). Springer.
- Kelloway, E. K. (1998). *Using LISREL for structural equation modeling: A researcher's guide*. Sage Publications.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. Routledge.

- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modelling*. Guilford.
- Koyuncu, I., Güzeller, C. O., & Akyüz, D. (2016). The development of a self-efficacy scale for mathematical modeling competencies. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 4(1), 19-36. <https://doi.org/10.21449/ijate.256552>
- Lesh, R., & Caylor B. (2007). Introduction to special issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 12(3), 173-194. <https://doi.org/10.1007/s10758-007-9121-3>
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. R. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.) *Handbook of Research design in mathematics and science education* (pp. 591-646). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., Young, R., & Fennewald, T. (2010). Modeling in k-16 mathematics classrooms-and beyond. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 275-283). Springer.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 113-142. <https://doi.org/10.1007/BF02655885>
- Maaß, K., & Gurlitt, J. (2011). LEMA-Professional development of teachers in relation to mathematical modelling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromero-Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 629-639). Springer.
- Maaß, K., & Mischo, C. (2011). Implementing modelling into day-to-day teaching practice-The project STRATUM and its framework. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 32, 103-131. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0015-x>
- Manuel, D., & Freiman, V. (2017). Differentiating instruction using a virtual environment: A study of mathematical problem posing among gifted and talented learners. *Global Education Review*, 4(1), 78-98. <https://ger.mercy.edu/index.php/ger/article/view/304>
- Mertler, C. A., & Vannatta, R. A. (2005). *Advanced and multivariate statistical methods: Practical application and interpretation* (3rd ed.). Pyrczak Publishing.
- Mihaela Singer, F., Jensen Sheffield, L., Freiman, V., & Brandl, M. (2016). *Research on and activities for mathematically gifted students*. Springer Nature.
- Millî Eğitim Bakanlığı [Ministry of National Education]. (2019). *Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesi [Science and Art Centers Law]*. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2016_10/07031350_bilsem_yonergesi.pdf
- Mumcu, H. Y., & Baki, A. (2017). Matematiği kullanma aktivitelerinde matematiksel modellemenin yorumlanması [Interpretation of mathematical modeling in the activities of using mathematics]. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(1), 7-33. <https://doi.org/10.7822/omuefd.327387>
- Ornstein, A. C., & Hunkins, F. P. (2016). *Curriculum: Foundations, principles, and issues* (7th ed.). Pearson Education.
- Özdamar, K. (2004). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi (çok değişkenli analizler) [Statistical data analysis with package programs (multivariate analysis)]*. Kaan.
- Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Sage Publications.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Test of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research-Online*, 8(2), 23-74. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.509.4258&rep=rep1&type=pdf>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (1996). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Sekerák, J. (2010). Phases of mathematical modelling and competence of high school students. *The Teaching of Mathematics*, 25, 105-112.
- Sheffield, L. J. (2018). Commentary paper: a reflection on mathematical creativity and giftedness. In F. M. Singer (Ed.), *Mathematical creativity and mathematical giftedness* (pp. 405-428). Springer.
- Sümer, N., (2000). Yapısal eşitlik modelleri: Temel kavramlar ve örnek uygulamalar [Structural equation models: Basic concepts and examples]. *Türk Psikoloji Yazıları*, 3(6), 49-74. <https://psycnet.apa.org/record/2006-04302-005>
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik [Reliability and validity in social and behavioral measures]*. Seçkin Yayınevi.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics*. Allyn and Bacon.
- Tavşancıl, E. (2005). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi [Measuring attitudes and data analysis with SPSS]*. Nobel.
- Tekin-Dede, A. (2017). Modelleme yeterlikleri ile sınıf düzeyi ve matematik başarısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi [Examining the relationships between modeling competencies and grade level and mathematics achievement]. *Elementary Education Online*, 16(3), 1201-1219. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/330554>
- Tekin-Dede, A., & Yılmaz, S. (2015). 6. Sınıf öğrencilerinin bilişsel modelleme yeterlikleri nasıl geliştirilebilir? [How can 6th grade students' cognitive modeling competencies be improved?]. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 4(1), 49-63. <http://ijtase.net/index.php/ijtase/article/view/233/264>
- Tekin-Dede, A., & Bukova-Güzel, E. (2014). Model oluşturma etkinlikleri: Kuramsal yapısı ve bir örneği [Model building activities: Theoretical structure and an example]. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(1), 95-111. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/188037>
- Wang, J. J., Halberda, J., & Feigenson, L. (2017). Approximate number sense correlates with math performance in gifted adolescents. *Acta Psychologica*, 176, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.03.014>
- Yılmaz, V., & Çelik, H. E. (2009). *LISREL ile yapısal eşitlik modellemesi-1 [Structural equation modeling with LISREL-1]*. Pegem.
- Zedan, R., & Bitar, J. (2017). Mathematically gifted students: Their characteristics and unique needs. *European Journal of Education Studies*, 3(4), 236-260. <https://oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/571/1583>

Appendix A

Mathematical Modeling Competencies Scale

Factors	Final Form	Initial Form	Item Turkish version	Item English version*
Identifying the real-life problem	1	1	Gerçek yaşamda çözüm üretilmesi gereken problemler olduğunu fark edebilirim.	I can realize that there are problems that need to be solved in real life.
	2	2	Gerçek yaşamda çözüm üretilmesi gereken problemlere karşı duyarlı olabilirim.	I can be sensitive to problems that need to be solved in real life.
	3	3	Matematik bilgilerimi kullanarak çözüm üretebileceğim gerçek yaşam problemlerini belirleyebilirim.	I can identify real-life problems that can be solved using mathematical knowledge.
Understanding and simplifying the problem	8	8	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli olacak varsayımlarımı belirleyebilirim.	I can identify the assumptions that will be necessary to solve real-life problems.
	10	10	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için plan yapabilirim.	I can make plans to solve real-life problems.
	11	11	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için uygun stratejileri belirleyebilirim.	I can identify appropriate strategies to solve real-life problems.
	12	13	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için kullanacağım yöntemleri belirleyebilirim.	I can identify the methods I will use to solve real-life problems.
	13	14	Gerçek yaşam durumları içerisindeki değişkenleri belirleyebilirim.	I can identify variables in real-life situations.
	14	15	Gerçek yaşam problemleri içerisindeki değişkenlerin ilişkilerini açıklayabilirim.	I can explain the relationships between variables in real-life problems.
	16	17	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli olan bilgileri ayırt edebilirim.	I can distinguish the information that is necessary to solve real-life problems.
Mathematizing	17	20	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller oluşturmak için bilgisayar programlarından yararlanabilirim.	I can use computer programs to create models that represent real-life situations.
	18	21	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için tablolar oluşturabilirim.	I can create tables to develop models that represent real-life situations.
	19	22	Gerçek yaşam durumlarını temsil edecek modeller geliştirmek için grafikler oluşturabilirim.	I can create graphs to develop models that represent real-life situations.
Working Mathematically	4	4	Gerçek yaşam problemlerini temsil edecek modelleri çözerek matematiksel sonuçlara ulaşabilirim.	I can apply mathematical models of real-life problems to find mathematical solutions.
	5	5	Gerçek yaşamda karşılaştığım durumlar ile matematik arasında ilişkiler kurabilirim.	I can establish relationships between the real-life situations I come across and mathematics.
	6	6	Gerçek yaşam içerisinde karşılaştığım problemleri matematik ile ilişkilendirebilirim.	I can associate the problems I encounter in real life with mathematics.
	7	7	Gerçek yaşam durumlarını matematiksel olarak açıklayabilirim.	I can mathematize real-life situations.
	9	9	Matematik bilgilerimi gerçek yaşam durumlarını açıklamada kullanabilirim.	I can use my math knowledge to explain real-life situations.
	15	16	Gerçek yaşam durumları içerisindeki matematiksel yapıları belirleyebilirim.	I can identify mathematical structures in real-life situations.

Interpretation and validation	20	27	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda ne anlama geldiğini açıklayabilirim	I can explain what the solution of the mathematical model means in real life.
	21	28	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam durumunu ne ölçüde açıkladığını yorumlayabilirim.	I can interpret to what extent the solution of the mathematical model explains the real-life situation.
	22	29	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda uygulanabilirliğini gösterebilirim.	I can show how applicable the solution of the mathematical model is in real-life.
	23	30	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam için gerekliliğini açıklayabilirim.	I can explain the necessity of the solution of the mathematical model for real life.
	24	31	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşamda yararlılığını analiz edebilirim.	I can analyze the usefulness of the solution of the mathematical model in real life.
	25	32	Matematiksel modelin çözümünün gerçek yaşam bağlamında mantıklı olup olmadığını açıklayabilirim.	I can explain whether the solution of the mathematical model makes sense in a real-life context.
	26	33	Gerçek yaşam probleminin çözümü için oluşturduğum matematiksel modellerin doğruluğunu belirleyebilirim.	I can determine the accuracy of the mathematical models I have built for the solution of a real-life problem.
	27	34	Matematiksel model geliştirerek gerçek yaşam problemini çözme sürecinde izlediğim adımları kontrol edebilirim.	By building a mathematical model, I can control the stages I follow in the process of solving a real-life problem.
	28	35	Oluşturulan matematiksel modellerin çözümlerinde hatalar varsa bunları düzeltebilirim.	If there are errors in the solutions of the mathematical models that have been built, I can correct them.
	29	36	Gerçek yaşam probleminin çözümü için gerekli olan varsayımların doğruluğunu belirleyebilirim.	I can determine the correctness of the assumptions that are necessary for the solution of the real-life problem.
	30	37	Matematiksel modelleri farklı gerçek yaşam problemlerinin çözümünde kullanabilirim.	I can use mathematical models to solve different real-life problems.
31	38	Gerçek yaşam probleminin çözümü için oluşturduğum matematiksel modelde hatalar varsa bunları düzeltebilirim.	If there are errors in the mathematical model I have built for the solution of the real-life problem, I can correct them.	

*The scale items were translated into English by three linguists. Then, they were back-translated into the original language (Turkish) by different experts. Researchers planning to use the English version are requested to perform factor analysis and check the reliability of the scale

Appendix B

Table of Bilateral Correlations of Items

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I13	I14	I15	I16	I17	I20	I21	I22	I27	I28	I29	I30	I31	I32	I33	I34	I35	I36	I37	I38
I1	1.000																														
I2	.547	1.000																													
I3	.614	.612	1.000																												
I4	.408	.418	.503	1.000																											
I5	.405	.349	.433	.655	1.000																										
I6	.307	.274	.382	.636	.805	1.000																									
I7	.357	.351	.399	.543	.690	.727	1.000																								
I8	.311	.415	.473	.546	.457	.542	.586	1.000																							
I9	.306	.376	.425	.495	.563	.572	.690	.592	1.000																						
I10	.329	.468	.518	.502	.426	.377	.317	.452	.430	1.000																					
I11	.398	.511	.604	.533	.416	.426	.420	.546	.478	.628	1.000																				
I13	.367	.448	.543	.516	.403	.377	.400	.440	.382	.468	.614	1.000																			
I14	.340	.368	.394	.552	.513	.494	.437	.507	.427	.420	.599	.556	1.000																		
I15	.369	.489	.461	.486	.450	.424	.479	.537	.439	.470	.509	.532	.658	1.000																	
I16	.241	.253	.237	.509	.549	.588	.556	.432	.434	.340	.295	.337	.457	.473	1.000																
I17	.374	.442	.524	.538	.380	.420	.454	.514	.526	.524	.507	.483	.483	.481	.431	1.000															
I20	.179	.290	.283	.413	.380	.326	.358	.204	.308	.342	.379	.287	.348	.357	.339	.406	1.000														
I21	.233	.364	.419	.519	.368	.408	.330	.371	.349	.339	.412	.384	.350	.423	.337	.487	.559	1.000													
I22	.245	.399	.372	.490	.336	.384	.407	.393	.373	.287	.440	.445	.397	.390	.398	.500	.517	.757	1.000												
I27	.119	.312	.312	.476	.452	.486	.462	.410	.378	.395	.373	.417	.389	.428	.479	.423	.440	.421	.427	1.000											
I28	.230	.269	.313	.380	.310	.378	.356	.409	.268	.328	.341	.401	.294	.436	.384	.360	.372	.426	.358	.694	1.000										
I29	.240	.303	.361	.456	.344	.399	.383	.359	.330	.343	.366	.401	.354	.418	.486	.417	.385	.484	.493	.672	.737	1.000									
I30	.229	.327	.321	.387	.401	.398	.409	.391	.380	.293	.320	.369	.337	.341	.466	.456	.358	.455	.517	.559	.507	.644	1.000								
I31	.274	.367	.383	.397	.385	.417	.407	.401	.447	.405	.391	.456	.427	.462	.483	.495	.446	.405	.479	.565	.490	.615	.715	1.000							
I32	.310	.439	.361	.434	.424	.432	.469	.439	.414	.360	.471	.343	.485	.381	.347	.500	.349	.411	.423	.497	.369	.473	.547	.651	1.000						
I33	.220	.318	.341	.423	.334	.392	.458	.465	.474	.432	.505	.384	.427	.428	.389	.420	.423	.408	.452	.537	.486	.472	.439	.574	.525	1.000					
I34	.265	.435	.383	.407	.333	.351	.370	.475	.404	.366	.438	.425	.437	.416	.380	.438	.407	.480	.427	.599	.513	.536	.524	.557	.469	.660	1.000				
I35	.196	.270	.268	.309	.287	.259	.412	.296	.359	.307	.341	.373	.337	.383	.319	.260	.293	.389	.388	.491	.465	.424	.406	.377	.294	.578	.606	1.000			
I36	.269	.375	.379	.409	.385	.387	.456	.473	.393	.362	.449	.455	.473	.461	.400	.459	.409	.426	.453	.427	.483	.477	.415	.393	.418	.544	.493	.552	1.000		
I37	.175	.318	.303	.449	.365	.382	.355	.359	.372	.473	.311	.349	.312	.489	.432	.420	.303	.356	.344	.598	.588	.617	.537	.545	.395	.516	.485	.513	.469	1.000	
I38	.209	.351	.259	.407	.316	.277	.341	.340	.398	.311	.309	.274	.381	.415	.396	.413	.273	.428	.483	.463	.468	.559	.497	.514	.438	.428	.510	.461	.483	.530	1.000