



## Mühendislik Tasarım Becerileri Özyeterlik Algı Ölçeği'nin (MTBÖAÖ) Geliştirilmesi\*

Nazan KAHRAMAN<sup>1</sup>, Esra YECAN<sup>2</sup>, Fatma TAŞKIN EKİCİ<sup>3</sup>, İzzet KARA<sup>4</sup>

### Özet

Mühendislik tasarımı, yeni fikirlerin disiplinler arası bakış açısıyla ürün ya da hizmete dönüştürülme sürecidir. Bu araştırmada bu sürece yönelik beceriler çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik öz yeterlik algılarının (MTBÖA) belirlenebilmesi için geçerli ve güvenilir bir ölçek geliştirmektir. Araştırmada öncelikle amaçlı örneklem yoluyla seçilen öğrencilerle nitel bir çalışma yürütülmüştür. Madde oluşturma ve uzman görüşüne başvurma aşamaları sonrasında ön deneme çalışması yürütülmüş, ardından maddelerde ekleme, çıkarma ve düzenleme yapılmıştır. Son olarak, oluşturulan ölçek formunun geçerlik güvenirlik çalışması yürütülmüştür. Çalışmada açımlayıcı faktör analizi (AFA) yapılan birinci grupta 276; doğrulayıcı faktör analizi yapılan (DFA) ikinci grupta 211 öğretmen adayı yer almıştır. Araştırmanın bulguları sonucunda, 35 madde ve 5 faktörden oluşan ölçeğin geçerli ve güvenilir olduğu belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik öz yeterlik algılarının araştırılması ve mühendislik tasarım becerilerinin karmaşık ve belirsiz kavramsal yapısının giderilmesi bağlamında çalışmanın alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### Makale Bilgileri

Araştırma  
Makalesi

Gönderim Tarihi  
18/04/2023  
Kabul Tarihi  
26/12/2023  
Yayın Tarihi  
15/05/2024

**Anahtar  
Kelimeler**  
Mühendislik  
tasarım  
becerileri,  
Öz yeterlik,  
Ölçek  
geliştirme,  
Fen bilimleri  
eğitimi

\* "Çalışma, Prof. Dr. İzzet KARA ve Dr. Öğr. Üyesi Esra YECAN danışmanlığında Nazan KAHRAMAN'ın doktora tezinden üretilmiştir"

1 Pamukkale Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-4812-1840, [nazankahraamaan@gmail.com](mailto:nazankahraamaan@gmail.com)

2 Pamukkale Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-2128-8608, [esrayecan@gmail.com](mailto:esrayecan@gmail.com)

3 Pamukkale Üniversitesi, ORCID: 0000-0001-7798-6021, [ftekici@gmail.com](mailto:ftekici@gmail.com)

4 Pamukkale Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-9837-2819, [izzetkara@gmail.com](mailto:izzetkara@gmail.com)

### Atıf:

Kahraman, N., Yecan, E., Taşkın Ekici, F. ve Kara, İ. (2024). Mühendislik Tasarım Becerileri Özyeterlik Algı Ölçeği'nin (MTBÖAÖ) geliştirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [PAUEFD]*, 61, 458-480. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1284927>

## Giriş

Son yıllarda yeni bir fikrin ürün ya da hizmete dönüştürülmesine imkân sağlayan mühendislik tasarım becerilerinin öğrencilerin yeni fikirlerini disiplinlerarası yaklaşımla ürün ya da hizmete dönüştürmeleri ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaşabilmeleri kapsamında öğretim süreçlerine aktarılması eğilimi göze çarpmaktadır. Eğitimdeki bu dönüşümün bazı derslerin öğretim programlarına da yansıdığı gözlenmektedir. Örneğin; Fen Bilimleri dersi öğretim programında mühendislik tasarım becerileri, inovatif düşünme adı altında problemlere disiplinler arası bakış açısıyla yaklaşarak ve edinilen bilgi ve becerileri kullanarak bir ürün oluşturma ve bu ürüne katma değer kazandırma olarak yer almaktadır.

Mühendisliğe yönelik özyeterlik; akademik başarı, kalıcılık ve akılda tutma açısından önemli bir ölçüttür (Hilton, 2019). Ayrıca, mühendislik tasarım becerileri özyeterliği bu becerilere duyulan özgüven olarak düşünülebilir. Aynı zamanda mühendislik tasarım becerileri özyeterlik algısı; performans ve davranışlar üzerinde önemli bir yere sahiptir. Yüksek özyeterliğe sahip bir öğrenci, etkinlikler için daha çok çaba sarfetme eğiliminde olmakta, karşılaştığı zorluklara sabretmekte, daha yüksek başarı ve yeteneğe ulaşmaya çalışmaktadır (Pajares, 1996). Bu bilgiden hareketle mühendislik tasarım becerisi özyeterlik algısı yüksek öğrencilerin karşılaştıkları zorlukların üstesinden gelmekte zorlanmayacağını ve aynı zamanda bilişsel duyuşsal ve psikomotor alanlarda gelişim kaydedeceklerini söylemek mümkündür. Ancak bazı araştırma bulguları, Fen Bilimleri öğretmenlerinin yenilenen Fen Bilimleri dersi öğretim programında yer alan mühendislik tasarım becerilerinin entegresinde kendilerini yetersiz hissettikleri ve kendilerine bu konuda güvenmediklerini ortaya koymuştur (Güneş ve diğerleri, 2018; Hacıoğlu ve diğerleri, 2016; Marulcu ve Sungur, 2012). Öğretmen adaylarının öğrencilerine faydalı olabilmesi açısından bu beceriye yönelik kendi özyeterliklerinin belirlendiği çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Söz konusu çalışmaların varlığı sayesinde öğretmen adayları kendilerinin ne derece yeterli olduklarını görme fırsatı yakalayabilecekler, bu bağlamda kendilerini geliştirerek öğrencilerine daha faydalı olabileceklerdir. Aynı şekilde Fen Bilimleri öğretmen adayları bir fikrin ürün ya da hizmete dönüştürülmesine imkan sağlayan (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) bu becerilere yönelik ne derece yeterli hissettikleri konusunda bir fikir sahibi olabilecekler; problemlere farklı bakış açılarıyla bakan, üreten, kendilerini bu konuda yeterli hisseden öğrencilerin yetiştirilmesinde önemli birer adım atmış olacaklardır.

Çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan ölçeğin en temel özelliği öğretmen adaylarına yönelik olmasıdır. Alanyazında çalışmayla benzer nitelikte olan; öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri

özyeterlik algılarını ölçme amaçlı ölçek geliştirme çalışmasına rastlanılmamıştır fakat çoğunluğu mühendislik öğrencileri olmak üzere farklı çalışma gruplarında uygulanan ve mühendislik tasarım becerileri özyeterliklerini ölçmeye yönelik ölçek geliştirme ve anket hazırlama çalışmalarına ulaşılmıştır (Baker ve diğerleri, 2008; Carberry ve diğerleri, 2010; Davis ve Amelink, 2016; Khan ve diğerleri, 2018; Mamaril, 2014; Paul ve diğerleri, 2018; Seth ve diğerleri, 2015). Bu çalışmalar arasında daha çok STEM-FeTeMM özyeterliklerine yönelik ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarının yer aldığı görülmüştür (Gelen ve diğerleri, 2019; Yaman ve diğerleri, 2018).

Yukarıda bahsi edilen mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik ölçek ve anket çalışmalarının özyeterlik bileşenlerinin oluşturulmasında genel olarak Bandura'nın özyeterlik anlayışı benimsenmiştir. Ancak, mühendislik tasarım becerileriyle ilişkili bileşenlerde bir görüş birliğinin olmadığı gözlenmektedir. Çünkü mühendislik tasarımı, karmaşık bir süreçtir. Birbirinden farklı birçok alt beceriyi kapsamaktadır (Mourtos, 2012). Bu belirsizliği gidermek adına alanyazında mühendislik tasarım becerilerine yönelik ölçek ve rubrik geliştirme, anket hazırlama çalışmalarıyla birlikte mühendislik tasarım becerisine yönelik teorik çerçeveyi sunan kaynaklar da incelenmiştir.

Alanyazında mühendislik tasarım becerilerine yönelik ölçek geliştirme ve uyarlama, rubrik geliştirme ve anket hazırlama çalışmalarında yer alan alt becerilerden bazıları şunlardır: Problem çözme, mekanik inşa, soyut/somut tasarım bağlantıları, yaratıcılık, takım çalışması, web kullanımı, tasarım öncelikleri, tasarım zorlukları, takım çalışması zorlukları, mühendislik tasarım süreçleri, tasarımda takım becerileri, temel beceriler, tasarım ve problem çözme becerileri, mühendislik düşünme becerileri, problem, çözüm, uygulama, verilen tasarımın değerlendirilmesi, oluşturulan tasarımın işlevselliği, tasarımı test etmenin açıklaması, problem tanımlama, bilgi toplama, beyin fırtınası, tasarım süreçleri, tasarım iletişimi, düşünmenin derinliği ve genişliği, takımlar ve uzmanlar, tasarımın eleştirel değerlendirmesi, verilerin kullanımı ve araştırma (Alameh, 2018; De Jong ve diğerleri, 2014; Gentili ve diğerleri, 1999; Hibberts, 2017; Jin ve diğerleri, 2015; Kayalar, 2018; Masi ve diğerleri, 2003; Moazzen ve diğerleri, 2014; Yıldırım, 2020; Yin, 2009). Mühendislik tasarım becerilerinin teorik çerçevesi, farklı kaynaklarda farklı alt beceriler dahil edilerek sunulmaktadır. Örneğin; ABET (2019)'e göre mühendislik kriterleri arasında etkili iletişim kurma; probleme çözüm üretirken halkın sağlığını, güvenliğini, refahını düşünme ve sosyal, çevresel, kültürel faktörleri göz önünde bulundurma; etik sorumluluk alma, işbirliği yapma, problemleri farklı bakış açılarıyla tanımlama, formülleştirme ve çözme gibi beceriler yer almaktadır. Fen Bilimleri dersi öğretim programında ise mühendislik tasarım becerilerine yalnızca inovatif düşünme dahil edilmiştir ve programda inovatif düşünme, problemlere disiplinlerarası bakış açısıyla yaklaşarak

ürün oluşturma ve ürünlere katma değer kazandırma olarak tanımlanmaktadır (MEB, 2018). Davila Rangel (2010), mühendislik tasarım becerilerine yönelik yapmış olduğu geniş kapsamlı bir alanyazın taramasında toplam 29 alt beceriyi bu kapsama dahil etmiştir. Bu alt beceriler, ilgili alanyazında temel alınan kaynaklardan bazıları dikkate alınarak oluşturulmuştur (Dym ve Little, 2009; Eder ve Hosnedl, 2007; Pahl ve diğerleri, 2007; Shah ve diğerleri, 2009; Ullman, 2003) (Tablo 2). Çalışma kapsamında geliştirilmesi planlanan ölçeğin muhtemel alt becerileri ise şöyle sıralanabilir: analitik düşünme, sentetik düşünme, yakınsak düşünme, inovatif ve ıraksak düşünme, karar verme, çokdisiplinli işbirliği, eskiz/taslağını çizme, model oluşturma ve revize etme, zaman-proje ve kaynak kontrolü, etik ve organizasyon/örgütlenme...vb.

Yukarıda belirtilen bilgiler doğrultusunda öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri doğrultusunda karşılaştığı problemlere farklı bakış açılarıyla farklı çözüm yolları sunabilen, zorluklarla başetme konusunda kendine güvenen, üreten öğrenciler yetiştirebilmeleri için öncelikle kendilerinin bu yeterliğe sahip olmaları gerektiği söylenebilir. Bununla birlikte özyeterlik algısının davranış üzerinde etkili olduğu göz önünde bulundurulduğunda, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri doğrultusunda problemlere farklı bakış açılarıyla farklı çözümler sunma, zorluklarla baş etme ve üretme konusunda kendilerini yeterli görmeleri önemlidir. Çünkü öğretmen adaylarının bu alanda kendilerini yeterli hissetmeleri sayesinde gelecekte yetiştirecekleri öğrencilerine de bu becerilerin kazandırılmasında ve öğrencilerin kendilerini bu becerileri uygulamada yeterli hissetmelerinde önemli bir adım atılmış olacaktır. Bu konuda değinilmesi gereken en önemli husus, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri özyeterlik algılarını ölçmeye yönelik bir araç gereksinimidir. Bu nedenle araştırmada öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik algılarını belirlemeye yönelik bir ölçek geliştirilmiştir.

Alanyazında mühendislik tasarım becerilerinin kavramsal yapısının karmaşık ve belirsiz olduğu düşünüldüğünde geliştirilen ölçek ile sunulan kuramsal çerçeve ile birlikte bu belirsizliğin nispeten giderilmeye çalışılacağı söylenebilir. Ayrıca özellikle öğretmen adaylarına yönelik bu kapsamda bir çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Çünkü alanyazında özellikle öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik algılarının belirlenmesinden çok mühendislik odaklı ya da stem odaklı çalışmaların sıklıkla yer alması, bir başka deyişle kendilerine yönelik çalışmaların azlığı öğretmen adaylarının kendilerinin bu konudaki yeterlikleri hakkında daha belirgin bir fikir sahibi olmalarının önündeki bir diğer engel olarak görülebilir. Bütün bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda yapılan araştırmada öğretmen adaylarının

mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik algılarının belirlenebilmesi için geçerli ve güvenilir ölçek geliştirmek amaçlanmıştır. Yapılan çalışma ile öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik algılarının araştırılmasına olanak sağlanabilecektir.

### **Yöntem**

Araştırmada temel araştırma deseni kullanılmıştır. Temel araştırmalarda anlama ve açıklama söz konusudur (Karasar, 2014). Bu bilgiden yola çıkarak bu araştırmada anlama, açıklama, var olan bilgilere yenilerini ekleme yapılarak bir ölçek geliştirme çalışması yürütülmüştür. Bu kapsamda araştırmada öncelikle üç açık uçlu sorudan elde edilen nitel sonuçlar belirlenmiştir. Sonrasında bu nitel sonuçlardan faydalanarak bir madde havuzu oluşturulmuştur. Ardından nicel veriler toplanarak analiz edilmiştir. Bu sürecin sonunda nicel verilerden elde edilen sonuçlar yorumlanarak sonuçlar hakkında çıkarımda bulunulmuştur. Araştırma kapsamında Pamukkale Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun etik kurul onayı elde edilmiştir.

### **Çalışma Grubu**

Araştırmanın nitel boyutunda amaçlı örnekleme yöntemi benimsenerek belirlenen iki çalışma grubu yer almaktadır. Araştırmanın nitel boyutunda amaçlı örnekleme yöntemi benimsenmesinin nedeni ise, bu yöntemin zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine araştırılmasına imkan vermesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu bakımdan birinci çalışma grubu, daha derinlemesine bilgi sunabilecekleri düşünülen, 2019-2020 eğitim-öğretim yılı Pamukkale Üniversitesi Fen Bilgisi öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan 58 öğretmen adayından oluşmaktadır. İkinci çalışma grubu ise; madde havuzu sonrası madde seçimi için öndeneme yapılan ve asıl uygulama grubuna benzer özelliklere sahip 2020-2021 eğitim-öğretim yılı Pamukkale Üniversitesi'nde öğrenim gören 62 öğretmen adayından oluşmaktadır.

Araştırmanın nicel boyutuna seçkisiz örnekleme yöntemi ile belirlenen farklı iki çalışma grubu katılmıştır. Bu iki çalışma grubu; 2020-2021 eğitim-öğretim yılı Türkiye'de yer alan farklı üniversitelerin eğitim fakültelerinin Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Fen Bilgisi Eğitimi, Matematik Eğitimi, Okul Öncesi Eğitimi ve Sınıf Eğitimi Anabilim dallarında öğrenim gören öğretmen adaylarından oluşmaktadır. Birinci çalışma grubu, AFA için oluşturulan grup (n=276) iken; ikinci çalışma grubu ise DFA için oluşturulan ve aynı zamanda AFA için oluşturulan birinci gruptan farklı bir gruptur (n=211). Aşağıda AFA ve DFA için oluşturulan gruplara ilişkin demografik özellikler sunulmuştur (Tablo1).

**Tablo 1***AFA ve DFA İçin Oluşturulan Gruplara İlişkin Demografik Özellikler*

Demografik Özellikler		AFA (Kişi Sayısı)	DFA (Kişi Sayısı)
Cinsiyet	Kadın	211	172
	Erkek	65	39
Anabilim Dalı	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	8	7
	Fen Bilgisi Eğitimi	144	113
	Matematik Eğitimi	81	51
	Okul Öncesi Eğitimi	21	20
Sınıf	Sınıf Eğitimi	22	20
	1. Sınıf	18	16
	2. Sınıf	72	50
	3. Sınıf	79	52
	4. Sınıf	107	93

**Ölçeğin Oluşturulma Süreci**

Özgün bir ölçeğin oluşturulma süreci, birçok aşamayı kapsamakla birlikte, bu süreçte izlenmesi gereken temel aşamalar benzer özellik göstermektedir. Benzerlik gösteren bu aşamalar; teorik yapının incelenmesi ve madde oluşturma, uzman görüşüne başvurma, ön deneme yapma ve geçerlik ve güvenilirlik analizleri adı altında özetlenebilir (DeVellis, 2014; Hinkin, 1998; Karasar, 2014; Seçer, 2015; Şeker ve Gençdoğan, 2014).

Bu çalışmada MTBÖAÖ'nin geliştirilmesinde DeVellis (2014), Hinkin (1998), Karasar (2014), Seçer (2015) ve Şeker ve Gençdoğan (2014)'ın ölçek geliştirme modelleri temel alınmıştır. Bu modellerden hareketle MTBÖAÖ'nin geliştirilme aşamalarını dört başlıkta toplamak mümkündür. Bunlar: (1) Teorik yapının incelenmesi ve madde oluşturma, (2) Uzman görüşüne başvurma, (3) Ön deneme yapma, (4) Geçerlik ve güvenilirlik analizleri. MTBÖAÖ'nin geliştirilmesinde izlenen bu dört aşama aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

**Teorik Yapının İncelenmesi ve Madde Oluşturma**

Üzerinde az çalışma yapılmış ve kavramsal yapısıyla ilgili kesin bir uzlaşmaya varılamamış özellikler ile ilgili test geliştirme sürecinde, açık uçlu soruların sorulması gibi farklı teknikler uygulanabilmektedir (Hinkin, 1998; Şeker ve Gençdoğan, 2014). Bu çalışmada araştırmacılara rehberlik etmesi ve ölçeğin kapsamının istenmeyen boyutlara sürüklenmesine engel olmak adına (DeVellis, 2014) öncelikle geliştirilmesi planlanan MTBÖAÖ'nin kuramsal yapısı belirlenmeye çalışılmıştır.

Mühendislik tasarım becerileri özyeterlik algısının az çalışılmış olması ve kuramsal yapısında kesin bir uzlaşmaya varılamaması sebebiyle



araştırmada öğretmen adaylarına üç açık uçlu soru yöneltilerek kavramsal çerçeve desteklenmeye çalışılmıştır. Açık uçlu sorular, hikaye yoluyla aktarılmaya çalışılmış, hikayede geçen Fen Bilimleri öğretmenin öğrencilerin gök cisimlerine olan merakı sonrasında teleskop yapmaya karar vermesi çerçevesinde kurgulanmıştır. Soruların içeriği, öğretmen adaylarının tasarım sürecinde takip edeceği adımlar ve kendi yeterliklerine yönelik algılarının belirlenmesine yöneliktir. Bununla birlikte alanyazında konuyla ilişkili olabilecek bazı ölçek geliştirme, uyarlama ve anket hazırlama çalışmalarında da odak grup görüşmesi ve açık uçlu sorular gibi nitel veri toplama araçlarından faydalandığı görülmektedir (Baker ve diğerleri, 2008; Davis ve Amelink, 2016).

Mühendislik tasarım becerileri bileşeninin teorik çerçevesi kapsamında farklı kaynaklarda farklı alt becerilerin, bu beceriye dahil edildiği görülmüştür. Örneğin; ABET (2019)'e göre mühendislik kriterleri arasında etkili iletişim kurma; probleme çözüm üretirken halkın sağlığını, güvenliğini, refahını düşünme ve sosyal, çevresel, kültürel faktörleri göz önünde bulundurma; etik sorumluluk alma, işbirliği yapma, problemleri farklı bakış açılarıyla tanımlama, formülleştirme ve çözme gibi alt beceriler yer almaktadır. Fen Bilimleri dersi öğretim programında ise mühendislik tasarım becerilerine yalnızca inovatif düşünme dahil edilmiştir (MEB, 2018). Ayrıca Davila Rangel (2010)'ın mühendislik tasarım becerisine yönelik bakış açısı (Tablo 2) göz önünde bulundurulduğunda; ölçeğe ilişkin kavramsal çerçevede kesin bir uzlaşmanın olmadığını görülmektedir.

**Tablo 2**

*Mühendislik Tasarım Becerisi Literatür Tarama Listesi (Davila Rangel, 2010)*

	Dym ve Little, 2009	Eder ve Hosnedl, 2007	Shah vd. 2009	Ullman, 2003	Pahl vd. 2007
Analitik Düşünme	+	+		+	+
Sentetik/Bireşimsel Düşünme	+				
Eleştirel Düşünme		+			+
İraksak Düşünme	+		+	+	
Yakınsak Düşünme	+			+	+
Yanal/Etraflı Düşünme			+		
Görsel Düşünme			+		
İmgesel Düşünme				+	
Nitel Akıl Yürütme	+		+		
Problem Formülleştirme	+	+	+		+
Problem Çözme	+	+		+	+
Yaratıcılık	+			+	
Karar Verme	+			+	+
Öğrenme	+			+	
Organizasyon-Örgütlenme	+	+		+	+

Önceliklendirme				+	+
Zaman, Proje ve Kaynak Kontrolü	+			+	+
Bilgi Paylaşımı, Sermayelendirme (Kapitalizasyon) ve Yönetim				+	
Takım Çalışması	+			+	
Çokdisiplinli İşbirliği	+			+	
Kültürlerarası İşbirliği	+			+	
Yazılı, Sözlü ve Grafik İletişim	+	+			
Etik	+	+		+	
Eskiz-Taslağını Çizmek	+		+	+	
Kavramsal Modelleme	+			+	
Analitik Modelleme				+	
Hesaplamalı Modelleme			+	+	
Prototip Yapımı	+	+		+	
Üretme		+			

Kavramsal yapının belirlenmesinde ilk etapta; Tablo 2’de yer alan alt becerilerden olan ve uzmanlara danışılarak daha az kabul gören “sentetik/bireşimsel düşünme”, “yanal/etraflı düşünme”, “bilgi paylaşımı sermayelendirme (kapitalizasyon) ve yönetim”, “analitik modelleme” ve “üretme”, ölçeğe dahil edilmemiştir. Bununla birlikte ölçeğe Fen Bilimleri öğretim programında ve bazı kaynaklarda mühendislik tasarım becerilerinin kavramsal çerçevesinde yer alması (Davis ve Amelink, 2016; MEB, 2018) sebebiyle “inovatif düşünme” alt becerisi dahil edilmiştir. Sonrasında tümevarımsal yöntemden yararlanılarak (Hinkin, 1998) açık uçlu görüşme sorularına ilişkin veriler ışığında “ürünü geliştirme” ve “kişilik özellikleri” alt becerileri eklenmiştir. Sonraki etapta; tekrar uzmanlara danışılarak “sentetik düşünme” alt becerisi dahil edilmiş; “eleştirel düşünme, yaratıcılık, takım çalışması, kültürlerarası işbirliği” alt becerileri çıkarılmış; “görsel düşünme” ve “imgesel düşünme”; “problem formülleştirme” ve “problem çözme”; “inovatif düşünme” ve “ıraksak düşünme”; “kavramsal modelleme”, “hesaplamalı modelleme” ve “prototip yapımı” alt becerileri birleştirilmiştir. Böylelikle madde havuzunda “analitik düşünme, yakınsak düşünme, problem formülleştirme ve problem çözme, karar verme, organizasyon-örgütlenme, zaman-proje ve kaynak kontrolü, etik, eskiz-taslağını çizme, model oluşturma ve revize etme, inovatif düşünme ve ıraksak düşünme, görsel ve imgesel düşünme, nitel akıl yürütme, önceliklendirme, çokdisiplinli işbirliği, yazılı-sözlü ve grafik iletişim, sentetik/bireşimsel düşünme, öğrenme, kişilik özellikleri” alt becerilerini kapsayan 154 maddeye yer verilmiştir.

### Uzman Görüşüne Başvurma

Çalışmada uzman görüşüne üç farklı aşamada başvurulmuştur. Birinci aşamada; madde havuzunun son şeklini vermeden önce Tablo 2’de yer



alan alt becerilerin hangilerinin dahil edilip edilmeyeceği ve birleştirileceği, alanyazındaki ve açık uçlu sorulardaki kavramsal çerçeveden hangi alt becerilerin dahil edilmesi gerektiği ve dahil edilen alt becerilere yönelik yazılan örnek cümleler arasından seçim yapılarak madde havuzunu daha yalın hale getirme konusunda iki Fen Bilimleri uzmanı ve bir Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri uzmanının görüşleri alınmıştır.

İkinci aşamada; madde havuzunda düzenleme yapmaya yönelik yukarıda belirtilen uzmanlara ek olarak, bir Sınıf eğitimi ve bir Ölçme Değerlendirme alanındaki uzmanlara; dil açısından ele almak üzere bir Türkçe öğretmene başvurulmuştur. Uzman görüşlerine göre Tablo 2'de belirtilen daha az kabul görme durumu, ABET (2019) kriterleri ve açık uçlu sorulara verilen cevaplar göz önüne alınarak 4 alt beceri çıkarılmıştır. Uzmanların madde havuzu hakkındaki görüşlerinin tamamlanmasının ardından nihai ölçeğe hangi maddelerin dahil edilmesi gerektiğine karar vermek için her bir maddenin kapsam geçerlik indeksi, Davis tekniğine göre hesaplanmıştır. Kapsam geçerlik indeks değeri 0.8'in üzerinde olanlar, nihai ölçeğe dahil edilmiştir (Taşkın ve Akat, 2010).

Son aşamada ölçek maddeleri, bir Türkçe öğretmeni ile birlikte anlamsal olarak tekrar gözden geçirilmiş; süreç sonunda bazı maddeler tamamen çıkarılmış, bazı maddeler revize edilmiş, son olarak bir ölçme değerlendirme uzmanının incelemesine sunulmuş 72 madde ve 14 alt beceriden oluşan öndeneme formu hazır hale getirilmiştir. Ayrıca ölçek derecelendirmesinde yer alan "Kararsızım" seçeneği iki uzmanın görüşleri kapsamında çıkartılarak "Kesinlikle katılmıyorum", "Katılmıyorum", "Katılıyorum", "Kesinlikle katılıyorum" olmak üzere dördü derecelendirme kabul edilmiş ve ölçek yönergesi oluşturulmuştur. Ayrıca ölçeğin bu versiyonu, tekrar aynı uzmanların görüşüne sunulmuş ölçekte gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

### **Ön Deneme Yapma**

Son haline getirilen ölçek formunda yer alan 72 maddenin anlaşılıp anlaşılmadığını, anlaşılmayan kısımların nereler ve anlaşılmama sebebinin ne olduğunu, maddeler ve ölçek hakkında genel olarak ne düşündüklerini belirlemeye yönelik olarak örneklem grubuna benzer 62 öğretmen adayı ile öndeneme yapılmıştır (Şeker ve Gençdoğan, 2014). Öğretmen adayları, genel olarak maddelerin anlaşıldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte anlaşılmasında zorluk yaşanan maddelere yönelik olarak uzman görüşleri alınarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda öğretmen adaylarının önerileri göz önünde bulundurularak 3 yeni madde eklenmiş; sonrasında kuramsal çerçeveyi, öğrenci görüşlerini ve Davila Rangel (2010) tarafından ortaya konulan mühendislik tasarım becerisine yönelik bakış açısını (Tablo 2) göz önüne alan uzmanların

görüşleri doğrultusunda, 36 madde ölçekten çıkartılmıştır. Kalan 39 maddeyi kapsayan ölçek formu, geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmak üzere düzenlenmiştir.

### **Geçerlik ve Güvenirlik Analizleri**

Bu çalışmada ölçek geliştirmenin geçerlik ve güvenilirlik analizlerinden önce varsayımlar tespit edilmiştir. Bu kapsamda kayıp veriler tayin edilmiş (Güzeller; 2016), Henze-Zirkler çok değişkenli normallik varsayımı test edilmiştir (Aybek, 2021). Ardından yapı geçerliği için R tabanlı istatistiki analiz programı olan Jamovi Version 2.3.21 yardımıyla AFA ve DFA yapılmıştır. Faktörlerin güvenilirliklerinin tayini için ise hem Cronbach alpha ( $\alpha$ ) hem de McDonald's omega ( $\omega$ ) güvenilirlik katsayıları hesaplanmıştır. Buna ek olarak yapılan ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ölçeğin toplanabilir özelliğinin olduğu belirlenmiş ve buradan hareketle ölçeğin tamamına ilişkin McDonald's omega ( $\omega$ ) güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır (Epskamp ve diğerleri, 2019; Gallucci ve Jentschke, 2021; Jorgensen ve diğerleri, 2019; R Core Team, 2021; Revelle, 2019; Rosseel, 2019; The Jamovi Project, 2022).

### **Veri Toplama Süreci**

Araştırmada geliştirilen ölçeğin kavramsal yapısını belirlemek amacıyla (Hinkin, 1998; Şeker ve Gençdoğan, 2014) nitel veri toplama aracı olarak kullanılan 3 açık uçlu soru (Yıldırım ve Şimşek, 2013) öğretmen adaylarına yazılı olarak uygulanmıştır. Nitel veri toplama sürecinde öğretmen adaylarına gerekli açıklamalar yapılmıştır ve katılımcıların kendilerini rahat hissedecekleri ve düşüncelerini çekinmeden ifade edebilecekleri bir ortam oluşturulmaya çalışılmıştır. Araştırmanın öndeneme, AFA ve DFA aşamalarında ise veriler, elektronik ortamda (google formlar aracılığıyla) ayrı ayrı toplanmıştır. Uygulama öncesi, öğretmen adaylarına uygulama hakkında açıklayıcı bilgiler sunulmuştur. Araştırmada nitel ve nicel verilerin toplama sürecinde gönüllülük esas alınmıştır.

### **Verilerin Analizi**

Araştırmada geliştirilen ölçeğin kavramsal çerçevesini oluşturmak amacıyla yararlanılan açık uçlu görüşme verilerini açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmak adına 1) verilerin kodlanması, 2) temaların bulunması, 3) verilerin kodlara ve temalara göre düzenlenmesi ve tanımlanması ve 4) bulguların yorumlanması üzere 4 aşamadan oluşan içerik analizine (Yıldırım ve Şimşek, 2013) başvurulmuştur.

Ölçeğin geliştirilmesinde nicel verilerin analizinde; öncelikle kayıp veriler tayin edilmiştir. Güzeller (2016)'e göre bir veri setinde kayıp değerlerin olması durumunda bu değerleri silme ya da farklı atama yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada kayıp değerlerin

silinmesi tercih edilmiştir. Ardından Henze-Zirkler çok değişkenli normallik varsayımı hesaplamaları yapılmıştır. Her iki veri setinde Henze-Zirkler çok değişkenli normallik varsayımı test edilmiştir (Aybek, 2021). AFA yapılan birinci veri setinde 43 veri çıkartılmış ve çok değişkenli normalliğin sağlanmadığı ( $hz=1.798116$ ;  $p<0.05$ ) ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde DFA yapılan ikinci veri setinde de 33 veri çıkartılmış ve yine çok değişkenli normalliğin sağlanmadığı belirlenmiştir ( $hz=1.625245$ ;  $p<0.05$ ). Sonrasında birinci veri setinde AFA, ikinci veri setinde ise DFA yapılmıştır.

AFA kapsamında Oblimin faktör rotasyonu, Temel Eksenler Faktör Analizi (Büyüköztürk, 2002; Çokluk ve diğerleri, 2016; Seçer, 2015), Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi ve Bartlett küresellik testi (DeVellis, 2014), açıklanan varyans yüzdesi hesabı (DeVellis, 2014) ve faktör yük değerlerinin hesaplanmasına başvurulmuştur. Ayrıca faktör sayısını belirlemek için Horn (1965)'un paralel analiz yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda faktörler arası korelasyon katsayılarının 0.415 ile 0.642 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu bilgiden hareketle faktörler arasında zayıf ve orta düzeyde ilişkinin varlığı söylenebilir (Durmuş ve diğerleri, 2013; Kalaycı, 2014; Şencan, 2005). Bu sebeple yapılan AFA'da faktörler arası ilişkinin olduğu varsayımına dayanan Oblimin eğik döndürme faktör rotasyonu benimsenmiştir (Büyüköztürk, 2002; Çokluk ve diğerleri, 2016; Şencan, 2005). Ayrıca bazı kaynaklarda Temel Faktörler olarak da isimlendirilen Temel Eksenler Faktör Analizinin klasik faktör analizi teknikleri içerisinde en sık kullanılan yaklaşım olması ve verilerin Henze-Zirkler çok değişkenli normalliği göstermemesi nedeniyle ( $hz = 1.798116$ ;  $p<0.05$ ) (Aybek, 2021) bu çalışmada Temel Eksenler Faktör Analizine başvurulmuştur (Büyüköztürk, 2002; Çokluk ve diğerleri, 2016; Fabrigar ve diğerleri, 1999). Bununla birlikte son yıllarda yaygın olarak önerilmesi, gerçek veri setine paralel olacak şekilde simülasyon olarak veri üretebilmesi ve aynı zamanda faktör sayısını belirlemede en doğru sonuçları veren yöntemlerden biri olması (Velicer ve diğerleri, 2000) sebebiyle faktör sayısının belirlenmesinde paralel analiz yöntemi dikkate alınmıştır.

DFA kapsamında ise; çok değişkenli normal dağılımın sağlanmadığı durumlarda kullanılan matris türlerinden Asimptotik Kovaryans Matrisi ve kestirim yöntemlerinden ise Robust Maksimum Olabilirlik (Çelik ve Yılmaz, 2013) benimsenmiştir. Ayrıca modelin uygunluğunun karar verilmesinde uyum indeksleri, standartlaştırılmış faktör yük değerleri, hata varyansları ve modifikasyon önerilerinden faydalanılmıştır (Çokluk ve diğerleri, 2016; Şeker ve Gençdoğan, 2014).

## Bulgular

Bu bölümde ölçeğin geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarına ilişkin bulgular bulunmaktadır.

## GeçerliĒe İliŒkin Bulgular

276 katılımcıdan elde edilen veri setinin AFA'ya uygunluĒu, KMO testi ve Bartlett küresellik testi ile deĒerlendirilmiŒtir. Yapılan bu testler ile birlikte örnekleme yeterliĒi ve deĒişkenler arasında yeterli iliŒkinin olup olmadığı belirlenmiŒtir (Tablo 3).

**Tablo 3**

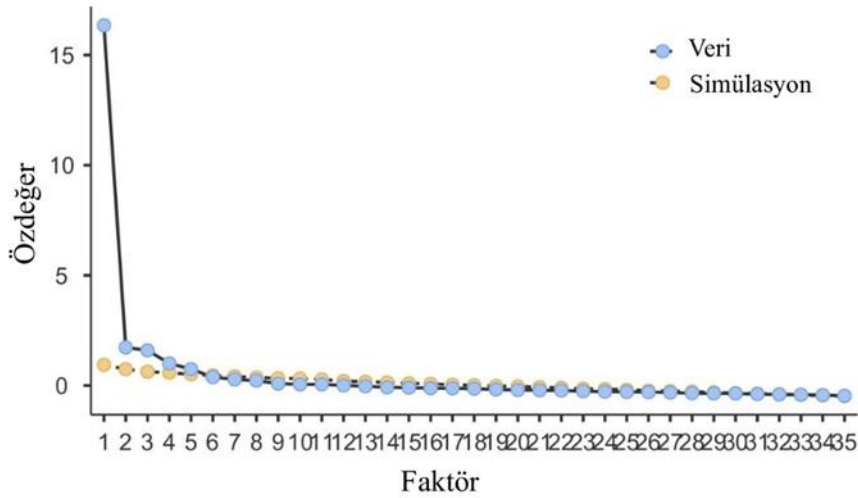
*KMO Testi ve Bartlett Küresellik Testi*

KMO		0.947
	$\chi^2$	8076
Bartlett	<i>sd</i>	595
	<i>p</i>	<0.001

Tablo 3'e göre; KMO deĒerinin (0.947) 0.50'den büyük olması sebebiyle faktör analizinin uygulanabilmesi için örnekleme yeterliĒi saĒlanmış olur. DeĒişkenler arasında yeterli iliŒkinin olup olmadığını gösteren Bartlett küresellik testine göre ( $p<0.001$ ), veri setinin analiz yapmaya uygun olduĒu söylenebilir. Bununla birlikte 39 maddeden 4'ü yapılan AFA sonucunda faktör yük deĒerlerinin biniŒik olmaları nedenleriyle çıkartılmıştır (Büyüköztürk, 2002). AFA'ya dahil olmayan toplam 4 madde sırasıyla Œunlardır: 21, 38, 53, 54. Bu dört maddenin biniŒiklik gösteren yük deĒer aralıkları ise Œöyle sıralanabilir: 21. madde için 0.317 ve 0.401; 38. madde için 0.315 ve 0.316; 53. madde için 0.423 ve 0.474; 54. madde için 0.402 ve 0.486 (Kalaycı, 2014; R Core Team, 2021; The Jamovi Project, 2022). Bununla birlikte paralel analiz önerdiĒi faktör sayısı ile faktör analizinden elde edilen faktör sayısı aŒaĒıdaki çizgi grafiĒinde belirtilmiŒtir (R Core Team, 2021; Revelle, 2019; The Jamovi Project, 2022) (Œekil 1).

**Œekil 1**

*Paralel Analiz Çizgi GrafiĒi*



Şekil 1 incelendiğinde faktör sayısının 5'e uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca araştırmacının gündeme aldığı ve çıkarmak istediği faktör sayısı da önem arz etmektedir (Şencan, 2005). Bir başka açıdan düşünüldüğünde kuramsal yapı göz önünde bulundurularak faktörlerin son şekli verilebilmektedir. Buradan hareketle paralel analiz sonucu oluşan 5 faktörlü yapının kuramsal olarak da uygunluğuna karar verilmiştir. Buna ek olarak AFA ile açıklanan varyans yüzdesine de bakılmıştır (Tablo 4).

**Tablo 4***Açıklanan Varyans Yüzdesi*

Faktör	Kare Yükler Toplamı	Açıklanan Varyans %	Birikimli Varyans %
1	6.19	17.69	17.7
2	4.69	13.40	31.1
3	4.15	11.87	43.0
4	4.00	11.44	54.4
5	3.41	9.73	64.1

Tablo 4 incelendiğinde, ölçeğin tamamının ölçülmek istenen yapının % 64.1'ini açıkladığı ve bu değer % 50'nin üzerinde olması sebebiyle faktör analizinin bir diğer kriterinin de sağlandığı söylenebilir (Büyüköztürk, 2002; DeVellis, 2014). Yapılan faktör analizi sonucunda 5 faktörlü ölçekte yer alan 35 maddeye ilişkin madde yükleri Tablo 5'te sunulmuştur.

**Tablo 5***AFA Faktör Yükleri*

Maddeler	Faktör Yük Değerleri					Biriciklik
	Parça-Bütün-Odak	Ürün Geliştirme	Tasarım Oluşturma	Çokdisiplinli İşbirliği	Özgün Çözüm Üretme ve Karar Verme	
M1	0.549					0.581
M4	0.805					0.345
M5	0.832					0.284
M6	0.766					0.326
M7	0.707					0.334
M8	0.722					0.354
M9	0.529					0.421
M10	0.686					0.399
M11	0.646					0.472
M12	0.603					0.478

M15		0.585	0.311
M16		0.526	0.410
M17		0.761	0.340
M18		0.791	0.313
M24		0.489	0.635
M27		0.456	0.617
M41		0.614	0.299
M42		0.767	0.255
M43		0.808	0.230
M44		0.878	0.230
M45		0.827	0.298
M46	0.799		0.280
M47	0.810		0.258
M48	0.768		0.275
M49	0.893		0.180
M50	0.763		0.264
M56	0.423		0.428
M58	0.457		0.446
M59	0.780		0.269
M60	0.770		0.251
M61	0.568		0.521
M68	0.552		0.361
M69	0.563		0.371
M73	0.749		0.310
M75	0.578		0.411

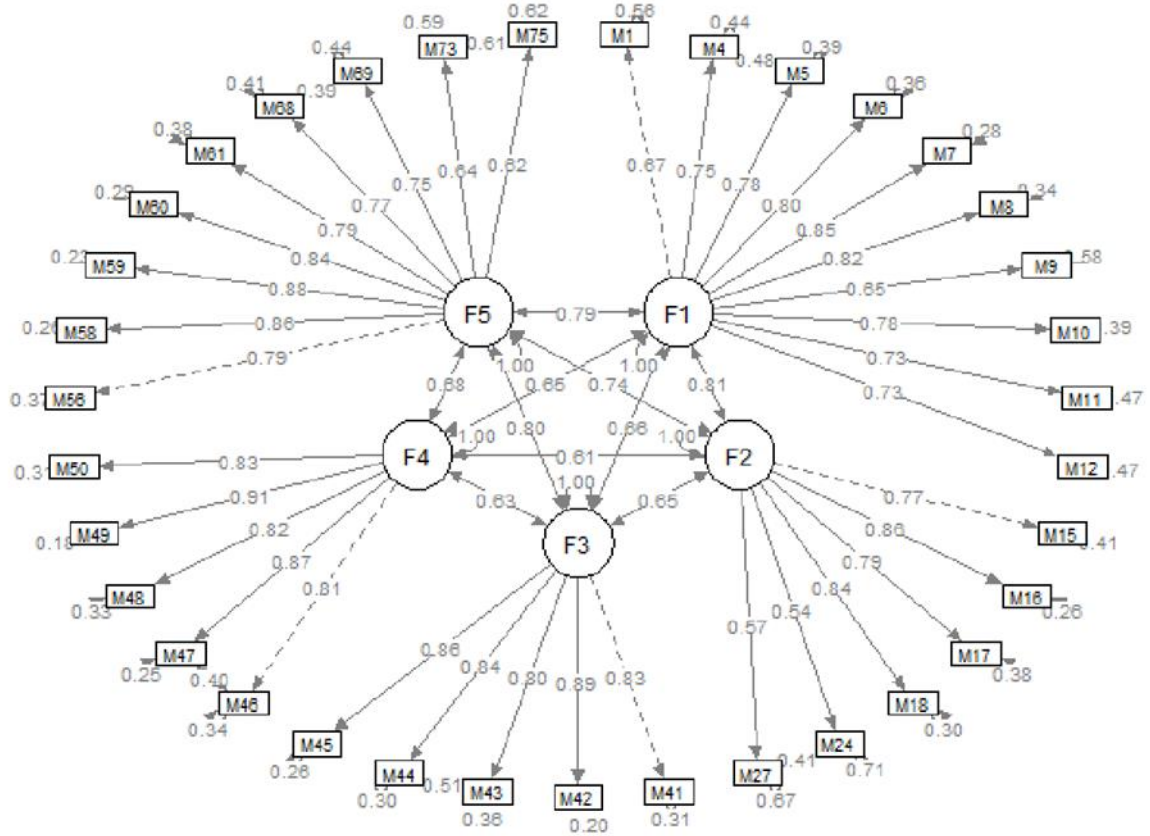
Yapılan AFA sonucunda ölçülmek istenen yapının “parça-bütün odak, tasarım oluşturma, çokdisiplinli işbirliği, ürün geliştirme, özgün çözüm üretme ve karar verme” olmak üzere 5 faktör tarafından açıklandığı söylenebilir. Ayrıca söz konusu faktörlerin isimlendirilmesinde kuramsal çerçeve ve uzman görüşüne başvurma durumu dikkate alınmıştır (Büyüköztürk, 2002; Şencan, 2005). Tablo 5 incelendiğinde ölçekteki maddelerin faktör yük değerlerinin 0.423 ile 0.893 arasında değiştiği ve kritik kesme noktasından (0.30) oldukça büyük olduğu görülmektedir (Büyüköztürk, 2002; Tabachnick ve Fidell, 2007). Nitekim AFA’da maddelerin faktörlerle ilişkisinin yüksek olması arzulanan bir durumdur. Bir başka deyişle AFA ile ölçeğin ölçülmek istenen özellikler ile tutarlı bir dağılım oluştuğu söylenebilir (Büyüköztürk, 2002).

AFA’da belirlenen 5 faktör ve 35 maddelik yapının araştırmadaki 211 kişilik ikinci veri seti üzerinde doğrulanmasına ve belirlenen maddeler

arasında nedensellik ilişkisini ortaya koymaya yönelik DFA yapılmıştır. Ayrıca modifikasyon önerileri de değerlendirilmiştir. 73 ve 75; 43 ve 44; 4 ve 5; 24 ve 27; 68 ve 69; 46 ve 47 arasında modifikasyon yapılmıştır. Söz konusu maddelerin ardışık olması ve ifadelerin birbirine benzer olması durumları sonucu hata varyanslarının ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Yapılan modifikasyon ile uyum indekslerinde iyileşme olduğu belirlenmiştir. Yapılan DFA sonucunda tüm maddelerin ana varyansı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde açıkladığı ( $p < 0.001$ ) belirlenmiştir. Buna ek olarak yapılan DFA sonucunda ortaya çıkan path (yol) diyagramı, Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2'de yer alan hata varyans değerlerin 0.18 ve 0.71 arasında değiştiği ve referans değeri olan 0.90'dan (Brown, 2015) düşük değerlerde olduğu için kabul edilebilir düzeylerde olduğu söylenebilir.

### Şekil 2

35 Madde ve 5 Faktörden Oluşan Yapının Birinci Düzey DFA Path (Yol) Diyagramı



35 maddelik bu yapının DFA ile doğrulanıp doğrulanmadığına uyum indeksleri bazında da bakılmıştır (Tablo 6). DFA'da  $p$  değerinin manidar olmaması istenen bir durumdur fakat alanyazında gerçekleştirilen çoğu DFA'da örneklemin büyük olması sebebiyle  $p$  değerinin manidar olması normal karşılanmakta ve bu durum çoğu çalışmada tolere edilmektedir



(Çokluk ve diğerleri, 2016). Buradan hareketle zayıf uyum gösteren  $p$  değeri (Schermelleh-Ergel ve diğerleri, 2003) tolere edilmiştir.

**Tablo 6**

*Birinci Düzey DFA Uyum İndeksleri ve Değerleri*

Uyum İndeksi	Değer	Uyum
$\chi^2/sd$	1004.862/544=1.85	İyi
RMSEA	0.050	İyi
SRMR	0.051	Kabul Edilebilir
NFI	0.851	Zayıf
NNFI	0.918	Zayıf
CFI	0.925	Zayıf
GFI	0.945	Kabul Edilebilir

Tablo 6'da yer alan diğer uyum indekslerine bakıldığında, *NFI*, *NNFI* ve *CFI* değerleri dışında diğer tüm değerlerin kabul edilebilir ya da iyi uyum gösterdiği dikkat çekmektedir (Schermelleh-Ergel ve diğerleri, 2003). Alanyazında uyum indekslerinin değerlendirilmesinde bir tek indeks yerine, birden fazla uyum indeksiyle genel bir fikir oluşturulması gerektiği belirtilmektedir (Cabrera-Nguyen, 2010). Buradan hareketle; genel olarak model veri uyumunun var olduğunu söylemek mümkündür (Schermelleh-Ergel ve diğerleri, 2003). Bir başka deyişle; DFA sonucunda elde edilen değerler, MTBÖAÖ'nin 35 madde ve 5 faktörlü yapısına ilişkin modelin doğrulandığını göstermektedir.

### Güvenirlige İlişkin Bulgular

Cronbach alpha ( $\alpha$ )'nın tek boyutlu bir yapıda daha doğru sonuçlar vermesi nedeniyle bu çalışma kapsamında her bir faktör için ayrı ayrı Cronbach alpha ( $\alpha$ ) değerleri hesaplanmıştır ve buna ek olarak her bir faktörün McDonald's omega ( $\omega$ ) güvenilirlik katsayıları bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre her bir faktörün Cronbach alpha ( $\alpha$ ) güvenilirlik katsayıları 0.930; 0.871; 0.930; 0.930; 0.932 iken; McDonald's omega ( $\omega$ ) katsayıları ise; 0.923; 0.839; 0.910; 0.914; 0.911 olarak bulunmuştur.

Ölçeğin tamamına ilişkin güvenirlığın belirlenebilmesi için ise ikinci veri seti üzerinde ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan ikinci düzey DFA sonucunda yükler anlamlı sonuç vermiştir ( $p < 0.001$ ). Uyum değerlerinde ise birinci düzey DFA'da olduğu gibi zayıf uyum gösteren  $p$  değeri (Schermelleh-Ergel ve diğerleri, 2003) tolere edilmiştir. *CFI* (0.922), *NFI* (0.848), *NNFI* (0.916) değerleri zayıf uyum gösterse de *SRMR* (0.054), *RMSEA* (0.051) ve *GFI* (0.943) kabul edilebilir düzeydedir. Buna ek olarak  $\chi^2/sd$  (1.87) değerinin de iyi uyum gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak ikinci düzey DFA'da model veri uyumunun olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara bakıldığında yapının birinci düzey DFA'da olduğu gibi doğrulandığı görülmektedir. Bir başka deyişle ölçülen yapı, toplanabilirlik özellik göstermektedir. Buradan hareketle

ölçeğin tamamına ilişkin McDonald's omega ( $\omega$ ) güvenilirlik katsayısı hesaplanarak 0.971 olarak bulunmuştur (Şahin ve Aybek, 2019). Bu bilgiler ışığında ölçeğin tamamına ilişkin ve ayrı ayrı faktörlerin güvenilirlik katsayılarının 0.70 ve üzeri bir değer alması sebebiyle ölçeğin iç tutarlığa sahip olduğunu; bir başka deyişle ölçeğin güvenilir olduğunu söylemek mümkündür (DeVellis, 2014; Karakaya Özyer, 2021; Seçer, 2015).

### **Tartışma, Sonuç ve Öneriler**

Araştırmada öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik özyeterlik algılarını belirlemek amacıyla bir ölçek geliştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre AFA sonrasında oluşan 5 faktörlü yapıya ait açıklanan varyansın % 64.1 değerini alması, ilgili yapının iyi açıklandığını göstermektedir (Büyüköztürk, 2002). Bununla birlikte AFA sonrası yapılan DFA ile araştırma sonucunda elde edilen 5 faktörlü yapının teorik yapıyı açıklamada yeterli olduğu ortaya çıkmıştır (Çokluk ve diğerleri, 2016; Şeker ve Gençdoğan, 2014). Sonuç olarak; geliştirilen MTBÖAÖ genel olarak 35 madde ve 5 faktörden oluşmaktadır. Olumsuz maddelerin yer almadığı ölçekte, "Kesinlikle katılmıyorum", "Katılmıyorum", "Katılıyorum", "Kesinlikle katılıyorum" olmak üzere dördümlük likert tipinde derecelendirme kullanılmıştır. Ölçekten alınacak minimum puan 35 iken maksimum puan ise 140'dır.

Ölçeğin tamamına ilişkin McDonald's omega ( $\omega$ ) güvenilirlik katsayısı 0.971 olarak hesaplanmıştır. Erkuş (2007)'a göre bir ölçeğin işe yararlığının kanıtı, geçerliğidir. Araştırma bulgularını göz önünde bulundurduğumuzda MTBÖAÖ'nin geçerli; aynı zamanda güvenilir bir ölçek olduğu ifade edilebilir.

Farklı derslerin öğretim programlarında mühendislik tasarım becerileri tam olarak yer almamakta, ancak dijital yetkinlik, matematiksel yetkinlik/teknolojide temel yetkinlikler, inisiyatif alma ve girişimcilik, bilgi üretme, problem çözme gibi yetkinlikleri kazandırmaya yönelik genel bir yaklaşım bulunmaktadır. Özellikle Fen Bilimleri dersi öğretim programında bu vizyona yönelik alana özgü beceriler kapsamında mühendislik tasarım becerilerinden bahsedildiği gözlenmektedir (MEB, 2018).

Alanyazın incelendiğinde mühendislik tasarım becerilerini tanımlamak için farklı araştırmacıların farklı yaklaşımları önerdikleri, dolayısıyla kavramsal yapıda bir uzlaşma olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, alanyazında öne sürülen yaklaşımlar incelenerek, bu ölçekle birlikte mühendislik tasarım becerilerine yönelik bir yapı ortaya konmuştur. Ortaya konan bu yapı ile birlikte yapılan çalışmanın mühendislik ve tasarım becerileri başlığı altında yalnızca inovatif düşünmenin yer aldığı Fen Bilimleri dersi öğretim programının daha iyi hale getirilmesine destek olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, mühendislik tasarım

becerilerinin karmaşık ve belirsiz kavramsal yapısının giderilmesinde alanyazına katkı sağlayacağı söylenebilir. Nitekim yapılan araştırma ile birlikte alanyazındaki ölçme araçlarına yönelik çalışmalarda daha az sıklıkla yer alan “analitik düşünme, sentetik düşünme, yakınsak düşünme, ıraksak düşünme, çokdisiplinli işbirliği, zaman-proje ve kaynak kontrolü, etik ve organizasyon/örgütlenme” gibi becerilerin, mühendislik tasarım becerilerinin kavramsal çerçevesinin ortaya çıkarılması ve güncellenmesi için bir havuz oluşturabileceği söylenebilir (Baker ve diğerleri, 2008; Carberry ve diğerleri, 2010; Davis ve Amelink, 2016; Gelen ve diğerleri, 2019; Kayalar, 2018; Khan ve diğerleri, 2018; Mamaril, 2014; Masi ve diğerleri, 2003; Moazzen ve diğerleri, 2014; Paul ve diğerleri, 2018; Seth ve diğerleri, 2015; Yaman ve diğerleri, 2018; Yıldırım, 2020; Yin, 2009). Bu açılardan ölçeğin kavramsal yapısının alan uzmanlarına, eğitimcilere, politika yapıcılara ve araştırmacılara yardımcı olabileceği öngörülmektedir.

Alanyazında yer alan bazı nitel araştırmalar sonucunda fen bilimleri, sınıf öğretmenliği gibi farklı branşlardaki öğretmen ve öğretmen adaylarının kendilerini bu konuda yetersiz hissetmelerinin önemli bir problem teşkil ettiği görülmektedir (Bakırcı ve Kaplan, 2021; Güneş Koç ve Kayacan, 2018; Hacıoğlu ve diğerleri, 2016; Marulcu ve Sungur, 2012; Saraç ve Yıldırım, 2019). Bu ölçek geliştirme çalışmasıyla birlikte öğretmen adaylarının günlük yaşamda karşılaştığı problemlere farklı fikir ve çözüm yolları üretebilme ve zorluklarla başa çıkabilme gücünü kendilerinde bulabilmelerinin araştırılmasına olanak sağlanabilecektir. Bir başka deyişle, geliştirilen ölçek ile birlikte öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri özyeterlik algılarının nicel bakış açısıyla ölçülebilmesine katkı sağlanacaktır. Bu sayede geleceğin öğretmenlerinin öncelikle kendi mühendislik tasarım becerileri öz yeterlilik algılarına odaklanarak öğrencilerini bu yönde yönlendirmelerine ve üretken olmalarına katkı sağlayacaktır.

Alanyazında öğretmen adaylarına yönelik bu kapsamdaki araştırmaların sınırlı sayıda olduğu ve benzer araştırmalara ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada geliştirilen ölçeğe benzer nitelikte Türkçe ölçek alanyazında yer almamaktadır. Dolayısıyla yapılan çalışmanın ölçeğin diğer uygulayıcılara, araştırmacılara, öğretmen adaylarına katkı sağlayacağı söylenebilir. Ayrıca araştırmanın sonucunda çalışma kapsamında geliştirilen ölçeğin farklı öğrenci ve öğretmen gruplarına uyarlanabileceği önerisinde bulunulabilir.

**Etik Kurul İzin Bilgisi:** *Bu araştırma, Pamukkale Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 25/02/2021 tarihli 68282350/2018/G04 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür.*

**Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi:** *Yazarların beyan edeceği bir çıkar çatışması yoktur.*

**Yazar Katkısı:** Araştırmanın tüm aşamalarında yazarlar eşit katkı vermiştir.

### Kaynakça

- ABET Engineering Accreditation Commission. (2019). *Criteria for accrediting engineering programs* (ABET). ABET Board of Delegates Engineering Area Delegation.
- Alameh, S. H. (2018). *Effect of science and engineering practices in biology on students attitudes, achievement and engineering design skills* [Unpublished master's dissertation]. American University of Beirut.
- Aybek, E. C. (2021) Data preparation for factor analysis. URL: <https://shiny.eptlab.com/dp2fa/>
- Baker, D., Krause, S., & Purzer, S. (2008, June 22-25). *Developing an instrument to measure tinkering and technical self efficacy in engineering* [Conference presentation]. 2008 Annual Conference & Exposition, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Bakırcı, H. ve Kaplan, Y. (2021). Fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik ve tasarım becerileri alanında karşılaştığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Journal of Computer and Education Research*, 9 (18), 626-654. DOI: 10.18009/jcer.908161
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Press.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: istatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (1. Baskı). Pegem A Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32, 470-483.
- Cabrera-Nguyen, P. (2010). Author guidelines for reporting scale development and validation results. *Journal of the Society for Social Work and Research*, 1(2), 99-103. <https://doi.org/10.5243/jsswr.2010.8>
- Carberry, A. R., Lee, H. S., & Ohland, M. W. (2010). Measuring engineering design self-efficacy. *Journal of Engineering Education*, 99(1), 71-79.
- Çelik, H. E. ve Yılmaz, V. (2013). *Lisrel 9.1 ile yapısal eşitlik modellemesi*. Anı.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2016). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve LISREL uygulamaları* (4. Baskı). Pegem Akademi.
- Davila Rangel, J.G. (2010). *Engineering design educational model: From skills to objectives* [Unpublished master's dissertation]. The University of Texas at El Paso.
- Davis, K. A., & Amelink, C. T. (2016, October 12-15). *Exploring differences in perceived innovative thinking skills between first year and*

- upperclassmen engineers* [Conference presentation]. 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Eire, PA, USA.
- De Jong, M., Londers, E., Van Hemelrijck, I., & Froyen, L. (2014, September 15-18). *Towards an aligned design approach for the engineering curriculum* [Conference presentation]. SEFI2014 42nd Annual Conference, Birmingham, UK.
- DeVellis, R. F. (2014). *Ölçek geliştirme: Kuram ve uygulamalar* (T.Totan, Çev.). Nobel.
- Durmuş, B., Yurtkoru E. S. ve Çinko, M. (2013). *Sosyal bilimlerde SPSS ile veri analizi* (5. Baskı). Beta Basım Yayım.
- Dym, C. L., & Little, P. (2009). *Engineering design: A project-based introduction*. John Wiley & Sons, Inc.,
- Eder, W. E., & Hosnedl, S. (2007). *Design engineering: A manual for enhanced creativity*. Taylor & Francis Group.
- Epskamp S. Stuber S., Nak J., Veenman M. & Jorgensen T.D. (2019). *semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output*. [R Package]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>.
- Erkuş, A. (2007). Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında karşılaşılan sorunlar. *Türk Psikoloji Bülteni*, 13(40), 17-25.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299.
- Gallucci, M., Jentschke, S. (2021). *SEMLj: jamovi SEM Analysis*. [jamovi module]. For help please visit <https://semlj.github.io/>.
- Gelen, B., Akçay, B., Tiryaki, A. ve Benek, İ. (2019). Fen bilimleri öğretmen adaylarının Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik (FeTeMM)'e yönelik özyeterlik ölçeği: Türkçe'ye uyarlama, geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 15(1), 88-107. <https://doi.org/10.17244/eku.395204>
- Gentili, K. L., McCauley, J. F., Christianson, R. K., Davis, D. C., Trevisan, M. S., Calkins, D. E., & Cook, M. D. (1999, November 10-13). *Assessing students design capabilities in an introductory design class* [Conference presentation]. 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Juan, Puerto Rico, USA.
- Güneş Koç, R. S. ve Kayacan, K. (2018). Fen Bilimleri öğretmenlerinin 2018 Öğretim Programı'nda yer alan mühendislik ve tasarım becerilerine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi. *Turkish Studies*, 13(19), 865-881. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.13771>
- Güzeller, C. O. (2016). *Herkes için çok değişkenli istatistik* (1. Baskı). Maya Akademi.
- Hacıoğlu, Y., Yamak, H. ve Kavak, N. (2016). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın University Journal of Faculty*

- of *Education*, 5(3), 807-830.  
<https://doi.org/10.14686/buefad.v5i3.5000195411>
- Hibberts, M. F. (2017). *Known-groups validity and generalizability of a measure of engineering design* [Unpublished doctoral dissertation]. University of South Alabama.
- Hilton, E. C. (2019). *Approaches for the development of early-stage engineering design skills* [Unpublished doctoral dissertation]. Georgia Institute of Technology.
- Hinkin, T. R. (1998). A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. *Organizational Research Methods*, 2(1), 104-121.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185.
- Jin, S. H., Song, K. I., Shin, D. H., & Shin, S. B. (2015). A performance-based evaluation rubric for assessing and enhancing engineering design skills in introductory engineering design courses. *International Journal of Engineering Education*, 31(4), 1007-1020.
- Jorgensen, T. D., Pornprasertmanit, S., Schoemann, A. M., Rosseel, Y., Miller, P., Quick, C., Garnier-Villareal, M., Selig, J., Boulton, A., Preacher, K., Coffman, D., Rhemtulla, M., Robitzsch, A., Enders, C., Arslan, R., Clinton, B., Panko, P., Merkle, E., Chesnut, S., Byrnes, J., Rights, J. D., Longo, Y., Mansolf, M., Ben-Shachar & M. S., Rönkkö, M. (2019). *semTools: Useful Tools for Structural Equation Modeling*. [R Package]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semTools>.
- Kalaycı, Ş. (Ed.). (2014). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım.
- Karakaya Özyer, K. (2021). Ölçek geliştirme ve güvenilirlik analizleri: Jamovi uygulaması. *Turkish Academic Research Review*, 6(5), 1330-1384.
- Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemi: kavramlar ilkeler teknikler* (26. Baskı). Nobel.
- Kayalar, A. (2018). *Mobil teknolojiye dayalı FeTeMM uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine, sistem düşünme zekasına ve öğretmenlik özyeterliklerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Khan, M. S., Wu, N., & Ibrahim, M. (2018, June 24-27). *A study on measuring self-efficacy in engineering modeling and design courses* [Conference presentation]. 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Palace Convention Center, Salt Lake City, USA.
- Mamaril, N. J. A. (2014). *Measuring undergraduate students' engineering self-efficacy: A scale validation study* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Kentucky.
- Marulcu, İ., ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 13-23.



- Masi, B. (2003, June 22-25). *The impact of faculty mentored versus web-guided engineering design experience on freshman skills* [Conference presentation]. 2003 ASEE Annual Conference, Nashville Tennessee, USA.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar).
- Moazzen, I., Miller, M., Wild, P., Jackson, L. A., & Hadwin, A. (2014, June 8-11). *Engineering design survey* [Conference presentation]. Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA) Conference University of Calgary, Canmore, Canada.
- Mourtos, N. J. (2012). Defining, teaching, and assessing engineering design skills. *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education (IJQAETE)*, 2(1), 14-30.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering design: A systematic approach*. Springer.
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, 66(4), 543-578.
- Paul, D., Nepal, B., Johnson, M. D. & Jacobs, T. J. (2018). Examining validity of general self-efficacy Scale for assessing engineering students' self-efficacy. *International Journal of Engineering Education*, 34(5), 1671-1686.
- R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.rproject.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01).
- Revelle, W. (2019). *Psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=psych>.
- Rosseel, Y. (2019). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Saraç, E. ve Yıldırım, M. S. (2019). 2018 Fen bilimleri dersi öğretim programına yönelik öğretmen görüşleri. *Academy Journal of Educational Sciences*, 3(2), 138-151.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of psychological research online*, 8(2), 23-74.
- Seçer, İ. (2015). *Psikolojik test geliştirme ve uyarlama süreci* (1. Baskı). Anı Yayıncılık.
- Seth, D., Tangorra, J., & Ibrahim, A. (2015, October 21-24). *Measuring undergraduate students' self-efficacy in engineering design in a project-based design course* [Conference presentation]. 2015 IEEE



- Frontiers in Education Conference (FIE), Camino Real El Paso, El Paso, TX, USA.
- Shah, J. J., Smith, S. M. & Woodward, J. (2009, August 24-27). *Development of standardized tests for design skills* [Conference presentation]. The 17th International Conference on Engineering Design (ICED 09), Stanford University, Stanford, CA, USA.
- Şahin, M., ve Aybek, E. (2019). Jamovi: an easy to use statistical software for the social scientists. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(4), 670-692.
- Şeker, H., ve Gençdoğan, B. (2014). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme* (2. Baskı). Nobel.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik* (1. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics*. Pearson.
- Taşkın, Ç. ve Akat, Ö. (2010). *Araştırma yöntemlerinde yapısal eşitlik modelleme: LISREL ile marka değeri ölçümü örnekleri*. Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Ullman, D. G. (2003). *The mechanical design process*. McGraw-Hill.
- Velicer, W. F., Eaton, C.A. & Fava, J. L. (2000). Construct explication through factor or component analysis: A review and evaluation of alternative procedures for determining the number of factors or components. In Goffin, R. D., & Helmes, E. (Eds.), *Problems and solutions in human assessment: Honoring Douglas Jackson at Seventy* (pp. 41-71). Boston: Kluwer.
- Yaman, C., Özdemir, A. ve Akar Vural, R. (2018). STEM uygulamaları öğretmen öz-yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi: Bir geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 93-104.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, M.T. (2020). *Sinir sisteminin öğretiminde FeTeMM tabanlı arduino robotik etkinliklerinin akademik başarı ve mühendislik tasarım süreci üzerine etkileri* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Yin, A. C. (2009). *Learning on the job: Cooperative education, internships and engineering problem-solving skills* [Unpublished doctoral dissertation]. The Pennsylvania State University.



## Development of The Engineering Design Skills Self-Efficacy Perception (EDSSPS) Scale\*

Nazan KAHRAMAN<sup>1</sup>, Esra YECAN<sup>2</sup>, Fatma TAŞKIN EKİCİ<sup>3</sup>, İzzet KARA<sup>4</sup>

### Abstract

*Engineering design is the process of transforming new ideas into products or services from an interdisciplinary perspective. In this study, skills related to this process were studied. The aim of the study is to develop a valid and reliable scale to determine pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills (PEDSS). Firstly, a qualitative study was conducted with students selected through purposive sampling. After the item generation and expert opinion stages, a pre-test study was conducted and then additions, deletions and edits were made to the items. Finally, the validity and reliability study of the scale form was conducted. In the study, 276 pre-service teachers were included in the first group in which exploratory factor analysis (EFA) was performed and 211 pre-service teachers were included in the second group in which confirmatory factor analysis (CFA) was performed. As a result of the study, it was determined that the scale consisting of 35 items and 5 factors was valid and reliable. It is thought that the study will contribute to the literature in the context of investigating pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills and eliminating the complex and ambiguous conceptual structure of engineering design skills.*

### Article Details

Research Article

Received  
18/04/2023

Accepted  
26/12/2023

Published  
15/05/2024

### Key words

Engineering design skills, Self-efficacy, Scale development, Science education

\* The study was produced from Nazan KAHRAMAN's doctoral thesis under the supervision of Prof. Dr. İzzet KARA and Asst. Prof. Dr. Esra YECAN.

1 Pamukkale University, ORCID: 0000-0003-4812-1840, nazankahraman@gmail.com

2 Pamukkale University, ORCID: 0000-0003-2128-8608, esrayecan@gmail.com

3 Pamukkale University, ORCID: 0000-0001-7798-6021, ftekici@gmail.com

4 Pamukkale University, ORCID: 0000-0002-9837-2819, izzetkara@gmail.com

### Suggested Citation:

Kahraman, N., Yecan, E., Taşkın Ekici, F., & Kara, İ. (2024). Development of The Engineering Design Skills Self-Efficacy Perception (EDSSPS) Scale. *Pamukkale University Journal of Education [PUJE]*, 61, 458-480. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1284927>

## Introduction

In recent years, there has been a tendency to transfer engineering design skills, which enable the transformation of a new idea into a product or service, into the teaching processes within the scope of students' ability to transform their new ideas into products or services with an interdisciplinary approach and reach the innovation level. It is observed that this transformation in education is also reflected in the curricula of some courses. For example, in the Science curriculum, engineering design skills are included under the name of innovative thinking as creating a product by approaching problems from an interdisciplinary perspective and using the acquired knowledge and skills, and adding value to this product.

Self-efficacy toward engineering is an important criterion for academic achievement, persistence and retention (Hilton, 2019). In addition, engineering design skills self-efficacy can be considered as self-confidence in these skills. At the same time, engineering design skills self-efficacy perception has an important place on performance and behaviors. A student with high self-efficacy tends to exert more effort for activities, be patient with the difficulties they face, and try to achieve higher success and ability (Pajares, 1996). Based on this information, it is possible to say that students with high engineering design skill self-efficacy perception will not have difficulty in overcoming the difficulties they face and will also improve in cognitive affective and psychomotor areas. However, some research findings have revealed that Science teachers feel inadequate and lack confidence in the integration of engineering design skills into the renewed Science curriculum (Güneş Koç & Kayacan, 2018; Hacıoğlu et al., 2016; Marulcu & Sungur, 2012). In order for pre-service teachers to contribute to their students, there is a need for studies in which their self-efficacy towards this skill is revealed. Thanks to these studies, pre-service teachers will have the opportunity to see to what extent they are competent, and in this context, they will be more helpful to their students by improving themselves. In the same way, pre-service science teachers will have an idea about how much they feel competent in these skills that allow an idea to be transformed into a product or service (Ministry of National Education [MoNE], 2018); they will take an important step in raising students who look at problems from different perspectives, produce, and feel competent in this regard.

The most basic feature of the scale planned to be developed within the scope of the study is that it is intended for pre-service teachers. In the literature, no scale development study was found to measure pre-service teachers' perceptions of engineering design skills self-efficacy, but scale development and questionnaire preparation studies to measure engineering design skills self-efficacy applied in different

study groups, mostly engineering students, were found (Baker et al., 2008; Carberry et al., 2010; Davis & Amelink, 2016; Khan et al., 2018; Mamaril, 2014; Paul et al., 2018; Seth et al., 2015). Among these studies, scale development and adaptation studies on STEM self-efficacy were mostly included (Gelen et al., 2019; Yaman et al., 2018).

Bandura's self-efficacy approach was generally adopted in creating the self-efficacy components of the engineering design skills self-efficacy scales and questionnaires mentioned above. However, it is observed that there is no consensus on the components related to engineering design skills. This is because engineering design is a complex process. It includes many different sub-skills (Mourtos, 2012). In order to overcome this ambiguity, the literature on engineering design skills, including studies on developing scales and rubrics and preparing questionnaires, as well as sources that present the theoretical framework for engineering design skills were examined.

Some of the sub-skills included in the studies on scale development and adaptation, rubric development and questionnaire preparation for engineering design skills in the literature are as follows: Problem solving, mechanical building, abstract/ concrete design connections, creativity, teamwork, web use, design priorities, design challenges, teamwork challenges, engineering design processes, team skills in design, basic skills, design and problem-solving skills, engineering thinking skills, problem, solution, implementation, assessment of given design, functionality of created design, explanation of design testing, problem definition, gathering information, brainstorming, design process, design communication, depth and breadth of thinking, teams and expertise, critical evaluation of design, use of data and research (Alameh, 2018; De Jong et al., 2014; Gentili et al., 1999; Hibberts, 2017; Jin et al., 2015; Kayalar, 2018; Masi et al., 2003; Moazzen et al., 2014; Yıldırım, 2020; Yin, 2009). The theoretical framework of engineering design skills is presented in different sources by including different sub-skills. For example, according to ABET (2019), engineering criteria include skills such as communicating effectively; considering the health, safety, and welfare of the public and taking into account social, environmental, and cultural factors while producing solutions to problems; taking ethical responsibility, collaborating, defining, formulating, and solving problems from different perspectives. In the Science curriculum, only innovative thinking is included in engineering design skills and innovative thinking is defined as creating products by approaching problems from an interdisciplinary perspective and adding value to products (MoNE, 2018). Davila Rangel (2010) included a total of 29 sub-skills in a comprehensive literature review on engineering design skills. These sub-skills were created by taking into account some of the sources based on the relevant literature (Dym & Little, 2009; Eder & Hosnedl, 2007; Pahl et al., 2007; Shah et al., 2009; Ullman, 2003) (Table

2). The possible sub-skills of the scale planned to be developed within the scope of the study can be listed as following: Analytical thinking, synthetic thinking, convergent thinking, innovative and divergent thinking, decision making, multidisciplinary collaboration, sketching, model building and revision, time-project and resource control, ethics and organization...etc.

In line with the above-mentioned information, it can be said that in order for pre-service teachers to be able to educate students who can offer different solutions to the problems they encounter in line with engineering design skills from different perspectives, who are confident in coping with difficulties, and who can produce, they must first have this competence themselves. In addition, considering that self-efficacy perception is effective on behavior, it is important that pre-service teachers see themselves as competent in offering different solutions to problems from different perspectives, coping with difficulties and producing in line with engineering design skills. Because, if pre-service teachers feel competent in this area, an important step will be taken in providing these skills to the students they will educate in the future and in making students feel competent in applying these skills. The most important issue to be addressed in this regard is the need for a tool to measure pre-service teachers' self-efficacy perceptions of engineering design skills. Therefore, in this study, a scale was developed to determine pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills.

Considering that the conceptual structure of engineering design skills is complex and ambiguous in the literature, it can be said that the theoretical framework presented with the developed scale will try to eliminate this ambiguity to some extent. In addition, it is seen that there is a need for a study in this context, especially for pre-service teachers. Because in the literature, especially the fact that engineering-oriented or stem-oriented studies are frequently included in the literature rather than determining the self-efficacy perceptions of pre-service teachers towards engineering design skills, in other words, the scarcity of self-oriented studies can be seen as another obstacle for pre-service teachers to have a more clear idea about their own competencies in this subject. Considering all these reasons, the aim of this study was to develop a valid and reliable scale to determine pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills. With this study, it will be possible to investigate pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills.

### **Method**

Basic research design was used in the study. Basic research involves understanding and explanation (Karasar, 2014). Based on this information, a scale development study was conducted in this research

by understanding, explaining and adding new information to the existing information. In this context, the qualitative results obtained from three open-ended questions were revealed first. Then, an item pool was created based on these qualitative results. Then quantitative data were collected and analyzed. At the end of this process, the results obtained from quantitative data were interpreted and inferences were made about the results. Within the scope of the research, the ethics committee approval of the Pamukkale University Social and Human Sciences Scientific Research and Publication Ethics Committee was obtained.

### Participants

In the qualitative dimension of the research, there are two study groups determined by adopting the purposive sampling method. The reason for adopting purposive sampling method in the qualitative dimension of the research is that this method allows in-depth investigation of situations that are thought to provide rich information (Yıldırım & Şimşek, 2013). In this respect, the first study group consists of 58 pre-service teachers studying at Pamukkale University Science Teacher Education Program in the 2019-2020 academic year, who are thought to be able to provide more in-depth information. The second study group consisted of 62 pre-service teachers studying at Pamukkale University in the 2020-2021 academic year, who were pre-tested for item selection after the item pool and had similar characteristics to the main application group.

Two different study groups determined by random sampling method participated in the quantitative part of the study. These two study groups consisted of pre-service teachers studying in Computer Education and Instructional Technology, Science Education, Mathematics Education, Preschool Education and Classroom Education Departments of education faculties of different universities in Turkey in the 2020-2021 academic year. The first study group was the group formed for EFA (n=276), while the second study group was a group formed for CFA and also different from the first group formed for EFA (n=211). Demographic characteristics of the groups formed for EFA and CFA are presented below (Table 1).

**Table 1**

*Demographic Characteristics of the Groups Formed for EFA and CFA*

Demographic Characters		EFA (Number of People)	CFA (Number of People)
Gender	Female	211	172
	Male	65	39
Department	Computer Education and Instructional Technology	8	7



	Science Education	144	113
	Mathematics Education	81	51
	Preschool Education	21	20
	Classroom Education	22	20
Classroom	1st Class	18	16
	2nd Class	72	50
	3rd Class	79	52
	4th Class	107	93

### Scale Development Process

Although the process of developing an original scale involves many stages, the basic stages to be followed in this process are similar. These similar stages can be summarized as examining the theoretical structure and item generation, consulting expert opinion, pre-testing, and validity and reliability analyses (DeVellis, 2014; Hinkin, 1998; Karasar, 2014; Seçer, 2015; Şeker & Gençdoğan, 2014).

In this study, the scale development models of DeVellis (2014), Hinkin (1998), Karasar (2014), Seçer (2015), and Şeker and Gençdoğan (2014) were taken as the basis for the development of EDSSPS. Based on these models, it is possible to categorize the stages of the development of the EDSSPS under four headings. These are: (1) Examining the theoretical structure and item generation, (2) Consulting expert opinion, (3) Pre-testing, (4) Validity and reliability analyses. These four stages followed in the development of the EDSSPS are presented below respectively.

#### Examining the Theoretical Structure and Item Generation

Different techniques such as asking open-ended questions can be applied in the process of test development for traits that have been little studied and for which there is no definite consensus on the conceptual structure (Hinkin, 1998; Şeker & Gençdoğan, 2014). In this study, in order to guide the researchers and to prevent the scope of the scale from drifting into undesirable dimensions (DeVellis, 2014), first of all, the theoretical structure of the EDSSPS, which was planned to be developed, was tried to be determined.

Due to the limited number of engineering design skills self-efficacy perception studies and the lack of a clear consensus on the theoretical structure, the conceptual framework was tried to be supported by asking three open-ended questions to pre-service teachers. The open-ended questions were tried to be conveyed through a story, which was fictionalized around the Science teacher's decision to build a telescope after the students' curiosity about celestial objects. The content of the questions was aimed at determining the steps to be followed by pre-service teachers in the design process and their perceptions of their own competencies. In addition, it is seen that qualitative data collection tools such as focus group interviews and open-ended questions were



utilized in some scale development, adaptation and questionnaire preparation studies that may be related to the subject in the literature (Baker et al., 2008; Davis & Amelink, 2016).

Within the theoretical framework of the engineering design skills component, it has been observed that different sub-skills are included in this skill in different sources. For example, according to ABET (2019), engineering criteria include sub-skills such as communicating effectively; considering the health, safety and welfare of the public and taking into account social, environmental and cultural factors while producing solutions to problems; taking ethical responsibility, collaborating, defining, formulating and solving problems from different perspectives. In the Science curriculum, only innovative thinking is included in engineering design skills (MoNE, 2018). In addition, when Davila Rangel's (2010) perspective on engineering design skills (Table 2) is considered, it is seen that there is no definite consensus on the conceptual framework of the scale.

**Table 2**

*Literature Review List of Engineering Design Skills (Davila Rangel, 2010)*

	Dym and Little, 2009	Eder and Hosnedl, 2007	Shah et al., 2009	Ullman, 2003	Pahl et al., 2007
Analytical Thinking	+	+		+	+
Synthetic Thinking	+				
Critical Thinking		+			+
Divergent Thinking	+		+	+	
Convergent Thinking	+			+	+
Lateral Thinking			+		
Visual Thinking			+		
Imaginative Thinking				+	
Qualitative Reasoning	+		+		
Problem Formulation	+	+	+		+
Problem Solving	+	+		+	+
Creativity	+			+	
Decision Making	+			+	+
Learning	+			+	
Organization	+	+		+	+
Prioritization				+	+
Time, Project and Resources Control	+			+	+
Knowledge Sharing, Capitalization and Management				+	
Team Work	+			+	
Multidisciplinary Collaboration	+			+	
Intercultural Collaboration	+			+	

Written, Oral and Graphic Communication	+	+		
Ethics	+	+		+
Sketching	+		+	+
Conceptual Modeling	+			+
Analytical Modeling				+
Computational Modeling			+	+
Prototyping	+	+		+
Crafting		+		

In the first stage of determining the conceptual structure, "synthetic/compositional thinking", "lateral/peripheral thinking", "knowledge sharing, capitalization and management", "analytical modeling" and "crafting", which are among the sub-skills in Table 2 and which are less accepted after consultation with experts, were not included in the scale. However, the "innovative thinking" sub-skill was included in the scale because it is included in the conceptual framework of engineering design skills in the Science curriculum and in some sources (Davis & Amelink, 2016; MoNE, 2018). Then, using the inductive method (Hinkin, 1998), "product development" and "personality traits" sub-skills were added in the light of the data related to the open-ended interview questions. In the next stage, in consultation with experts again, "synthetic thinking" sub-skill was included; "critical thinking, creativity, teamwork, intercultural collaboration" sub-skills were removed; "visual thinking" and "imaginative thinking"; "problem formulation" and "problem solving"; "innovative thinking" and "divergent thinking"; "conceptual modeling", "computational modeling" and "prototyping" sub-skills were combined. Thus, the item pool included 154 items covering the sub-skills of "analytical thinking, convergent thinking, problem formulation and problem solving, decision-making, organization, time-project and resources control, ethics, sketching-drafting, model building and revision, innovative thinking and divergent thinking, visual and imaginative thinking, qualitative reasoning, prioritization, multidisciplinary collaboration, written-oral and graphic communication, synthetic/compositional thinking, learning, personality traits".

### **Consulting Expert Opinion**

In the study, expert opinion was sought at three different stages. In the first stage, before finalizing the item pool, the opinions of two Science education experts and one Computer and Instructional Technology expert were taken on which of the sub-skills in Table 2 should be included and combined, which sub-skills should be included from the conceptual framework in the literature and open-ended questions, and

how to make the item pool simpler by choosing among the sample sentences written for the included sub-skills.

In the second stage; in addition to the above-mentioned experts for editing the item pool, experts in the field of classroom education and measurement and evaluation were consulted, and a Turkish teacher was consulted to address the language aspects. According to the expert opinions, 4 sub-skills were removed by considering the less acceptance status stated in Table 2, ABET (2019) criteria and the answers given to the open-ended questions. After the experts' opinions on the item pool were completed, the content validity index of each item was calculated according to the Davis technique to decide which items should be included in the final scale. Those with a content validity index value above 0.8 were included in the final scale (Taşkın & Akat, 2010).

In the last stage, the scale items were semantically revised with a Turkish teacher; at the end of the process, some items were completely removed, some items were revised, and finally, the pre-test form consisting of 72 items and 14 sub-skills was made ready by submitting it to the examination of a measurement and evaluation expert. In addition, the "Undecided" option in the scale rating was removed within the scope of the opinions of two experts, and a four-point rating of "Strongly disagree", "Disagree", "Agree", and "Strongly agree" was accepted and the scale instructions were created. In addition, this version of the scale was again presented to the same experts and necessary adjustments were made.

### **Pre-Testing**

A pre-test was conducted with 62 pre-service teachers similar to the sample group in order to determine whether the 72 items in the finalized scale form were understood, where the incomprehensible parts were and what the reason for incomprehension was, and what they thought about the items and the scale in general (Şeker & Gençdoğan, 2014). The pre-service teachers stated that the items were generally understood. However, necessary arrangements were made for the items that were difficult to understand by taking expert opinions. In line with the expert opinions, 3 new items were added considering the suggestions of the pre-service teachers; then, 36 items were removed from the scale in line with the opinions of the experts considering the theoretical framework, student opinions and the perspective on engineering design skills (Table 2) put forward by Davila Rangel (2010). The scale form including the remaining 39 items was organized for validity and reliability analysis.

## Validity and Reliability Analysis

In this study, assumptions were determined before the validity and reliability analysis of scale development. In this context, missing data were identified (Güzeller; 2016), Henze-Zirkler multivariate normality assumption was tested (Aybek, 2021). Then, EFA and CFA were conducted for construct validity with the help of Jamovi Version 2.3.21, an R-based statistical analysis program. In order to determine the reliability of the factors, both Cronbach alpha ( $\alpha$ ) and McDonald's omega ( $\omega$ ) reliability coefficients were calculated. In addition, as a result of the second order confirmatory factor analysis, it was determined that the scale had a summable feature and based on this, McDonald's omega ( $\omega$ ) reliability coefficient was calculated for the entire scale (Epskamp et al., 2019; Gallucci & Jentschke, 2021; Jorgensen et al., 2019; R Core Team, 2021; Revelle, 2019; Rosseel, 2019; The Jamovi Project, 2022).

## Data Collection Process

In order to reveal the conceptual structure of the scale (Hinkin, 1998; Şeker & Gençdoğan, 2014), 3 open-ended questions (Yıldırım & Şimşek, 2013) used as qualitative data collection tools were applied to the pre-service teachers in writing. During the qualitative data collection process, necessary explanations were made to the pre-service teachers and an environment where the participants would feel comfortable and express their thoughts without hesitation was tried to be created. In the pre-test, EFA and CFA stages of the study, data were collected separately in electronic environment (via google forms). Before the application, explanatory information about the application was provided to the pre-service teachers. Voluntary participation was taken as a basis in the process of collecting qualitative and quantitative data.

## Data Analysis

In order to establish the concepts and relationships that can explain the open-ended interview data used to create the conceptual framework of the scale, content analysis (Yıldırım & Şimşek, 2013), which consists of 4 stages: 1) coding the data, 2) finding themes, 3) organizing and describing the data according to codes and themes, and 4) interpreting the findings, was applied.

In the analysis of quantitative data; firstly, missing data were identified. According to Güzeller (2016), in case of missing values in a data set, deletion or different assignment methods can be used. In this study, deletion of missing values was preferred. Then, Henze-Zirkler multivariate normality assumption calculations were made. Henze-Zirkler multivariate normality assumption was tested in both data sets (Aybek, 2021). In the first EFA dataset, 43 data were removed and it was found that multivariate normality was not met ( $hz=1.798116$ ;  $p<0.05$ ).

Similarly, 33 data were removed from the second data set in which CFA was conducted and it was determined that multivariate normality was not met ( $hz=1.625245$ ;  $p<0.05$ ). Subsequently, EFA was conducted in the first data set and CFA was conducted in the second data set.

Within the scope of EFA, Oblimin factor rotation, Principal Axis Factor Analysis (Büyüköztürk, 2002; Çokluk et al., 2016; Seçer, 2015), Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test and Bartlett's test of sphericity (DeVellis, 2014), percentage of variance explained (DeVellis, 2014) and calculation of factor loadings were used. In addition, Horn's (1965) parallel analysis method was used to reveal the number of factors.

As a result of the analysis, it was seen that the correlation coefficients between the factors varied between 0.415 and 0.642. Based on this information, it can be said that there is a weak to moderate relationship between the factors (Durmuş et al., 2013; Kalaycı, 2014; Şencan, 2005). For this reason, Oblimin oblique rotation factor rotation, which is based on the assumption that there is a relationship between factors in the EFA, was adopted (Büyüköztürk, 2002; Çokluk et al., 2016; Şencan, 2005). In addition, since the Principal Axis Factor Analysis, also called Basic Factors in some sources, is the most frequently used approach among the classical factor analysis techniques and the data do not show Henze-Zirkler multivariate normality ( $hz = 1.798116$ ;  $p<0.05$ ) (Aybek, 2021), the Principal Axis Factor Analysis was applied in this study. (Büyüköztürk, 2002; Çokluk et al., 2016; Fabrigar et al., 1999). However, the parallel analysis method was taken into consideration in determining the number of factors since it has been widely recommended in recent years, it can generate data as a simulation in parallel to the real data set, and it is also one of the methods that gives the most accurate results in determining the number of factors (Velicer et al., 2000).

Within the scope of CFA, Asymptotic Covariance Matrix, one of the matrix types used in cases where multivariate normal distribution is not provided, and Robust Maximum Likelihood (Çelik & Yılmaz, 2013), one of the estimation methods, were adopted. In addition, fit indices, standardized factor loading values, error variances and modification suggestions were used to determine the suitability of the model (Çokluk et al., 2016; Şeker & Gençdoğan, 2014).

## Findings

This section presents the findings related to the validity and reliability studies of the scale.

### Findings Related to Validity

The suitability of the data set obtained from 276 participants for EFA was evaluated with the KMO test and Bartlett's test of sphericity. With

these tests, sampling adequacy and whether there is a sufficient relationship between the variables were determined (Table 3).

**Table 3**

*KMO Test and Bartlett's Test of Sphericity*

KMO		0.947
	$\chi^2$	8076
Bartlett	<i>df</i>	595
	<i>p</i>	<0.001

According to Table 3; since the KMO value (0.947) is greater than 0.50, sampling adequacy is ensured for the application of factor analysis. According to Bartlett's test of sphericity ( $p < 0.001$ ), which shows whether there is a sufficient relationship between the variables, it can be said that the data set is suitable for analysis. However, 4 of the 39 items were excluded due to the overlapping factor loadings as a result of EFA (Büyüköztürk, 2002). The 4 items that were not included in EFA are as follows: 21, 38, 53, 54. The overlapping load value ranges of these four items can be listed as follows: 0.317 and 0.401 for item 21; 0.315 and 0.316 for item 38; 0.423 and 0.474 for item 53; 0.402 and 0.486 for item 54 (Kalaycı, 2014; R Core Team, 2021; The Jamovi Project, 2022). In addition, the number of factors suggested by the parallel analysis and the number of factors obtained from the factor analysis are indicated in the line graph below (R Core Team, 2021; Revelle, 2019; The Jamovi Project, 2022) (Figure 1).

**Figure 1**

*Parallel Analysis Line Graph*

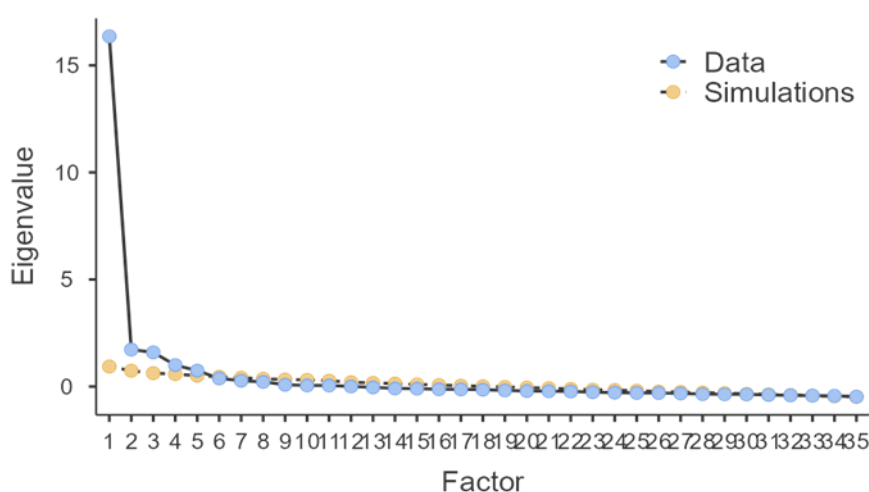


Figure 1 indicates that the number of factors is compatible with 5. In addition, the number of factors that the researcher puts on the agenda and wants to remove is also important (Şencan, 2005). When considered from another perspective, the final shape of the factors can

be given by considering the theoretical structure. From this point of view, it was decided that the 5-factor structure formed as a result of parallel analysis was also theoretically appropriate. In addition, the percentage of variance explained by EFA was also examined (Table 4).

**Table 4***Percentage of Variance Explained*

Factor	SS Loadings	% of Variance	Cumulative %
1	6.19	17.69	17.7
2	4.69	13.40	31.1
3	4.15	11.87	43.0
4	4.00	11.44	54.4
5	3.41	9.73	64.1

When Table 4 is examined, it can be said that the entire scale explains 64.1% of the construct to be measured and since this value is above 50%, another criterion of factor analysis is met (Büyüköztürk, 2002; DeVellis, 2014). As a result of the factor analysis, the item loadings for the 35 items in the 5-factor scale are presented in Table 5.

**Table 5***EFA Factor Loadings*

## Factor Loading Values

Items	Part-Whole Focus	Product Development	Design Creation	Multidisciplinary Collaboration	Generating Original Solutions and Decision Making	Uniqueness
M1	0.549					0.581
M4	0.805					0.345
M5	0.832					0.284
M6	0.766					0.326
M7	0.707					0.334
M8	0.722					0.354
M9	0.529					0.421
M10	0.686					0.399
M11	0.646					0.472
M12	0.603					0.478
M15					0.585	0.311
M16					0.526	0.410

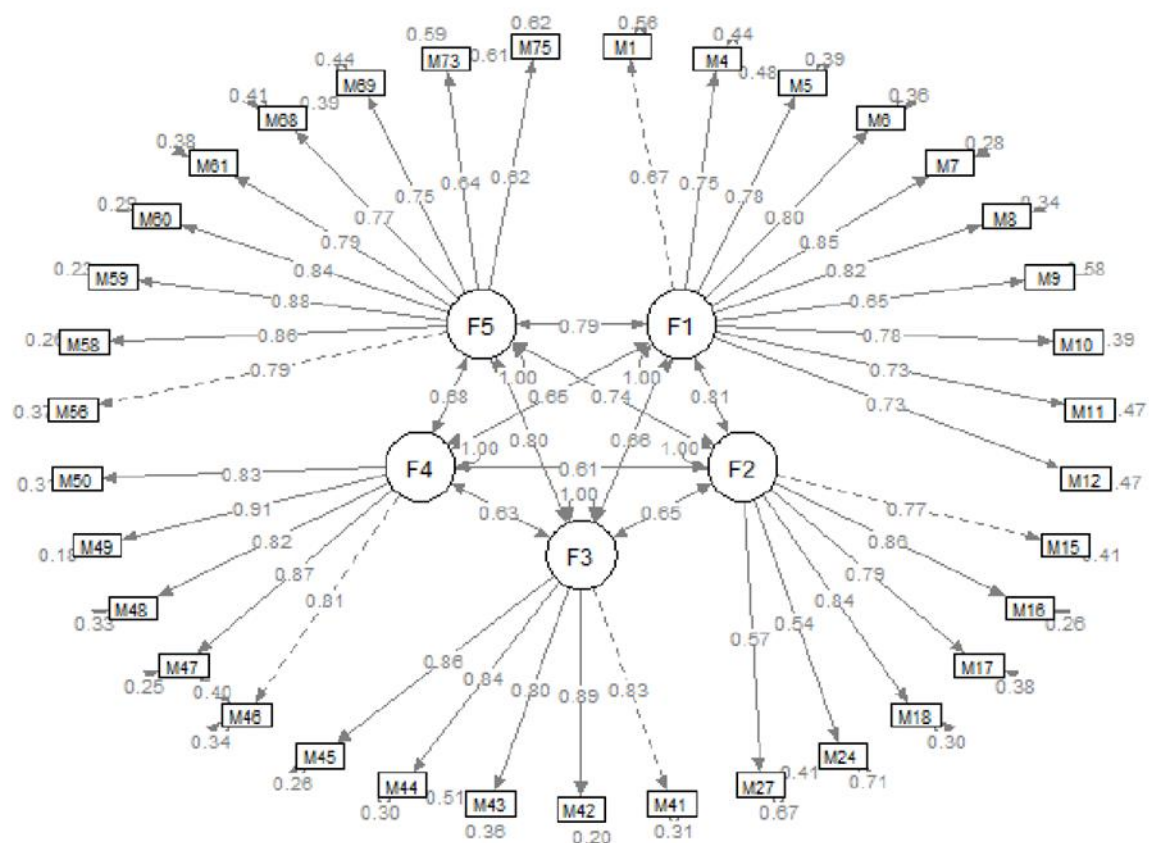


M17			0.761	0.340
M18			0.791	0.313
M24			0.489	0.635
M27			0.456	0.617
M41		0.614		0.299
M42		0.767		0.255
M43		0.808		0.230
M44		0.878		0.230
M45		0.827		0.298
M46		0.799		0.280
M47		0.810		0.258
M48		0.768		0.275
M49		0.893		0.180
M50		0.763		0.264
M56	0.423			0.428
M58	0.457			0.446
M59	0.780			0.269
M60	0.770			0.251
M61	0.568			0.521
M68	0.552			0.361
M69	0.563			0.371
M73	0.749			0.310
M75	0.578			0.411

As a result of the EFA, it can be said that the construct to be measured is explained by 5 factors: "part-whole focus, design creation, multidisciplinary collaboration, product development, generating original solutions and decision making". In addition, the theoretical framework and expert opinion were taken into consideration in the naming of these factors (Büyüköztürk, 2002; Şencan, 2005). When Table 5 is examined, it is seen that the factor loading values of the items in the scale vary between 0.423 and 0.893 and are significantly higher than the critical cut-off point (0.30) (Büyüköztürk, 2002; Tabachnick & Fidell, 2007). As a matter of fact, it is desirable that the items have a high relationship with the factors in EFA. In other words, with EFA, it can be said that the scale has a distribution consistent with the characteristics to be measured (Büyüköztürk, 2002).

CFA was conducted to verify the 5-factor and 35-item structure identified in EFA on the second data set of 211 participants and to reveal the causal relationship between the identified items. Modification suggestions were also examined. Modifications were made between 73 and 75; 43 and 44; 4 and 5; 24 and 27; 68 and 69; 46 and 47. It was thought that the error variances might be correlated as a result of the consecutive items and the similarity of the statements. It was revealed that there was an improvement in the fit indices as a result of modification. As a result of CFA, it was determined that all items explained the main variance at a statistically significant level ( $p < 0.001$ ). In addition, the path diagram resulting from the CFA is presented in Figure 2. It can be said that the error variance values in Figure 2 vary between 0.18 and 0.71 and are at acceptable levels since they are lower than the reference value of 0.90 (Brown, 2015).

**Figure 2**  
35 First Order CFA Path Diagram of the Structure Consisting of 5 Factors and 35 Items



Whether this 35-item structure was confirmed by CFA was also examined on the basis of fit indices (Table 6). It is desirable that the  $p$  value is not significant in CFA, but in most of the CFAs conducted in the literature, it is considered normal for the  $p$  value to be significant due to

the large sample size and this situation is tolerated in most studies (Çokluk et al., 2016). Therefore, the  $p$  value showing poor fit (Schermelleh-Ergel et al., 2003) was tolerated.

**Table 6**

*First Order CFA Fit Indices and Values*

Fit Indices	Value	Fit
$\chi^2/df$	1004.862/544=1.85	Good
RMSEA	0.050	Good
SRMR	0.051	Acceptable
NFI	0.851	Poor
NNFI	0.918	Poor
CFI	0.925	Poor
GFI	0.945	Acceptable

When the other fit indices in Table 6 are examined, it is seen that except for *NFI*, *NNFI* and *CFI* values, all other values show acceptable or good fit (Schermelleh-Ergel et al., 2003). It is stated in the literature that when evaluating fit indices, a general idea should be formed with more than one fit indices, instead of a single index (Cabrera-Nguyen, 2010). From this point of view, it is possible to say that there is model-data fit in general (Schermelleh-Ergel et al., 2003). In other words, the values obtained as a result of CFA show that the model of the 35-item and 5-factor structure of the EDSSPS was confirmed.

### Findings Related to Reliability

Since Cronbach alpha ( $\alpha$ ) gives more accurate results in a unidimensional structure, Cronbach alpha ( $\alpha$ ) values were calculated separately for each factor within the scope of this study and in addition, McDonald's omega ( $\omega$ ) reliability coefficients of each factor were found. According to the findings, the Cronbach alpha ( $\alpha$ ) reliability coefficients of each factor were 0.930; 0.871; 0.930; 0.930; 0.930; 0.932, while the McDonald's omega ( $\omega$ ) coefficients were 0.923; 0.839; 0.910; 0.914; 0.911.

In order to determine the reliability of the entire scale, a second order confirmatory factor analysis was conducted on the second data set. As a result of the second order CFA, the loadings were significant ( $p < 0.001$ ). In the fit values, the  $p$  value (Schermelleh-Ergel et al., 2003) showing poor fit as in the first order CFA was tolerated. Although *CFI* (0.922), *NFI* (0.848), *NNFI* (0.916) values show poor fit, *SRMR* (0.054), *RMSEA* (0.051) and *GFI* (0.943) are acceptable. In addition, the  $\chi^2/df$  (1.87) value also showed a good fit. In general, it can be said that model-data fit was achieved in the second order CFA. When these results are analyzed, it is seen that the construct was confirmed as in the first order CFA. In other words, the measured construct shows summability. From this point of view, McDonald's omega ( $\omega$ ) reliability coefficient for the entire scale was calculated and found to be 0,971 (Şahin & Aybek, 2019). In the

light of this information, it is possible to say that the scale has internal consistency; since the reliability coefficients for the whole scale and the individual factors have a value of 0.70 and above; in other words, it is possible to say that the scale is reliable (DeVellis, 2014; Karakaya Özyer, 2021; Seçer, 2015).

### **Discussion, Conclusion, and Recommendations**

In the study, a scale was developed to determine pre-service teachers' self-efficacy perceptions towards engineering design skills. According to the findings, the fact that the explained variance of the 5-factor structure formed after EFA was 64.1% shows that the scale structure is well explained (Büyüköztürk, 2002). In addition, the CFA conducted after EFA revealed that the 5-factor structure obtained as a result of the research was sufficient to explain the theoretical structure (Çokluk et al., 2016; Şeker & Gençdoğan, 2014). As a result, the EDSSPS consists of 35 items and 5 factors in general. In the scale, which does not include negative items, a four-point Likert-type rating was used: "Strongly disagree", "Disagree", "Agree", "Strongly agree". The minimum score to be obtained from the scale is 35 and the maximum score is 140.

McDonald's omega ( $\omega$ ) reliability coefficient for the entire scale was calculated as 0.971. According to Erkuş (2007), the proof of the usefulness of a scale is its validity. Considering the findings of the study, it can be stated that the EDSSPS is a valid and reliable scale.

Engineering design skills are not fully included in the curricula of different courses, but there is a general approach to gain competencies such as digital competence, mathematical competence / basic competencies in technology, initiative and entrepreneurship, knowledge generation, problem solving. Especially in the Science curriculum, engineering design skills are mentioned within the scope of field-specific skills (MoNE, 2018).

When the literature is examined, it is seen that different researchers propose different approaches to define engineering design skills; therefore, there is no consensus on the conceptual structure. In this study, the approaches proposed in the literature were examined and a structure for engineering design skills was put forward with this scale. With this structure, it is thought that this study can support the improvement of the Science curriculum, which includes only innovative thinking under the title of engineering and design skills. In addition, it can be said that it will contribute to the literature in eliminating the complex and ambiguous conceptual structure of engineering design skills. As a matter of fact, it can be stated that skills such as "analytical thinking, synthetic thinking, convergent thinking, divergent thinking, multidisciplinary collaboration, time-project and resource control, ethics and organization/organization", which are less frequently

included in the studies on measurement tools in the literature, can form a pool for revealing and updating the conceptual framework of engineering design skills (Baker et al., 2008; Carberry et al., 2010; Davis & Amelink, 2016; Gelen et al., 2019; Kayalar, 2018; Khan et al., 2018; Mamaril, 2014; Masi et al., 2003; Moazzen et al., 2014; Paul et al., 2018; Seth et al., 2015; Yaman et al., 2018; Yıldırım, 2020; Yin, 2009). In these respects, it is anticipated that the conceptual structure of the scale can help field experts, educators, policy makers and researchers.

As a result of some qualitative studies in the literature, it is seen that it is an important problem that teachers and pre-service teachers in different branches such as science and classroom teaching feel inadequate in this regard (Bakırcı & Kaplan, 2021; Güneş Koç & Kayacan, 2018; Hacıoğlu et al., 2016; Marulcu & Sungur, 2012; Saraç & Yıldırım, 2019). With this scale development study, it will be possible to investigate the ability of pre-service teachers to generate different ideas and solutions to problems encountered in daily life and to find the power to cope with difficulties. In other words, the scale will contribute to the quantitative measurement of pre-service teachers' self-efficacy perceptions of engineering design skills. In this way, it will contribute to the future teachers to guide their students in this direction by focusing primarily on their own engineering design skills self-efficacy perceptions and being productive.

It has been determined that there is a limited number of studies in this scope for pre-service teachers in the literature and there is a need for similar studies. In addition, there is no Turkish scale similar to the scale developed in the study in the literature. Therefore, it can be said that the scale will contribute to other practitioners, researchers and pre-service teachers. In addition, as a result of the study, it can be suggested that the scale developed within the scope of the study can be adapted to different student and teacher groups.

**Ethics Committee Approval:** *This research was conducted with the permission obtained by the Pamukkale University Scientific Research and Publication Ethics Social and Human Sciences Board's decision dated 25/02/2021 and numbered 68282350/2018/G04.*

**Conflict of Interest:** *There is no conflict of interest between the authors of the article.*

**Author Contribution:** *The authors contributed equally at all stages of the study.*

## References

ABET Engineering Accreditation Commission. (2019). *Criteria for accrediting engineering programs* (ABET). ABET Board of Delegates Engineering Area Delegation.

- Alameh, S. H. (2018). *Effect of science and engineering practices in biology on students attitudes, achievement and engineering design skills* [Unpublished master's dissertation]. American University of Beirut.
- Aybek, E. C. (2021) Data preparation for factor analysis. URL: <https://shiny.eptlab.com/dp2fa/>
- Baker, D., Krause, S., & Purzer, S. (2008, June 22-25). *Developing an instrument to measure tinkering and technical self efficacy in engineering* [Conference presentation]. 2008 Annual Conference & Exposition, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Bakırcı, H. & Kaplan, Y. (2021). Fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik ve tasarım becerileri alanında karşılaştığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Journal of Computer and Education Research*, 9 (18), 626-654. DOI: 10.18009/jcer.908161
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Press.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: istatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (1. Baskı). Pegem A Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32, 470-483.
- Cabrera-Nguyen, P. (2010). Author guidelines for reporting scale development and validation results. *Journal of the Society for Social Work and Research*, 1(2), 99-103. <https://doi.org/10.5243/jsswr.2010.8>
- Carberry, A. R., Lee, H. S., & Ohland, M. W. (2010). Measuring engineering design self-efficacy. *Journal of Engineering Education*, 99(1), 71-79.
- Çelik, H. E. ve Yılmaz, V. (2013). *Lisrel 9.1 ile yapısal eşitlik modellemesi*. Anı.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. & Büyüköztürk, Ş. (2016). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve LISREL uygulamaları* (4. Baskı). Pegem Akademi.
- Davila Rangel, J.G. (2010). *Engineering design educational model: From skills to objectives* [Unpublished master's dissertation]. The University of Texas at El Paso.
- Davis, K. A., & Amelink, C. T. (2016, October 12-15). *Exploring differences in perceived innovative thinking skills between first year and upperclassmen engineers* [Conference presentation]. 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Eire, PA, USA.
- De Jong, M., Londers, E., Van Hemelrijck, I., & Froyen, L. (2014, September 15-18). *Towards an aligned design approach for the engineering curriculum* [Conference presentation]. SEFI2014 42nd Annual Conference, Birmingham, UK.
- DeVellis, R. F. (2014). *Ölçek geliştirme: Kuram ve uygulamalar* (T.Totan, Çev.). Nobel.



- Durmuş, B., Yurtkoru E. S. & Çinko, M. (2013). *Sosyal bilimlerde SPSS ile veri analizi* (5. Baskı). Beta Basım Yayım.
- Dym, C. L., & Little, P. (2009). *Engineering design: A project-based introduction*. John Wiley & Sons, Inc.,
- Eder, W. E., & Hosnedl, S. (2007). *Design engineering: A manual for enhanced creativity*. Taylor & Francis Group.
- Epskamp S. Stuber S., Nak J., Veenman M., & Jorgensen T.D. (2019). *semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output*. [R Package]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>.
- Erkuş, A. (2007). Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında karşılaşılan sorunlar. *Türk Psikoloji Bülteni*, 13(40), 17-25.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299.
- Gallucci, M., & Jentschke, S. (2021). *SEMLj: jamovi SEM Analysis*. [jamovi module]. For help please visit <https://semli.github.io/>.
- Gelen, B., Akçay, B., Tiryaki, A., & Benek, İ. (2019). Fen bilimleri öğretmen adaylarının Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik (FeTeMM)'e yönelik özyeterlik ölçeği: Türkçe'ye uyarlama, geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 15(1), 88-107. <https://doi.org/10.17244/eku.395204>
- Gentili, K. L., McCauley, J. F., Christianson, R. K., Davis, D. C., Trevisan, M. S., Calkins, D. E., & Cook, M. D. (1999, November 10-13). *Assessing students design capabilities in an introductory design class* [Conference presentation]. 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Juan, Puerto Rico, USA.
- Güneş Koç, R. S. & Kayacan, K. (2018). Fen Bilimleri öğretmenlerinin 2018 Öğretim Programı'nda yer alan mühendislik ve tasarım becerilerine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi. *Turkish Studies*, 13(19), 865-881. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.13771>
- Güzeller, C. O. (2016). *Herkes için çok değişkenli istatistik* (1. Baskı). Maya Akademi.
- Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2016). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 5(3), 807-830. <https://doi.org/10.14686/buefad.v5i3.5000195411>
- Hibberts, M. F. (2017). *Known-groups validity and generalizability of a measure of engineering design* [Unpublished doctoral dissertation]. University of South Alabama.
- Hilton, E. C. (2019). *Approaches for the development of early-stage engineering design skills* [Unpublished doctoral dissertation]. Georgia Institute of Technology.



- Hinkin, T. R. (1998). A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. *Organizational Research Methods*, 2(1), 104-121.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185.
- Jin, S. H., Song, K. I., Shin, D. H., & Shin, S. B. (2015). A performance-based evaluation rubric for assessing and enhancing engineering design skills in introductory engineering design courses. *International Journal of Engineering Education*, 31(4), 1007-1020.
- Jorgensen, T. D., Pornprasertmanit, S., Schoemann, A. M., Rosseel, Y., Miller, P., Quick, C., Garnier-Villareal, M., Selig, J., Boulton, A., Preacher, K., Coffman, D., Rhemtulla, M., Robitzsch, A., Enders, C., Arslan, R., Clinton, B., Panko, P., Merkle, E., Chesnut, S., Byrnes, J., Rights, J. D., Longo, Y., Mansolf, M., Ben-Shachar, M. S., & Rönkkö, M. (2019). *semTools: Useful Tools for Structural Equation Modeling*. [R Package]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semTools>.
- Kalaycı, Ş. (Ed.). (2014). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım.
- Karakaya Özyer, K. (2021). Ölçek geliştirme ve güvenirlik analizleri: Jamovi uygulaması. *Turkish Academic Research Review*, 6(5), 1330-1384.
- Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemi: kavramlar ilkeler teknikler* (26. Baskı). Nobel.
- Kayalar, A. (2018). *Mobil teknolojiye dayalı FeTeMM uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine, sistem düşünme zekasına ve öğretmenlik özyeterliklerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Khan, M. S., Wu, N., & Ibrahim, M. (2018, June 24-27). *A study on measuring self-efficacy in engineering modeling and design courses* [Conference presentation]. 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Palace Convention Center, Salt Lake City, USA.
- Mamaril, N. J. A. (2014). *Measuring undergraduate students' engineering self-efficacy: A scale validation study* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Kentucky.
- Marulcu, İ., & Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 13-23.
- Masi, B. (2003, June 22-25). *The impact of faculty mentored versus web-guided engineering design experience on freshman skills* [Conference presentation]. 2003 ASEE Annual Conference, Nashville Tennessee, USA.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar).
- Moazzen, I., Miller, M., Wild, P., Jackson, L. A., & Hadwin, A. (2014, June 8-11). *Engineering design survey* [Conference presentation]. Proceedings of

- the Canadian Engineering Education Association (CEEAA) Conference University of Calgary, Canmore, Canada.
- Mourtos, N. J. (2012). Defining, teaching, and assessing engineering design skills. *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education (IJQAETE)*, 2(1), 14-30.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering design: A systematic approach*. Springer.
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, 66(4), 543-578.
- Paul, D., Nepal, B., Johnson, M. D., & Jacobs, T. J. (2018). Examining validity of general self-efficacy Scale for assessing engineering students' self-efficacy. *International Journal of Engineering Education*, 34(5), 1671-1686.
- R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.rproject.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01).
- Revelle, W. (2019). *Psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=psych>.
- Rosseel, Y. (2019). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Saraç, E., & Yıldırım, M. S. (2019). 2018 Fen bilimleri dersi öğretim programına yönelik öğretmen görüşleri. *Academy Journal of Educational Sciences*, 3(2), 138-151.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of psychological research online*, 8(2), 23-74.
- Seçer, İ. (2015). *Psikolojik test geliştirme ve uyarlama süreci* (1. Baskı). Anı Yayıncılık.
- Seth, D., Tangorra, J., & Ibrahim, A. (2015, October 21-24). *Measuring undergraduate students' self-efficacy in engineering design in a project-based design course* [Conference presentation]. 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Camino Real El Paso, El Paso, TX, USA.
- Shah, J. J., Smith, S. M. & Woodward, J. (2009, August 24-27). *Development of standardized tests for design skills* [Conference presentation]. The 17th International Conference on Engineering Design (ICED 09), Stanford University, Stanford, CA, USA.
- Şahin, M., & Aybek, E. (2019). Jamovi: an easy to use statistical software for the social scientists. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(4), 670-692.

- Şeker, H., & Gençdoğan, B. (2014). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme* (2. Baskı). Nobel.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik* (1. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics*. Pearson.
- Taşkın, Ç., & Akat, Ö. (2010). *Araştırma yöntemlerinde yapısal eşitlik modelleme: LISREL ile marka değeri ölçümü örnekleri*. Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Ullman, D. G. (2003). *The mechanical design process*. McGraw-Hill.
- Velicer, W. F., Eaton, C.A. & Fava, J. L. (2000). Construct explication through factor or component analysis: A review and evaluation of alternative procedures for determining the number of factors or components. In Goffin, R. D., & Helmes, E. (Eds.), *Problems and solutions in human assessment: Honoring Douglas Jackson at Seventy* (pp. 41-71). Boston: Kluwer.
- Yaman, C., Özdemir, A., & Akar Vural, R. (2018). STEM uygulamaları öğretmen öz-yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi: Bir geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 93-104.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, M.T. (2020). *Sinir sisteminin öğretiminde FeTeMM tabanlı arduino robotik etkinliklerinin akademik başarı ve mühendislik tasarım süreci üzerine etkileri* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Yin, A. C. (2009). *Learning on the job: Cooperative education, internships and engineering problem-solving skills* [Unpublished doctoral dissertation]. The Pennsylvania State University.