



STEM-TPAB Öz-Yeterlik Ölçeği: Türkçeye Uyarlama Çalışması

STEM-TPACK Self-Efficacy Scale: Adaptation Study into Turkish

İdris AKTAŞ

Doç. Dr. ♦ Amasya Üniversitesi, Temel Eğitim Bölümü ♦ idrisaktasdr@gmail.com ♦ ORCID: 0000-0001-6265-6337

Haluk ÖZMEN

Prof. Dr. ♦ Trabzon Üniversitesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü ♦ hozmen61@hotmail.com ♦ ORCID: 0000-0003-0578-3481

Özet

Bütünleştirilmiş Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (b-STEM) eğitimi 21. yüzyılda eğitimi ilerletmenin en iyi pedagojik yollarından birisi olarak görülmektedir. Ancak STEM eğitimini güçlü bir şekilde uygularken öğretmen ve öğretmen adaylarının ihtiyaç duyduğu bilgi türleri üzerine geliştirilmiş geçerli ve güvenilir ölçekler oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı Chai ve diğerleri (2019) tarafından geliştirilen öğretmenlerin/öğretmen adaylarının Teknoloji Pedagoji ve Alan Bilgisi (TPAB) çerçevesinde STEM öz-yeterliklerini ölçmeyi amaçlayan STEM-TPAB ölçeğinin Türkçeye uyarlamasını yapmaktır. Orijinali 17 maddeden oluşan ölçeğin Chai C.S. tarafından sağlanan 24 maddelik ön madde havuzu üzerinden uyarlama çalışması gerçekleştirilmiştir. Uyarlama çalışmasına 14 akademisyen ve çeşitli aşamalar için fen bilgisi, matematik, sınıf, BÖTE ve İngilizce öğretmenliği bölümlerinden olmak üzere toplam 523 öğretmen aday katılmıştır. Madde-toplam korelasyonu, açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleri ölçeğin yeterli güvenilirlik ve geçerlik değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Ölçek orijinal faktör yapısına uygun 24 madde olarak Türkçeye uyarlanmıştır. Uyarlanan ölçek gelecek çalışmalarda öğretmenlerin/öğretmen adaylarının TPAB çerçevesinde STEM öz-yeterliklerini belirlemek, STEM derslerini yürütmek için ihtiyaçlarını belirlemek, STEM'in çoklu bilgi bileşenlerini desteklemek için mesleki gelişim kurslarının çıktılarını ölçmek ve karşılaştırmalar yapmak amacıyla kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Ölçek uyarlama, Öz-yeterlik, STEM, TPAB

Abstract

Integrated Science Technology Engineering and Mathematics (iSTEM) education is seen as one of the best pedagogical ways to advance education in the 21st-century. However, valid and reliable scales based on the types of knowledge that teachers/pre-service teachers (T/PSTs) need to perform iSTEM education in an effective way are very limited. This study aims to examine the validity and reliability of the STEM-TPACK scale in Turkish culture. The scale developed by Chai et al. (2019) aims to measure iSTEM self-efficacy of T/PSTs within the framework of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). The scale, which originally consisted of 17 items, was adapted from the preliminary 24-item scale form. Participants at this stage of the study were 14 academicians and 523 PSTs from science, mathematics, primary school, ICT, and EL teaching departments. Item-total correlation, explanatory, and confirmatory factor analyses showed that the scale had sufficient reliability and validity values. The scale was adapted into Turkish as 24 items in accordance with the original factor structure. In future studies, the scale should be used to determine T/PSTs' STEM self-efficacy within the TPACK framework, to determine their needs for conducting iSTEM courses, to measure and compare the outcomes of professional development courses to support multiple knowledge of iSTEM.

Keywords: iSTEM, Scale adaptation, Self-efficacy, TPACK

1. Giriş

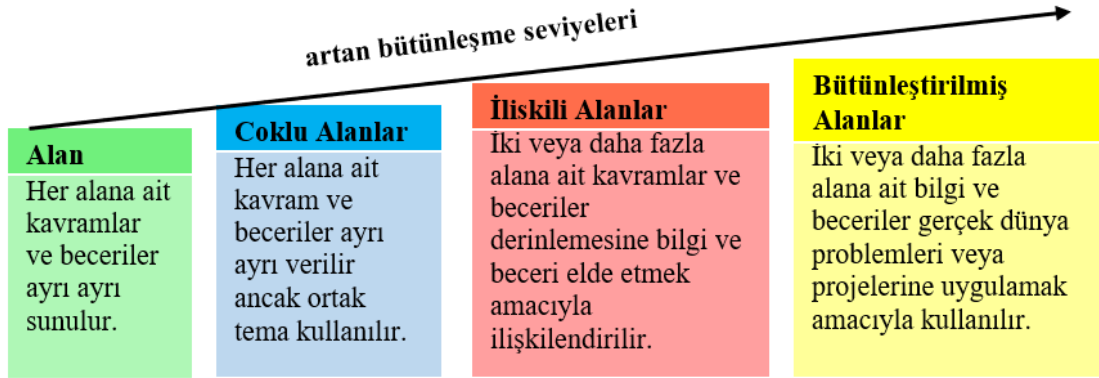
Bilim ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmeler, öğretmenlerin geçmişte sahip olduklarından farklı bilgilere ve becerilere sahip olmalarını gerektirmektedir (Chai, Rahmawati, vd., 2020; McDonald, 2016; Murphy vd., 2019; Parker vd., 2015; Yıldırım & Şahin-Topalcengiz, 2019). Bu durum günümüz bireylerinin okuryazarlık ve matematik becerilerini diğer disiplinlerle bütünleştirerek eleştirel düşünme, iş birliği yapabilme, yaratıcı düşünme, problem çözme, girişimcilik gibi becerileri kullanmalarını gerektirmektedir (Chai vd., 2019; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Gustiani vd., 2017; Murphy vd., 2019; Sun vd., 2024; Yıldırım & Şahin-Topalcengiz, 2019; Zulirfan vd., 2020). 21. yüzyılda bireylere bu becerileri kazandırmak için gerçekleştirilen eğitim uygulamalarından birisi de Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitimidir. Ülkemizde bazı çalışmalarda FeTeMM kısaltmasıyla da kullanılmakla birlikte akademik çalışmalarda ve bilimsel tartışmalarda STEM kısaltmasının da sıklıkla kullanılarak dilimize yerleşmesi nedeniyle bu çalışmada kısaltma STEM olarak kullanılmıştır. 21. yüzyıl becerilerine uygun öğrenme ve öğretme etkinlikleriyle STEM uygulamalarını gerçekleştirebilmeleri için öğretmen ve öğretmen adaylarına özel ilgi gösterilmelidir. Ancak öğretmen eğitimleri bu becerilerden bir veya ikisine yoğunlaşmakta, öğretmenlerin tasarım bilgisi ve süreçleri özellikle teknolojiyle tasarım gerçekleştirme konusunda eksiklikleri bulunmaktadır (Chai, 2019). Bu nedenle öğretmen ve öğretmen adaylarına STEM bileşenlerinin her birini uygun teknoloji ve pedagojilerle bütünleştirerek öğrenme ve öğretmeyi nasıl yürütmeleri gerektiği konusunda gerekli bilgi ve beceriler kazandırılmalıdır (Chaipidech vd., 2021; Farrell & Hamed, 2017; Hughes vd., 2020; Jocius vd., 2021; Kang vd., 2021; Said vd., 2023; Sun vd., 2024). Fen, matematik ve mühendislik konu alanları doğası gereği farklı teknoloji ve pedagojilerin kullanılmasını gerektirir. Konu alanını uygun pedagoji ve teknolojiyle bütünleştirerek öğretmeyi amaçlayan Teknoloji Pedagoji Alan Bilgisi (TPAB) öğretmen/öğretmen adaylarının yeterliklerini artırabilir. Onların öz-yeterlikleri STEM uygulamalarının başarıya ulaşmasında hayati öneme sahiptir. Çünkü onların STEM-TPAB öz yeterlikleri uygun teknolojileri kullanarak STEM eğitiminin ayrılmaz bir parçası olan gerçek dünya problemlerini tanımlarken, onlara çözüm yolları geliştirirken, iş birlikli çalışırken öğretmen ve öğrencilerin işlerini kolaylaştırır, onlara yeni fırsatlar sunar ve bilgiyi yapılandırmalarını destekler (Jocius vd., 2021; Kang vd., 2021; Mansour vd., 2024).

1.1. Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) ve Öğretmen Yeterlikleri

STEM kavramı ortaya çıktığı ilk zamanlarda “bilim” gibi bir disiplin olarak görülmekteydi (Guzey vd., 2014; Sanders, 2009; Vasquez vd., 2013). Bu yaklaşıma göre STEM eğitiminin dört alanı farklı derslerde ayrı ayrı öğretilmekteydi. Bu tanım geleneksel STEM eğitimi (Guzey vd., 2014) veya disiplinler STEM (Vasquez vd., 2013) olarak adlandırılmıştır. Daha sonra bu yaklaşım öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini fark edecekleri şekilde öğretmenin kavram ve becerileri tanıttığı bir yaklaşıma dönüşmüştür (Kelley & Knowles, 2016; Moore vd., 2014). Bu yaklaşım STEM eğitime disiplinler arası etkileşim getirmiş olsa da sistematik değildi ve uygulamalarda öğretmen faktörünü ön plana çıkarmaktaydı (Kloser vd., 2018). Bu nedenle uygulamalarda birlik sağlamak amacıyla zaman içerisinde STEM kavramlarının ilişkilendirilerek verildiği bir yaklaşıma dönüşmüştür (Hourigan vd., 2022; Stohlmann vd., 2012). Günümüzde karşılaşılan küresel sorunlar çok disiplinli ve bütünleştirilmiş problem çözme becerilerini gerektirdiğinden bu yaklaşım da sorunlu olarak görülmüştür (Livstrom vd., 2018). Bu durum öğrencilerin birden fazla disiplini bir arada ele aldığı bağlamlarda STEM eğitiminin daha az parçalı olduğu yaklaşımı ön plana çıkarmıştır. Böylece STEM eğitiminde gerçek yaşam problemlerini çözmek için birçok disiplinin bütünleştirilerek verildiği daha az parçalı yaklaşım olan

bütünleştirilmiş-STEM (b-STEM) eğitimi oluşmuştur (Hourigan vd., 2022; Shernoff vd., 2017). b-STEM yaklaşımı, STEM eğitimini destekleyen benzer süreç becerileri ve paylaşılan eğilimleri dikkate almasının yanı sıra gerçek dünyada STEM disiplinleri arasındaki doğal bağlantılara vurgu yapması nedeniyle de önemlidir. STEM eğitime yönelik bu yaklaşımların öğretim programıyla bütünleşme seviyeleri Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1. Öğretim Programıyla Bütünleşme Seviyelerine Göre STEM Yaklaşımlarının Sürekliliği (Hourigan vd., 2021)



b-STEM gerçek yaşam problemlerini çözmek için fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarında elde edilen bilgilerin bütünleştirilerek kullanılmasıdır (Chai vd., 2019; Dare vd., 2021; Hourigan vd., 2022; Lyu vd., 2022; Shernoff vd., 2017). b-STEM eğitimi ile öğrenciler, ülkenin geleceği için çok önemli olan problem çözücü, yenilikçi, yaratıcı ve iş birliği olma yeterliği kazanırlar (Falloon vd., 2020; Gustiani vd., 2017; Mansour vd., 2024). Ayrıca b-STEM eğitimi öğrencilerin gelecek kariyerleriyle ilgili ilgi, motivasyon, bilgi ve becerilerini artırır (Lyu vd., 2022; Milner, 2015; Quigley vd., 2017; Sun vd., 2024). b-STEM eğitimi, 21. yüzyılda eğitimi ilerletmek için güçlü ve etkili bir yaklaşım olarak görülmektedir (Chapidech vd., 2021; Dare vd., 2021; Guzey vd., 2014; Hoeg & Bencze, 2017; Jocius vd., 2021; Thuy vd., 2020). Bu bağlamda b-STEM eğitimi ne öğretileceğinin ve nasıl öğretileceğinin dikkate alınmasını gerektiren hem bir öğretim programı hem de bir pedagoji yaklaşımıdır (Hourigan vd., 2022; Margot & Kettler, 2019). Öğretim programı bir veya birden fazla çözümü olan ve öğrencilerden çözüm bulması beklenen gerçek dünya problemleridir. Pedagoji ise öğrencilerin STEM bileşenleri arasındaki bağlantıları kurmalarını ve 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerini sağlayan öğrenci merkezli ortamlarda öğretmenin rolüdür (Dare vd., 2021; Hourigan vd., 2022).

Öğretmenlerin b-STEM uygulamalarını etkili bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için STEM eğitimi hakkında farkındalık, STEM öğretim planı tasarlayabilme, STEM öğretim planını uygulayabilme ve STEM öğretim planını ölçme ve değerlendirebilme olmak üzere dört ana yeterliğe ve bu yeterlikler altında alt yeterliklere sahip olmaları beklenmektedir (Song, 2017; Tuy et al., 2020). Öğretmenlerin STEM eğitimi hakkında farkındalık boyutunda; STEM eğitimi kavramları, bileşenleri ve eğitime katkıları hakkında bilgi, tasarım süreci tekniklerini anlama, bilimsel araştırma süreçlerini anlama, farklı STEM konularında temel bilimsel bilgileri bilme ve b-STEM eğitimi konusunda olumlu tutuma sahip olma alt yeterliklerine sahip olmaları beklenmektedir. STEM öğretim planı tasarlayabilme boyutunda; STEM konularını yapılandırırken diğer konuların öğretmenleriyle iş birliği yapabileme, STEM öğretimi kazanımlarını/amaçlarını oluşturabilme, STEM temelli öğretim etkinliklerini seçme ve tasarlayabilme, çağdaş öğretim yaklaşımlarını kullanabilme, BİT araçları ve dijital teknolojilerden faydalanabilme, STEM aktiviteleri için öğrenme materyallerini hazırlayabilme, bu aktiviteleri desteklemek için materyalleri

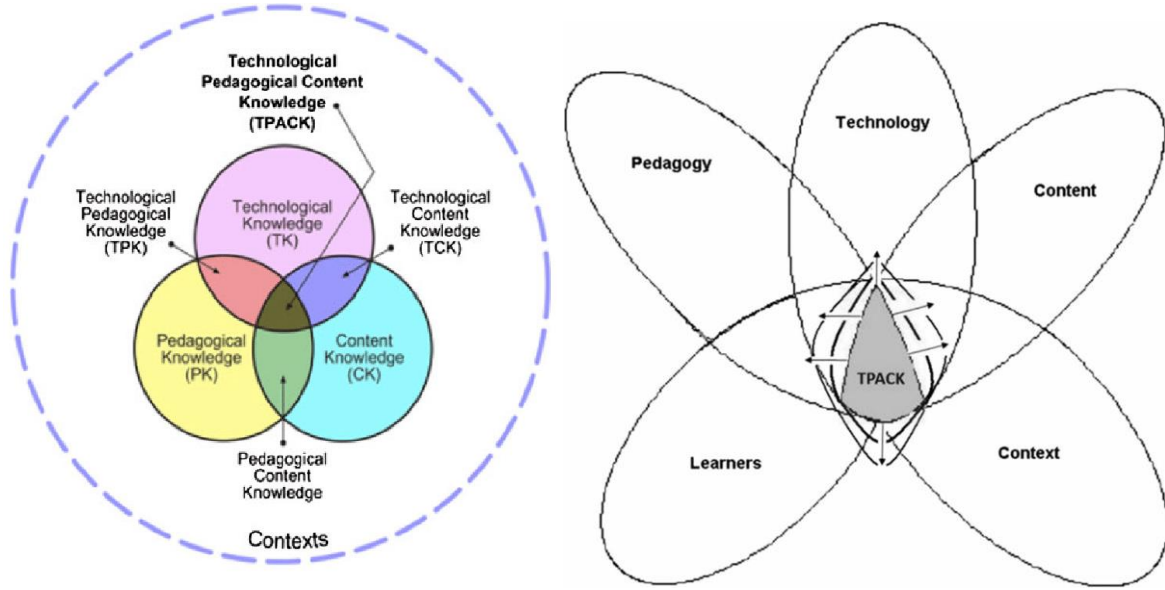
kullanabilme yeterliklerine sahip olmalıdır. STEM öğretim planını uygulayabilme boyutunda; ilgi çeken ve uygun yollarla öğrencilere görev ve sorumluluklar verebilme, STEM aktivitelerini gerçekleştirirken öğrencileri destekleyebilme, aktivitelerin etkili bir şekilde tartışılmasını ve raporlaştırılmasını organize edebilme ve STEM eğitiminde sınıf yönetimini sağlayabilme yeterliklerine sahip olmalıdır. STEM öğretim planını ölçme ve değerlendirebilme boyutunda; nesnel ölçme araçlarını seçme ve kullanabilme, aktivitelerin öncesinde, sonrasında ve gerçekleştirilme sürecinde öğrencilerin yeterlik düzeylerini ölçebilme ve öğrencilerin öğrenme kapasitelerine uygun aktiviteleri belirleyebilme yeterliklerine sahip olmalıdır.

Öz-yeterlik bireyin herhangi bir durum veya güçlük karşısında bir davranışı sergileme, gerekli etkinlikleri organize ederek gerçekleştirme, başarıya ulaşma konusunda kendine duyduğu inançtır (Bandura, 1982). b-STEM eğitiminin öğrencilerin öğrenme çıktılarını pozitif etki etmesinde öğretmenlerin öz-yeterliklerinin önemli bir rolü vardır (DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Honey vd., 2014). Öğretmenlerin b-STEM bilgisi onların öz-yeterliklerini ve öğrencilere sundukları STEM eğitiminin niteliğini doğrudan etkilemektedir (Falloon vd., 2020; Hourigan vd., 2022; Shernoff vd., 2017; Thuy vd., 2020). Ayrıca öğretmenler, b-STEM çalışmalarına dayalı olarak öğrencilerin gelecekteki kariyerlerini belirlemelerinde önemli bir rol oynamaktadır (Dare vd., 2021; M. H. Lee vd., 2019; Lyu vd., 2022; Thuy vd., 2020). Diğer bir ifadeyle STEM uygulamalarına doğrudan etki eden öğretmen öz-yeterlik düzeyleri dolaylı olarak öğrencilerin gelecekteki kariyerlerine de etki etmektedir. Ancak yapılan çalışmalar öğretmenlerin b-STEM eğitimi konusunda bilgi, uygulama özgüven ve öz-yeterliklerinin yeterli olmadığını ortaya koymuştur (DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Kang vd., 2021; Murphy vd., 2019; Sun vd., 2024; Thuy vd., 2020). Bu nedenle, STEM uygulamalarını en uygun şekilde gerçekleştirmek için öğretmenlere ve geleceğin öğretmenlerine 21. yüzyıl becerilerine uygun teknolojileri dersleriyle bütünleştirerek öğrenme ve öğretmeyi nasıl yürütmeleri gerektiği konusuna özel ilgi gösterilmeli ve yeterlikleri artırılmalıdır (Bartels vd., 2019; Farrell & Hamed, 2017; Lyu vd., 2022; Thuy vd., 2020). Öğretmen ve öğretmen adaylarına konu alanına uygun pedagoji ve teknoloji seçme ve kullanma eğitimleri sağlanarak bilgi ve becerileri artırılabilir (Chaipidech vd., 2021; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Kang vd., 2021; McDonald, 2016; Perry & MacDonald, 2015; Reimers vd., 2015). Böylece öğretmenler, konu alanına ve pedagojiye uygun teknolojileri kullanarak öğrenme etkinliklerini gerçekleştirebilme becerisine sahip olabilirler.

1.2. Teknoloji Pedagoji ve Alan Bilgisi (TPAB) ve Öğretmen Yeterlikleri

Öğretmen/öğretmen adaylarının öğretecekleri konu alanına uygun teknolojiyi ve pedagojiyi seçme ve kullanma bilgi ve becerisinin kuramsal çerçevesi Teknoloji Pedagoji ve Alan Bilgisi (TPAB) olarak adlandırılmaktadır (Aktaş & Özmen, 2020; Max vd., 2022; Mishra & Koehler, 2006; Niess, 2005; Yulisman vd., 2019). TPAB'ın karmaşık ve iç içe olan yapısından alanyazında bütünleştirilmiş ve dönüştürülmüş olmak üzere iki farklı modeli bulunmaktadır. Bu modeller Şekil 2'de verilmiştir. Her iki modelde de TPAB, teknoloji, pedagoji, konu alanı ve bunların kesişiminden oluşan farklı boyutlardan meydana gelmesine rağmen, bu boyutların bütünleştirilerek uygulamaya konulması her bir boyuttaki bilgiden daha önemlidir (Aktaş & Özmen, 2022; Angeli & Valanides, 2009; Kadioğlu-Akbulut vd., 2020; Niess, 2005; Schmid vd., 2021).

Şekil 2. Bütünleştirilmiş TPACK Modeli (Koehler & Mishra, 2009) ve Dönüştürülmüş TPACK modeli (Angeli & Valanides, 2009)



Günümüzde Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT)'nin hızla gelişmesi ve yeni neslin teknolojiyle iç içe yetişmesi öğretimde BİT kullanımını ön plana çıkarmıştır. Bu durum BİT'i öğretimde etkili kullanma becerisini öğretmenler için mesleki yeterliklerinden birisi haline getirmiştir (Joo vd., 2018; MEB, 2017; Muhaimin vd., 2019; Sheffield vd., 2015; Thohir vd., 2022). BİT'i öğretimde kullanma modelleri arasında en fazla dikkat çeken modellerden birisi de TPAB'dır (Aktaş & Özmen, 2020; H. Y. Lee vd., 2022). TPAB kuramsal çerçevesi üç nedenden dolayı hem dünyanın birçok ülkesinde hem de Türkiye'de öğretmenlerin mesleki gelişimlerini desteklemek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. İlki, TPAB kuramsal çerçevesi, öğretmenlerin teknoloji tabanlı öğrenmeyi etkili uygulayabilme becerilerini belirleme, anlama ve uygulama konusunda genel bir bakış açısı sunmaktadır (Farrell & Hamed, 2017; Koehler & Mishra, 2009; Zhang & Chen, 2022). İkincisi, diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de teknolojinin eğitimle bütünleştirilmesi için Milli Eğitim Bakanlığı ve YÖK çeşitli projeler gerçekleştirerek büyük çabalar harcamaktadır (Aktaş vd., 2014; Aktaş & Özmen, 2020, 2022). Üçüncüsü, TPAB teknolojiyi dijital teknolojilerle sınırlı tutmayı ve konu alanı ve pedagojiye uygun her türlü teknoloji seçimine vurgu yapmaktadır (Koehler & Mishra, 2009). Bu, öğretmenlere kullanılacak teknolojiyi okullarındaki ihtiyaçlara ve teknolojik altyapıya göre düzenleyebilme imkanı sağlamaktadır. TPAB yeterliği yüksek olan öğretmenler derslerini öğrenciler için daha anlamlı hale getirmektedir (Aktaş & Özmen, 2022; Cheah vd., 2019; Dalal vd., 2017; Irmak & Yılmaz-Tüzün, 2019; Jen vd., 2016; Zhang & Chen, 2022). TPAB yeterliğine sahip olan öğretmenler, öğrencilerin bilgiye ulaşmasını, bilgiyi yapılandırmasını, araştırmaya yönelmesini, problem çözmelerini, teknolojiyi kullanarak iş birliği yapmalarını ve kullanılan öğretim yöntemleriyle aynı derse karşı farklı bakış açısı kazanmalarını kolaylaştırmaktadır (Aktaş & Özmen, 2022; Sailer vd., 2021; Smith & Zekowski, 2022). TPAB, öğretmenlerin teknolojiyi derslerine entegre etmek için neleri bilmesi gerektiğini düşünmek, analiz etmek ve değerlendirmek için faydalı bir kavramsal çerçevedir (Koehler vd., 2014; H. Y. Lee vd., 2022).

1.3. TPAB Kuramsal Çerçevesinde STEM

STEM ve TPAB, teknolojiyi ve öğretmen mesleki yeterliklerinden bazılarını ortak unsur olarak kullanmaktadır (Chai vd., 2019; Chai, Rahmawati, vd., 2020; English, 2017; Kang vd., 2021; Mansour

vd., 2024). STEM eğitimi, mühendislik zorluklarını çözmek için konu alanı bilgisiyle teknolojiyi bütünleştirme üzerine vurgu yaparken, TPAB daha özel olarak öğretmenlerin konu alanının öğretimiyle teknolojiyi bütünleştirme konusundaki bilgilerini ele almaktadır. Bununla birlikte hem STEM eğitimi hem de TPAB alanyazını 21. yüzyıl öğreniminin önemini vurgulamaktadır (Chai, 2019; Chai vd., 2019; Milner-Bolotin, 2018). STEM eğitimi, iş birlikli öğrenme, kendi kendine öğrenme, problem çözme ve yaratıcı düşünmeye teşvik etmektedir (Cavlazoglu & Stuessy, 2017; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Mansour vd., 2024; Parker vd., 2015). Diğer taraftan, BİT alanındaki yeterlikler 21. yüzyıl öğrenme reformlarının çoğu için ortak unsurdur ve problem çözmeyi ve yaratıcı düşünmeyi kolaylaştırır (Chaipidech vd., 2021; Voogt & Roblin, 2012). Paylaştıkları ortak unsurlar ve hedefledikleri pedagojik amaçlar dikkate alındığında TPAB'ın, STEM eğitimi için önemli bir tamamlayıcı olabileceği görülmektedir (Chai vd., 2019; Milner-Bolotin, 2018; Parker vd., 2015). STEM ve TPAB'ın bütünleştirilmesinin, öğrencilerin bilgiyi yapılandırmasında pedagojik yöntemlerin kullanılması ve ders planlarının hazırlanmasını da içeren öğretmen yeterliklerinin artırılmasına yardım edeceği düşünülmektedir (Chai, 2019; Chai, Jong, vd., 2020; Chaipidech vd., 2021; Kang vd., 2021).

Son yıllarda TPAB kuramsal çerçevesiyle STEM eğitimini bütünleştirmeye yönelik çalışmalar artmaktadır (Chai vd., 2019; Chai, Jong, vd., 2020; Chaipidech vd., 2021; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Evans & Nino, 2015; Kang vd., 2021; Kaplon-Schilis & Lyublinskaya, 2020; Meletiou-Mavrotheris & Prodromou, 2016; Miller, 2018; Ng & Fergusson, 2019; Novak & Wisdom, 2018; Quigley & Herro, 2016; Strawhacker vd., 2018). Bazı araştırmacılar fen ve matematik eğitimi gibi alanlarda STEM çalışmalarında öğretmen yeterliklerini geliştirmek için TPAB kuramsal çerçevesini kullanmıştır (Chai, 2019; Miller, 2018; Novak & Wisdom, 2018; Parker vd., 2015; Strawhacker vd., 2018; Yıldırım & Sidekli, 2018). Bazıları öğretmenlerin veya öğrencilerin STEM uygulama süreçleri hakkındaki görüşlerini, başarılarını ve karşılaştıkları zorlukları TPAB çerçevesinde incelemiştir (DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Kang vd., 2021; Zulirfan vd., 2020). Bazıları STEM-TPAB ölçekleri geliştirmiş (Chai vd., 2019; Yıldırım & Şahin-Topalcengiz, 2019), bazıları ise öğretmenlerin TPAB ve STEM becerilerinin gelişim sürecine odaklanmıştır (Chai, Rahmawati, vd., 2020; Chaipidech vd., 2021; Jocius vd., 2021; Quigley & Herro, 2016). Bu çalışmalar henüz erken aşamada olmakla birlikte öğretmen ve öğretmen adaylarının TPAB çerçevesinde STEM eğitimi uygulama yeterliklerini artırmak amacıyla mesleki gelişim kurs içeriklerinin geliştirilmesi gerektiği üzerine vurgu yapmaktadır (Chai, Jong, vd., 2020; Chaipidech vd., 2021; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Kang vd., 2021; Zulirfan vd., 2020).

Öğretmen ve öğretmen adayları için mesleki gelişim kurs içerikleri geliştirmek için öncelikle onların mevcut bilgi durumlarının ve ihtiyaçlarının belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla Chai vd. (2019) TPACK kuramsal çerçevesinde STEM bileşenlerini dikkate alarak STEM-TPACK öz-yeterlik ölçeği geliştirmiştir. STEM bileşenlerinden olan fen, matematik ve mühendislik uygulama alanlarının doğası gereği farklı teknolojilerin ve pedagojik yaklaşımların kullanılmasını gerektirmesi nedeniyle bu alanlar ölçeğin ilk üç faktörünü oluşturmuştur. Bu üç faktörü bütünleştirebilme yeterliği ise dördüncü faktör olan b-STEM'i oluşturmuştur. Teknoloji Pedagoji Fen Bilgisi (TPFB), teknolojinin fen alanında bilginin sentezlenmesi ve organize edilmesine yönelik sorgulama temelli araştırmalarda kullanılmasını içerir. Teknoloji Pedagoji Matematik Bilgisi (TPMB), teknolojinin matematik alanında bilgiyi toplama, hesaplamalar yapma ve modeller oluşturma sürecinde kullanımını içerir. Teknoloji Pedagoji Mühendislik Bilgisi (TPMühB), teknolojinin mühendislik alanında bilgisayar tabanlı araçlarla tasarımların oluşturulması, problemlerin ve çözümlerin sunumunda kullanımını içerir. b-STEM ise öğretmenlerin bu üç alanı bütünleştirebilme yeterliklerini içerir.

Türkiye'de teknolojiyi eğitimle bütünleştirmek amacıyla hem STEM eğitimi (Durak vd., 2021; Ormancı, 2020; Yılmaz vd., 2018) hem de TPAB uygulamaları (Akteş & Özmen, 2020, 2022; Baran vd.,

2019; Baran & Canbazoglu-Bilici, 2015; Irmak & Yilmaz-Tüzün, 2019; Kadioğlu-Akbulut vd., 2020) öğretmen eğitimi başta olmak üzere eğitimin her kademesinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla öğretmen ve öğretmen adaylarının teknolojiyi dersleriyle bütünleştirme yeterliklerini artırmaya odaklanmıştır (Aktaş & Özmen, 2020, 2022; Baran vd., 2019; Durak vd., 2021; Irmak & Yilmaz-Tüzün, 2019; Kadioğlu-Akbulut vd., 2020; Ormancı, 2020; Yilmaz vd., 2018). Ancak STEM eğitimini TPAB kavramsal çerçevesinde inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır.

STEM uygulamalarının başarısı, öğretmenlerin teknoloji tabanlı öğrenme etkinliklerini gerçekleştirme öz-yeterliklerinin artırılmasıyla mümkündür. Öğretmenlerin öğrenmeyi gerçekleştirme yeterliklerinin geliştirilmesine ise TPAB bilgilerinin analiz edilmesi ile başlanmalıdır. Böylece öğretmen ve öğretmen adaylarının STEM-TPAB öz-yeterlik durumları hakkında ilk bilgiler elde edilir. Bu bilgiler ışığında onların yeterliklerini artırmaya yönelik mesleki gelişim kurs içerikleri ve destek eğitimleri geliştirilebilir. Ancak, Türkiye’de ve uluslararası alan yazında TPAB kuramsal çerçevesinde STEM eğitimi bilgileri yenidir ve özellikle STEM-TPAB ölçekleri oldukça sınırlıdır (Chai vd., 2019; Yıldırım & Şahin-Topalcengiz, 2019). Bu noktada geçerli ve güvenilir bir STEM-TPAB ölçeği öğretmen/öğretmen adaylarının öz-yeterliklerini belirlemede, onların TPAB kuramsal çerçevesinde STEM derslerini yürütmek için ihtiyaçlarını belirlemede, bu ihtiyaçları gidermek için mesleki gelişim kurslarının içeriğini oluşturmada, çoklu bilgi formlarını desteklemek amacıyla mesleki gelişim kurslarının çıktılarını ölçme ve karşılaştırmalar yapmada araştırmacılara yardım edecektir. Bu çalışma ile Chai vd. (2019) tarafından geliştirilen STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin Türkçeye uyarlama çalışması yapılarak Türk alan yazınına kazandırılması amaçlanmaktadır.

2. Yöntem

2.1. Çalışma Grubu

STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin uyarlama sürecinde geçerlik ve güvenilirlik çalışmasına beş farklı örneklem grubu katılmıştır. Çalışmada 14 akademisyen ve Türkiye’de farklı üniversitelerin fen, matematik, sınıf, İngilizce ve bilgisayar ve öğretim teknolojileri öğretmenliği bölümlerinden 523 (419 kadın, 104 erkek) öğretmen adayı olmak üzere toplam 537 katılımcı yer almıştır. Katılımcıların özellikleri Tablo 1’de, üniversite, bölüm ve cinsiyet özelliklerine ait detaylı özellikleri Ek 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların Özellikleri

Aşamalar	Çalışma Grubu	Bölüm					Cinsiyet		Toplam
		Fen	Mat.	Sınıf	BÖTE	İng.	Kadın	Erkek	
Dilsel eşdeğerlik	ÇG-1	5	4	-	5	-	4	10	14*
Dilsel eşdeğerlik	ÇG-2	-	-	-	-	32	27	5	32
Pilot	ÇG-3	14	13	15	5	-	30	17	47
AFA	ÇG-4	47	59	46	-	-	125	27	152
DFA	ÇG-5	78	132	82	-	-	237	55	292
Toplam		144	208	143	10	32	423	114	537

*Akademisyen, “AFA: Açıklayıcı Faktör Analizi”, “DFA: Doğrulayıcı Faktör Analizi”.

Çalışma dilsel eşdeğerlik, pilot uygulama, AFA ve DFA aşamalarına yönelik beş farklı katılımcı grubu ile gerçekleştirilmiştir. Çeviri ve dilsel eşdeğerlik çalışmalarının yapıldığı ilk aşamaya fen, matematik ve BÖTE eğitimi alanında uzman 14 akademisyen (dört kadın, 10 erkek) katılmıştır. Daha sonra dilsel eşdeğerliğin tutarlılığı için 32 İngilizce öğretmen adayı (27 kadın, beş erkek) ile çalışılmıştır.

Çeviri maddelerinde ifade edilen anlamın öğretmen adayları tarafından anlaşılabilirliğini test etmek ve madde-toplam korelasyonlarını analiz etmek amacıyla pilot uygulama olarak 47 öğretmen adayı (30 kadın, 17 erkek) ile çalışılmıştır. AFA ve iç tutarlık çalışmaları 152 (125 kadın, 27 erkek), DFA çalışmaları ise 292 (237 kadın, 55 erkek) öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Böylece uygun örnekleme yöntemine göre gönüllü katılımın sağlandığı 14 uzman ve 523 öğretmen adayı çalışmanın katılımcılarını oluşturmuştur. Bu çalışmada örneklem sayısını artırarak toplanan verilerin güvenilir olmasını sağlamak amacıyla uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Uygun örnekleme yöntemi çalışmada toplanan verilerin güvenilirliğini artırmak amacıyla kolay ulaşılabilir örneklerle çalışıldığında tercih edilir (Canbazoglu-Bilici, 2019; Fraenkel vd., 2012). Bulguların genellenebilirliğini artırmak amacıyla Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara olmak üzere Türkiye'nin farklı bölgelerinden dokuz farklı üniversitenin eğitim fakültesinden katılımcılarla çalışılmıştır. Öğretmen adaylarının sahip oldukları doğru bilgilerini yansıtabilmeleri için gönüllü katılımın esas olduğu vurgulanmış ve etik kurallara uygun olarak verilerin gizliliğinin sağlanacağı üzerinde durulmuştur. Türkiye'de öğretmen yetiştirme kurumlarında adaylar ilk iki yılında alan, pedagoji ve teknoloji bilgilerini geliştirmeye yönelik çeşitli dersleri ayrı ayrı almaktadır. Son iki yılda ise bu dersleri çeşitli öğretim yöntemleri derslerinde (fen öğretimi, matematik öğretimi gibi) bütünleşik olarak almaktadır. Türkiye'de Milli Eğitim Bakanlığı (MEB, 2018) öğretim programlarında STEM uygulamaları ve öğretimde teknoloji kullanımına yer verilmesi nedeniyle öğretmen yetiştirme programlarının öğretim yöntemleri ve bazı seçmeli derslerinde STEM ve TPAB uygulamalarına yer verilmektedir. Bu eğitimleri almış olmaları nedeniyle çalışmanın katılımcılarını sadece son sınıf öğretmen adayları oluşturmuştur. Çalışmada STEM kavramının bileşenlerine hitap eden branşlar olması nedeniyle fen, matematik ve BÖTE öğretmen adayları, STEM kavramının öğretim programına dahil edildiği ilk eğitim kademesi olması nedeniyle de sınıf öğretmen adayları tercih edilmiştir. İngilizce öğretmen adayları ise dilsel eş değeri sağlamak amacıyla katılımcılara dahil edilmiştir.

2.2. Veri Toplama Aracı: STEM-TPAB Öz-Yeterlik Ölçeği

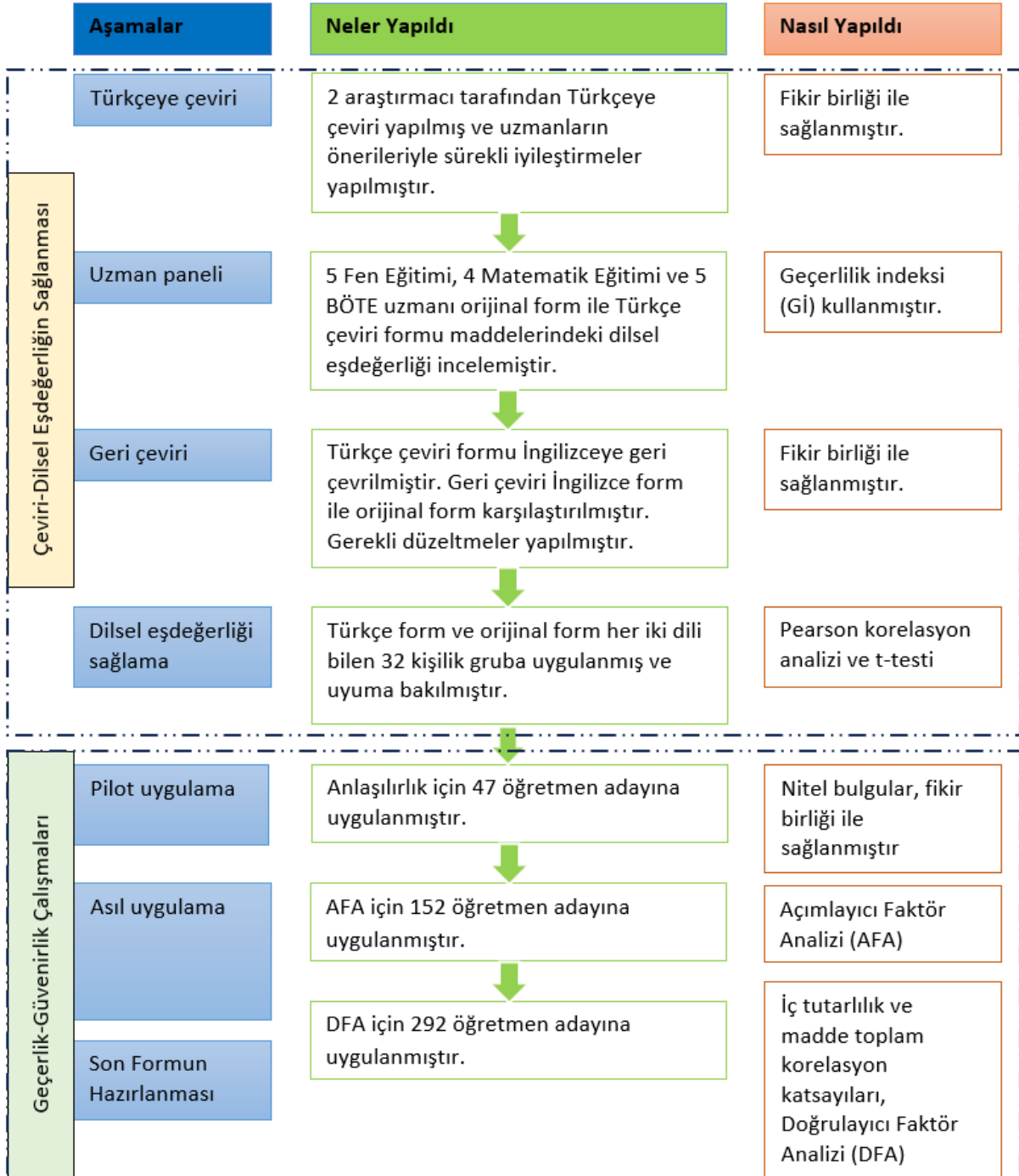
Ölçeğin orijinal dili İngilizce olup, Chai vd. (2019) tarafından, Çin'de öğretmen ve öğretmen adaylarına uygulanıp güvenilirlik ve geçerlik çalışmaları yapılarak geliştirilmiştir. Öğretmen ve öğretmen adaylarının TPAB çerçevesinde STEM öz-yeterliklerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Ölçek; TPFB, TPMB, TPMühB ve b-STEM olmak üzere dört alt-boyuttan oluşmaktadır. Chai vd. (2019) tarafından güvenilirlik ve geçerlik çalışması yapılan ölçeğin son hali 17 maddeden oluşmaktadır. Ancak bu çalışmada ölçeğin geliştiricilerinden olan Chai, C.S. ile iletişime geçilerek orijinal ölçeğin analiz öncesindeki son hali olan 24 maddelik formu elde edilmiştir. Chai vd. (2019) tarafından ölçek geliştirme sürecinin STEM öğretmenleri olmak üzere tek branştan öğretmenlerle gerçekleştirilmesi ve eğitim süreçlerinin başında olmaları nedeniyle ilgili çalışmada bazı maddelerin faktör yük değerleri yeterli olmadığı için ölçekten çıkarılmıştır. Bu çalışmada fen, matematik ve sınıf öğretmen adaylarıyla ölçeğinin geçerlik ve güvenilirlik çalışmasının yapılması amaçlandığından STEM-TPAB ölçeğinin uyarlama süreci 24 maddelik form üzerinden gerçekleştirilmiştir. 24 maddeden oluşan ölçek altılı Likert tipinde "Kesinlikle katılıyorum" ve "Kesinlikle katılmıyorum" arasında derecelendirilmiştir. Ölçek olumsuz madde içermemektedir. Ölçek formunda yer alan maddelerin Türkçe ve İngilizce versiyonları Ek 2'de verilmiştir.

2.3. Uyarlama Süreci

STEM-TPAB Öz-Yeterlik Ölçeğinin Türkçeye uyarlama çalışması için öncelikle ölçeğin geliştiricilerinden olan Chai, C.S. ile iletişime geçilerek uyarlanma için izin alınmıştır. Daha sonra Türkiye'de etik kurul izni alınarak gönüllü katılımcılarla süreç başlatılmıştır. Ölçek, Google formlar ile

online form haline dönüştürülmüş ve sınıf ortamında öğretmen adaylarıyla form linki paylaşarak yüz yüze doldurtulmuştur. Geri çeviri tekniği ile gerçekleştirilen uyarlama sürecinde takip edilen aşamalar ve bu aşamalarda neler yapıldığı Şekil 3'te özetlenmiştir (Hair vd., 2010; Seçer, 2018; Şeker & Gençdoğan, 2014).

Şekil 3. Uyarlama Süreci Akış Şeması



Uyarlama çalışması çeviri-dilsel eşdeğerliğin sağlanması ve geçerlik-güvenirlik çalışmaları olmak üzere iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Çeviri-Dilsel Eşdeğerliğin Sağlanması

Orijinal ölçek öncelikle iyi derecede İngilizce bilen iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı Türkçeye çevrilmiştir. Formlar birleştirilerek bir İngilizce öğretmeni, bir matematik eğitimi ve bir Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi (BÖTE) alanında çalışan üç uzmanın görüşleriyle sürekli iyileştirmeler yapılarak fikir birliğinin sağlanması sonucu ilk Türkçe formu hazırlanmıştır. Daha sonra Türkçe ve İngilizce formunun dilsel eşdeğerliğinin sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek amacıyla iyi derecede İngilizce bilen eğitim uzmanı 14 akademisyen (beş fen eğitimi, dört matematik eğitimi ve beş BÖTE) tarafından İngilizce orijinal form ile Türkçe çeviri formu karşılaştırmalı olarak incelenerek uyumluluk derecesi puanlanmış ve iyileştirmeye yönelik öneriler alınmıştır. Puanlamaların geçerlik indeksi hesaplanmış ve önerilere yönelik ölçek maddelerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Uzmanların “Uygun ancak küçük değişiklikler gerekir” şeklindeki açıklamaları dikkate alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Bu bağlamda uzmanların görüşleri doğrultusunda ölçeğin tamamında bütünlük sağlanarak önerilen düzeltmeler gerçekleştirilmiştir. “Maddenin uygun şekle getirilmesi gerekir” görüşünde olan uzmanların önerileri dikkate alınarak düzeltmeler yapılmıştır. Örneğin TPMB1 (7. madde) ifadesinde yer alan "representation" kelimesinde kastedilen anlamın “matematiksel sunum” yapmak olmadığı, bir ilişkinin matematiksel olarak temsili ($F=m*a$) (Uzman 4) veya grafiksel temsili anlamı taşıdığından “matematiksel temsil” ifadesinin daha doğru olacağı (Uzman 9) önerileri dikkate alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Uzman görüşlerinden sonra 30 yılın üzerinde İngilizce öğretimi ve çevirmenliği deneyimine sahip bir uzman tarafından Türkçe form İngilizceye geri çevrilmiştir. Orijinal İngilizce form ile geri çeviri İngilizce formu araştırmacılar tarafından karşılaştırılmış ve ihtiyaç duyulan maddelerde düzeltmeler yapılmıştır. Ayrıca orijinal İngilizce form ve Türkçe form arasındaki tutarlılığı test etmek amacıyla ölçek 32 İngilizce öğretmen adayına yaklaşık beş haftalık aralıkla uygulanmıştır. Formlar arasındaki uyumluluk her bir madde için Pearson korelasyon analizi ve t-testi yapılarak incelenmiştir. Analiz sonuçları dikkate alındığında her iki formun yeteri kadar birbirine benzediği ve anlaşılır olduğu kanaatine varılmasıyla Türkçe form için güvenilirlik ve geçerlik uygulamalarına başlanmıştır.

2.3.2. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarının ilk aşaması olarak hedef kitle tarafından maddelerin anlaşılabilirliğini test etmek ve madde-toplam korelasyonlarını ortaya koymak amacıyla ölçek 47 öğretmen adayına uygulanmış ve her maddenin anlaşılabilirliği için öğretmen adaylarından görüş alınmıştır. Elde edilen verilerin iç tutarlılık ve madde toplam korelasyon katsayıları incelenmiştir. Ayrıca açık uçlu açıklamalardan yola çıkarak TPFB4 maddesinde “authentic research” ifadesinde düzeltme yapılarak Türkçe forma son hali verilmiştir. Böylece maddelerin anlaşılır olduğu görüldüğünden faktör analizlerinin yapılacağı asıl uygulama aşamasına geçilmiştir.

Ölçek 152 öğretmen adayına uygulanarak yapı geçerliliği çalışması açımlayıcı faktör analizi (AFA) ile test edilmiştir. Faktör analizi çalışmaları için öncelikle verilerin normalliği varsayımı kontrol edilmiştir. Daha sonra doğrudan eğik döndürme (“Direct Oblimin rotation”) ile temel eksenler faktörleştirmesi (“principal axis factoring”) yöntemiyle AFA yapılmıştır. Öz değer (Eigen value) 1’den büyük olan faktörler seçilmiş ve faktör yük değeri için 0.30 kesme noktası olarak ayarlanmıştır. Ortalama açıklanan varyans (“The average variance extracted [AVE]”), yapı güvenirliliği (“Composite reliability [CR]”) ve Cronbach’s Alpha güvenirlilikleri hesaplanmıştır. Yapı geçerliği sağlandıktan sonra ölçek 292 öğretmen adayına uygulanarak doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmış ve uyum iyiliği indekslerinin yeterlik düzeyleri incelenmiştir.

2.4. Etik ile İlgili Hususlar

Çalışmada uyarlaması yapılacak olan ölçek için ölçek yazarlarından gerekli izin e-posta yoluyla alınmıştır. Çalışmanın katılımcıları gönüllülük esasına göre seçilmiştir. Çalışmaya ait etik kurul belgesi Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulundan 22.10.2021 tarih ve E-81614018-000-882 sayılı belge ile alınmıştır.

3. Bulgular

3.1. Dilsel Eşdeğerliğe Ait Bulgular

STEM-TPAB öz yeterlik ölçeğinin Türkçeye uyarlama sürecinde orijinal ölçek ile Türkçeye çevrilen ilk halinin dilsel eşdeğerliği 14 akademisyenden oluşan uzman grubunun görüşleri alınarak ve her iki dili bilen 32 İngilizce öğretmen adayına uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Uzman grubu görüşlerine göre dilsel eşdeğerlik geçerliği her bir madde için “uygun” ve “uygun ancak küçük değişiklikler gerekir” şeklinde görüş bildiren uzmanların sayısının toplam uzman sayısındaki yüzdesiyle elde edilen Geçerlik İndeksi (Gİ) ile sağlanmıştır (Davis, 1992). Her bir maddeye ait Gİ’ler incelendiğinde (Ek 3) değerlerin 0,70’in üzerinde olması nedeniyle uzman görüşlerine göre dilsel eşdeğerliğin sağlandığı söylenebilir (Esin, 2014). İngilizce öğretmen adaylarına uygulanan ölçeğin orijinal formu ve Türkçe formu arasında dilsel eşdeğerliği her bir madde için Pearson korelasyon analizi ve ilişkili t-testi ile kontrol edilmiştir. İki form arasında her bir madde için korelasyon katsayısı 0,61 ile 0,98 arasında değişen anlamlı bir ilişkinin olması ($p < 0,05$) ve her bir madde için iki form puanları arasında anlamlı bir farkın olmaması ($p > 0,05$) dilsel eşdeğerliğin ve tutarlılığın sağlandığını göstermiştir (Ek 4).

3.2. Pilot Uygulama Bulguları

Ölçek maddelerinde araştırmacılar tarafından kastedilen anlamın öğretmen adayları tarafından anlaşılır olup olmadığını ve madde-toplam korelasyonlarını tespit etmek amacıyla ölçek 47 katılımcıdan oluşan bir gruba pilot uygulama olarak uygulanmıştır. Bu uygulamada adaylardan anlaşılmayan hususları belirtmeleri istenmiştir. Elde edilen veriler madde toplam korelasyonlarının, ilk madde hariç, 0,39 ile 0,82 arasında değiştiğini göstermiştir (Ek 5). İlk maddede bu değer düşük olsa da (0,22) kabul edilebilir ($> 0,20$) aralıktadır (Büyüköztürk, 2016). İç tutarlılık katsayıları TPFB için 0,78, TPMB için 0,83, TPMühB için 0,86, b-STEM için 0,95 ve ölçeğin tamamı için 0,93 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler maddelerin birbiriyle ve toplam ölçekle yeterli derecede ilişkili olduğunu ve benzer özellikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca nitel bulgular maddelerin adaylar tarafından anlaşılır olduğunu ortaya koymuştur. Pilot uygulama sürecinde her bir maddenin altında öğretmen adaylarına yönlendirilen “Madde yeterince açık mı? Anlaşıyor mu? Sizi rahatsız eden bir ifade var mı? Belirtmek istediğiniz hususları açıklayınız?” sorusuna adaylar “Anladım”, “Beni rahatsız eden bir ifade yok” “Yapabilirim” gibi cevaplar vermiştir.

3.3. Açımlayıcı Faktör Analizi Sonuçları

STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin faktör yapısını ortaya koymak ve yapı geçerliğini tespit etmek amacıyla AFA yapılmıştır. Bu süreçte temel bileşenler (“principal components”) ve doğrudan eğik döndürme (“direct oblimin”) yöntemleri tercih edilmiştir. Bunlar temel bileşenler yönteminin en sık ve kolay kullanılan yöntem olması, doğrudan eğik döndürme yönteminin ise faktörler arası ilişki olduğunun düşünülmesi nedeniyle kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2011). Öncelikle örneklem büyüklüğünün AFA için yeterliliğini ortaya koymak amacıyla Kaise-Mayer-Olkin (KMO) örneklem

yeterliği değeri incelenmiş ve 0,910 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,50'nin üzerinde olduğundan yeterli görülmektedir (Field, 2009). Bununla birlikte Barlett testi sonuçları $\chi^2(276)= 2617,850$; $p<0,05$ olarak bulunmuş olup bu değer maddeler arası korelasyonların AFA için yeterli büyüklükte olduğunu göstermektedir.

AFA sonucunda 24 maddeden oluşan STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin dört alt boyutlu (faktörlü) bir yapıdan oluştuğu ve bu dört faktörün toplam varyansın %67,14'ünü açıkladığı tespit edilmiştir. Buna göre STEM-TPAB ölçeğinin geçerli özellik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca alt boyutlardan b-STEM varyansın %44,92'sini, TPMB %9,97'sini, TPMühB %7,28'ini ve TPFB %4,94'ünü açıklamaktadır. Tablo 2'de maddelerin faktörlere dağılımı ve faktör yük değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Maddelerin Faktörlere Dağılımı ve Faktör Yük Değerleri

Maddeler	b-STEM	TPMB	TPMühB	TPFB	X (SS)	α	AVE	CR
TPFB1				0,676	4,58 (0,80)	0,86	0,51	0,86
TPFB2				0,722				
TPFB3				0,800				
TPFB4				0,647				
TPFB5				0,616				
TPFB6				0,723				
TPMB1		0,675			4,56 (0,79)	0,87	0,53	0,87
TPMB2		0,678						
TPMB3		0,730						
TPMB4		0,767						
TPMB5		0,774						
TPMB6		0,754						
TPMühB1			0,516		3,85 (1,00)	0,89	0,55	0,89
TPMühB2			0,488					
TPMühB3			0,780					
TPMühB4			0,887					
TPMühB5			0,850					
TPMühB6			0,484					
TPMühB7	0,369		0,520					
b-TEM1	0,818				3,95 (1,23)	0,95	0,79	0,95
b-STEM2	0,862							
b-STEM3	0,820							
b-STEM4	0,866							
b-STEM5	0,826							
Öz değer	10,782	2,393	1,751	1,187				
Açıkladığı varyans	44,92	9,97	7,28	4,94				
Açıklanan Toplam Varyans				67,14				

Faktör yükleri değerlendirildiğinde en düşük faktör yükü 0,484 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla 0,40 ve üzeri ideal olarak kabul edildiği için (Field, 2009) maddelerin faktörlere önemli katkı yaptıkları değerlendirilmiştir. Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayıları b-STEM için 0,95, TPMühB için

0,89, TPMB için 0,87, TPFB için 0,86 ve ölçeğin tamamı için 0,95 olarak hesaplanmıştır. Yapı güvenirliğini gösteren CR değerleri 0,86 ile 0,95 arasında değişmektedir. CR değerlerinin 0,70'den büyük olması yapı güvenirliği için yeterli kabul edilmektedir (Fornell & Larcker, 1981). Her bir yapının ayırt edici geçerliğini ortaya koyan AVE değerleri 0,51 ile 0,79 arasında değişmektedir. Bu değerlerin 0,50'den büyük olması yapı ayırt ediciliği geçerliği için yeterli kabul edilmektedir (Fornell & Larcker, 1981). Bu değerler ölçeğin faktör yapısının, iç tutarlılığının ve ayırt edici geçerliğinin yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

Ölçeğin geçerliğiyle ilgili daha fazla kanıt ortaya koymak amacıyla ayırma geçerliği indeksleri incelenmiştir. Faktörler arasındaki korelasyonlara ait korelasyon matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ayırma Geçerliği

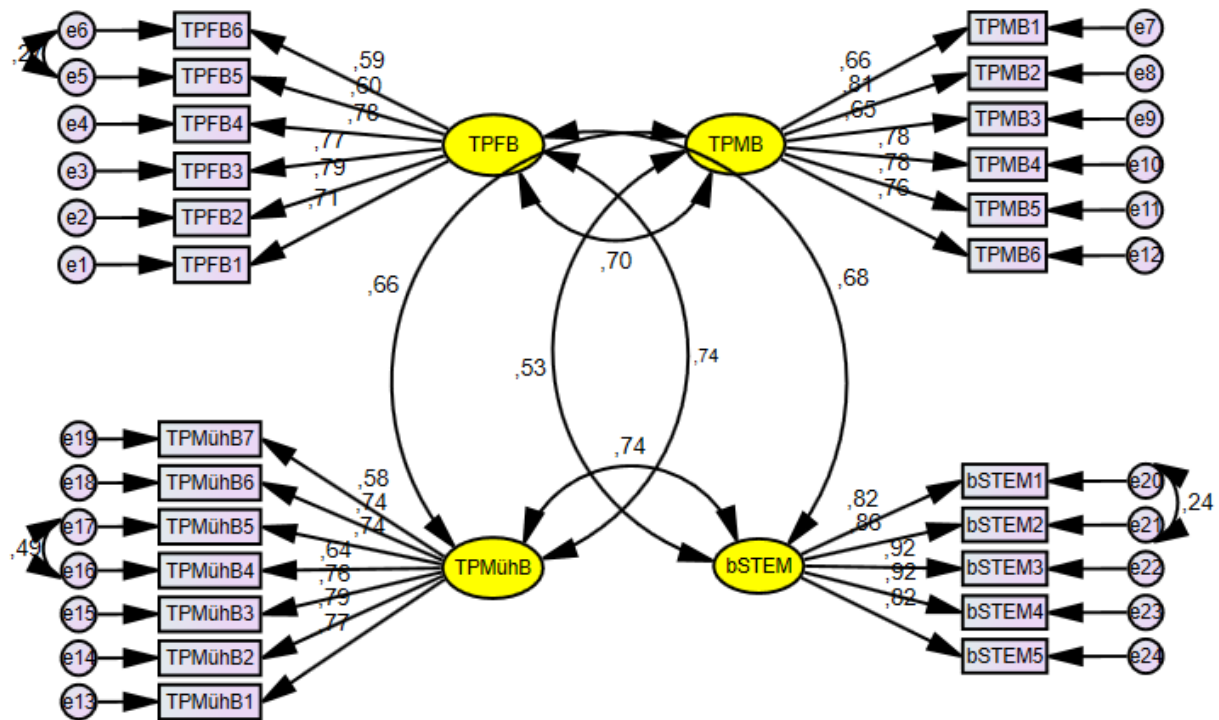
	TPFB	TPMühB	b-STEM	TPMB
TPFB	0,715			
TPMühB	0,705	0,730		
b-STEM	0,676	0,722	0,872	
TPMB	0,711	0,646	0,525	0,744

Kalın yazılan değerler her faktörün AVE'sinin kareköküdür. AVE'sinin karekökü her faktör için bu faktörün diğer faktörlerle korelasyonundan daha büyük olduğundan yeterli ayırma geçerliğine sahip olduğu söylenebilir.

3.4. Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları

Oluşan yapının doğruluğu hakkında daha güçlü kanıtlar sunmak amacıyla 292 katılımcının verileri ile doğrulayıcı faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan DFA'ya ait yol şeması Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. DFA Yol Şeması



Elde edilen uyum indeksleri $\chi^2 = 501,596$, $df = 243$, $\chi^2/df = 2,064$, $p < ,001$, $GFI = 0,88$; $CFI = 0,94$, $NFI = 0,90$, $TLI = 0,94$, $RMSEA = 0,060$, $SRMR = 0,063$ olarak bulunmuştur. Bu indeksler dikkate alındığında modelin kabul edilebilir olduğu söylenebilir, $\chi^2/df < 3$, $p < 0,05$, $GFI > 0,85$, CFI , NFI , $TLI > 0,90$, $RMSEA < 0,08$ (Hair vd., 2010).

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin Türkçeye uyarlamasını yaparak STEM'e TPAB çerçevesinde pedagojik yaklaşım getiren ilk ölçeklerden olma konusunda Türk alan yazınına katkı sunmaktadır. AFA, DFA, ayırt edici indeksleri ve Cronbach's Alpha güvenirlik katsayıları ölçeğin Türkçeye geçerli ve güvenilir bir şekilde uyarlandığını ortaya koymaktadır. Bu ölçek öğretmen/öğretmen adaylarının b-STEM eğitimi gerçekleştirme konusunda öz-yeterliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Öğretmenlerin öz-yeterlikleri onların motivasyonları, çabaları ve yeniliğe adım atma konusundaki dayanıklılıklarından etkilenmektedir (Chai vd., 2019; Deehan vd., 2017; Yıldız Durak vd., 2023). Bu nedenle yenilik ve girişimcilik temelinde şekillenen b-STEM eğitiminde öğretmenlerin öz-yeterliği büyük bir öneme sahiptir (English, 2017; Hourigan vd., 2022; Takeuchi vd., 2020). Ayrıca bu çalışma TPAB çerçevesini tek konu alanından çıkarıp STEM eğitimi ile disiplinler arası ele alma noktasında genişlettiğinden önemlidir (Chai vd., 2019; Mansour vd., 2024).

Bu çalışma ile STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeğinin TPFB, TPMB, TPMühB ve b-STEM boyutlarından oluştuğu ve orijinal yapının Türk kültüründe de korunduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bu boyutlar birbiriyle anlamlı derecede ilişkili ve yeterince ayırt edicidir. Bu durumun muhtemel iki nedeni vardır. İlki fen, matematik ve mühendislik konu alanları doğaları gereği farklı teknolojilerin ve pedagojilerin kullanılmasını gerektirmektedir (Aktaş & Özmen, 2020, 2022; Koehler & Mishra, 2009; Niess, 2005). Bu, ölçekte dört boyutun meydana gelmesine neden olmuş olabilir. Ayrıca bu dört boyut b-STEM'in ana bileşenleri olması ve uluslararası alanda benzer şekillerde uygulanması nedeniyle diğer ülkelerde olduğu gibi (Chai et al., 2019) Türk kültüründe de bu yapı korunmuştur. İkincisi çalışmanın örneklemini oluşturan fen, matematik ve sınıf öğretmenlerinin belli alanlardaki yeterliklerinin yüksek olması boyutlardaki ayırt ediciliğin yeterli düzeyde olmasının nedeni olabilir. Diğer taraftan her ne kadar b-STEM dört bileşenden oluşsa da b-STEM eğitimi bu bileşenlerin bütünlleştirilerek kullanılmasını gerektirmektedir (Hourigan vd., 2022; Shernoff vd., 2017). Bu, bileşenler arasında anlamlı derecede ilişkinin tespit edilmesinin nedeni olabilir. b-STEM kavramı çok boyutlu olduğundan STEM eğitimi uygulayacak öğretmenlerin tüm alanlarda yeterli olmalarını sağlamak için tüm boyutların incelenmesi gerekir. 21. yüzyılda fen öğretiminde teknolojiyi uygun bir şekilde kullanan bir öğretmen/öğretmen adayını teknolojiyi matematik veya mühendislik öğretiminde kullanabilmek için bir eğitime ihtiyaç duyabilir (Chai vd., 2019; Sun vd., 2024; Yıldız Durak vd., 2023). Çünkü teknolojiyi öğrenme öğretme amacıyla kullanmak karmaşık ve zor bir iştir (Aktaş & Özmen, 2020, 2022; Chai vd., 2019; Koehler & Mishra, 2009; Niess, 2005; Parker vd., 2015). Diğer taraftan teknolojiyi derslerinde en az kullanan öğretmenler STEM pedagojik uygulamalarını daha az kullandıklarından (Mansour vd., 2024; Parker vd., 2015; Sun vd., 2024) teknolojiyi öğretimde kullanabilmenin önemi artmaktadır. Tüm bunlar STEM eğitimi geliştirmek için öğretmen/öğretmen adaylarının farklı konu alanlarında TPAB yeterliklerine sahip olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda b-STEM bileşenlerinin anlamlı derecede ilişkili ve yeterli derecede ayırt edici olduğunu ortaya koyan bulgularla uyarlanan bu ölçek gelecek çalışmalarda STEM eğitimi uygulayacak öğretmenlerin öz-yeterliklerini değerlendirmek amacıyla güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

AFA bulgularından faktör yük değerleri ve açıklanan varyans değerleri ölçekte yer alan her bir maddenin boyutlara önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Cronbach's Alpha iç tutarlılık

katsayılarının yüksek olması her bir boyuttaki maddeler arasında uyum olduğunu ve birbirini desteklediğini göstermektedir. Bununla birlikte dört boyutun toplam varyansın %67'den fazlasını açıklaması uyarlanan ölçeğin geçerliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Açıklanan varyansın %45'inin b-STEM boyutundan kaynaklanması teknolojiyle bütünleştirilen fen, matematik ve mühendislik boyutlarında yeterliğin yüksek olmasından ziyade bu yeterlikleri bütünleştirmenin daha önemli olduğunu ortaya koymuştur (Chai vd., 2019; Milner-Bolotin, 2018; Parker vd., 2015). Bu b-STEM eğitiminin doğasıyla ve önceki paragrafta tartışılan bulgularla uyumludur. Maddelerin önemli katkı yapması ve açıklanan varyansın yüksek olması ölçekte yer alan maddeler ile b-STEM yeterliklerinin uyumlu olmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu aynı zamanda TPAB kuramsal çerçevesinin STEM eğitimi için önemli bir tamamlayıcı olduğunu da ortaya koymaktadır.

STEM çalışmalarında öğretmenlerin mühendislik bilgisi konusunda eksikliklerinin olduğu alan yazında sıklıkla rapor edilmiştir (Al Salami vd., 2017; Cavlazoglu & Stuessy, 2017; English, 2017; Kovarik vd., 2013). b-STEM eğitiminin odağını fen oluşturmaktadır (English, 2017), diğer disiplinler destekleyici roledir (Stohlmann, 2019). Mühendislik sessiz üye olarak görülse de (English, 2017) gerçek dünya problemlerine fen, matematik ve teknoloji bilgileriyle mühendislik tasarım sürecini kullanarak çözüm üretmek için doğal birleştiricidir (Chamberlin & Pereira, 2017). b-STEM eğitiminde matematik sadece ölçme, hesaplama ve veri toplama amacıyla bir araç olarak kullanıldığından göz ardı edilmektedir (Hourigan vd., 2022; Stohlmann, 2019). Türkiye'de yapılan STEM çalışmaları çoğunlukla fen derslerinde gerçekleştirilmekte ve teknolojiyi içermeyen tasarımlarla ortaya konulan ürünlere odaklanmaktadır (Ormancı, 2020; Yılmaz vd., 2018). Bu bağlamda gelecek çalışmalar öğretmen ve öğretmen adaylarının matematik ve mühendislik alanlarında geliştirmeye ihtiyaç duydukları yeterliklerini tespit etmek ve etkin mesleki gelişim kurs içerikleri geliştirmek için geçerli ve güvenilir olarak uyarlanan bu ölçeği kullanabilirler.

Sonuç olarak Chai ve diğerleri (2019) tarafından 17 madde içerecek şekilde geliştirilen STEM-TPAB öz-yeterlik ölçeği Türkçeye 24 madde olarak geçerli ve güvenilir olarak uyarlanmıştır. Türkçeye uyarlanan ölçeğin nihai formu Ek 6'da verilmiştir. Bu çalışmanın sınırlılıklarından birisi uygun örnekleme yöntemine göre seçilen öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilmiş olmasıdır. Öğretmen adaylarının yeterli deneyime sahip olmamaları nedeniyle ölçek maddelerine gerçek yeterlik düzeylerini yansıtamadıkları düşünülebilir. Bunu aşmak için daha fazla eğitim ve deneyim elde ettiklerinden sadece son sınıf öğretmen adayları ile çalışılmıştır. Türkiye STEM ile ilgili en fazla çalışma yapan ülkeler arasındadır (Li vd., 2020; Takeuchi vd., 2020). Bu nedenle öğretmen adaylarının eğitim sürecinde çeşitli uygulamalarla STEM eğitimi konusunda deneyim kazandıkları söylenebilir. Buna rağmen ölçek deneyim sahibi öğretmenlere uygulanarak güvenilirlik çalışmaları desteklenebilir. Diğer taraftan ölçeğin sınırlılığı olarak maddelerde yer verilen alana özgü teknoloji türleri gösterilebilir. Teknolojinin kendini sürekli güncellemesi nedeniyle madde sayısı artırılarak yeniden güvenilirlik çalışması yapılabilir. Özellikle tasarım tabanlı bilimsel araştırma veya mühendislik projelerini başlatmak için sanal ortam veya oyun tabanlı ortamları içeren maddeler eklenebilir.

Kaynaklar

- Aktaş, İ., Gököğlü, S., Turgut, Y. E., & Karal, H. (2014). Öğretmenlerin FATİH projesine yönelik görüşleri: Farkındalık, öngörü ve beklentiler. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 8(1), 257–286.

- Aktaş, İ., & Özmen, H. (2020). Investigating the impact of TPACK development course on pre-service science teachers' performances. *Asia Pacific Education Review*, 21, 667-682. <https://doi.org/10.1007/s12564-020-09653-x>
- Aktaş, İ., & Özmen, H. (2022). Assessing the performance of Turkish science pre-service teachers in a TPACK-practical course. *Education and Information Technologies*, 27, 3495-3528. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10757-z>
- Al Salami, M. K., Makela, C. J., & de Miranda, M. A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology Design and Education*, 27, 63-88. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9341-0>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52, 154-168.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37, 122-147
- Baran, E., & Canbazoglu-Bilici, S. (2015). A review of the research on technological pedagogical content knowledge: The case of Turkey. *Hacettepe University Journal of Education*, 30(1), 15-32.
- Baran, E., Canbazoglu-Bilici, S., Albayrak-Sari, A., & Tondeur, J. (2019). Investigating the impact of teacher education strategies on preservice teachers' TPACK. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 357-370.
- Bartels, S. L., Rupe, K. M., & Lederman, J. S. (2019). Shaping preservice teachers' understandings of STEM: A collaborative math and science methods approach. *Journal of Science Teacher Education*, 30(6), 666-680.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı - İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (15. Baskı). Pegem Akademi.
- Canbazoglu-Bilici, S. (2019). Örneklem yöntemi. H. Özmen ve O. Karamustafaoğlu (Edlr.), *Eğitimde araştırma yöntemleri* (2. Baskı, s. 56-78) içinde. Pegem Akademi. ISBN no: 978-605-241-786-7
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2017). Changes in science teachers' conceptions and connections of STEM concepts and earthquake engineering. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 239-254. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1273176>
- Chai, C. S. (2019). Teacher professional development for science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A Review from the perspectives of technological pedagogical content (TPACK). *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 5-13.
- Chai, C. S., Jong, M., & Yan, Z. M. (2020). Surveying China teachers' technological pedagogical STEM knowledge: A Pilot validation of STEM-TPACK survey. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14(2), 203-214. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.10026335>
- Chai, C. S., Jong, M., Yin, H. B., Chen, M., & Zhou, W. (2019). Validating and modelling teachers' technological pedagogical content knowledge for integrative science, technology, engineering and mathematics education. *Educational Technology & Society*, 22(3), 61-73.
- Chai, C. S., Rahmawati, Y., & Jong, M. S. Y. (2020). Indonesian science, mathematics, and engineering preservice teachers' experiences in STEM-TPACK design-based learning. *Sustainability*, 12(9050), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su12219050>

- Chaipidech, P., Kajonmanee, T., Chaipah, K., Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. (2021). Implementation of an andragogical teacher professional development training program for boosting TPACK in STEM education: The essential role of a personalized learning system. *Educational Technology & Society, 24*(4), 220-239.
- Chamberlin, S. A., & Pereira, N. (2017). Differentiating engineering activities for use in a mathematics setting. In D. Dailey & A. Cotabish (Eds.), *Engineering instruction for high-ability learners in K-8 classrooms* (pp. 45-55). Prufrock Press.
- Cheah, Y. H., Chai, C. S., & Toh, Y. (2019). Traversing the context of professional learning communities: Development and implementation of technological pedagogical content knowledge of a primary science teacher. *Research in Science & Technological Education, 37*(2), 147-167.
- Dalal, M., Archambault, L., & Shelton, C. (2017). Professional development for international teachers: Examining TPACK and technology integration decision making. *Journal of Research on Technology in Education, 49*(3-4), 117-133.
- Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond content: The role of STEM disciplines, real-world problems, 21st century skills, and STEM careers within science teachers' conceptions of integrated STEM education. *Education. Sciences, 11*(11): Article 737. <https://doi.org/10.3390/educsci11110737>
- Davis L.L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research, 5*, 194-197.
- DeCoito, I., & Estaiteyeh, M. (2022). Transitioning to online teaching during the COVID-19 pandemic: An exploration of STEM teachers' views, successes, and challenges. *Journal of Science Education and Technology, 31*, 340-356. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09958-z>
- Deehan, J., Danaia, L., & Mckinnon, D. H. (2017). A longitudinal investigation of the science teaching efficacy beliefs and science experiences of a cohort of preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education, 39*(1), 1-26.
- Durak, G., Çankaya, S., Nacak, A. F., & Baysal, F. E. (2021). The current state of Turkish STEM research: A systematic review study. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education, 15*(2), 383-403. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.1032295>
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(1), 1-26.
- Esin, M. N. (2014). Veri toplama yöntem ve araçları ve veri toplama araçlarının güvenilirlik ve geçerliği. M. N. Esin (Ed.), *Hemşirelikte Araştırma: Süreç, Uygulama ve Kritik* (s. 169-192) içinde. Nobel.
- Evans, M. A., & Nino, M. (2015). School-wide adoption of a mathematics learning game in a middle school setting: Using the TPACK framework to analyze effects on practice. *The Asia-Pacific Education Researcher, 24*, 495-504.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology, 29*, 369-385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>

- Farrell, I. K., & Hamed, K. M. (2017). Examining the relationship between technological pedagogical content knowledge (TPACK) and student achievement utilizing the Florida value-added model. *Journal of Research on Technology in Education, 49*, 161-181.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd Edition). Sage Publications.
- Fornell, C., & Larcker, D. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research, 18*, 39-50.
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th Edition). McGraw Hill.
- Gustiani, I., Widodo, A., & Suwarma, I. R. (2017). Development and validation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) based instructional material. *AIP Conference Proceedings, 1848*, 060001.
- Guzey, S. S., Harwell, M., & Moore, T. (2014). Development of an instrument to measure students' attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics, 114*(6), 271-279.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2010). *SEM: An introduction multivariate data analysis: A global perspective* (7th Edition). Pearson Education.
- Hoeg, D. G., & Bencze, J. L. (2017). Values underpinning STEM education in USA: An analysis of the next generation science standards. *Science Education, 101*(92), 278-301.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Hourigan, M., O'Dwyer, A., Leavy, A. M., & Corry, E. (2022). Integrated STEM – a step too far in primary education contexts? *Irish Educational Studies, 41*(4), 687-711. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1899027>
- Hughes, J. E., Cheah, Y. H., Shi, Y., & Hsiao, K. (2020). Preservice and inservice teachers' pedagogical reasoning underlying their most-valued technology-supported instructional activities. *Journal of Computer Assisted Learning, 36*, 549-568.
- Irmak, M., & Yilmaz-Tüzün, Ö. (2019). Investigating pre-service science teachers perceived Technological pedagogical content knowledge (TPACK) regarding genetics. *Research in Science & Technological Education, 37*(2), 127-146.
- Jen, T. H., Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Chen, K. M. (2016). Science teachers' TPACK-practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education, 95*, 45-62.
- Jocius, R., O'Byrne, W. I., Albert, J., Joshi, D., Robinson, R., & Andrews, A. (2021). Infusing computational thinking into STEM teaching: From professional development to classroom practice. *Educational Technology & Society, 24*(4), 166-179.
- Joo, Y. J., Park, S., & Lim, E. (2018). Factors influencing preservice teachers' intention to use technology: TPACK, teacher self-efficacy, and technology acceptance model. *Journal of Educational Technology & Society, 21*(3), 48-59.
- Kadioğlu-Akbulut, C., Çetin-Dindar, A., Küçük, S., & Acar-Şeşen, B. (2020). Development and validation of the ICT-TPACK-science scale. *Journal of Science Education and Technology, 29*, 355-368.

- Kang, H. J., Farber, M., & Mahovsky, K. A. (2021). Teachers' self-reported pedagogical changes: Are we preparing teachers for online STEM education? *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 21(10), 264-277.
- Kaplon-Schilis, A., & Lyublinskaya, I. (2020). Analysis of relationship between five domains of TPACK framework: TK, PK, CK Math, CK Science, and TPACK of pre-service special education teachers. *Technology, Knowledge and Learning*, 25, 25-43.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kloser, M., Wilsey, M., Twohy, K. E., Immonen, A. D., & Navotas, A. C. (2018). 'We do STEM': Unsettled conceptions of STEM education in middle school S.T.E.M. classrooms. *School Science and Mathematics*, 118, 335-347.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9, 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. Spector, M. Merrill, J. Elen, & M. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101–111). Springer.
- Kovarik, D. N., Patterson, D. G., Cohen, C., Sanders, E. A., Peterson, K. A., Porter, S. G., & Chowning, J. T. (2013). Bioinformatics education in high school: Implications for promoting science, technology, engineering, and mathematics careers. *CBE-Life Sciences Education*, 12(3), 441-459. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0193>
- Lee, H. Y., Chung, C. Y., & Wei, G. (2022). Research on technological pedagogical and content knowledge: A bibliometric analysis from 2011 to 2020. *Frontiers in Education*, 7: Article 765233. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.765233>
- Lee, M. H., Chai, C. S., & Hong, H. Y. (2019). STEM education in Asia Pacific: Challenges and development. *Asia-Pacific Education Researcher*, 28, 1-4.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(11), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Livstrom, I. C., Szostkowski, A. H., & Roehrig, G. H. (2018). Integrated STEM in practice: Learning from montessori philosophies and practices. *School Science and Mathematics*, 119, 190-202.
- Lyu, Q., Chiang, F. K., & Davis, J. (2022). Primary and middle school teacher experiences of integrated STEM education in China: Challenges and opportunities. *International Journal of Engineering Education*, 38(2), 491-504.
- Mansour, N., Said, Z., & Abu-Tineh, A. (2024). Factors impacting science and mathematics teachers' competencies and self-efficacy in TPACK for PBL and STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(5): Article em2442. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14467>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perceptions of STEM education and integration. *International Journal of STEM Education*, 6: Article 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

- Max, A. L., Lukas, S., & Weitzel, H. (2022). The relationship between self-assessment and performance in learning TPACK: Are self-assessments a good way to support preservice teachers' learning? *Journal of Computer Assisted Learning*, 38, 1160-1172. <https://doi.org/10.1111/jcal.12674>
- McDonald, C. V. (2016). STEM education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2017). Öğretmenlik mesleği genel yeterlilikleri. https://oygm.meb.gov.tr/dosyalar/StPrg/Ogretmenlik_Meslegi_Genel_Yeterlikleri.pdf. Erişim tarihi: 08.04.2024.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). İlköğretim kurumları fen bilimleri dersi (3.-8. sınıflar) öğretim programı. <https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAM%2012018.pdf>. Erişim tarihi: 12.03.2024.
- Meletiou-Mavrotheris, M., & Prodromou, T. (2016). Pre-service teacher training on game-enhanced mathematics teaching and learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 21, 379-399.
- Miller, T. (2018). Developing numeracy skills using interactive technology in a play-based learning environment. *International Journal of STEM Education*, 5: Article 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0135-2>
- Milner-Bolotin, M. (2018). Evidence-based research in STEM teacher education: From theory to practice. *Frontiers in Education*, 3: Article 92. <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00092>
- Milner, A. R. (2015). The utility and beauty of STEM education. *School Science and Mathematics*, 115(2), 53-55.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., & Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
- Muhaimin, M., Habibi, A., Mukminin, A., Saudagar, F., Pratama, R., Wahyuni, S., Sadikin, A., & Indrayana, B. (2019). A sequential explanatory investigation of TPACK: Indonesian science teachers' survey and perspective. *Journal of Technology and Science Education*, 9(3), 269-281.
- Murphy, S., MacDonald, A., Danaia, L., & Wang, C. (2019). An analysis of Australian STEM education strategies. *Policy Futures in Education*, 17(2), 122-139. <https://doi.org/10.1177/1478210318774190>
- Ng, W., & Fergusson, J. (2019). Technology-enhanced science partnership initiative: Impact on secondary science teachers. *Research in Science Education*, 49(1), 219-242.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509-523.

- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based Learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432.
- Ormanci, Ü. (2020). Thematic content analysis of doctoral theses in STEM education: Turkey context. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 126-146. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.17>
- Parker, C. E., Stylinski, C. D., Bonney, C. R., Schillaci, R., & McAulliffe, C. (2015). Examining the quality of technology implementation in STEM classrooms: Demonstration of an evaluative framework. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(2), 105-121. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.999640>
- Perry, B., & MacDonald, A. (2015). Educators' expectations and aspirations around young children's mathematical knowledge. *Professional Development in Education*, 41(2), 366-381.
- Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 410-426.
- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Reimers, J. E., Farmer, C. L., & Klein-Gardner, S. S. (2015). An introduction to the standards for preparation and professional development for teachers of engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1): Article 5.
- Said, Z., Mansour, N., & Abu-Tineh, A. (2023). Integrating technology pedagogy and content knowledge in Qatar's preparatory and secondary schools: The perceptions and practices of STEM teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(6): Article em2271. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13188>
- Sailer, M., Stadtler, M., Schultz-Pernice, F., Franke, U., Schöffmann, C., Paniotova, V., Husagic, L., & Fischer, F. (2021). Technology-related teaching skills and attitudes: Validation of a scenario-based self-assessment instrument for teachers. *Computers in Human Behavior*, 115: Article 106625. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106625>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115: Article 106586. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Seçer, İ. (2018). *Psikolojik test geliştirme ve uyarlama süreci: SPSS ve LISREL uygulamaları*. Anı yayıncılık.
- Şeker, H., & Gençdoğan, B. (2014). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme* (2. Baskı). Nobel Yayınları.
- Sheffield, R., Dobozy, E., Gibson, D., Mullaney, J., & Campbell, C. (2015). Teacher education students using TPACK in science: A case study. *Educational Media International*, 52(3), 227-238.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM

- education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>
- Smith, P. G., & Zekowski, J. (2022). Validating a TPACK instrument for 7–12 mathematics in-service middle and high school teachers in the United States. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(5), 858-876. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2048145>
- Song, M. (2017). Teaching integrated STEM in Korea: Structure of teacher competence. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 2(4), 61-72.
- Stohlmann, M. (2019). Three modes of STEM integration for middle school mathematics teachers. *School Science and Mathematics*, 119, 287-296.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Strawhacker, A., Lee, M., & Bers, M. U. (2018). Teaching tools, teachers' rules: exploring the impact of teaching styles on young children's programming knowledge in ScratchJr. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 347-376.
- Sun, F., Tian, P., Sun, D., Fan, Y., & Yang, Y. (2024). Pre-service teachers' inclination to integrate AI into STEM education: Analysis of influencing factors. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.13469>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M. C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Thohir, M. A., Jumadi, J., & Warsono, W. (2022). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service science teachers: A Delphi study. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(1), 127-142. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1814908>
- Thuy, N. T. T., Bien, N. V., & Quy, D. X. (2020). Fostering teachers' competence of the integrated STEM education. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 6(2), 166-179. <https://doi.org/10.30870/jppi.v6i2.6441>
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A Comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44, 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Yildiz Durak, H., Atman Uslu, N., Canbazoglu Bilici, S., & Güler, B. (2023). Examining the predictors of TPACK for integrated STEM: Science teaching self-efficacy, computational thinking, and design thinking. *Education and Information Technologies*, 28, 7927-7954. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11505-7>
- Yıldırım, B., & Şahin-Topalcengiz, E. (2019). STEM Pedagogical Content Knowledge Scale (STEMPCK): A validity and reliability study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(2), 1-20. <https://doi.org/10.30707/JSTE53.2Yildirim>

- Yıldırım, B., & Sidekli, S. (2018). STEM applications in mathematics education: The Effect of stem applications on different dependent variables. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2), 200-214.
- Yılmaz, A., Gülgün, C., Çetinkaya, M., & Doğanay, K. (2018). Initiatives and new trends towards STEM education in Turkey. *Journal of Education and Training Studies*, 6(11a), 1-10. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i11a.3795>
- Yulisman, H., Widodo, A., Riandi, R., & E, N. C. I. (2019). Moderated effect of teachers' attitudes to the contribution of technology competencies on TPACK. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5, 185-196.
- Zhang, M., & Chen, S. (2022). Modeling dichotomous technology use among university EFL teachers in China: The roles of TPACK, affective and evaluative attitudes towards technology. *Cogent Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2021.2013396>
- Zulirfan, Z., Yennita, Y., & Rahmad, M. (2020). STEM at home: Provide scientific activities for students during the covid-19 pandemic. *Journal of Physics, Conference Series*, 1655: 1. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012068>

Ekler

Ek 1. Katılımcıların Özellikleri

		Adaptasyon Sürecinin Aşamaları						
		Aşama 1 (n)	Aşama 2 (n)	Aşama 3 (n)	Aşama 4 (n)	Aşama 5 (n)	Toplam	
Bölüm/branş	Fen bilimleri	5		14	47	78		
	Matematik	4		13	59	132		
	Sınıf			15	46	82		
	BÖTE	5		5	-	-		
Cinsiyet	İngilizce		32		-	-		
	Kadın	4	27	30	125	237		
Üniversite	Erkek	10	5	17	27	55		
	Amasya		32	27		-		
	Trabzon			20		76		
	Hatay Mustafa Kemal					37		
	Kastamonu					55		
	Kocaeli					45		
	Erciyes					29		
	Atatürk					40		
	Aksaray					24		
	Aydın Adnan Menderes					23		
	Toplam		14	32	47	152	292	537

Ek 2. STEM-TPAB Öz-Yeterlilik Ölçeği Türkçe Formu (Appendix 2. STEM-TPACK Self-Efficacy Scale)

No	English version	Türkçe versiyonu
1	*I am able guide students to explore relationships between variables using computer-based simulations created for science topics.	Fen konuları için oluşturulan bilgisayar tabanlı simülasyonlar kullanarak değişkenler arasındaki ilişkileri keşfedebilmeleri için öğrencilere rehberlik edebilirim.
2	I can engage students in representing connected understanding of scientific concepts with various forms of technology (e.g. concept maps, 3D models, etc.)	Öğrencilerin çeşitli teknolojilerle, fen kavramları arasındaki bağlantıları ortaya koyan materyaller (kavram haritaları, 3D modeller gibi) hazırlamalarına rehberlik edebilirim.
3	I am competent in helping my students to critically synthesize information from various web-based resources for science investigation.	Öğrencilerin fen araştırmalarına yönelik çeşitli web tabanlı kaynaklardan elde ettikleri bilgileri eleştirel bir bakış açısıyla sentezlemelerine yardımcı olabilirim.
4	I know how to choose appropriate technologies based on the science topics to engage students in authentic research.	Öğrencileri gerçek araştırmalara dahil etmek için fen konularına yönelik uygun teknolojileri nasıl seçeceğimi bilirim.
5	I can use technology to facilitate students' ongoing collaboration for science inquiry (e.g. through mobile apps) beyond classroom.	Öğrencilerin sınıf dışında fen araştırmalarını iş birliği içinde devam ettirmelerini kolaylaştırmak amacıyla teknolojiyi (Google Classroom, Google Drive, Mobil Uygulamalar vb.) kullanabilirim.
6	*I can facilitate students to gather data for scientific inquiry using tools such as data logger, video recorders and smartphones.	Veri kaydedici (multimetre, dijital termometre vb.), video kayıt ve akıllı telefon gibi araçları kullanarak öğrencilerin fen araştırmaları için veri toplamasını kolaylaştırabilirim.
7	I can support students' formulation of mathematical representations with technology for solving real-world problem.	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için öğrencilerin matematiksel temsilleri teknolojiyle (sembol, tablo, gibi) formüleştirmelerine destek olabilirim.
8	I am able to guide students in collecting valid measurement data with appropriate technologies (e.g. data loggers, range finders) that they need to solve the real-world challenge they face.	Karşılaştıkları gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli teknolojilerle (veri kaydediciler, mesafe ölçerler vb.) geçerli veriler toplama konusunda öğrencilere rehberlik edebilirim.
9	I can engage students in constructing possible mathematical models about the real-world problems with appropriate technologies (e.g. Excel Spreadsheet).	Öğrencilerin uygun teknolojilerle (elektronik tablolar, simülasyon, GeoGebra, Graph, Desmos vb.) gerçek yaşam problemlerine yönelik matematiksel modeller oluşturmalarına rehberlik edebilirim.
10	I am competent in facilitating students' online discussion of the mathematical concepts involved when they are co-constructing the possible solutions for real world problems.	Gerçek yaşam problemleri için ortak çözümler üretirken, öğrencilerin ilgili matematiksel kavramlar hakkında çevrimiçi tartışmalarını kolaylaştırabilirim.
11	I can guide students in generating a range of reasonable mathematical outcomes (e.g. using Spreadsheet) for a phenomenon to support their decisions.	Bir olgu/olay (durum) ile ilgili görüşlerini desteklemek için anlamlı matematiksel çıkarımlar (elektronik tablo, çevrimiçi grafik oluşturma programları vb. kullanarak) yapmaları konusunda öğrencilere rehberlik edebilirim.
12	*I can help students in choosing useful online apps to investigate and compute the mathematical solutions (e.g. using online calculator for engineering computation).	Matematiksel çözümleri araştırmak ve hesaplamak için yararlı çevrimiçi uygulamaları (çevrimiçi veya mobil hesap makineleri vb.) seçmede öğrencilere yardımcı olabilirim.
13	*I am able to present real world problems using technology (video-cases, web site creators etc.) to initiate an engineering project.	Bir mühendislik projesi başlatmak için teknolojiyi (videolar, hazır web site şablonları vb.) kullanarak gerçek yaşam problemlerini sunabilirim.
14	I can engage students in building knowledge about the engineering design process using	Çeşitli dijital teknolojileri (video paylaşım ağları, sosyal ağlar, çevrimiçi sunum araçları, vb.) kullanarak

	various forms of digital technologies (e.g. Powerpoint presentation, online videos).	mühendislik tasarım süreci hakkında bilgi edinmeleri için öğrencilere rehberlik edebilirim.
15	I am competent in facilitating students' learning of various software tools that engineers use to develop their ideas (e.g. Computer-assisted design tools).	Öğrencilerin, mühendislerin fikirlerini geliştirmek için kullandıkları çeşitli yazılım araçlarını (bilgisayar destekli tasarım araçları vb.) öğrenmelerini kolaylaştırabilirim.
16	I can use technologies (e.g. 3D printing CNC cutter to facilitate students' creation of prototypes.	Öğrencilerin prototip oluşturmalarını kolaylaştırmak için teknolojiyi (3 Boyutlu yazıcı, lazer kesici vb.) kullanabilirim.
17	I can use simulated environment to help students to test the efficacy of their engineered prototype (e.g. using simulator or using video analysis)	Öğrencilerin mühendislik prototiplerinin (simülator kullanarak veya video analizi kullanarak vb.) etkililiğini test etmelerine yardımcı olmak için gerçeğe yakın temsili ortamları kullanabilirim
18	*I can stimulate students' brainstorming of ideas for the engineering challenges with technology (e.g. mind-mapping tools).	Öğrencileri; mühendislik problemlerini çözerken teknolojiyi (zihin haritalama araçları vb.) kullanarak beyin fırtınası yapmaları için teşvik edebilirim.
19	*I can support students in coding based on the engineering design need.	Mühendislik tasarımı ihtiyaçlarına yönelik kodlama konusunda öğrencilere destek olabilirim.
20	I can design lessons that appropriately integrate interdisciplinary STEM content knowledge for student-centered learning.	Öğrenci merkezli öğrenme için disiplinler arası STEM içerik bilgisini uygun şekilde bütünleştiren dersler tasarlayabilirim.
21	I am able to formulate good STEM problems to stimulate students' interdisciplinary knowledge construction.	Öğrencilerin disiplinler arası bilgiyi oluşturmasını desteklemek için nitelikli STEM problemleri oluşturabilirim.
22	I can plan complementary teaching and learning activities for the different subjects involved in a STEM projects.	Bir STEM projesinde yer alan farklı konular için tamamlayıcı öğrenme ve öğretme etkinlikleri planlayabilirim.
23	I can facilitate students' inter-discipline knowledge construction for the STEM projects using different ICT tools.	Farklı Bilgi ve İletişim Teknolojileri araçlarını kullanarak öğrencilerin STEM projeleri için disiplinler arası bilgi oluşturmalarını kolaylaştırabilirim.
24	*I can help students to build knowledge about how the STEM subjects are interconnected.	Öğrencilerin, STEM alanlarının birbiriyle nasıl bağlantılı olduğu konusunda bilgi edinmelerine yardımcı olabilirim.

*17 maddelik orijinal ölçekte bulunmayan maddeler.

Ek 3. Uzman Görüşlerine Göre Her Bir Maddeye Ait Dilsel Eşdeğerlik Geçerlilik İndeksleri

Madde No	Uygun*	Gİ**	Karar	Madde No	Uygun*	Gİ**	Karar
1	14	100	Eşdeğer	13	13	93	Eşdeğer
2	10	71	Eşdeğer	14	13	93	Eşdeğer
3	14	100	Eşdeğer	15	13	93	Eşdeğer
4	14	100	Eşdeğer	16	14	100	Eşdeğer
5	13	93	Eşdeğer	17	13	93	Eşdeğer
6	14	100	Eşdeğer	18	11	79	Eşdeğer
7	10	71	Eşdeğer	19	14	100	Eşdeğer
8	13	93	Eşdeğer	20	14	100	Eşdeğer
9	14	100	Eşdeğer	21	13	93	Eşdeğer
10	12	86	Eşdeğer	22	14	100	Eşdeğer
11	14	100	Eşdeğer	23	14	100	Eşdeğer
12	13	93	Eşdeğer	24	14	100	Eşdeğer

* "Uygun" ve "Uygun ancak küçük değişiklikler gerekir" diyen uzman sayısı, **Geçerlilik indeksi, toplam uzman sayısı 14.

Ek 4. Orijinal Form ve Türkçe Formun Her Bir Maddesi İçin Korelasyon ve t-testi Sonuçları

Maddeler	Korelasyon			t-testi		
	N	r	p	t	sd	p
TPFB1	32	0,840	0,000	0,373	31	0,712
TPFB2	32	0,765	0,000	0,902	31	0,374
TPFB3	32	0,898	0,000	1,000	31	0,325
TPFB4	32	0,869	0,000	1,679	31	0,103
TPFB5	32	0,710	0,000	0,329	31	0,745
TPFB6	32	0,888	0,000	-0,442	31	0,662
TPMB1	32	0,940	0,000	1,438	31	0,161
TPMB2	32	0,914	0,000	,571	31	0,572
TPMB3	32	0,869	0,000	-0,812	31	0,423
TPMB4	32	0,728	0,000	0,329	31	0,745
TPMB5	32	0,942	0,000	1,438	31	0,161
TPMB6	32	0,881	0,000	0,571	31	0,572
TPMühB1	32	0,941	0,000	1,438	31	0,161
TPMühB2	32	0,950	0,000	1,791	31	0,083
TPMühB3	32	0,927	0,000	0,442	31	0,662
TPMühB4	32	0,845	0,000	1,359	31	0,184
TPMühB5	32	0,604	0,000	-0,571	31	0,572
TPMühB6	32	0,897	0,000	0,812	31	0,423
TPMühB7	32	0,946	0,000	1,438	31	0,161
b-STEM1	32	0,958	0,000	1,438	31	0,161
b-STEM2	32	0,891	0,000	1,679	31	0,103
b-STEM3	32	0,880	0,000	1,717	31	0,096
b-STEM4	32	0,981	0,000	1,000	31	0,325
b-STEM5	32	0,897	0,000	1,679	31	0,103

Ek 5. Madde Toplam Korelasyon Sonuçları

Madde No	Madde toplam korelasyonu	Madde No	Madde toplam korelasyonu	Madde No	Madde toplam korelasyonu
1	0,218	9	0,392	17	0,649
2	0,513	10	0,669	18	0,650
3	0,487	11	0,624	19	0,469
4	0,618	12	0,596	20	0,755
5	0,476	13	0,739	21	0,781
6	0,519	14	0,522	22	0,823
7	0,489	15	0,605	23	0,812
8	0,417	16	0,557	24	0,654

Ek 6. STEM-TPAB Öz-yeterlik Ölçeği Nihai Formu

STEM-TPAB Öz-Yeterlik Ölçeği							
Değerli Öğretmen / Öğretmen Adayı: Bu ölçek, FeTeMM [Fen Teknoloji Mühendislik ve Matematik (İngilizce STEM)] dersi öğretmenlerinin öğretim tasarımı becerilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın amacı, disiplinler arası öğretim tasarımı oluşturmada öz değerlendirmenizi anlamaktır. Cevaplarınız, öğretmenlerin/ öğretmen adaylarının STEM gibi zor dersleri tasarlama tecrübesini nasıl oluşturduklarını anlamamıza yardımcı olacaktır. Ölçeğin sizi rahatsız etmeyeceği umulmaktadır. Veriler sadece araştırma raporunda kullanılacak olup başka hiçbir yerde ve kimseyle paylaşılmayacaktır. Ölçeği doldurma süresinin 10 dakikayı aşmayacağı tahmin edilmektedir. Ölçeğe katılım isteğe bağlıdır ve istediğiniz zaman ölçekten çekilebilirsiniz. Bu ölçeğe katılmayı kabul ediyorsanız, lütfen aşağıdaki soruları size en uygun şekilde cevaplayınız ve yanıtınızı göndermek için "Gönder" butonuna tıklayınız. Katılımınız için içtenlikle teşekkür ederiz.		(1) Kesinlikle Katılmıyorum	(2) Katılmıyorum	(3) Biraz Katılmıyorum	(4) Biraz Katılıyorum	(5) Katılıyorum	(6) Kesinlikle Katılıyorum
TPFB1	Fen konuları için oluşturulan bilgisayar tabanlı simülasyonlar kullanarak değişkenler arasındaki ilişkileri keşfedebilmeleri için öğrencilere rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPFB2	Öğrencilerin çeşitli teknolojilerle, fen kavramları arasındaki bağlantıları ortaya koyan materyaller (kavram haritaları, 3D modeller gibi) hazırlamalarına rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPFB3	Öğrencilerin fen araştırmalarına yönelik çeşitli web tabanlı kaynaklardan elde ettikleri bilgileri eleştirel bir bakış açısıyla sentezlemelerine yardımcı olabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPFB4	Öğrencileri gerçek araştırmalara dahil etmek için fen konularına yönelik uygun teknolojileri nasıl seçeceğimi bilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPFB5	Öğrencilerin sınıf dışında fen araştırmalarını iş birliği içinde devam ettirmelerini kolaylaştırmak amacıyla teknolojiyi (Google Classroom, Google Drive, Mobil Uygulamalar vb.) kullanabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPFB6	Veri kaydedici (multimetre, dijital termometre vb.), video kayıt ve akıllı telefon gibi araçları kullanarak öğrencilerin fen araştırmaları için veri toplamasını kolaylaştırabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMB1	Gerçek yaşam problemlerini çözmek için öğrencilerin matematiksel temsilleri teknolojiyle (sembol, tablo, gibi) formüleştirmelerine destek olabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMB2	Karşılaştıkları gerçek yaşam problemlerini çözmek için gerekli teknolojilerle (veri kaydediciler, mesafe ölçerler vb.) geçerli veriler toplama konusunda öğrencilere rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMB3	Öğrencilerin uygun teknolojilerle (elektronik tablolar, simülasyon, GeoGebra, Graph, Desmos vb.) gerçek yaşam problemlerine yönelik matematiksel modeller oluşturmalarına rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

TPMB4	Gerçek yaşam problemleri için ortak çözümler üretirken, öğrencilerin ilgili matematiksel kavramlar hakkında çevrimiçi tartışmalarını kolaylaştırabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMB5	Bir olgu/olay (durum) ile ilgili görüşlerini desteklemek için anlamlı matematiksel çıkarımlar (elektronik tablo, çevrimiçi grafik oluşturma programları vb. kullanarak) yapmaları konusunda öğrencilere rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMB6	Matematiksel çözümleri araştırmak ve hesaplamak için yararlı çevrimiçi uygulamaları (çevrimiçi veya mobil hesap makinaları vb.) seçmede öğrencilere yardımcı olabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB1	Bir mühendislik projesi başlatmak için teknolojiyi (videolar, hazır web site şablonları vb.) kullanarak gerçek yaşam problemlerini sunabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB2	Çeşitli dijital teknolojileri (video paylaşım ağları, sosyal ağlar, çevrimiçi sunum araçları, vb.) kullanarak mühendislik tasarım süreci hakkında bilgi edinmeleri için öğrencilere rehberlik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB3	Öğrencilerin, mühendislerin fikirlerini geliştirmek için kullandıkları çeşitli yazılım araçlarını (bilgisayar destekli tasarım araçları vb.) öğrenmelerini kolaylaştırabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB4	Öğrencilerin prototip oluşturmalarını kolaylaştırmak için teknolojiyi (3 Boyutlu yazıcı, lazer kesici vb.) kullanabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB5	Öğrencilerin mühendislik prototiplerinin (simülator kullanarak veya video analizi kullanarak vb.) etkililiğini test etmelerine yardımcı olmak için gerçeğe yakın temsili ortamları kullanabilirim	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB6	Öğrencileri; mühendislik problemlerini çözerken teknolojiyi (zihin haritalama araçları vb.) kullanarak beyin fırtınası yapmaları için teşvik edebilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TPMühB7	Mühendislik tasarımı ihtiyaçlarına yönelik kodlama konusunda öğrencilere destek olabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
b-STEM1	Öğrenci merkezli öğrenme için disiplinler arası STEM içerik bilgisini uygun şekilde bütünleştiren dersler tasarlayabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
b-STEM2	Öğrencilerin disiplinler arası bilgiyi oluşturmasını desteklemek için nitelikli STEM problemleri oluşturabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
b-STEM3	Bir STEM projesinde yer alan farklı konular için tamamlayıcı öğrenme ve öğretme etkinlikleri planlayabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
b-STEM4	Farklı Bilgi ve İletişim Teknolojileri araçlarını kullanarak öğrencilerin STEM projeleri için disiplinler arası bilgi oluşturmalarını kolaylaştırabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
b-STEM5	Öğrencilerin, STEM alanlarının birbiriyle nasıl bağlantılı olduğu konusunda bilgi edinmelerine yardımcı olabilirim.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Not. Ölçekte olumsuz ifade bulunmamaktadır. Atıfta bulunmak koşuluyla kullanılabilir.

Extended Abstract

Introduction

Recent advances in science and technology require teachers to have different knowledge and skills compared to the past. In this context, individuals are expected to have competencies beyond literacy and numeracy skills such as critical thinking, collaboration, entrepreneurship, creative thinking, and problem-solving. Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) education is an educational practice that is carried out to provide individuals with these skills in the 21st-century. STEM and TPACK use technology and some teacher professional competencies as common elements. While STEM education emphasizes integrating content knowledge and technology to solve engineering problems, TPACK specifically emphasizes teachers' knowledge of integrating technology with content instruction. Moreover, both underline the importance of meeting learning needs in the 21st-century. Considering that they have common characteristics, TPACK can become an important complement to STEM education.

For teachers to effectively implement iSTEM education, they need to have four main competencies and sub-competencies under these competencies: awareness of STEM education, designing a STEM teaching plan, implementing the STEM teaching plan, and measuring and evaluating the STEM teaching plan. Teachers are expected to have the following sub-competencies in "awareness of STEM education": a) knowing STEM education concepts, b) knowing STEM components and their contributions to education, c) understanding design process techniques, d) understanding scientific research processes, e) knowing basic scientific knowledge about different STEM subjects, and f) having a positive attitude towards STEM education. Teachers are expected to have the following sub-competencies in "designing a STEM teaching plan": a) collaborating with teachers of other courses while structuring STEM subjects, b) creating STEM teaching outcomes/objectives, c) selecting and designing STEM-based teaching activities, d) using contemporary teaching approaches, e) utilizing ICT tools and digital technologies, f) preparing learning materials for STEM activities, and g) using materials to support these activities. Teachers are expected to have the following sub-competencies in "implementing the STEM teaching plan": a) assign tasks and responsibilities to students in interesting and appropriate ways, b) support students while performing STEM activities, c) organize effective discussion and reporting of activities, and d) providing classroom management in STEM education. Teachers are expected to have the following sub-competencies in "measuring and evaluating the STEM curriculum": a) selecting and using objective measurement tools, b) measuring students' capacity levels before, after, and during the implementation of activities, and c) determining activities appropriate for students' learning capacities.

Self-efficacy is an individual's self-belief in performing a behavior in the face of any situation or difficulty, organizing and performing the necessary activities, and achieving success. Teachers' self-efficacy has an important role in the positive impact of iSTEM education on students' learning outcomes. Thus, the STEM-TPACK self-efficacy of teachers and pre-service teachers should be increased by preparing effective professional development course contents. To develop professional development course content for T/PSTs, it is essential to identify their current state of knowledge and needs. However, STEM education information in the theoretical framework of TPACK is new in Türkiye and in the international literature, and especially STEM-TPACK scales are quite limited. At this point, a valid and reliable STEM-TPACK scale will be useful for determining T/PSTs' self-efficacy, identifying their needs for conducting STEM courses within the theoretical framework of TPACK, creating the content of professional development courses to meet these needs, and measuring and comparing the

outcomes of professional development courses to support multiple forms of information for the researcher.

Method

This study aims to examine the validity and reliability of the STEM-TPACK scale (Chai et al., 2019) in Turkish culture. The original version of the scale consists of 17 items. However, in this study, Chai was contacted and a preliminary 24-item scale form was obtained. The validity and reliability study were conducted on a 24-item form. The scale is a 6-point Likert scale ranging from “Strongly agree” to “Strongly disagree”. There are no negative items in the scale. Scale items are given in Appendix 2.

The translation process of the scale items into Turkish was carried out using the back-translation technique. First, the translation process of the scale items from English to Turkish was initiated. Then, to check whether linguistic equivalence was achieved between the Turkish and English forms, an expert group consisting of 14 academics experienced in English (five science educators, four mathematics educators, and five informatics educators) comparatively examined the original English form and the Turkish translation form and their recommendations were received. The Turkish form was translated back into English by a linguist with over 30 years of experience in English language teaching and translation. The original English form and the back-translated English form were compared by the researchers and the necessary items were revised. Finally, the scale was administered twice to 32 English PSTs approximately 5 weeks apart, to ensure semantic consistency between the original English form and the Turkish form. The compatibility between the forms was examined by Pearson correlation analysis, and t-test for each item.

Findings

The results showed that the correlation coefficient for each item ranged between 0.61 and 0.98, that there was a significant relationship between the two forms ($p < 0.05$), and that there was no significant difference between the scores of the two forms for each item ($p > 0.05$). Thus, linguistic equivalence and consistency were ensured.

As the first step of the validity and reliability studies, the scale was administered to 47 PSTs to test the comprehensibility of the items by the target group. In addition, the opinions of the PSTs were taken for the clarity of each item. The scale was then administered to 152 PSTs and its construct validity was tested with Exploratory Factor Analysis (EFA). As a result of EFA, it was determined that the STEM-TPACK self-efficacy scale consisting of 24 items consisted of a four-factor structure. These four factors explained 67,140% of the total variance. In addition, the iSTEM factor explained 44.925% of the variance, TPMK 9.972%, TPEK 7.297%, and TPSK 4.945%. Cronbach’s Alpha internal consistency coefficients were calculated as 0.95 for iSTEM, 0.89 for TPACK, 0.87 for TPMK, 0.86 for TPSC, and 0.95 for the whole scale. CR values, which indicate structural reliability, ranged between 0.86 and 0.95. The AVE values, which reveal the discriminant validity of each construct, ranged between 0.51 and 0.79. These results show that the factor structure, internal consistency ($>0,70$), structural reliability (CR values $>0,70$), and discriminant validity (AVE values $>0,50$) of the scale are satisfied. In addition, the scale was administered to 292 PSTs to conduct Confirmatory Factor Analysis (CFA) for construct validity. The goodness-of-fit indices were founded as $\chi^2 = 501.596$, $df = 243$, $\chi^2/df = 2.064$, $p < .001$, $GFI = 0.88$; $CFI = 0.94$, $NFI = 0.90$, $TLI = 0.94$, $RMSEA = 0.060$, $SRMR = 0.063$. The results showed that item-total correlations ranged from 0.46 to 0.75. These indices show that validity and reliability of structural ensured.

Discussion, Conclusion and Suggestions

Findings of the current study show that the STEM-TPACK self-efficacy scale consists of TPSK, TPMK, TPEK, and iSTEM dimensions and that the structure is also preserved in Turkish culture. According to the findings, these dimensions are significantly related to each other and sufficiently discriminative. There are two possible reasons for this. First, the subject areas of science, mathematics, and engineering inherently require the use of different technologies and pedagogies. This may have caused four dimensions to emerge on the scale. In addition, since these four dimensions are the main components of iSTEM and are applied in similar ways in the international arena, this structure has been preserved in Turkish culture as in other countries. Secondly, the fact that the science, mathematics, and primary teachers who constitute the sample of the study have high competence in specific domains may be the reason why the dimensions have sufficient discrimination. On the other hand, although iSTEM consists of four components, iSTEM education requires the integrated use of these components. This may be the reason why a significant relationship was detected between the components. Since the concept of iSTEM is multidimensional, all dimensions should be examined to ensure that teachers who will implement STEM education are competent in all dimensions. In the 21st century, a teacher/pre-service teacher who uses technology appropriately in science teaching may need training to be able to use technology in mathematics or engineering teaching. Because using technology for teaching and learning is a complex and difficult task. On the other hand, since teachers who use technology the least in their lessons use STEM pedagogical practices less, the importance of being able to use technology in teaching increases. All these reveal that to improve STEM education, teacher/pre-service teachers should have TPACK competencies in different subject areas. In this context, this scale, which was adapted as significantly related and sufficiently discriminative among the components of iSTEM education, can be used reliably in future studies to assess the self-efficacy of teachers who will implement STEM education.

In conclusion, the validity and reliability of the STEM-TPACK self-efficacy scale in Turkish culture were established (Appendix 2). This study contributes to the Turkish literature as it is one of the first scales that brings a pedagogical approach to STEM within the TPACK framework. On the other hand, the field-specific technology types included in the items can be shown as a limitation of the scale. As technology is constantly updating itself, the reliability study should be improved by increasing the number of items. Items that include virtual or game-based environments for initiating design-based scientific research or engineering projects could be added.

Yayın Etiđi Beyanı

Bu araştırmanın, Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 22.10.2021 tarihinde E-81614018-000-882 sayılı kararıyla verilen etik kurul onayı bulunmaktadır. Bu araştırmanın planlanmasından, uygulanmasına, verilerin toplanmasından verilerin analizine kadar olan tüm süreçte “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiđi Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiđine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu araştırmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışmada tüm yazarlar makalenin planlama, analizi, yazım ve uygulama aşamasında eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çatışma Beyanı

Araştırmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar/çatışma beyanımız olmadığını ifade ederiz.