



J-EDUCAT: Journal of Educational Studies

J-EDUCAT: Eğitim Araştırmaları Dergisi

(ISSN: 3023-8145)

<http://www.jeducat.com>

Received: 25.03.2026, Accepted: 19.05.2026, Early Published: 04.06.2026

Published: 01.11.2026

Article Type: Research Article

Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20531564>

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License

Geometri Öğretiminde TPACK ve SAMR: Algı ile Performans Arasındaki Boşluk*

*Yusuf CAN***

*Süha YILMAZ****

Öz

Bu araştırma, mobil uygulama destekli geometri öğretimi sürecinin matematik öğretmen adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) algılarına etkisini ve bu algıların SAMR (Substitution (Yer Değiştirme), Augmentation (Geliştirme), Modification (Değiştirme), Redefinition (Yeniden Tanımlama)) modeli çerçevesinde pedagojik tasarımlara ne ölçüde yansıtıldığını incelemeyi amaçlamaktadır. Açıklayıcı sıralı karma yöntem deseniyle yürütülen araştırmanın nicel boyutunda, İzmir'deki bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 67 matematik öğretmen adayına 12 haftalık bir müdahale süreci uygulanmış ve Matematik için TPAB Ölçeği (TPAB-Mat) ile ön test-son test verileri toplanmıştır. Nitel boyutta ise altı katılımcının dijital etkinlik planları SAMR rubriğiyle değerlendirilmiş, yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler tematik analize tabi tutulmuştur. Nicel bulgular, adayların tüm TPACK alt boyutlarında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışlar kaydettiğini göstermektedir ($p < .001$). Bununla birlikte nitel bulgular, dijital etkinlik planlarının büyük çoğunluğunun SAMR modelinin Geliştirme (A) düzeyinde yoğunlaştığını ve hiçbir planın Yeniden Tanımlama (R) düzeyine ulaşmadığını ortaya koymaktadır. Görüşme verileri, adayların pedagojik tasarım yaklaşımlarının öğrenci merkezli keşif ile öğretmen merkezli gösterim arasında kutuplaştığını göstermiştir. Sonuç olarak araştırma, öz-bildirime dayalı TPACK algısındaki artışın her zaman plan ve söylem düzeyindeki pedagojik performansa yansımadığını ve algı-performans boşluğu kavramına kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: TPACK, SAMR, mobil öğrenme, geometri öğretimi, öğretmen eğitimi

TPACK and SAMR in Geometry Teaching: The Gap Between Perception and Performance

Abstract

This study investigates the effect of a mobile application-supported geometry teaching process on pre-service mathematics teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

* Bu çalışma, birinci yazar tarafından ikinci yazar danışmanlığında Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan 'Öğretmen Adaylarının Geometri Öğretiminde Mobil Uygulama Yeterliklerinin Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Açısından İncelenmesi' başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

** Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, Aydın, yusuf.can@adu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0003-0505-0077

*** Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, İzmir, suha.yilmaz@deu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-8330-9403

perceptions and examines the extent to which these perceptions are reflected in pedagogical designs through the SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) framework. Employing an explanatory sequential mixed-methods design, the quantitative phase involved administering a 12-week intervention to 67 pre-service mathematics teachers at a public university in Izmir, with pre-post data collected using the TPACK-Math Scale. In the qualitative phase, digital activity plans of six purposefully selected participants were assessed using a SAMR rubric, and semi-structured interviews were analyzed thematically. Quantitative findings revealed statistically significant improvements across all TPACK sub-dimensions in favor of the post-test ($p < .001$), with effect sizes ranging from medium to large (Cohen's $d = 0.42-0.89$). However, qualitative findings indicated that the majority of digital activity plans were concentrated at the Augmentation (A) level of the SAMR model, with no plan reaching the Redefinition (R) level. Interview data revealed that participants' pedagogical design approaches polarized sharply between student-centered exploration and teacher-centered demonstration. Consequently, the study provides empirical evidence for the perception-performance gap, demonstrating that increases in self-reported TPACK perceptions do not always translate into plan-level pedagogical performance.

Keywords: TPACK, SAMR, mobile learning, geometry teaching, teacher education

Giriş

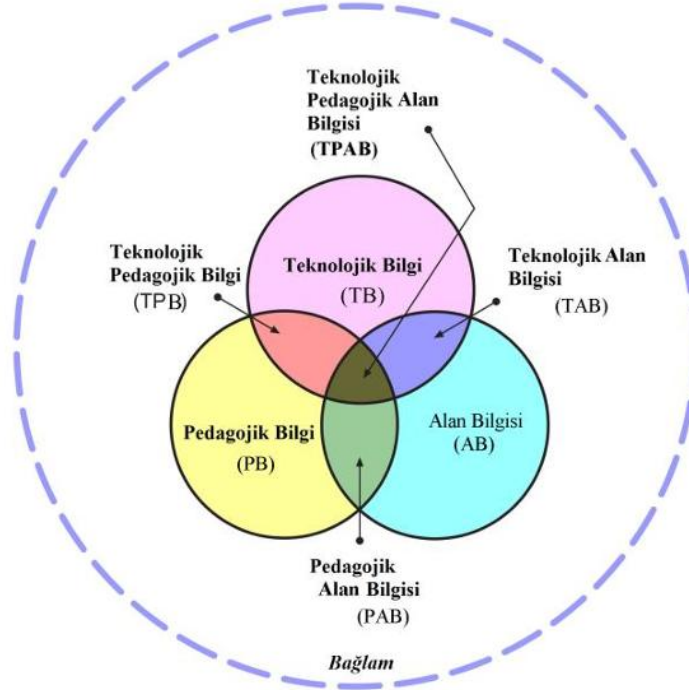
Eğitim teknolojilerinin hızla dönüştüğü çağdaş eğitim ortamında, öğretmenlerin dijital araçları yalnızca teknik düzeyde tanımaları yeterli görülmemekte; bu araçları pedagojik hedeflerle bütünleştirerek öğrenme süreçlerini yeniden yapılandırabilmeleri beklenmektedir (Mishra ve Koehler, 2006). Özellikle matematik eğitiminde, geometri gibi uzamsal düşünme ve görselleştirme gerektiren konularda dinamik geometri yazılımlarının ve mobil uygulamaların sunduğu etkileşimli ortamlar, soyut kavramların somutlaştırılması açısından güçlü bir potansiyel barındırmaktadır (Pittalis, 2021). Ne var ki alanyazındaki çalışmalar, öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyonu becerilerinin çoğunlukla araç kullanımı düzeyinde kaldığını ve pedagojik bir derinlikten yoksun olduğunu ortaya koymaktadır (Niess, 2011; Harris ve Hofer, 2017).

Bu duruma kuramsal düzeyde yanıt arayan en kapsamlı çerçevelerden biri, Shulman'ın (1986) Pedagojik Alan Bilgisi (PCK) temelinde Mishra ve Koehler (2006) tarafından geliştirilen Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) modelidir. TPACK, teknoloji (TK), pedagoji (PK) ve alan bilgisinin (CK) dinamik etkileşiminden doğan bütünlük bir bilgi yapısını temsil etmekte; öğretmenin teknolojiyi yalnızca bir sunum aracı olarak değil, belirli bir konunun belirli bir pedagojik stratejiyle öğretilmesi sürecinde işlevsel bir bileşen olarak konumlandırmasını gerektirmektedir (Koehler ve Mishra, 2009). TPACK modeli, özellikle Mishra'nın (2019) eklediği "Bağlamsal Bilgi (Contextual Knowledge - XK)" katmanıyla, teknoloji entegrasyonunun okul altyapısı, müfredat gereklilikleri ve kurumsal kültür gibi çevresel etkenlerden bağımsız düşünülemediğini vurgulamaktadır. Porras-Hernández ve Salinas-Amescua (2013), bu bağlamsal yapıyı mikro, mezo ve makro düzeylerde katmanlaştırarak XK'nin dinamik ve çok boyutlu doğasını kuramsal olarak temellendirmiştir. Bununla birlikte modelin ontolojik yapısına ilişkin tartışmalar sürmekte; TPACK'in bileşenlerinin ayrık ve toplamalı bir şekilde

mi yoksa iç içe geçmiş ve dönüştürücü bir bütün olarak mı ele alınması gerektiği sorgulanmaktadır (Angeli ve Valanides, 2009).

Şekil 1

TPACK Çerçevesi ve Bilgi Bileşenleri (Koehler ve Mishra, 2009).



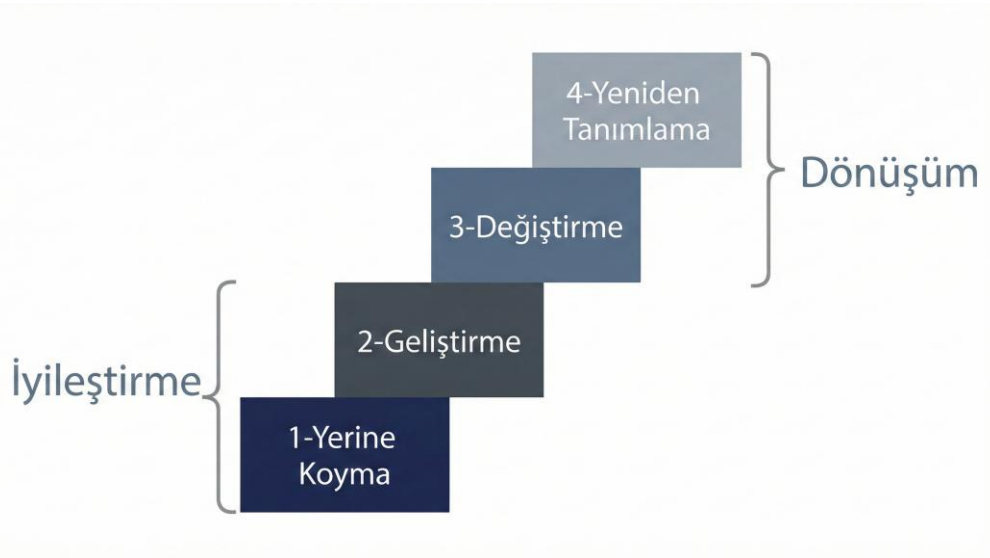
Bu ayırım, mevcut araştırmanın bulgularının yorumlanması açısından belirleyici bir öneme sahiptir. Bütünleştirici (integrative) bakış açısına göre TPACK, teknoloji, pedagoji ve alan bilgisinin toplamından oluşan ve bu bileşenlerin ayrı ayrı geliştirilebileceği bir yapıdır; dolayısıyla öğretmen adaylarının teknoloji bilgisini artırmak, otomatik olarak TPACK yeterliğini artıracaktır (Angeli ve Valanides, 2009). Buna karşın dönüştürücü (transformative) yaklaşım, TPACK'ı bileşenlerinin etkileşiminden doğan özgün ve indirgenemez bir bilgi türü olarak ele almaktadır (Mishra ve Koehler, 2006). Bu ikinci perspektife göre, teknoloji bilgisi tek başına pedagojik dönüşümü garanti etmez; ancak alan bilgisi ve pedagojiyle birlikte yeniden yapılandırıldığında özgün bir bilgi formu ortaya çıkar. Nitekim bu araştırmanın bulgularında ortaya çıkacağı üzere, adayların öğretmen merkezli gösterim eğilimleri, TPACK'ın bütünleştirici bir biçimde -yani teknik beceri ile pedagojik bilgiyi ayrı ayrı edinilmiş olabileceğine işaret etmektedir. Rosenberg ve Koehler'in (2015) sistematik derlemesi de TPACK araştırmalarının çoğunlukla bağlamsal faktörleri göz ardı ettiğini ve modelin yapısına ilişkin kanıtların hala yetersiz olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle araştırma, nicel ölçek verileri ile nitel tasarım performansını bir arada değerlendirerek bu tartışmaya somut bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

TPACK modeli, öğretmenlerin ne bildiğini tanımlamada güçlü bir çerçeve sunarken, teknolojiyi pratikte ne düzeyde entegre ettiklerini ölçmek için tamamlayıcı bir araca gereksinim

duyulmaktadır. Puentedura (2006) tarafından geliştirilen SAMR modeli, bu ihtiyaca karşılık gelen hiyerarşik bir çerçeve sunmaktadır. Modelin alt basamakları olan Yerine Koyma (S) ve Geliştirme (A), teknolojinin mevcut öğretimi işlevsel olarak iyileştirdiği düzeyleri; üst basamakları olan Değiştirme (M) ve Yeniden Tanımlama (R) ise teknolojinin öğrenme görevini temelden dönüştürdüğü düzeyleri ifade etmektedir. Alanyazındaki sistematik derlemeler, eğitim uygulamalarının büyük çoğunluğunun iyileştirme (S+A) basamaklarında yoğunlaştığını ve dönüşüm (M+R) düzeyine nadiren ulaşıldığını göstermektedir (Crompton ve Burke, 2020).

Şekil 2

SAMR Modelinin Bölümleri ve Basamakları (Puentedura, 2006).



Bu kuramsal çerçevenin ulusal eğitim politikalarındaki güncel yansıması, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) kapsamında tanımlanan Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma Becerisi (MAB5) kazanımında somutlaşmaktadır. MAB5, öğretmenlerden teknolojinin derste niçin, ne zaman ve nasıl kullanılacağını gerekçelendirmelerini beklemektedir (MEB, 2024). Bu beklenti, TPACK'ın bilişsel yapısı ile SAMR'nin uygulama düzeyini birleştiren bütünleşik araştırma tasarımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu ulusal müfredat, uluslararası eğitim politikalarında giderek yaygınlaşan teknoloji entegrasyonunun gerekçelendirilmesi beklentisiyle örtüşmekte olup gelişmekte olan ülkelerin eğitim sistemlerinde dijital dönüşüm süreçlerini anlamak isteyen uluslararası araştırmacılar için önemli bir bağlam sunmaktadır. Geriye doğru tasarım ilkeleri doğrultusunda, öğrenme hedeflerinden hareket ederek teknoloji seçimini ve değerlendirme sürecini tutarlı bir şekilde yapılandırmak, öğretmen adaylarının pedagojik tasarım kalitesini belirleyen kritik bir yetkinliktir (Wiggins ve McTighe, 2005).

Alanyazında TPACK gelişimini nicel ölçeklerle inceleyen çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmaların önemli bir bölümü öz-bildirime dayalı sonuçlarla sınırlı kalmaktadır. Araştırmacılar, öğretmen adaylarının yüksek öz-yeterlik algıları ile sınıf içi uygulamaları arasında

sıklıkla bir uyumsuzluk ya da algı-performans boşluğu olduğunu vurgulamaktadır (Kaleli-Yılmaz, 2015; Schmid vd., 2021). Bu boşluğun nedenlerini anlamak, yalnızca nicel verilerin değil, adayların fiili tasarımlarının ve pedagojik gerekçelendirmelerinin derinlemesine incelenmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla nicel ve nitel verilerin bütünlük bir şekilde ele alındığı karma yöntem araştırmaları, teknoloji entegrasyonunun karmaşık yapısını açığa çıkarmak açısından kritik bir önem taşımaktadır (Creswell, 2014).

Yukarıda çizilen kuramsal çerçeve ışığında bu araştırma, şu temel soruya yanıt aramaktadır: Mobil uygulama destekli geometri öğretimi müdahalesi, öğretmen adaylarının TPACK algılarını nasıl değiştirmiştir ve bu algılar SAMR modeli çerçevesinde pedagojik tasarımlara ne ölçüde yansımıştır? Bu kapsamda araştırmanın alt problemleri şu şekilde belirlenmiştir:

(1) Öğretmen adaylarının TPAB-Mat ölçeği alt boyutlarında ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

(2) Öğretmen adaylarının dijital etkinlik planları SAMR modeli düzeylerinde nasıl bir dağılım sergilemektedir?

(3) Öğretmen adaylarının pedagojik tasarım yaklaşımları, TPACK ve SAMR çerçeveleri bağlamında hangi profilleri ortaya koymaktadır?

Yöntem

Araştırma Deseni

Araştırmada açılımlı sıralı karma yöntem deseni benimsenmiştir (Creswell, 2014). Bu desen, birinci aşamada nicel verilerin toplanıp analiz edilmesini, ikinci aşamada ise nicel sonuçların nitel verilerle derinleştirilmesini öngörmektedir. Nicel boyutta zayıf deneysel desen türlerinden tek grup ön test-son test deseni kullanılırken, nitel boyutta durum çalışması deseni benimsenmiştir (Yin, 2018). Karma yöntemin tercih edilmesinin gerekçesi, TPACK gibi çok katmanlı bir yapıyı yalnızca öz-bildirim ölçekleriyle değerlendirmenin yetersiz kalması ve adayların algıladıkları yeterlik ile fiili performansları arasındaki muhtemel boşluğu görünür kılmaya gereksinimidir (Schmid vd., 2021). Bu doğrultuda araştırma; nicel verilerle ortaya konan istatistiksel eğilimlerin nitel verilerle anlamlandırıldığı, böylece ne kadar değiştiğini gösteren sonuçların neden ve nasıl değiştiğiyle açıklandığı bütünlük bir yapıda tasarlanmıştır.

Çalışma grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2025-2026 eğitim-öğretim yılı güz döneminde İzmir'deki bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesinde öğrenim görmekte olan 67 ilköğretim ve ortaöğretim matematik öğretmenliği ikinci sınıf lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Nitel aşamada ise ölçüt örnekleme yöntemiyle belirlenen altı öğretmen adayı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Nitel aşamadaki katılımcıların seçiminde, öğretmen adaylarının oluşturduğu dijital etkinlik planlarının araştırmacı tarafından hazırlanan rubrikle değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan

SAMR teknoloji entegrasyon düzeyleri ölçüt alınmış ve üç farklı pedagojik profili temsil eden adaylar belirlenmiştir. Bunlar: Dönüşüm Odaklı Grup (K1, K2), İyileştirme Odaklı Grup (K3, K4) ve Karma Profil Grubu (K5, K6).

Dijital etkinlik planlarının rubrik analizinde hiçbir planın Yeniden Tanımlama (R) düzeyine ulaşmadığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Ancak Dönüşüm Odaklı Grup olarak etiketlenen K1 ve K2'nin planları Değişirme (M) düzeyinde yer almış olup bu adaylar, yarı yapılandırılmış görüşmelerde Artırılmış Gerçeklik (AR) ile fiziksel ortamda keşif ve bulmaca formatında görev dönüştürme gibi R düzeyine karşılık gelen pedagojik vizyonlar sergilemişlerdir. Dolayısıyla bu grup, fiili plan performansından ziyade görüşmelerde ortaya koydukları dönüşüm odaklı vizyon temelinde isimlendirilmiştir. Araştırma boyunca bu gruba atıfta bulunulurken, vizyonun R düzeyini hedeflediğini ancak uygulamanın M düzeyinde kaldığını vurgulayan bu nüans gözetilmelidir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın nicel verileri, Önal (2016) tarafından geliştirilen Matematik İçin Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Ölçeği (TPAB-Mat) aracılığıyla toplanmıştır. Ölçek, beşli likert tipinde 59 maddeden oluşmakta ve dokuz alt boyutu (Teknoloji Bilgisi, Pedagoji Bilgisi, Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimdışı, Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi, Teknolojik Alan Bilgisi, Pedagojik Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi ve Bağlam Bilgisi) kapsamaktadır. Ölçeğin genel güvenilirlik katsayısı (Cronbach α) .97 olarak raporlanmış olup alt boyut güvenilirlik katsayıları .79 ile .93 arasında değişmektedir. Doğrulayıcı faktör analizi sonuçları, ölçeğin yapı geçerliğini destekler niteliktedir ($\chi^2/df = 1.77$; RMSEA = .050; SRMR = .047).

Nitel verilerin toplanmasında iki araç kullanılmıştır. Birincisi, araştırmacılar tarafından tasarlanan ve uzman görüşleri alınarak son hali verilen SAMR modelinin dört düzeyi temelinde geliştirilen Dijital Etkinlik Planı Teknoloji Entegrasyonu Değerlendirme Rubriği'dir. Bu rubrik; SAMR entegrasyon düzeyi, öğrenci rolü ve etkileşim ile pedagojik kurgu ve içerik uyumu olmak üzere üç boyutta, dört düzeyli bir yapıda tasarlanmıştır. İkinci araç alanyazındaki kuramsal çerçeveye ve rubrik bulgularına dayalı olarak araştırmacılar tarafından tasarlanan ve uzman görüşleri alınarak son hali verilen yarı yapılandırılmış görüşme formudur. Görüşme formu, teknolojinin pedagojik tasarıma entegrasyonu ve SAMR düzeyleri arasındaki geçişe odaklanan sorulardan oluşmaktadır.

Rubriğin geçerliği çok aşamalı bir süreçle güvence altına alınmıştır. İlk aşamada taslak rubrik, Matematik Eğitimi ve Eğitim Teknolojileri alanlarında uzmanlığa sahip iki öğretim üyesinin görüşüne sunulmuş; uzman dönütleri Moskal ve Leydens'in (2000) önerdiği içerik kanıtı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Uzmanlar özellikle Değişirme (M) ve Yeniden Tanımlama (R) basamaklarındaki ölçütlerin daha somut ve gözlemlenebilir göstergelere dayandırılması gerektiğini belirtmiş; rubrik bu öneriler doğrultusunda yeniden yapılandırılmıştır. Son haliyle rubrik (1) SAMR Entegrasyon Düzeyi, (2) Öğrenci Rolü ve Etkileşim ve (3) Pedagojik Kurgu ve İçerik Uyumu (TPACK) olmak üzere üç boyut ve

her boyutta 1 (Zayıf/Başlangıç) – 4 (İleri/Dönüştürücü) düzeyleri arasında değişen analitik bir derecelendirme yapısına kavuşturulmuştur. Rubriğin boyutları aynı zamanda 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin "Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma Becerisi (MAB5)" alt bileşenleriyle örtüşecek biçimde hizalanmıştır.

Uygulama Süreci

Araştırma kapsamında haftada iki ders saati olmak üzere toplam 12 haftalık yapılandırılmış bir süreç izlenmiştir. İlk hafta ön testlerin uygulanmasına ayrılmış; ardından dokuz hafta süresince TPACK ve SAMR temelli pedagojik müdahale gerçekleştirilmiştir. Müdahale sürecinde öğretmen adaylarına GeoGebra Geometri, GeoGebra 3D Grafik Hesap Makinesi, Desmos Grafik Hesap Makinesi, Unit Circle Trigonometry, Mathigon/Polypad, Euclidean, Pythagorea ve Pythagorea 60° olmak üzere sekiz farklı mobil uygulama tanıtılmış; bu araçların geometri kazanımlarına yönelik pedagojik entegrasyonu örnek dijital etkinlik planları üzerinden modellenmiştir. On birinci haftada adaylardan kendi dijital etkinlik planlarını tasarlamaları istenmiş, on ikinci haftada son testler uygulanmış ve ardından altı katılımcıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler yürütülmüştür.

Verilerin Analizi

Nicel verilerin analizinde, normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ve çarpıklık-basıklık değerleri ile sınılandıktan sonra bağımlı örneklem t-testi uygulanmıştır. Etki büyüklükleri Cohen d katsayısıyla hesaplanmış olup yorumlama eşikleri Cohen'in (1988) sınıflandırmasına göre belirlenmiştir (d = 0.20 küçük, d = 0.50 orta, d = 0.80 büyük etki). Nitel verilerin analizinde ise dijital etkinlik planları SAMR rubriği aracılığıyla değerlendirilmiş, görüşme verileri ham kodlardan kategorilere ve temalara ulaşan hibrit tematik analiz yaklaşımıyla çözümlenmiştir (Braun ve Clarke, 2006). Kodlama sürecinde Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği görüş birliği formülü kullanılmış ve kodlayıcılar arası güvenilirlik %88 olarak hesaplanmıştır; bu oran, yüksek düzeyde bir güvenilirliğe işaret etmektedir. Araştırmada nicel ve nitel bulguların entegrasyonu, karma yöntem deseninin temel ilkesine uygun olarak tartışma bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Nitel analiz sürecinde durum çalışması desenine uygun bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir. Görüşme dökümleri ve dijital etkinlik planları, hem TPACK ve SAMR çerçevelerinden beslenen tümdengelimsel hem de veriden yeni anlamlar üreten tümevarımsal kodların birlikte kullanıldığı hibrit tematik analiz yaklaşımıyla (Braun ve Clarke, 2006) çözümlenmiştir. Altı katılımcıdan sonra yeni bir kod üretilmediği görülerek teorik doygunluğa ulaşıldığı kabul edilmiştir (Creswell, 2014; Morse, 2000). Analizin güvenilirliğini artırmak amacıyla veri setinin %20'si, Matematik Eğitimi alanında profesör unvanına sahip bağımsız bir uzman tarafından kör kodlama yöntemiyle yeniden kodlanmış; iki kodlayıcı arasındaki uyum Miles ve Huberman'ın (1994) [Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı) × 100] formülüyle %88 olarak hesaplanmıştır. Görüş ayrılığı yaşanan kodlar üzerinde uzlaş

sağlanarak son kod rehberi oluşturulmuştur. Araştırmacı refleksivitesi açısından şu husus belirtilmelidir: 12 haftalık müdahale sürecini yürüten birinci yazar, aynı zamanda nitel analiz sürecinin de yürütücüsüdür. Bu örtüşmenin yaratabileceği olası önyargıyı dengelemek üzere (i) müdahaleye katılmamış bağımsız bir uzman tarafından %20'lik kör kodlama, (ii) görüşme protokollerinin yarı yapılandırılmış ve katılımcılar arasında tutarlı uygulanması, (iii) ham veriden temaya uzanan analitik adımların belgelendirilmesi ve (iv) tüm kodlama kararlarının ikinci yazarla düzenli olarak müzakere edilmesi önlemleri alınmıştır.

Bulgular

TPAB-Mat Ölçeği Ön Test-Son Test Bulguları

Öğretmen adaylarının TPACK bileşenlerine ilişkin ön test ve son test puan ortalamaları arasındaki farkları belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bağımlı örneklem t-testi sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Bulgular, tüm alt boyutlarda son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışların gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 1

TPACK Boyutlarına İlişkin Ön Test-Son Test Karşılaştırmaları (Bağımlı Örneklem t-testi Bulguları)

Alt Boyut	Ön Test Ort. ± Ss	Son Test Ort. ± Ss	t(66)	p	Cohen's d
Teknoloji Bilgisi (TB)	19.49 ± 4.71	23.85 ± 3.72	-6.30	<.001	0.77 (büyük)
Pedagoji Bilgisi (PB)	36.86 ± 5.97	41.13 ± 5.69	-4.61	<.001	0.56 (orta)
Alan Bilgisi (AB)	31.10 ± 4.54	34.45 ± 4.49	-4.15	<.001	0.51 (orta)
TPB-Çevrimdışı	9.28 ± 1.98	11.09 ± 1.82	-5.14	<.001	0.63 (büyük)
TPB-Çevrimiçi	8.69 ± 2.36	10.97 ± 1.67	-6.26	<.001	0.76 (büyük)
Teknolojik Alan Bilgisi (TAB)	15.88 ± 3.19	18.91 ± 2.96	-5.77	<.001	0.70 (büyük)
Pedagojik Alan Bilgisi (PAB)	22.97 ± 3.98	26.24 ± 3.69	-5.31	<.001	0.65 (büyük)
Tek. Ped. Alan Bilgisi (TPAB)	26.51 ± 6.22	33.55 ± 5.34	-7.26	<.001	0.89 (büyük)
Bağlam Bilgisi (XK)	18.57 ± 3.29	20.21 ± 2.46	-3.40	.001	0.42 (orta)

Tablo 1'de görüldüğü üzere, öğretmen adaylarının tüm TPACK bileşenlerinde son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışlar gerçekleşmiştir. En yüksek etki büyüklüğü Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (d = 0.89) alt boyutunda elde edilmiş olup bu değer, uygulanan öğretim sürecinin adayların teknoloji, pedagoji ve alan bilgisini bütünlendirme algılarını güçlü düzeyde desteklediğine işaret

etmektedir. Bunu sırasıyla Teknoloji Bilgisi ($d = 0.77$) ve Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi ($d = 0.76$) izlemiştir. Pedagoji Bilgisi, Alan Bilgisi ve Bağlam Bilgisi boyutlarında gözlenen orta düzeydeki etki büyüklükleri ise müdahalenin bu boyutlarda da anlamlı bir ilerleme sağladığını, ancak etkinin teknoloji odaklı boyutlara kıyasla görece daha ılımlı kaldığını göstermektedir.

Dijital Etkinlik Planlarının SAMR Düzeylerine Göre Dağılımı

Öğretmen adaylarının hazırladığı 67 dijital etkinlik planının SAMR modeli çerçevesinde değerlendirilmesinden elde edilen bulgular Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2

Dijital Etkinlik Planlarının Rubrik Boyutlarına Göre SAMR Düzey Dağılımı

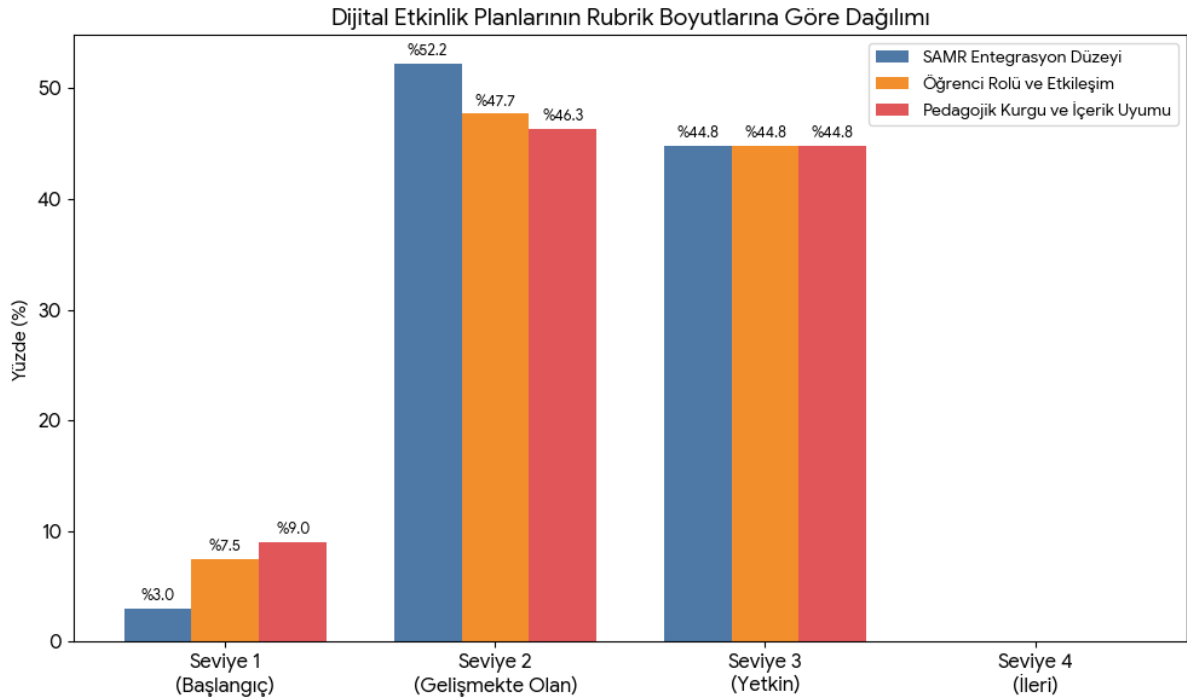
Değerlendirme Boyutu	Seviye 1 (S)	Seviye 2 (A)	Seviye 3 (M)	Seviye 4 (R)
SAMR Entegrasyon Düzeyi	2 (%3.0)	35 (%52.2)	30 (%44.8)	0 (%0.0)
Öğrenci Rolü ve Etkileşim	5 (%7.5)	32 (%47.7)	30 (%44.8)	0 (%0.0)
Pedagojik Kurgu ve İçerik Uyumu	6 (%9.0)	31 (%46.3)	30 (%44.8)	0 (%0.0)

Tablo 2 incelendiğinde, dijital etkinlik planlarının yarısından fazlasının (%55.2) SAMR modelinin iyileştirme basamaklarında (S+A) konumlandığı görülmektedir. Planların %52.2'si Geliştirme (A) düzeyinde yoğunlaşmış olup bu durum, adayların teknolojiyi ağırlıklı olarak mevcut öğretim süreçlerine hız, görselleştirme ve işlevsel iyileştirme katmak amacıyla kullandıklarını göstermektedir. Bununla birlikte planların %44.8'inin Değiştirme (M) düzeyine ulaşmış olması, adayların bir bölümünün teknolojiyi öğrenme görevini yeniden tasarlama amacıyla konumlandırabildiğini ortaya koymaktadır. Ancak araştırmanın en dikkat çekici bulgusu, hiçbir etkinlik planının modelin en üst düzeyi olan Yeniden Tanımlama (R) basamağına ulaşamamış olmasıdır.

Mobil uygulama türüne göre SAMR düzeylerinin dağılımı incelendiğinde, Euclidea kullanan adayların tamamının (%100) ve Mathigon/Polypad kullananların büyük çoğunluğunun (%87.5) Değiştirme düzeyine ulaştığı saptanmıştır. Öte yandan Desmos kullanıcılarının %92.9'u Geliştirme düzeyinde kalmıştır. GeoGebra özelinde ise dağılımın daha dengeli olduğu (A düzeyi: %57.9; M düzeyi: %36.8) görülmüş; bu bulgu, açık uçlu araçlardaki entegrasyon düzeyinin doğrudan adayın TPACK yeterliliğine bağlı olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 3

Öğretmen Adaylarının Dijital Etkinlik Planlarının Rubrik Boyutlarına Göre Dağılımı



1.Tema - TPACK'in Pratiğe Yansıması: Pedagojik Tasarım

Nitel aşamada, görüşme yapılan altı katılımcıya dörtgenler hiyerarşisi (kare-dikdörtgen ilişkisi) ve üç boyutlu cisimler (geometrik katıların görselleştirilmesi) gibi kavramsal yanılgıların yoğun olduğu öğretim senaryoları sunulmuş ve bu senaryolarda mobil teknolojiyi nasıl kullanacakları sorulmuştur. Görüşme verilerinin tematik analizi, adayların TPACK yetkinliklerinin uygulama aşamasında iki belirgin pedagojik zihniyet etrafında şekillendiğini ortaya koymuştur.

Dönüşüm Odaklı Grup (K1, K2), teknolojiyi öğrencinin geometrik ilişkileri bizzat manipüle ederek keşfettiği bir ortam olarak tasarlamıştır. Örneğin dörtgenler hiyerarşisi senaryosunda - öğrencilerin karenin aynı zamanda bir dikdörtgen olup olmadığını keşfetmesi gereken bir bağlamda- K2, GeoGebra üzerinde öğrencilerin bir karenin köşe noktalarını sürükleyerek şeklin dikdörtgene dönüşüp dönüşmediğini test etmelerini sağlayan açık uçlu bir keşif etkinliği önermiştir: “Özgürce keşfetmelerini sağladım... mesela derdim ki bu kareyi dikdörtgen yapabilir miyiz? Bir dener misiniz?” K1 de benzer şekilde, öğrencilerin teknolojiyi kullanarak “kendi deneyimleyerek... daha iyi kavramasını” hedefleyen bir yapı kurgulamıştır. Bu yaklaşımda teknoloji, öğrencinin bilişsel süreçlerine eşlik eden bir bilişsel ortak rolündedir ve öğrenme sürecinin doğasını temelden dönüştürmektedir.

Buna karşın İyileştirme Odaklı Grup (K3, K4), aynı teknolojiyi öğretmenin bilgiyi aktardığı bir gösterim ve modelleme aracı olarak konumlandırmıştır. K3, aynı dörtgenler senaryosunda “Girişte mesela öncelikle ben açıklarım... geliştirme aşamasında da onu böyle modelleyerek gösteririm”

yaklaşımını benimserken; K4 de *“Girişte yine kendim anlatırım... sonuç kısmında da küçük quiz kullanırım”* diyerek benzer bir öğretmen merkezli yapıyı tercih etmiştir. Bu grupta teknoloji, pedagojik yaklaşımı dönüştürmemiş; yalnızca mevcut sunumu görselleştirerek desteklemiştir.

Benzer bir ayrışma, üç boyutlu cisimler senaryosunda da gözlemlenmiştir. Bu senaryoda adaylara, katı cisimlerin (prizma, silindir vb.) öğretiminde GeoGebra 3D uygulamasını nasıl kullanacakları sorulmuştur. Dönüşüm Odaklı Grup, GeoGebra 3D'nin Artırılmış Gerçeklik (AR) özelliğini kullanarak üç boyutlu nesnelere sınıfın fiziksel ortamına yansıtma vizyonu sunmuştur. K1, *“Artırılmış gerçeklik kullanılabilir... sınıfın ortasında onu mobil uygulamada yaptıkları şekli görmesi bence çok faydalı olurdu”* derken; K2 de *“bizzat o şekli o ortama getiriyor”* ifadesiyle öğrencilerin cisimlerin etrafında dolaşarak keşfetmesini sağlayan bir tasarım önermiştir. Buna karşın İyileştirme odaklı grup aynı teknolojiyi, K3'ün ifadesiyle *“kare prizma oluşturmalarını ve onun açık halini bakmalarını, kapalı halini görmelerini”* sağlayan geleneksel bir görselleştirme aracı olarak konumlandırmıştır.

Uygulama seçim kriterleri açısından da bu pedagojik ayrışma tutarlı bir biçimde yansımıştır. Dönüşüm odaklı adaylar bir mobil uygulamayı seçerken *“öğretim programıyla uyum”* ve *“kendi kendine öğreticilik”* gibi pedagojik nitelikleri önceliklendirirken (K1: *“Uygulamanın kendi öğretici olması bence güzel olurdu”*); iyileştirme odaklı adaylar *“internet gerektirmeme”* ve *“her cihaza indirilebilme”* gibi teknik erişilebilirlik ölçütlerini ön planda tutmuştur (K3: *“Her cihaza indirilebiliyor mu? Bunlara bakardım”*). Bu farklılaşma, yüksek TPACK düzeyine sahip adayların teknolojiyi teknik bir araçtan ziyade pedagojik bir çözüm ortağı olarak değerlendirme eğiliminde olduklarını göstermektedir.

2.Tema - SAMR Merdiveninde Dönüşüm Vizyonu

Görüşmelerde adaylara, temel düzeyde (Yerine Koyma - S) bir teknoloji kullanım senaryosu sunulmuş ve bu senaryoyu üst SAMR basamaklarına nasıl taşıyabilecekleri sorulmuştur. *“Öğrencilere GeoGebra’da bir üçgen çizdiriyorsunuz; bu etkinliği nasıl geliştirirsiniz?”* biçiminde sunulan bu senaryo, adayların pedagojik yaratıcılık düzeylerini sınamak amacıyla tasarlanmıştır. Yanıtlar, üç farklı dönüşüm düzeyini ortaya koymuştur.

Dönüşüm odaklı gruptan K2, AR teknolojisini kullanarak geometrik cisimleri sınıfın fiziksel ortamına yansıtmayı ve öğrencilerin *“etraflarında dolaşarak keşfetmelerini”* sağlamayı önermiştir; bu öneri, teknoloji olmadan gerçekleştirilmesi mümkün olmayan yeni bir öğrenme deneyimi tasarladığı için R düzeyine karşılık gelmektedir. K1 ise standart bir çizim görevini bulmaca formatına dönüştürerek öğrencinin bilişsel yükünü artıran bir problem çözme etkinliği tasarlamıştır: *“Direkt aktarmak yerine öğrencilere bulmaca tarzı... tahtaya sırasıyla istediğim üçgenleri yazı diliyle anlatırım. Sonra öğrencilere çizmelerini isterim.”* Bu yaklaşım, görevin doğasını değiştirdiği için M düzeyine karşılık gelmektedir. Karma Profil grubundan K5'in sunduğu, öğrencilerin ekran kaydı olarak çözüm

sürecini kayıt altına alıp akranlarına öğretmesi fikri ise R düzeyinin örneklerinden birini oluşturmaktadır: *“Arkadaşlar ekran kaydı alalım... yapamayan arkadaşlarımız için göstereyim, bu şekilde onlar da öğrensin.”*

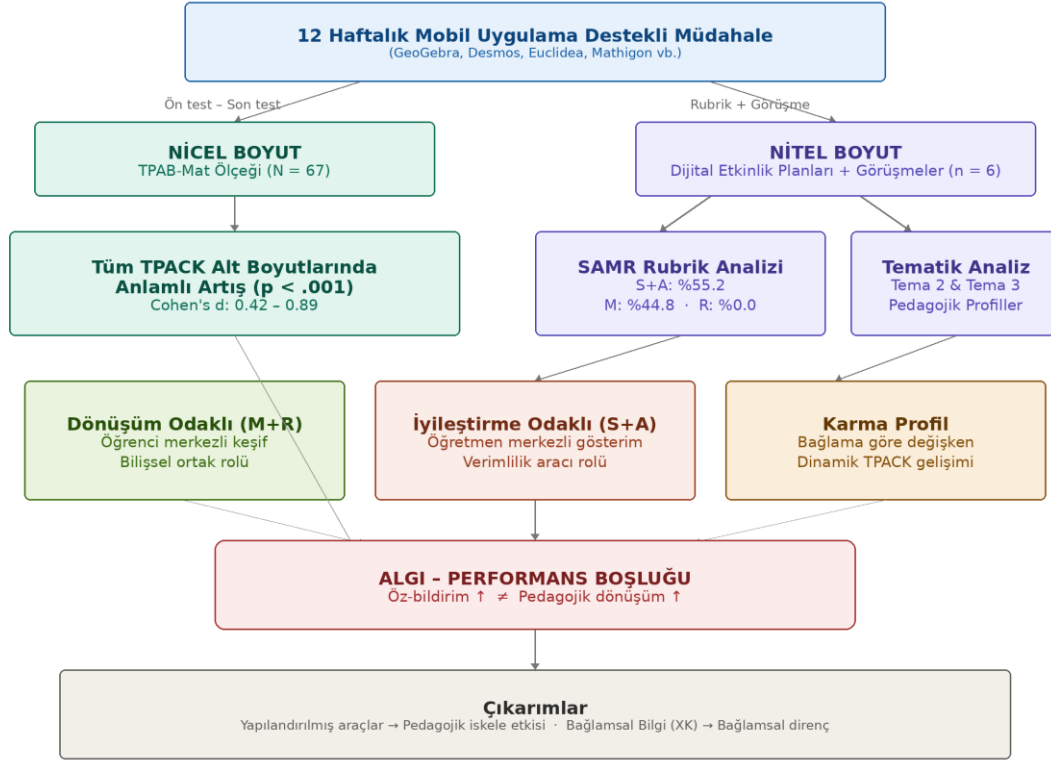
Buna karşın İyileştirme Odaklı Gruptan K3 ve karma profil grubundan K6, temel çizim görevinin yapısını değiştirmeden yalnızca teknolojik özellikler ekleyerek süreci desteklemeye odaklanmıştır. K3'ün *“kenarlarının uzunluklarını gösterme, açılarını gösterme”* önerisi ve K6'nın *“kenar uzunluklarını ve açıları mobil uygulama üzerinden görüyorduk... bunları göstermek bir üst seviyeye taşıyabilir”* yaklaşımı, öğrencinin rolünde köklü bir dönüşüm yaratmadığı için A basamağında kalmıştır. Bu bulgular, adayların SAMR merdivenindeki konumlarını belirleyen temel unsurun teknik bilgi düzeyinden ziyade, öğrenci-teknoloji etkileşimini yeniden kurgulama konusundaki pedagojik yaratıcılıkları olduğunu ortaya koymaktadır.

Nicel ve Nitel Bulguların Entegrasyonu

Karma yöntem araştırmalarının temel ilkesine uygun olarak, nicel ve nitel bulgular birlikte değerlendirildiğinde kritik bir durum görünür hale gelmektedir. Tablo 1'deki nicel veriler, 67 öğretmen adayının TPACK algılarında tüm alt boyutlarda istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü artışlar kaydettiğini göstermektedir; özellikle TPAB ($d = 0.89$) ve TB ($d = 0.77$) boyutlarındaki yüksek etki büyüklükleri, adayların teknoloji entegrasyonuna ilişkin öz-yeterlik algılarının belirgin biçimde güçlendiğine işaret etmektedir. Ancak Tablo 2'ye ve görüşme bulgularına bakıldığında, iş gerçek bir dijital ders planı tasarlamaya geldiğinde bu algısal artışın pedagojik pratiğe eşit düzeyde yansımadağı görülmektedir: Planların yarısından fazlası (%55.2) iyileştirme basamaklarında yoğunlaşmış, R düzeyine hiçbir plan ulaşamamış ve görüşmelerde adayların önemli bir bölümünün teknolojiyi öğretmen merkezli bir gösterim aracı olarak konumlandırmaya devam ettiği belirlenmiştir. Bu durum, adayların ölçek maddelerine olumlu yanıt verirken zihinlerindeki pedagojik modelin aslında dönüşümden ziyade iyileştirme odaklı kaldığını kanıtlamaktadır. Dolayısıyla nicel verilerdeki istatistiksel yükselişin arkasında, henüz köklü bir pedagojik dönüşüme evrilmemiş bir algısal iyimserlik yatmaktadır; bu yapı, alanyazında algı-performans boşluğu olarak kavramsallaştırılmaktadır (Kaleli-Yılmaz, 2015; Schmid vd., 2021).

Şekil 4

Araştırmanın Kavramsal Modeli: TPACK Algısı, SAMR Performansı Ve Pedagojik Profiller Arasındaki İlişkinin Bütünleşik Görünümü

**Tartışma ve Sonuç**

Bu araştırma, mobil uygulama destekli bir öğretim sürecinin matematik öğretmen adaylarının TPACK algılarına etkisini nicel verilerle ortaya koymayı ve bu algıların pedagojik tasarımlara yansıma biçimini SAMR modeli çerçevesinde nitel verilerle derinleştirmeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, hem umut verici gelişmelere hem de kritik pedagojik boşluklara işaret etmektedir.

Nicel boyutta, 12 haftalık yapılandırılmış müdahale sürecinin ardından öğretmen adaylarının TPAB-Mat ölçeğinin tüm alt boyutlarında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı ve orta-büyük düzeyde etki büyüklüklerine sahip artışlar kaydettiği görülmüştür. Özellikle Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi ($d = 0.89$), Teknoloji Bilgisi ($d = 0.77$) ve Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi ($d = 0.76$) boyutlarındaki yüksek etki büyüklükleri, adayların teknolojiyi yalnızca araç düzeyinde tanımaktan öte, pedagojik amaçlarla nasıl kullanabileceklerine dair farkındalık kazandıklarını göstermektedir. Bu bulgular, iyi yapılandırılmış TPACK eğitim programlarının adayların tüm bilgi bileşenlerinde anlamlı gelişim sağladığını gösteren uluslararası çalışmalarla (Stinken-Rösner vd., 2023) ve Türkiye bağlamındaki araştırmalarla (Aктаş ve Özmen, 2020; Tatlı vd., 2016) tutarlılık göstermektedir. Öte yandan Sungur Gül'ün (2023) fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yürüttüğü çalışmada teknoloji odaklı uygulamaların TPACK puanlarında anlamlı bir fark yaratmadığını raporlaması, mevcut araştırmadaki

gelişimin salt teknoloji maruziyetine değil; TPACK ve SAMR modellerinin bütünleşik ve yapılandırılmış bir pedagojik tasarımla harmanlanmasına bağlı olabileceğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte bu araştırmanın alanyazına katkısı, nicel verilerin çizdiği olumlu tablonun nitel bulgularla çapraz sorgulamaya tabi tutulmasından doğmaktadır. İstatistiksel olarak öğretmen adaylarının TPACK algıları belirgin biçimde yükselmiş olsa da, iş gerçek bir dijital ders planı tasarlamaya geldiğinde adayların önemli bir bölümünün geleneksel öğretmen merkezli alışkanlıklarından kopamadığı ve bu durumun algı ile performans arasında somut bir boşluk yarattığı ortaya çıkmıştır. Dijital etkinlik planlarının SAMR analizi, planların yarıdan fazlasının (%55.2) iyileştirme basamaklarında (S+A) yoğunlaştığını ve hiçbir planın R düzeyine ulaşmadığını göstermiştir. Crompton ve Burke'ün (2020) sistematik derlemesinde matematik alanında M düzeyinde hiçbir uygulamaya rastlanmadığı tespiti ile kıyaslandığında, mevcut araştırmadaki %44.8'lik M düzeyi oranı alanyazından farklılaşmaktadır. Öte yandan R düzeyinin yokluğu, adayların teknolojiyi hâlâ mevcut müfredat sınırları içinde bir araç olarak konumlandıklarını ve öğrenme kültürünü kökten dönüştürecek bir vizyona henüz tam olarak sahip olmadıklarını düşündürmektedir.

Görüşme verilerinin derinlemesine analizi, bu algı-performans boşluğunun arka planındaki pedagojik mekanizmayı aydınlattığı görülmüştür. Ölçekte benzer puan artışları gösteren adayların, uygulamada birbirinden farklılaşan üç pedagojik profil sergiledikleri belirlenmiştir. Dönüşüm odaklı adaylar, teknolojiyi öğrencinin kavramları manipüle ederek yapılandığı bir bilişsel ortam olarak kurgularken; iyileştirme odaklı adaylar, teknolojiyi öğretmenin bilgiyi görselleştirerek aktardığı bir verimlilik aracı olarak tasarlamıştır. Karma profil gösteren adaylar ise hem iyileştirme hem de dönüşüm odaklı söylemlerde bulunmuştur. Bu kutuplaşma, öz-bildirim ölçeklerinin pedagojik durumları yansıtmadaki yapısal sınırlılığını gözler önüne sermekte ve Schmid vd. (2021) TPACK öz-değerlendirmelerinin ders planı performansı ile ancak zayıf düzeyde ilişkili olduğu bulgusunu desteklemektedir. Dolayısıyla öğretmen adaylarının "teknolojiye hâkim olduklarını düşünmeleri" ile "teknolojiyi dönüştürücü bir şekilde kullanabilmeleri" arasında kapatılması gereken kritik bir mesafe bulunduğu düşünülmektedir.

Bu algı-performans boşluğunun kuramsal bir açıklaması, üstbilişsel kalibrasyon (metacognitive calibration) alanyazınında bulunabilir. Kruger ve Dunning'in (1999) çalışmasından bu yana, bireylerin yeterli düzeyleri düşük olduğunda kendi performanslarını sistematik olarak aşırı değerlendirdikleri bilinmektedir. Mevcut araştırmanın bağlamında, öz-bildirime dayalı TPACK puanlarında belirgin artış gösteren bazı adayların SAMR düzeyinde iyileştirme basamaklarında kalması, bu üstbilişsel kalibrasyon hatasının bir yansıması olarak yorumlanabilir. Ancak bu durumu yalnızca bir yetkinlik yanılsaması olarak etiketlemek yerine, daha yapıcı bir perspektifle ele almak gerekmektedir. Klassen ve Chiu'nun (2010) öğretmen öz-yeterliği üzerine yaptıkları çalışmada gösterdikleri gibi, artan öz-yeterlik algısı henüz performansa dönüşmemiş olsa bile, gelecekteki

pedagojik risk alma davranışlarının ve yenilikçi öğretim denemelerinin bir habercisi olabilir. Dolayısıyla mevcut araştırmadaki adayların yükselen TPACK algıları, pedagojik dönüşümün bir ön koşulu olarak değerlendirilmeli; ancak tek başına yeterli bir gösterge olarak kabul edilmemelidir. Bu bağlamda öğretmen yetiştirme programlarının, adayların öz-değerlendirme becerisini de geliştiren yansıtıcı mekanizmalar (örn. video tabanlı mikroöğretim, akran değerlendirme) içermesi kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bulgular bölümünde tanıtılan "Dönüşüm Odaklı Grup" (K1, K2) etiketinin kavramsal bir paradoksu da içerdiği belirtilmelidir. Söz konusu adaylar görüşmelerde Yeniden Tanımlama (R) düzeyiyle uyumlu söylemsel vizyonlar (Artırılmış Gerçeklik ile fiziksel ortamda keşif, bulmaca formatında görev dönüştürme vb.) üretmiş olmakla birlikte, yazılı dijital etkinlik planları rubrikte Değiştirme (M) düzeyinde kalmıştır. Bu durum, çalışmanın merkezi tezi olan algı-performans boşluğunun mikro ölçekte tekrar üretimidir: söylemsel düzeyde dönüştürücü pedagojik bir vizyona sahip olan adaylar dahi, bu vizyonu yazılı plan tasarımına aktarmada güçlük yaşamaktadır. Dolayısıyla "Dönüşüm Odaklı Grup" etiketi bir başarı kategorisi değil, söylem ile plan arasındaki gerilimi adlandıran çözümleyici bir kavram olarak okunmalıdır. Bu mikro paradoks aynı zamanda öğretmen adaylarının pedagojik vizyon ile fiili tasarım pratikleri arasındaki köprüyü kurmalarını destekleyecek yapılandırılmış müdahalelerin (örn. plan-prototipleme atölyeleri, vizyon-plan tutarlılığı üzerine yansıtıcı yazma görevleri) gerekliliğine işaret etmektedir.

Mobil uygulama türünün SAMR düzeyini doğrudan etkilediği bulgusu da tartışılmaya değer olduğu düşünülmüştür. Euclidean (%100 M düzeyi) ve Mathigon/Polypad (%87.5 M düzeyi) gibi oyunlaştırılmış ve yapılandırılmış araçlar, tasarımları gereği öğrenciyi aktif bir problem çözücüye dönüştürmekte ve böylece adaylar için bir pedagojik iskele işlevi görmektedir. Buna karşın GeoGebra ve Desmos gibi açık uçlu araçlarda entegrasyon kalitesinin tamamen adayın TPACK düzeyine bağlı olduğu görülmüştür. Bu bulgu, Koehler ve Mishra'nın (2009) Teknolojik Alan Bilgisi kavramının önemini doğrulamakta ve Batiibwe'nin (2024) GeoGebra'nın etkili kullanımının teknik bilgidan ziyade pedagojik bilgiye bağlı olduğu tespitini desteklemektedir. Eğitim fakülteleri açısından bu sonuç, öğretmen adaylarına önce yapılandırılmış araçlarla dönüşüm deneyimi yaşatılması, ardından bu deneyimin açık uçlu araçlara transfer edilmesini hedefleyen kademeli bir pedagojik tasarım stratejisinin benimsenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Görüşmelerde ortaya çıkan üç pedagojik profil, TPACK gelişiminin doğrusal olmayan dinamik yapısına ilişkin önemli içgörüler sunmaktadır. Karma Profil grubunun bazı etkinliklerde iyileştirme, bazılarında ise dönüştürücü düzeyde yer alması, SAMR modelinin katı bir merdiven olmaktan ziyade bağlama ve amaca göre esnek geçişlere izin veren bir süreç olduğu görüşünü desteklemektedir. Bu bulgu, Kihzo vd. (2016) TPACK bileşenlerinin tam entegrasyonunun zaman, deneyim ve sürekli destek gerektiren uzun soluklu bir süreç olduğu tespitini doğrulamaktadır.

TYMM'nin MAB5 becerisi kapsamında değerlendirildiğinde, adayların teknolojiyi ağırlıklı olarak içeriği sunma ve görselleştirme amacıyla kullandıkları; buna karşın teknolojiyi bir değerlendirme aracı olarak konumlandırma, Öğrenmede Evrensel Tasarım (UDL) ilkeleri doğrultusunda farklılaştırılmış öğretim tasarlama ve veri gizliliği (KVKK) gibi bağlamsal boyutlarda belirgin bir gelişim alanına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durum, TPACK çerçevesinin Bağlamsal Bilgi (XK) katmanının öğretmen yetiştirme programlarında daha merkezi bir konuma taşınması gerektiğine işaret etmektedir. Porras-Hernández ve Salinas-Amescua'nın (2013) önerdiği "bağlamın dinamik yapısı" kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, XK yalnızca statik bir çevresel bilgi değil; mikro (sınıf içi etkileşimler), mezo (okul altyapısı ve kurumsal kültür) ve makro (eğitim politikası ve müfredat reformları) düzeylerinde sürekli etkileşim halinde olan çok katmanlı bir yapıdır. Bu araştırmadaki adayların XK boyutundaki görece düşük etki büyüklüğü ($d = 0.42$), üniversite ortamında yürütülen müdahalelerin mezo ve makro düzeydeki bağlamsal deneyimleri simüle etmedeki yapısal sınırlılığını yansıtmaktadır. Bu bulgu, öğretmen yetiştirme programlarına okul temelli staj deneyimlerinin ve gerçek sınıf bağlamlarıyla etkileşim fırsatlarının sistematik olarak entegre edilmesi gerektiğini güçlü bir biçimde desteklemektedir.

Sonuç olarak bu araştırma, TPACK ve SAMR modellerinin birlikte kullanıldığı bütünlük bir öğretim sürecinin öğretmen adaylarının dijital pedagojik algılarını güçlü düzeyde desteklediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, algıdaki artışın pedagojik tasarımda otomatik bir dönüşüme yol açmadığı ve adayların önemli bir bölümünün teknolojiyi hâlâ öğretmen merkezli bir iyileştirme aracı olarak konumlandığı belirlenmiştir. Eğitim fakülteleri, öğretmen yetiştirme programlarına yalnızca teknoloji tanıtımı değil; öğrenci merkezli tasarım deneyimleri, SAMR düzeyleri arasında bilinçli geçiş yapma pratiği ve bağlamsal direnç stratejileri geliştirme fırsatlarını sistematik olarak entegre etmesi önerilmektedir. İleride yapılacak araştırmaların, boylamsal desenlerle TPACK gelişiminin uzun vadeli seyrini izlemesi, öğretmen adaylarının staj süreçlerindeki gerçek sınıf performanslarıyla algılarını karşılaştırması ve farklı disiplinlerdeki öğretmen adaylarıyla karşılaştırmalı çalışmalar yürütülmesi önerilmektedir.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın bulguları birkaç sınırlılık çerçevesinde değerlendirilmelidir. Birincisi, çalışmada zayıf deneysel desen türlerinden tek grup ön test-son test deseni kullanılmış olup karşılaştırma grubunun yokluğu, iç geçerlik açısından bilinen tehditleri beraberinde getirmektedir. 12 haftalık müdahale süreci boyunca öğretmen adaylarının paralel olarak aldıkları diğer alan ve meslek bilgisi derslerinin yarattığı olgunlaşma etkisi, aynı ölçeğin iki kez uygulanmasından kaynaklanabilecek test etkisi ve eğitim-öğretim dönemi içerisinde gerçekleşen tarihsel etkenler, gözlenen artışın yalnızca müdahaleye atfedilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle ortaya çıkan TPACK algı yükselmesinin bir bölümünün lisans eğitiminin doğal seyrinden kaynaklanmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İkinci sınırlılık, ölçüm araçlarının yapısal asimetrisidir: TPACK algıları dokuz alt boyutlu öz-bildirim ölçeği ile, SAMR performansı ise tek bir dijital etkinlik planı çıktısı üzerinden değerlendirilmiştir. İki aracın aynı kuramsal yapıyı (TPACK) ölçtüğü varsayımı doğrudan test edilmediğinden, bu çalışmada raporlanan "algı–performans boşluğu" söz konusu ölçüm asimetrisi göz önünde bulundurularak temkinli yorumlanmalıdır. Üçüncü olarak, çalışma grubu ilköğretim ve ortaöğretim matematik öğretmenliği programlarındaki öğrencilerden oluşmakla birlikte, bu iki programa devam eden adaylar tek bir analiz havuzunda ele alınmış; alan bilgisi derinliği ve hedef öğrenci kitlesine yönelik pedagojik tasarım farklılıkları açısından alt grup karşılaştırması yapılmamıştır. Bu tercih, ilgili doktora tezi kapsamında belirlenen araştırma sorularıyla tutarlılığı korumak amacıyla benimsenmiş olmakla birlikte, gelecekteki çalışmalarda iki program arasındaki olası farklılıkların incelenmesi yararlı olacaktır. Son olarak, bu çalışmada "performans" terimi öğretmen adaylarının yazılı dijital etkinlik planları ve görüşme söylemleri düzeyindeki pedagojik tasarımı ifade etmektedir; gerçek sınıf uygulamasına ilişkin gözlem verisi kapsam dışıdır.

Araştırma ve Yayın Etiği

Bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. (Zorunlu beyan)

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Dokuz Eylül Üniversitesi
Etik değerlendirme kararının tarihi: 25.11.2024
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: E-87347630-659-1211123

Yazarların Katkı Oranı

Bu makalede yazarların katkı oranları eşittir.

Çıkar Çatışması

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Aktaş, İ. ve Özmen, H. (2020). Investigating the impact of TPACK development course on pre-service science teachers' performances. *Asia Pacific Education Review*, 21(4), 667-682. <https://doi.org/10.1007/s12564-020-09653-x>
- Angeli, C. ve 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(1), 154-168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Batiibwe, M. S. (2024). Integration of GeoGebra in Learning Mathematics: Benefits and Challenges. *East African Journal of Education Studies*, 7(4), 684-697. <https://doi.org/10.37284/eajes.7.4.2454>
- Braun, V. ve Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. baskı). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4. baskı). SAGE.
- Crompton, H. ve Burke, D. (2020). Mobile learning and pedagogical opportunities: A configurative systematic review of PreK-12 research using the SAMR framework. *Computers & Education*, 156, 103945. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103945>
- Harris, J. B. ve Hofer, M. J. (2017). "TPACK Stories": Schools and School Districts Repurposing a Theoretical Construct for Technology-Related Professional Development. *Journal of Research on Technology in Education*, 49(1-2), 1-15. <https://doi.org/10.1080/15391523.2017.1295408>
- Kaleli-Yilmaz, G. (2015). The views of mathematics teachers on the factors affecting the integration of technology in mathematics courses. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(8). <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n8.8>
- Kihoza, P. D., Zlotnikova, I., Bada, J. K. ve Kalegele, K. (2016). Classroom ICT integration in Tanzania: Opportunities and challenges from the perspectives of TPACK and SAMR models. *International Journal of Education and Development Using ICT*, 12(1), 107-128.
- Klassen, R. M. ve Chiu, M. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience, and job stress. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 741-756. <https://doi.org/10.1037/a0019237>
- Koehler, M. J. ve Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Kruger, J. ve Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121-1134. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.6.1121>
- Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. baskı). SAGE.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli öğretim programları ortak metni. <https://tymm.meb.gov.tr/ortak-metin>
- Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76-78. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Mishra, P. ve Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Morse, J. M. (2000). Determining sample size. *Qualitative Health Research*, 10(1), 3-5. <https://doi.org/10.1177/104973200129118183>
- Moskal, B. M. ve Leydens, J. A. (2000). Scoring rubric development: Validity and reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7(10), 1-6. <https://doi.org/10.7275/q7rm-gg74>

- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44(3), 299-317. <https://doi.org/10.2190/EC.44.3.c>
- Önal, N. (2016). Development, validity and reliability of TPACK scale with pre-service mathematics teachers. *International Online Journal of Educational Sciences*, 8(2), 93-107.
- Pittalis, M. (2021). Extending the technology acceptance model to evaluate teachers' intention to use dynamic geometry software in geometry teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(9), 1385–1404. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1766139>
- Puentedura, R. R. (2006). Transformation, technology, and education. <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Porras-Hernández, L. H. ve Salinas-Amescua, B. (2013). Strengthening TPACK: A broader notion of context and the use of teacher's narratives to reveal knowledge construction. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 223–244. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.f>
- Rosenberg, J. M. ve Koehler, M. J. (2015). Context and technological pedagogical content knowledge (TPACK): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186-210. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663>
- Schmid, M., Brianza, E. ve 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, 106586. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Stinken-Rösner, L., Hofer, E., Rodenhauser, A. ve Abels, S. (2023). Technology Implementation in Pre-Service Science Teacher Education Based on the Transformative View of TPACK: Effects on Pre-Service Teachers' TPACK, Behavioral Orientations and Actions in Practice. *Education Sciences*, 13(7), 732. <https://doi.org/10.3390/educsci13070732>
- Sungur Gül, K. (2023). Teknoloji odaklı fen eğitimi uygulamalarının teknolojik pedagojik alan bilgilerine ve teknoloji entegrasyonu öz-yeterlik algılarına etkisi. *Yaşadıkça Eğitim*, 37(2), 489–507. <https://doi.org/10.33308/26674874.2023372574>
- Tatlı, Z., İpek Akbulut, H. ve Altınışik, D. (2016). The impact of web 2.0 tools on pre-service teachers' self confidence levels about tpck. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(3), 659-678. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.277878>
- Wiggins, G. ve McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2. baskı). ASCD.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6. baskı). SAGE.

Extended Abstract

Introduction

The rapid digital transformation in contemporary education demands that teachers go beyond merely recognizing technological tools; they must be capable of restructuring learning

processes by integrating these tools with pedagogical objectives. In mathematics education, particularly in geometry-where spatial reasoning and visualization are essential-dynamic geometry software and mobile applications offer powerful interactive environments for concretizing abstract concepts. However, the literature consistently reveals that pre-service teachers' technology integration skills often remain at the level of tool use and lack pedagogical depth.

The Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework, developed by Mishra and Koehler (2006) building on Shulman's (1986) Pedagogical Content Knowledge, represents an integrated knowledge structure emerging from the dynamic interaction of technology, pedagogy, and content knowledge. While TPACK is effective in defining what teachers know, a complementary framework is needed to assess the level at which technology is practically integrated. The SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) model developed by Puentedura (2006) addresses this need by providing a hierarchical classification of technology integration levels. Systematic reviews indicate that the majority of educational practices remain concentrated at the enhancement levels (S+A) and rarely reach the transformation levels (M+R).

Despite the abundance of studies examining TPACK development through quantitative scales, a significant portion of these studies remain limited to self-report outcomes. Researchers have frequently highlighted a discrepancy-or perception-performance gap-between pre-service teachers' high self-efficacy perceptions and their classroom practices. This study addresses this gap by investigating the following research questions: (1) Is there a significant difference between pre-service teachers' pre-test and post-test scores on the TPACK-Math Scale sub-dimensions? (2) How are the digital activity plans distributed across SAMR model levels? (3) What pedagogical profiles emerge when pre-service teachers' design approaches are examined within the TPACK and SAMR frameworks?

Method

This study employed an explanatory sequential mixed-methods design. In the quantitative phase, a single-group pre-test–post-test quasi-experimental design was used, while the qualitative phase adopted a case study design. The study group consisted of 67 second-year undergraduate students enrolled in elementary and secondary mathematics education programs at a public university in İzmir, Turkey, during the 2025–2026 academic year. For the qualitative phase, six participants were purposefully selected using criterion sampling based on their SAMR technology integration levels, representing three distinct pedagogical profiles: Transformation-Oriented (K1, K2), Enhancement-Oriented (K3, K4), and Mixed-Profile (K5, K6).

Quantitative data were collected using the TPACK-Math Scale (TPAB-Mat) developed by Önal (2016), a 59-item five-point Likert-type instrument with nine sub-dimensions and an overall reliability

coefficient of $\alpha = .97$. Qualitative data were gathered through a researcher-developed SAMR-based Digital Activity Plan Technology Integration Assessment Rubric and semi-structured interviews.

A structured 12-week intervention was implemented. Following pre-tests in the first week, a nine-week TPACK- and SAMR-based pedagogical intervention was conducted, during which eight different mobile applications (GeoGebra Geometry, GeoGebra 3D, Desmos, Unit Circle Trigonometry, Mathigon/Polypad, Euclidea, Pythagorea, and Pythagorea 60°) were introduced and their pedagogical integration was modeled through sample digital activity plans. In week 11, participants designed their own digital activity plans, and in week 12, post-tests and interviews were administered.

Quantitative data were analyzed using paired-samples t-tests after verifying normality assumptions, with effect sizes calculated using Cohen's *d*. Qualitative data from digital activity plans were assessed using the SAMR rubric, and interview data were analyzed through a hybrid thematic analysis approach. Inter-coder reliability was calculated at 88% using Miles and Huberman's (1994) agreement formula.

Result and Discussion

Quantitative findings revealed statistically significant improvements across all TPACK sub-dimensions in favor of the post-test ($p < .001$). The highest effect size was observed in Technological Pedagogical Content Knowledge ($d = 0.89$), followed by Technology Knowledge ($d = 0.77$) and Technological Pedagogical Knowledge-Online ($d = 0.76$). These results are consistent with international studies demonstrating that well-structured TPACK training programs produce meaningful development across all knowledge components.

However, the qualitative findings exposed a critical perception–plan-level performance gap. SAMR analysis of 67 digital activity plans showed that more than half (55.2%) were concentrated at the enhancement levels (S+A), with 52.2% at the Augmentation level and no plan reaching the Redefinition (R) level. Regarding mobile application type, all Euclidea users (100%) and most Mathigon/Polypad users (87.5%) reached the Modification level, whereas 92.9% of Desmos users remained at the Augmentation level, suggesting that gamified and structured tools function as pedagogical scaffolds.

Thematic analysis of interview data revealed two distinct pedagogical orientations. The Transformation-Oriented group conceptualized technology as a cognitive partner through which students discover geometric relationships via manipulation, while the Enhancement-Oriented group positioned the same technology as a demonstration and modeling tool through which teachers transmit knowledge. This polarization demonstrates that self-report scales have structural limitations in capturing actual pedagogical dispositions. The Mixed-Profile group exhibited both enhancement

and transformative tendencies across different contexts, supporting the view that the SAMR model functions as a flexible, context-dependent process rather than a rigid ladder.

This perception–plan-level performance gap can be theoretically explained through the metacognitive calibration literature. Following Kruger and Dunning's (1999) framework, some participants who showed marked increases in self-reported TPACK scores yet remained at enhancement SAMR levels may have been exhibiting a metacognitive calibration error. Nevertheless, following Klassen and Chiu (2010), increased self-efficacy perceptions—even when not yet translated into plan-level performance—may serve as precursors to future pedagogical risk-taking and innovative teaching attempts.

In conclusion, this study demonstrates that an integrated instructional process combining TPACK and SAMR frameworks strongly supports pre-service teachers' digital pedagogical perceptions. However, increased perceptions do not automatically translate into plan-level pedagogical transformation, with a substantial proportion of participants continuing to position technology as a teacher-centered enhancement tool. Teacher education programs are recommended to systematically integrate student-centered design experiences, deliberate practice in transitioning between SAMR levels, and reflective mechanisms such as video-based microteaching and peer assessment. Future research should track the longitudinal trajectory of TPACK development, compare perceptions with actual classroom performance during practicum, and conduct cross-disciplinary comparative studies.

Limitations of the study include the use of a single-group pre-test–post-test design without a control group, which raises threats from maturation, testing, and history effects across the 12-week intervention; the asymmetry between a nine-dimensional self-report TPACK measure and a single plan-level SAMR output, such that the reported perception–performance gap should be interpreted cautiously in light of this measurement asymmetry; and the analytical decision to treat pre-service teachers from elementary and secondary mathematics teaching programs as a single pool, consistent with the source doctoral dissertation, rather than as separate subgroups. Future research should disaggregate these programs, complement self-report instruments with classroom observation data, and trace the longitudinal trajectory of TPACK development beyond the intervention.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License.



Canonical URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>