

**Robotik Yarışmalarında Danışman Öğretmen ve Öğrenci Deneyimleri:
Beceri Kazanımı ve Mesleki Yönelim Üzerine Bir İnceleme**

**Mentor Teacher and Student Experiences in Robotics Competitions:
A Study on Skill Acquisition and Career Orientation**

Sevcan Filiz AVCI DAŞ¹ ve Uğur BÜYÜK²

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Kayseri, ORCID ID: 0000-0001-5313-1563

² Erciyes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kayseri, ORCID ID: 0000-0002-6830-8349

Kaynak Gösterimi İçin (Forcited in):

Avcı Daş, S. F. & Büyük, U. (2026). Robotik yarışmalarında danışman öğretmen ve öğrenci deneyimleri: Beceri kazanımı ve mesleki yönelim üzerine bir inceleme. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 14 (2026), 57-81. DOI: <https://doi.org/10.56423/fbod.1766427>

Robotik Yarışmalarında Danışman Öğretmen ve Öğrenci Deneyimleri: Beceri Kazanımı ve Mesleki Yönelim Üzerine Bir İnceleme**

Sevcan Filiz AVCI DAŞ¹ ve Uğur BÜYÜK²

¹ Millî Eğitim Bakanlığı, Kayseri, ORCID ID: 0000-0001-5313-1563

² Erciyes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kayseri, ORCID ID: 0000-0002-6830-8349

Makale Bilgisi	Öz
Gönderilme Tarihi: 16, Ağustos, 2025 Revizyon Tarihi: 16, Ocak, 2026 Kabul Tarihi: 20, Ocak, 2026	<i>Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de düzenlenen eğitsel robotik yarışmalarının, ortaokul öğrencileri ve danışman öğretmenler üzerindeki etkilerini ve katılımcıların deneyimlerini çok boyutlu olarak incelemektir. Araştırma, nitel yaklaşım çerçevesinde bütüncül tek durum deseni ile tasarlanmıştır. Çalışma grubu, Kayseri ilindeki devlet ve özel okullardan maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemiyle belirlenen 5 danışman öğretmen ve 5 öğrenciden oluşmaktadır. Veriler, yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla toplanmış ve tematik analiz tekniği ile çözümlenmiştir. Bulgular, danışman öğretmenlerin yarışma sürecinde yoğun bir zaman baskısı hissettiğini ve özellikle devlet okullarında kaynak yetersizliği sorunuyla karşılaştığını göstermektedir. Buna karşın öğrencilerin; kaynak uçurumu ve teknik aksaklıklar gibi sistemsiz zorluklarla mücadele sürecinde, dayanıklılık ve kriz yönetimi becerilerini geliştirdikleri tespit edilmiştir. Çalışmada, robotik yarışmalarının öğrencilerin STEM kariyer kimliğini güçlendirdiği; ancak fırsat eşitsizliklerinin bu potansiyeli sınırladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, yarışmaların sürdürülebilirliği adına öğretmenlere yönelik zaman ve mekân düzenlemelerinin yapılması, dezavantajlı okullara ise pozitif ayrımcılık ilkesiyle donanım desteği sağlanması önerilmektedir.</i>
Anahtar Kelimeler: Eğitsel Robotik, STEM Eğitimi, 21. Yüzyıl Becerileri, Kariyer Yönelimi, Nitel Durum Çalışması.	

Mentor Teacher and Student Experiences in Robotics Competitions: A Study on Skill Acquisition and Career Orientation

Article Information	Abstract
Received: 16, August, 2025 Revised: 16, January, 2026 Accepted: 20, January, 2026	<i>The aim of this study is to examine the multidimensional impacts of educational robotics competitions in Türkiye on middle school students and mentor teachers, alongside the participants' experiences. The study was designed within the qualitative research paradigm and employed a holistic single-case design. The study group consisted of 5 mentor teachers and 5 students selected via maximum variation sampling from public and private schools in Kayseri. Data were collected through semi-structured interviews and analyzed using thematic analysis. The findings revealed that mentor teachers faced significant time pressure and resource scarcity, particularly in public schools. Conversely, students were observed to develop unexpected resilience and crisis management skills while navigating systemic challenges, such as the resource gap and technical malfunctions. Although the competitions strengthen students' STEM career identities, existing inequalities in opportunity limit this potential. Consequently, to ensure the sustainability of robotics competitions, it is recommended to implement temporal and spatial adjustments for teachers and provide equity-based hardware support to disadvantaged schools.</i>
Keywords: Educational Robotics, STEM Education, 21st-Century Skills, Career Orientation, Qualitative Case Study.	

*Sorumlu Yazar: E-mail: sevcanfilizavci@gmail.com

** Bu makale ikinci yazarın danışmanlığında birinci yazarın hazırladığı doktora tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

Giriş

Yapay zekâ, otomasyon ve büyük veri gibi dijital, biyolojik ve fiziksel yeniliklerin iç içe geçtiği Dördüncü Sanayi Devrimi, küresel ekonomik ve sosyal yapıları kökten dönüştürmektedir. Bu süreç, iş gücü piyasasının dinamiklerini ve bireylerin başarısı için gereken yetkinlikleri de yeniden şekillendirmektedir (Schwab, 2017). Bu yeniçağda, yalnızca belirli bir bilgi birikimini aktarmaya odaklanan geleneksel eğitim modelleri yetersiz kalmaktadır (Darling-Hammond, 2010). Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum, 2020) ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO, 2021) gibi uluslararası kuruluşlar, eğitim sistemlerinin, öğrencileri belirsizliklerle dolu bir geleceğe hazırlamak ve ortak refaha katkıda bulunmalarını sağlamak amacıyla eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği, iletişim ve algoritmik düşünme gibi temel 21. yüzyıl becerilerini geliştiren paradigmalara yönelmesi gerektiğini vurgulamaktadır. STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitiminin de temelini oluşturan bu beceriler, bireyleri geleceğin karmaşık sorunlarına çözüm üretmeye hazırlamayı amaçlamaktadır (Yıldırım & Selvi, 2017). Günümüz ekonomilerinde aktif rol alabilmek amacıyla bu yetkinlikler, artık bir tercih olmaktan çıkıp temel bir zorunluluğa dönüşmüştür. Nitekim Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2021) verileri, STEM alanlarındaki yetenek açığının giderek büyüdüğünü ve bu açığın kapatılamamasının küresel rekabet gücünü tehdit ettiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Söz konusu küresel dönüşüm ihtiyacına stratejik bir yanıt niteliği taşıyan STEM eğitimi, dünya genelinde eğitim reformlarının merkezine yerleşmiştir. Bu merkezi konum, STEM'in ekonomik kalkınma ve inovasyon kapasitesini artırmadaki rolünü vurgulayan akademik çalışmalar ve politika belgeleriyle de desteklenmektedir (Honey vd., 2014; National Research Council, 2011). Bir öğretim felsefesi olarak STEM, disiplinlerin yalıtılmış bir yapıda sunulmasının aksine; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının gerçek dünya problemlerini çözmek amacıyla bütünleştirildiği disiplinlerarası ve uygulamalı bir yaklaşımı temsil etmektedir (English, 2016). Literatürde bu yaklaşım, disiplinlerarası katı sınırları kaldıran (Vasquez vd., 2013) ve öğrencilerin hayatı bütüncül bir perspektifle algılamasına olanak tanıyan bütünleşmiş bir model olarak tanımlanmaktadır (Kelley & Knowles, 2016).

Eğitimin nihai hedefi; teori ile pratik arasındaki boşluğu doldurarak öğrencileri inovasyon odaklı ekonomilere hazırlamak; iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma gibi karmaşık küresel sorunlara çözüm üretebilen bilimsel okuryazar bireyler yetiştirmektir (Bybee, 2013; Kennedy & Odell, 2014). Bu çerçevede STEM okuryazarlığı, karmaşık sorunları anlamlandırmak ve yenilikçi çözümler geliştirmek amacıyla ilgili disiplinlere ait kavramları belirleme, uygulama ve sentezleme yeteneği olarak da ifade edilmektedir (Balka, 2011, s. 7).

STEM eğitiminin öngördüğü çok boyutlu kazanımları hayata geçirmek ve teorik bilgiyi pratiğe dökmek amacıyla, etkili ve uygulanabilir öğrenme ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hedefleri gerçekleştirmede Eğitsel Robotik (ER), güçlü ve çok yönlü bir pedagojik araç olarak öne çıkmaktadır. Öğrencileri robotların tasarım, inşa ve programlama süreçlerine aktif olarak dâhil eden ER, 21. yüzyıl yetkinliklerini besleyen dinamik ve somutlaştırılmış bir öğrenme ekosistemi sunmaktadır (Alimisis, 2013; Benitti, 2012). Nitekim güncel meta-analizler, eğitsel robotiğin öğrencilerin STEM performansı ve tutumları üzerinde orta düzeyde

pozitif bir etkiye sahip olduğunu verilerle desteklemektedir (Ouyang & Xu, 2024). Bu bağlamda, FIRST LEGO League gibi küresel organizasyonlar öğrencileri sürdürülebilir enerji veya sağlık krizleri gibi gerçek dünya problemlerine teknolojik çözümler üretmeye teşvik ederken; VEX Robotics veya World Robot Olympiad (WRO) gibi platformlar mühendislik tasarım süreçlerini ve algoritmik düşünmeyi merkeze almaktadır. Söz konusu etkinlikler, iş birliği ve öz yeterlik gibi becerileri geliştirmenin yanı sıra (Atman Uslu vd., 2022); kuvvet, tork, kinematik ve oran-orantı gibi soyut fen ve matematik kavramlarını somut gerçekliklere dönüştürmektedir. Böylece öğrenme süreci, pasif bir bilgi aktarımından çıkarak anlamlı, kalıcı ve ilgi çekici bir deneyime evrilmektedir. Eğitsel robotiğin pedagojik etkinliği, temellerini köklü öğrenme kuramlarından almaktadır. Piaget'nin (1952) Yapılandırmacılık ve onun bir uzantısı olan Papert'in (1980) İnşacılık teorileri, öğrencilerin bilgiyi pasif bir şekilde almak yerine, somut ve paylaşılabılır ürünler tasarlayarak kendi anlam dünyalarını aktif biçimde inşa ettiklerini savunur. Bu yaklaşım, günümüz eğitsel robotik uygulamalarının pedagojik omurgasını oluşturmaya devam etmektedir (Catlin, 2010). Öte yandan Vygotsky'nin (1978) Sosyo-kültürel Teorisi, robotik yarışmalarının sosyal ve işbirlikçi doğasına ışık tutmaktadır. Takımlar halinde çalışan öğrencilerin, akranlarından ve rehberlerinden öğrenerek mevcut potansiyellerini aştığı bu süreçler, robotiğin işbirlikçi problem çözme becerilerini nasıl desteklediğinin açık bir göstergesidir (Atman Uslu vd., 2022). Son olarak, Lave ve Wenger'in (1991) Duruma Dayalı Öğrenme (Situated Learning) teorisi; öğrenmenin, gerçek dünya mühendislik problemlerini yansıtan otantik bağlamlarda gerçekleştiğinde en üst düzeye ulaştığını öne sürer. Bu perspektif, öğrencilerin adeta birer mühendis gibi çalıştığı ve karmaşık görevleri yerine getirdiği robotik yarışmalarının teorik zeminini oluşturmaktadır.

Küresel eğitim reformlarına paralel olarak Türkiye de ulusal eğitim sistemini 21. yüzyılın gereklilikleriyle uyumlu hale getirmek adına önemli adımlar atmıştır. FATİH Projesi ve 2016 STEM Eğitimi Raporu gibi stratejik girişimler, teknoloji entegrasyonuna ve disiplinlerarası öğrenmeye yönelik bir paradigma değişimine işaret etse de bu projelerin etkililiği ve fırsat eşitliği sağlama kapasitesi literatürde eleştirel bir gözle tartışılmaktadır (Değirmenci, 2020; Ekici & Yılmaz, 2013). Yakın dönemde tanıtılan “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli” (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024); beceri odaklı, proje tabanlı ve işbirlikçi öğrenmeyi merkeze alarak eğitsel robotik gibi yenilikçi yaklaşımlar için elverişli bir politika zemini sunmaktadır. Ayrıca TEKNOFEST ve MEB Robot Yarışmaları gibi geniş ölçekli organizasyonlar, gençlerin teknolojiye ilgisini artırmayı ve bir teknoloji ekosistemi oluşturmaya hedeflemektedir. Ne var ki, bu ilerici politikalara rağmen uygulama düzeyinde ciddi paradokslar varlığını sürdürmektedir. Bu çalışmanın da temel sorunsallarından birini oluşturan en kritik engel; imkânları geniş özel okullar ile kaynakları kısıtlı devlet okulları arasındaki derinleşen ve bu araştırmada “kaynak uçurumu” olarak tanımlanan makastır (Darling-Hammond, 2010; Sulku & Abdioğlu, 2015). Sadece söylemsel değil, verilerle de desteklenen yapısal bir sorun olan bu durum; özel okulların öğrenci başına düşen harcamalarının devlet okullarına kıyasla belirgin şekilde yüksek olmasıyla (Dağ, 2015) ve bu farkın PISA gibi uluslararası değerlendirmelere yansımalarıyla somutlaşmaktadır (Alacacı & Erbaş, 2010). Söz konusu uçurum, robotik kitlerine, lisanslı yazılımlara, donanımlı laboratuvarlara ve uzman desteğine erişimde sistemsel eşitsizlikler doğurmakta; nitelikli STEM fırsatlarının tabana yayılmasını engellemektedir. Bu kaynak eşitsizliğine öğretmenlerin STEM entegrasyonundaki yetkinlik eksiklikleri de

eklendiğinde (Dare vd., 2019), tablonun karmaşıklığı daha da artmaktadır. Dolayısıyla Türkiye örneği, eğitsel robotiğin pedagojik potansiyeli ile sosyo-ekonomik gerçekliklerin kesişim noktasını analiz etmek adına kritik bir inceleme alanı sunmaktadır.

Eğitsel robotiğin bilişsel beceriler ve STEM ilgisi üzerindeki pozitif çıktılarını belgeleyen zengin bir birikim bulunmasına karşın (Barak & Zadok, 2009; Barker & Ansorge, 2007; Ouyang & Xu, 2024); literatürde halen doldurulması gereken önemli boşluklar mevcuttur. Mevcut metodolojik eğilimleri irdeleyen sistematik derlemeler; çalışmaların büyük çoğunluğunun sonuç odaklı, nicel ve yarı-deneyssel desenler etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır (Atman Uslu vd., 2022; Benitti, 2012). Söz konusu araştırmalar, uygulamaların yarattığı etkiyi somutlaştırmada değerli veriler sunsa da sürecin nasıl işlediğine dair mekanizmaları ve katılımcıların deneyimlerini derinlemesine irdelemekte yetersiz kalmaktadır. Özellikle hem öğrenci hem de danışman öğretmen perspektifinden bakarak süreci çift perspektifle ele alan ve bu deneyimleri sosyo-ekonomik bağlam farklılıkları içinde yorumlayan nitel çalışmaların eksikliği, literatürde dikkat çekici bir boşluk yaratmaktadır. Mevcut literatürdeki söz konusu boşluğu doldurmak amacıyla tasarlanan bu araştırma; Türkiye’deki ortaokul öğrencileri ve danışman öğretmenlerin çift yönlü bakış açılarını merkeze alarak, robotik yarışmalarının eğitsel çıktılarına ilişkin derinlemesine ve bağlam odaklı nitel bir analiz sunmayı hedeflemektedir. Çalışma, salt bir sonuç veya etkililik değerlendirmesi yapmanın ötesine geçerek katılımcıların süreç boyunca yaşadıkları deneyimleri, karşılaştıkları zorlukları ve elde ettikleri kazanımları bütüncül bir yaklaşımla irdelemektedir. Böylelikle, sistemsel eşitsizliklerin bulunduğu bir eğitim bağlamında, bu güçlü öğrenme ortamlarının pratikte nasıl işlediğine dair eleştirel bir anlayış geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu genel amaç çerçevesinde araştırma, aşağıdaki sorular ekseninde şekillendirilmiştir:

- i. Danışman öğretmenlerin ve öğrencilerin robotik yarışmalarına katılım süreçlerine ilişkin deneyimleri nasıldır?
- ii. Robotik yarışmalarının sunduğu işbirlikçi ve probleme dayalı öğrenme ortamlarının, öğrencilerin bireysel ve mesleki gelişimleri üzerindeki etkileri nelerdir?
- iii. Yarışma deneyimleri, öğrencilerin STEM alanlarına yönelik kariyer yönelimlerini ne şekilde etkilemektedir?

Yöntem

Bu bölümde, araştırmanın metodolojik çerçevesi, bilimsel titizliği sağlamak ve araştırma sürecini şeffaf bir şekilde ortaya koymak amacıyla ayrıntılı olarak sunulmuştur. Araştırmanın modeli, çalışma grubunun seçim stratejisi, veri toplama araçlarının geliştirilmesi ve uygulanma süreci, verilerin analizi ve son olarak araştırmanın geçerlik ve güvenilirliği ele alınmıştır.

Araştırma Modeli

Bu çalışma robotik yarışmalarına katılım sürecinin çok boyutlu yapısını ve kazanımlarını, katılımcıların bakış açısından derinlemesine incelemeyi amaçlayan nitel bir araştırmadır. Katılımcıların deneyimlerini, algılarını ve sürece yükledikleri anlamları kendi doğal ortamlarında keşfetmek hedeflendiğinden; çalışmada Yin (2014) tarafından kavramsallaştırılan

bütüncül tek durum deseni benimsenmiştir. Araştırmanın analiz birimini oluşturan durum (case); Türkiye'deki ulusal düzeyde bir robotik yarışmasına hazırlık, katılım ve sonuçlanma evrelerini kapsayan süreçtir. Bu sürecin parçalı bir yapı yerine bütüncül tek bir durum olarak ele alınmasının temel nedeni, yarışma deneyiminin danışman öğretmen ve öğrenci perspektiflerinin iç içe geçtiği, ortak bir bağlamda şekillenen bölünmez bir yapı arz etmesidir. Durum çalışması metodolojisi, bu bağlam içerisinde nasıl ve neden sorularına yanıt arayarak, yarışma sürecindeki sosyal ve pedagojik dinamikleri ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmıştır (Merriam, 1998; Stake, 1995; Yin, 2014).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu veri zenginliğini en üst düzeye çıkarmak ve incelenen olguya ilişkin çok boyutlu bir perspektif sunmak amacıyla, amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme ile belirlenmiştir (Patton, 2015). Bu örnekleme stratejisinin benimsenmesindeki temel motivasyon istatistiksel bir karşılaştırma yapmaktan ziyade, katılımcıların deneyimlerine nasıl yansıdığını derinlemesine analiz etmektir. Bu bağlamda, sosyo-ekonomik arka plan ve kaynak erişim düzeylerindeki farklılıkların araştırma sürecine dâhil edilebilmesi adına, çalışma grubu hem devlet okullarından hem de özel okullardan seçilen katılımcılarla oluşturulmuştur. Katılımcıların belirlenmesinde, her iki grup için özelleştirilmiş şu temel ölçütler esas alınmıştır: Öğrenciler için; farklı sınıf düzeylerinde (5, 6, 7 ve 8. sınıf) öğrenim görmek, en az bir ulusal robotik yarışmasına aktif yarışmacı olarak katılmış olmak ve cinsiyet dağılımında çeşitlilik sağlamak. Danışman Öğretmenler için; farklı branşlara (Bilişim Teknolojileri, Fen Bilimleri, Teknoloji ve Tasarım) sahip olmak ve robotik takımlarına en az iki yıl süreyle aktif mentorluk yapmış olmak. Genel kriter olarak ise araştırma sürecine gönüllü katılım sağlamak. Belirlenen bu ölçütler doğrultusunda, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Kayseri ilinde öğrenim gören 5 ortaokul öğrencisi (2 devlet, 3 özel okul) ve görev yapan 5 danışman öğretmen (1 devlet, 4 özel okul) çalışmaya dâhil edilmiştir. Katılımcıların demografik profillerine ilişkin detaylar Tablo 1’de sunulmuştur. Nitel durum çalışmalarının doğası gereği örneklem büyüklüğü; istatistiksel genellenebilirlik kaygısı taşımadan, ele alınan durum hakkında derinlemesine ve zengin bilgi elde etme amacı gözetilerek sınırlı tutulmuştur (Yağar, 2023; Yıldırım & Şimşek, 2021)

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Kod	Rol	Cinsiyet	Yaş	Okul Türü	Deneyim
D1	Danışman	Kadın	29	Özel	4 Yıl Mesleki, 4 Yıl Mentorluk
D2	Danışman	Kadın	33	Özel	8 Yıl Mesleki, 5 Yıl Mentorluk
D3	Danışman	Kadın	31	Özel	6 Yıl Mesleki, 3 Yıl Mentorluk
D4	Danışman	Erkek	40	Devlet	14 Yıl Mesleki, 6 Yıl Mentorluk
D5	Danışman	Erkek	38	Özel	13 Yıl Mesleki, 5 Yıl Mentorluk
Ö1	Öğrenci	Kız	12	Devlet	1 Yarışma, Sunum Koordinatörü
Ö2	Öğrenci	Kız	13	Devlet	1 Yarışma, Tasarım Sorumlusu
Ö3	Öğrenci	Erkek	14	Özel	3 Yarışma, Programlama Uzmanı
Ö4	Öğrenci	Erkek	14	Özel	3 Yarışma, Kodlama Uzmanı
Ö5	Öğrenci	Erkek	12	Özel	2 Yarışma, Kodlama Uzmanı

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak, araştırmanın kavramsal çerçevesiyle uyumlu biçimde araştırmacılar tarafından geliştirilen “Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu” kullanılmıştır. Formun geliştirilme süreci; kapsam geçerliliğini, anlaşılabilirliğini ve amaca uygunluğunu sağlamak amacıyla üç aşamalı bir sistematikte yürütülmüştür.

İlk aşamada ilgili alanyazın taranarak taslak sorular hazırlanmıştır. Hazırlanan taslak, Fen Eğitimi ve Ölçme-Değerlendirme alanlarında uzman üç akademisyenin incelemesine sunulmuştur. Uzman dönütleri doğrultusunda, muğlak ifadeler netleştirilmiş ve yönlendirici olabilecek sorular formdan çıkarılmıştır. İkinci aşamada çalışma grubunda yer almayan ancak benzer özelliklere sahip iki öğretmen ve iki öğrenci ile pilot görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama ile soruların işlevselliği, akışı ve anlaşılabilirliği test edilerek forma son şekli verilmiştir.

Nihai görüşme formu iki temel bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, katılımcıların cinsiyet, yaş, mesleki deneyim yılı, okul türü (Devlet/Özel) ve daha önce yarışmaya katılma sıklığı gibi kişisel ve mesleki bilgilerini belirlemeyi amaçlayan demografik sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölüm ise araştırmanın alt problemlerine (süreç deneyimi, beceri gelişimi, STEM ilişkisi ve kariyer yönelimi) odaklanan 5 ana soru ve bu soruları derinleştirmeyi amaçlayan sondalardan oluşmaktadır. Formda yer alan temel sorulardan bazı örnekler aşağıda sunulmuştur:

- “Robotik yarışmalarına hazırlanma sürecinde [ve yarışma esnasında] zorluklarla karşılaştınız mı?” sorusu sorulmuş; “Zaman, Tasarım, Kodlama, Başarısızlık Korkusu” gibi alt boyutlar irdelenmiştir. Ayrıca katılımcıların bu zorluklara karşı geliştirdikleri stratejiler, “Bu durumlar için ne gibi çözüm önerileri geliştirdiniz?” sorusuyla açığa çıkarılmıştır.
- “Robotik yarışmalarına katılma kararı aldığınız andan itibaren... öğrencilerde değişimler fark ettiniz mi?” ana sorusu yöneltilmiş; yanıtları derinleştirmek için “Girişimcilik, Liderlik, Psikomotor Beceriler, STEM Mesleklerine Yönelim” gibi sondalar kullanılmıştır.
- “Robotik uygulamalarının; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik kavramları ile arasında bir ilişki olduğunu düşünüyor musunuz? Bu ilişkiyi nasıl tanımlarsınız?” sorusu yöneltilmiştir.

Görüşmeler, Gönüllü Katılım Formu’ndaki etik ilkeler çerçevesinde, katılımcıların tercihiyle göre yüz yüze veya çevrimiçi platformlar (Zoom) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Görüşme öncesinde araştırmacı kendini tanıtmış ve “...verilen bilgiler sadece bu araştırmada kullanılacaktır. Kişisel bilgiler tamamen gizli tutulacaktır.” hatırlatmasını yaparak ses kaydı için izin almıştır. Her bir görüşme ortalama 30-35 dakika sürmüş, elde edilen kayıtlar transkripsiyon süreciyle metne dökülmüştür.

Veri Analizi

Görüşme transkriptlerinden elde edilen nitel veriler, Braun ve Clarke (2006) tarafından geliştirilen tümevarımsal tematik analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Bu yöntem, verilerin içindeki örtük ve belirgin anlam örüntülerini önceden belirlenmiş kategorilere bağlı kalmadan, doğrudan veriden yola çıkarak sistematik bir şekilde ortaya çıkarmayı hedeflediğinden, çalışmanın keşifsel doğasıyla tam bir uyum içindedir. Analiz süreci, Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği sistematik adımlar izlenerek gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, tüm görüşme dökümleri ve alan notları, bütüncül bir anlayış geliştirmek amacıyla araştırmacılar tarafından defalarca okunmuştur. Ardından metinler satır satır incelenerek anlamlı veri parçalarına (cümleler veya paragraflar) açıklayıcı kodlar atanmıştır. Örneğin, “Yarışma sürecinde takım arkadaşlarımla iletişimim arttı” ifadesi “Sosyallik” koduyla; “Kodlama hatalarını çözmek için matematik formüllerini kullandık” ifadesi ise “STEM Derslerine İlgi” koduyla etiketlenmiştir. Birbiriyle ilişkili bu kodlar daha sonra bir araya getirilerek “Yarışmaya Hazırlıkta Zorluklar” veya “Yarışmaların Öğrencilere Etkileri” gibi daha geniş kategoriler ve potansiyel temalar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yapılar, veri setinin tamamıyla tutarlılıkları açısından tekrar gözden geçirilmiş; bazı temalar birleştirilmiş, bazıları ise elenerek nihai temalara (örneğin Yarışma Deneyimleri, Bilişsel ve Sosyal Gelişim, Robotik-STEM İlişkisi ve Mesleki Yönelimler) ulaşılmıştır. Son aşamada ise bulgular, analitik bir anlatı içinde katılımcı alıntılarıyla desteklenerek raporlaştırılmıştır.

Analiz sürecinin inandırıcılığını ve güvenilirliğini en üst düzeye çıkarmak amacıyla, veri setinin tamamı, birinci araştırmacı ve Fen Eğitimi alanında uzman (Prof. Dr.) ikinci bir araştırmacı tarafından birbirinden bağımsız olarak kodlanmıştır. Her iki araştırmacı da kendi kodlama şemalarını ve tematik yapılarını oluşturduktan sonra bir araya gelerek analizlerini karşılaştırmıştır. Kodlayıcılar arasındaki uyumun değerlendirildiği bu süreçte, kodlamalarda ve tema isimlendirmelerinde ortaya çıkan görüş ayrılıkları veya belirsiz durumlar üzerinde detaylı tartışmalar yürütülmüştür. Bu tartışmalar neticesinde, farklılıklar giderilerek her bir kod ve tema üzerinde tam bir görüş birliğine varılmış ve analizlere son hali verilmiştir. Böylece, çalışmanın bulgularının tek bir araştırmacının öznel yorumundan ziyade, ortak akılla doğrulanmış sistematik bir analize dayanması sağlanmıştır.

Geçerlik ve Güvenirlik

Bu çalışmada, nitel araştırmaların bilimsel titizliğini teminat altına almak amacıyla; Lincoln ve Guba (1985) tarafından önerilen inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve teyit edilebilirlik stratejileri, araştırma sürecinin her aşamasına organik olarak entegre edilmiştir. Araştırmanın inandırıcılığını sağlamak amacıyla “katılımcı teyidi” stratejisine başvurulmuştur. Analiz sürecinde ortaya çıkan taslak temalar ve yorumlar, çalışma grubundan rastgele seçilen iki öğretmen ve iki öğrenci ile paylaşılmış; katılımcıların “*Bu tam olarak bizim yaşadığımız stresi ve süreci anlatıyor*” şeklindeki geri bildirimleri ile bulguların, onların gerçek deneyimlerini doğru yansıttığı teyit edilmiştir. Bulguların benzer bağlamlara aktarılabilirliğini desteklemek amacıyla, “ayrıntılı betimleme” yöntemi kullanılmıştır. Okuyucunun bulguları kendi bağlamına uyarlayabilmesine olanak tanımak için devlet ve özel okulların fiziksel imkânları, yarışma alanının atmosferi, katılımcıların demografik özellikleri ve veri toplama

süreci, okuyucunun zihninde canlanacak bir zenginlikte tasvir edilmiştir. Araştırmanın tutarlılığı analiz sürecinin öznellikten arındırılmasıyla sağlanmıştır. Veri analizi bölümünde belirtildiği üzere, veri setinin tamamı alanında uzman ikinci bir araştırmacı tarafından bağımsız olarak kodlanmıştır. Kodlayıcılar arasındaki uyumun istatistiksel göstergesi olarak hesaplanan Cohen's Kappa katsayısı (Cohen, 1960) ($\kappa=0.87$), “neredeyse mükemmel” düzeyde bir uyuma işaret etmektedir. Kodlayıcılar, görüş ayrılığı yaşanan maddeleri tartışmak üzere bir araya gelmiş ve tam uzlaşa sağlanana kadar analizler üzerinde çalışılmıştır. Son olarak, araştırmanın teyit edilebilirliği için denetim izi stratejisi izlenmiştir. Ham görüşme dökümleri, ses kayıtları, kodlama çizelgeleri, dışarıdan bir gözlemcinin incelemesine açık olacak şekilde sistematik olarak arşivlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, süreç boyunca kendi ön yargılarını ve varsayımlarını düzenli olarak not ederek, bu durumun veri analizini yönlendirmesini engellemek amacıyla paranteze alma yöntemini uygulamıştır.

Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, robotik yarışmalarına katılım sürecinin danışman öğretmenler ve öğrenciler üzerindeki çok boyutlu yansımaları, araştırmanın alt problemleri doğrultusunda analiz edilmiştir. Elde edilen nitel veriler; katılımcıların hazırlık aşamasından yarışma sonrasına kadar uzanan deneyim haritasını, karşılaştıkları sistemsel/teknik zorlukları ve bu süreçte geliştirdikleri baş etme stratejilerini ortaya koymaktadır.

Birinci Alt Problem: Danışman Öğretmen ve Öğrencilerin Yarışma Süreçlerine İlişkin Deneyimleri

Birinci alt problem kapsamında yapılan analizler, katılımcıların hazırlık sürecini sadece teknik bir çalışma olarak değil, aynı zamanda zaman yönetimi, materyal kısıtlılıkları ve psikolojik faktörlerin de ön plana çıktığı çok boyutlu bir süreç olarak tanımladıklarını göstermektedir.

Hazırlık Sürecindeki Zorluklar

Katılımcıların hazırlık sürecinde karşılaştıkları temel engeller ve bu engellere karşı geliştirdikleri çözüm mekanizmaları analiz edilerek Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Danışman Öğretmenlerin ve Öğrencilerin Yarışmaya Hazırlık Sürecinde Karşılaştıkları Zorluklar ve Çözüm Stratejileri

Katılımcı Grubu	Kategori	Kodlar	f	Katılımcılar
Danışman Öğretmenler	Zorluklar	Zaman Yönetimi / Kısıtlılığı	5	D1, D2, D3, D4, D5
		Tasarım Zorlukları	2	D2, D3
		Başarısızlık Korkusu	2	D2, D4
		Maddi Kaynak Yetersizliği	1	D4
		Malzeme Eksikliği	1	D5
	Çözüm Stratejileri	Ders Dışı / Mesai Dışı Çalışma	4	D2, D3, D4, D5
		Arkadaş / Zümre Desteği	2	D1, D5
		Uzman Desteği	2	D1, D3
		Sponsor Arayışı	1	D4

Tablo 2'nin devamı

Öğrenciler	Zorluklar	Tasarım Eksiklikleri	2	Ö2, Ö3
		Zaman Yönetimi	2	Ö1, Ö5
		Kodlama Hataları	2	Ö2, Ö5
		Başarısızlık Korkusu	2	Ö4, Ö5
		Fikir Üretmede Tıkanıklık	1	Ö1
	Çözüm Stratejileri	Takım Çalışması	2	Ö1, Ö2
		İş Birliği	2	Ö1, Ö2
		Beyin Fırtınası	1	Ö1
		Tasarımı Revize Etme	1	Ö3
		Öz-Güdüleme (Motivasyon)	1	Ö4

Tablo 2 incelendiğinde, danışman öğretmenlerin tamamının (f:5) hazırlık sürecindeki en baskın yapısal engel olarak “zaman yönetimi” üzerinde birleştiği görülmektedir. Katılımcılar, mevcut müfredatın yoğunluğu ve akademik takvimin sıkışıklığı nedeniyle yarışma hazırlıklarının okul saatleri dışına taştığını ve bu durumun fedakârlık temelli bir çalışma düzenini zorunlu kıldığını belirtmişlerdir. D2 kodlu öğretmen, bu süreci şu ifadelerle betimlemiştir: “Hafta içi dersler devam ederken, öğrencilerle ekstra çalışma yapmak için okul sonrası saatleri kullanmak zorunda kalıyoruz. Bazen akşam 20.00’ye kadar okulda kalıyoruz. Bu tempo hem öğrenciler hem de bizim için fiziksel ve zihinsel olarak oldukça yıpratıcı oluyor.” (D2)

Zaman baskısının yanı sıra, çalışmanın bağlamını oluşturan “kaynak uçurumu” olgusu, öğretmen görüşlerinde somut bir şekilde ortaya çıkmıştır. Özellikle devlet okulunda görev yapan öğretmen için malzeme yetersizliği ve bütçe kısıtlılığı, yaratıcılığı sınırlayan önemli bir bariyerdir. Devlet okulunda görevli D4 kodlu öğretmenin ifadeleri, okullar arası imkan eşitsizliğini çarpıcı bir şekilde özetlemektedir: “Özel okulların aksine, devlet okullarında malzeme temini için sponsor bulmak veya bütçe oluşturmak çok zor. Projelerimizi çoğu zaman eldeki basit malzemelerle veya kendi imkanlarımızla yapmaya çalışıyoruz, bu da doğal olarak tasarımın kalitesini ve özgünlüğünü kısıtlıyor.” (D4)

Öğrenci deneyimleri incelendiğinde ise zorlukların teknik (tasarım, kodlama) ve duyuşsal (korku, baskı) olmak üzere iki ana ekseninde toplandığı görülmektedir. Öğrenciler, projenin yetişmemesi kaygısını yoğun bir şekilde hissetmiştir. Ö5, bu zaman baskısını "Projemizi bitirmek için gece geç saatlere kadar çalıştık. Keşke daha fazla zamanımız olsaydı!" sözleriyle dile getirmiştir. Ancak öğrencilerin bu zorluklara verdikleri tepkiler, işbirlikçi öğrenme süreçlerinin devreye girdiğini göstermektedir. Karşılaşılan teknik problemler ve grup içi çatışmalar, öğrenciler tarafından bir öğrenme fırsatına dönüştürülmüştür. Ö2'nin aktardığı şu deneyim, kriz anlarının 21. yüzyıl becerilerine (iletişim, problem çözme) katkısını kanıtlar niteliktedir: “Kodlama hataları yüzünden takım içinde tartıştığımız, gerildiğimiz anlar oldu. Ama sonunda herkesin fikrini dinleyip birleştirerek ortak bir çözüm bulduk. Bu süreç bize sadece kodlamayı değil, sabretmeyi ve birbirimizi dinlemeyi de öğretti.” (Ö2)

Yarışma Esnasında Karşılaşılan Engeller

Katılımcıların yarışma sahasına ulaştıkları andan itibaren deneyimledikleri süreç lojistik zorluklar, çevresel stres faktörleri ve anlık teknik krizlerle şekillenmektedir. Yarışma esnasında ortaya çıkan bu engeller ve katılımcıların geliştirdiği çözüm mekanizmaları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Danışman Öğretmen ve Öğrencilerin Yarışma Esnasında Karşılaştıkları Zorluklar ve Çözüm Stratejileri

Katılımcı Grubu	Kategori	Kodlar	f	Katılımcılar
Danışman Öğretmenler	Yarışma Esnasındaki Zorluklar	Ulaşım ve Konaklama Sorunları	2	D2, D4
		Kalabalık ve Gürültü	2	D4, D5
		Sunum Alanı Yetersizliği	1	D4
		Zemin Koşulları / Temizlik	1	D5
	Çözüm Stratejileri	Konaklamada Lokasyon Stratejisi	2	D2, D4
		Proje Materyallerini Alanda Bırakma	1	D4
		Zemini Manuel Temizleme	1	D5
Öğrenciler	Yarışma Esnasındaki Zorluklar	Teknik Aksaklıklar	3	Ö1, Ö3, Ö5
		Jüri İletişiminde Sorunlar	1	Ö5
		Ortama Adaptasyon	1	Ö4
	Çözüm Stratejileri	Anında Müdahale (Kriz Yönetimi)	3	Ö1, Ö3, Ö5
		Akran Desteği ve İletişim	1	Ö5

Tablo 3 verileri incelendiğinde, danışman öğretmenlerin deneyimlerinin daha çok "yönetimsel ve lojistik" süreçlere odaklandığı görülmektedir. Özellikle büyük ölçekli organizasyonlarda ulaşım ve konaklama, yönetilmesi gereken en stresli faktör olarak öne çıkmaktadır. Kalabalık ve fiziksel koşulların yarattığı kaos, takımların performansını dolaylı olarak etkilemektedir. D4 kodlu öğretmen, İstanbul'daki bir yarışma deneyimi üzerinden bu lojistik yıpranmayı şöyle aktarmıştır: "Projelerimizi ve hassas robotik kitleleri taşıırken İstanbul trafiğinde saatlerce beklemek zorunda kaldık. Henüz yarışma alanına ulaştığımızda, stres ve yorgunluktan dolayı hem öğrenciler hem de malzemeler yıpranmış durumdaydı." (D4)

Lojistik sorunların ötesinde, yarışma alanının fiziksel standartları (zemin yapısı, ışık vb.) teknik performansı doğrudan etkileyen kritik bir unsura dönüşmektedir. Okul ortamındaki steril laboratuvar koşulları ile yarışma alanının kaotik yapısı arasındaki uyumsuzluk, D5 kodlu öğretmenin ifadelerinde somutlaşmıştır: "Okulda antrenman yaptığımız zemin ile yarışma alanındaki zemin sürtünme katsayısı açısından çok farklıydı. Robotumuz kaydı, tozdan dolayı sensörler hata verdi. Çocukların aylarca emek verdiği kodların zemine yenik düşmesi motivasyonu ciddi şekilde düşürdü." (D5)

Öğrenciler cephesinde ise yarışma anı, teorik bilginin pratik krizlerle sınıandığı bir dayanıklılık testi niteliğindedir. En sık karşılaşılan sorun teknik aksaklıklar olsa da öğrencilerin

bu duruma verdikleri anında müdahale refleksi, problem çözme becerilerinin içselleştirildiğini göstermektedir. Ö1'in şu sözleri, yaşanan krizin nasıl bir öğrenme fırsatına dönüştüğünün kanıtıdır: “Robotumuz parkurda hiç beklemediğimiz bir anda durdu. İlk başta panikledik ama hemen müdahale edip kod satırlarını kontrol ettik ve hatayı bulup düzelttik. O anki hızlı karar verme zorunluluğu, bize sınıfta öğrenemeyeceğimiz bir pratik kazandırdı.” (Ö1)

Teknik becerilerin yanı sıra, sosyal beceriler de jüri sunumları sırasında test edilmektedir. Jüri ile iletişimde yaşanan tutukluk veya heyecan, takım içi akran desteği ile aşılmaktadır. Ö5, bu deneyimi “Jüriye projeyi anlatırken dilim tutuldu sandım, çok heyecanlandım. Ama takım arkadaşım hemen araya girip bana destek oldu ve sunumu tamamladık. Bu olay özgüvenimizi artırdı.” şeklinde ifade ederek, yarışmanın iş birlikçi doğasına vurgu yapmıştır.

Yarışma Sonrası Değerlendirmeler

Araştırmada yarışma sürecinin tamamlanmasıyla birlikte katılımcıların elde ettikleri deneyimlere, kazanımlara ve gelecek vizyonlarına odaklandıkları belirlenmiştir. Katılımcıların bu sürece ilişkin yansıtıcı değerlendirmeleri ve elde ettikleri kazanımlar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Danışman Öğretmen ve Öğrencilerin Yarışma Sonrası Değerlendirmeleri ve Algılanan Kazanımlar

Katılımcı Grubu	Kategori	Kodlar	f	Katılımcılar
Danışman Öğretmenler	Değerlendirme ve Kazanımlar	İleriye Dönük Stratejik Planlama	5	D1, D2, D3, D4, D5
		Yarışma Kültürüne İlgi Artışı	3	D2, D4, D5
		Öğrencide Özgüven Gözlemi	3	D1, D3, D5
		Öğrencide Liderlik Gözlemi	3	D1, D2, D3
		Eşitsizlik Algısı (Özel Okul Farkı)	1	D4
Öğrenciler	Değerlendirme ve Kazanımlar	STEM İlgisinde Artış	5	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5
		Özgüven ve Öz-Yeterlik Artışı	3	Ö1, Ö3, Ö4
		Yaratıcılık Gelişimi	2	Ö4, Ö5
		Akademik Başarı Algısı	1	Ö1
		Takım Çalışması Yetkinliği	1	Ö2

Tablo 4 verileri doğrultusunda, danışman öğretmenlerin tamamının yarışma deneyimini bir sürekli öğrenme döngüsü olarak yorumladığı ve elde edilen birikimi gelecek yıllara aktarmak amacıyla ileriye dönük planlama sürecine girdiği görülmektedir. Yarışma ortamı, öğretmenler için sadece öğrencilerin yarıştığı bir saha değil, aynı zamanda yenilikçi projelerin gözlemlendiği bir mesleki gelişim platformudur. D1 kodlu öğretmenin şu ifadeleri, bu akran öğreniminin gücünü ortaya koymaktadır: “Geçen sene rakip bir takımın geliştirdiği akıllı sulama sistemini inceleyince çok etkilenmiştim. O projeden aldığımız ilhamla, bu sene öğrencilerimle benzer ama daha gelişmiş bir projeye başladık. Yarışmalar, bir nevi öğretmenler için de sürekli öğrenmeyi ve kendini güncellemeyi tetikliyor.” (D1)

Öğretmenler, bu süreçte öğrencilerin özgüven ve liderlik becerilerindeki dönüşümü memnuniyetle gözlemlemiştir. Ancak bu olumlu tablonun yanında, çalışmanın bağlamını oluşturan sosyo-ekonomik eşitsizlikler, yarışma sonrasında rekabet algısını gölgeleyen bir faktör olarak belirmiştir. Devlet okulunda görev yapan D4 kodlu öğretmen, özel okulların sahip olduğu kaynak avantajının yarattığı asimetrik rekabet ortamına ve bunun motivasyon üzerindeki kırıncı etkisine şöyle dikkat çekmiştir: “Yarışma ortamlarında özel okullar imkanlarıyla çok ön plana çıkıyor. Onların donanımlı robotik laboratuvarları, profesyonel koçları ve sponsorları var. Biz devlet okulu olarak bu imkânlarla erişmeden aynı kulvarda yarışmaya çalışıyoruz; bu uçurumu görmek bazen öğrencilerimin ve benim motivasyonumu düşürüyor.” (D4).

Öğrenciler açısından bakıldığında ise yarışma sonrası kazanımların merkezinde STEM ilgisi ve öz-yeterlik yer almaktadır. Öğrencilerin tamamı, bu sürecin fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğe olan ilgilerini artırdığını belirtmiştir. Özellikle bir ürün ortaya koyabilme deneyimi, öğrencilerin ben yapabilirim inancını (öz-yeterlik) pekiştirmiştir. Ö4’ün dile getirdiği şu sözler, yarışmanın sadece akademik değil, varoluşsal bir dönüşüm yarattığının göstergesidir: “Yarışma alanında, kendi tasarladığım ve kodladığım robotun hareket ettiğini görünce kendime ‘Ben de başarabilirim’ dedim. Bu his, sadece derslere değil hayata bakışımı da değiştirdi.” (Ö4)

İkinci Alt Problem: Robotik Yarışmalarının Bireysel ve Mesleki Gelişim Üzerindeki Çok Boyutlu Etkileri

Araştırmanın ikinci alt problemi bağlamında robotik yarışmalarının öğrencilerin kişisel yetkinlikleri ve sosyal becerileri üzerinde yarattığı etkiler incelenmiştir. Katılımcıların bu dönüşüme dair görüşleri, yarışmaların teknik bir kodlama etkinliğinin çok ötesinde, bütüncül bir gelişim platformu olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. Danışman Öğretmen ve Öğrencilere Göre Robotik Yarışmalarının Bireysel ve Mesleki Etkileri

Katılımcı Grubu	Kategori	Kodlar	f	Katılımcılar
Danışman Öğretmenler	Bireysel ve Mesleki Etkiler	Sosyallik / Sosyal Gelişim	5	D1, D2, D3, D4, D5
		Girişimcilik Becerileri	4	D1, D2, D4, D5
		Psikomotor Gelişim	4	D2, D3, D4, D5
		Özgüven Artışı	4	D1, D2, D3, D4
		STEM Derslerinde Başarı	3	D2, D3, D4
		Liderlik	3	D1, D2, D3
		Derse Motivasyon	2	D1, D3
		STEM Mesleklerine İlgi	2	D1, D4
		Takım Çalışması	2	D2, D3
		Takım Çalışması	5	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5
Öğrenciler	Bireysel ve Mesleki Etkiler	Liderlik	5	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5

Tablo 5'in devamı

STEM Derslerine İlgi	5	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5
Akademik Başarıda Artış	2	Ö1, Ö2
Özgüven	2	Ö1, Ö2
Girişimcilik	2	Ö3, Ö4
Kararlılık (Azim)	2	Ö1, Ö5
Planlı Olma	1	Ö3
Günlük Hayatla İlişkilendirme	1	Ö4
Pratik Çözüm Üretme	1	Ö3

Tablo 5 incelendiğinde, danışman öğretmenlerin tamamının robotik yarışmalarının öğrenciler üzerindeki en belirgin etkisi olarak Sosyallik kodunu işaret ettiği görülmektedir. Öğretmenler, genellikle içe dönük karakter sergileyen ve bilgisayar başında vakit geçirmeyi seven öğrencilerin, yarışma ortamındaki takım dinamikleri sayesinde sosyal bariyerleri aştığını gözlemlemiştir. Ayrıca öğretmenler, öğrencilerin sadece robot yapmadığını, aynı zamanda projelerini pazarladığını ve jüriye sunduğunu vurgulayarak Girişimcilik ve ince motor becerilerini kapsayan Psikomotor Gelişim alanlarındaki ilerlemeye dikkat çekmiştir. Bu konuya ilişkin D1 düşüncelerini şu şekilde ifade etmiştir: “Sessiz öğrencilerimin stantta ziyaretçilere projelerini anlatırken nasıl devleştiğini görmek inanılmazdı.” (D1)

Öğretmenler, özellikle matematik ve fen bilimlerinin süreçteki kritik rolüne dikkat çekmiştir. D4 kodlu öğretmen, trigonometri ve grafik okuma becerilerinin bir robotu hareket ettirmek için nasıl hayati hale geldiğini şöyle örneklendirmiştir: “Öğrenciler, robotun belirli bir mesafeyi kat etmesi için hız-zaman grafikleri çizdi ve hareket açılarını hesaplarken trigonometriyi kullandı. Derste tahtada gördükleri formülleri burada bir problemi çözmek için uygulayınca, matematiğin gerçek hayattaki karşılığını somutlaştırmış oldular.” (D4)

Benzer şekilde D1 kodlu öğretmen, fen bilimleri kazanımlarının (elektrik, devreler) içselleştirilme sürecini Ohm Kanunu üzerinden açıklamıştır: “Basit bir devre tasarlarlarken bile direnç, voltaj ve akım ilişkisini bizzat deneyimleyerek öğrenmek zorunda kaldılar. Bu durum, fen bilgisinin ezberden çıkıp uygulamalı bir yetkinliğe dönüşmesini sağladı.” (D1)

Sürecin Mühendislik ve Teknoloji boyutunda ise Endüstriyel Tasarım ve İleri Düzey Kodlama becerileri ön plana çıkmıştır. D5, öğrencilerin yaşadığı süreci profesyonel mühendislik döngüsüne (problem tanımlama, prototip, test, iyileştirme) benzeterek “Öğrenciler, önce ihtiyaç analizi yapıyor, sonra CAD yazılımlarıyla modelleme yapıyor. Bu, endüstriyel tasarım süreçlerinin bir simülasyonu gibi” (D5) ifadelerini kullanmıştır. D2 ise teknoloji okuryazarlığındaki derinleşmeyi, Python dili örneğiyle vurgulamıştır: “Başlangıçta basit döngüler yazan öğrencim, yarışma sürecinde nesne yönelimli programlamaya geçti. Bu, onun teknolojiye olan hakimiyetinin ne denli arttığını gösteriyor.” (D2)

Öğrenci perspektifinde ise etkinin odak noktası iş birliği ve liderlik üzerinde yoğunlaşmaktadır. Öğrencilerin tamamı; Takım Çalışması, Liderlik ve STEM Derslerine İlgi

konularında olumlu bir değişim yaşadıklarını belirtmiştir. Bu durum, yarışmaların öğrencilere tek başına başarmanın imkânsız olduğu karmaşık görevler vererek, onları zorunlu ve doğal bir iş birliğine ittiğini göstermektedir. Öğrenciler, fen ve matematik derslerinde gördükleri soyut formüllerin (fizik kuralları, denklemler) robotu hareket ettirmek için ne kadar hayati olduğunu fark ettiklerinde, STEM derslerine yönelik ilgileri de en üst düzeye çıkmıştır. Ayrıca Kararlılık ve Planlı Olma gibi kodlar, yarışma sürecinin öğrencilere zaman yönetimi ve disiplin gibi profesyonel yaşam becerilerini erken yaşta kazandırdığını kanıtlamaktadır.

Öğrenciler de bu disiplinlerarası ilişkiyi fark etmiş durumdadır. Ö3'ün şu ifadeleri, teorik derslerin pratikteki değerinin anlaşıldığını kanıtlamaktadır: “Robotik kodlama, matematiksel hesaplamalar ve fizik kuralları olmadan işlemez. Örneğin, bir robotun dönüş açısını hesaplamak için trigonometri bilmek zorundaydık. Bu süreç, okulda öğrendiğimiz teorik bilginin pratikte ne işe yaradığını görmemizi sağladı.” (Ö3)

Üçüncü Alt Problem: Yarışma Deneyimlerinin STEM Kariyer Yönelimleri Üzerindeki Etkisi

Araştırmanın üçüncü alt problemi kapsamında robotik yarışmalarının STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) disiplinleriyle olan ilişkisi ve bu ilişkinin öğrencilerin gelecek vizyonuna yansımaları incelenmiştir. Bu başlık altında elde edilen veriler, önceki bölümlerdeki gibi çeşitlilik gösteren kategorik bir yapıdan ziyade katılımcıların tamamında gözlemlenen ortak, güçlü ve tek yönlü bir eğilime işaret etmektedir. Veri setinin bu bütüncül ve homojen yapısı nedeniyle bulguların tablo veya frekans listesini sunmak yerine, dönüşümün derinliğini yansıtan betimsel ve bütüncül bir anlatı ile sunulması tercih edilmiştir. Analizler, yarışma sürecinin sadece bir kariyer hedefi belirleme aracı olmadığını, aynı zamanda teorik bilginin pratiğe döküldüğü ve disiplinlerarası köprülerin kurulduğu somut bir öğrenme laboratuvarı işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. STEM disiplinleriyle kurulan bu somut ve uygulamalı ilişki, öğrencilerin geleceğe yönelik kariyer planlarını doğrudan şekillendirmiştir.

Öğrenciler, yapabildiklerini gördükçe, ilgilerini mühendislik ve teknoloji alanlarına yöneltmiştir. Bu kapsamda Ö1, kodlamanın yaratıcı yönünü keşfettiğini belirterek yaşadığı farkındalığı şu sözlerle ifade etmiştir: “Robotik kodlama, yazılımın ne kadar yaratıcı olabileceğini gösterdi. Artık yazılım mühendisliği hedeflerim var ve bu alanda araştırma yapmaya başladım.” (Ö1). Sürecin dönüştürücü etkisine dair en çarpıcı örnek ise, başlangıçta STEM dışı bir kariyer hedefleyen Ö4'ün deneyiminde görülmektedir. Bu bulgu, robotiğin öğrencilerin öz-yeterlik algısını değiştirerek kariyer rotalarını nasıl yeniden çizbildiğini somutlaştırmaktadır: “Eskiden yazarlık hayalim vardı, ancak robotikle tanışınca mühendisliğe ilgim arttı. Artık Elektrik-Elektronik Mühendisliği istiyorum; çünkü projelerde edindiğim deneyimler ve çözdüğüm problemler, bu alanda başarılı olabileceğime inanmamı sağladı.” (Ö4)

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Türkiye bağlamında yürütülen eğitsel robotik yarışmalarının katılımcılar üzerindeki çok boyutlu etkilerini ve bu sürecin ardındaki yapısal dinamikleri ortaya koymayı

amaçlamıştır. Elde edilen bulgular; robotik yarışmalarının sadece teknik becerilerin sergilendiği birer organizasyon olmadığını, aksine sosyokültürel, ekonomik ve pedagojik faktörlerin iç içe geçtiği karmaşık bir öğrenme ekosistemi olduğunu göstermektedir. Bu ekosistem, bir yanda 21. yüzyıl becerilerini ve STEM ilgisini besleyen güçlü fırsatlar sunarken, diğer yanda sistemsel eşitsizliklerin zorlu bir mücadele alanı olarak belirlemektedir. Çalışmanın bu bölümünde, araştırmanın alt problemleri ekseninde şekillenen bu ikili yapı, ilgili alanyazın ve teorik çerçeve ışığında derinlemesine tartışılmıştır.

Araştırmanın birinci alt problemine ilişkin bulgular, yarışma deneyiminin homojen bir yapı arz etmediğini, aksine devlet ve özel okul bağlamları arasında bir kırılma yaşandığını ortaya koymaktadır. Özel okullardaki süreç daha çok ileri tasarım ve estetik kaygılar ekseninde ilerlerken, devlet okullarındaki süreç kısıtlı imkânlarla mücadeleye dönüşmektedir. Alanyazında Darling-Hammond (2010) tarafından “fırsat uçurumu” ve Sulku ve Abdioğlu (2015) tarafından “kaynak eşitsizliği” olarak tanımlanan bu olgu, çalışmamızda danışman öğretmenlerin anlatılarında somut bir gerçekliğe bürünmüştür. Devlet okulu öğretmenlerinin, pedagojik rehberlikten ziyade “sponsor arayışı” ve “temel malzeme temini” konularındaki ifadeleri, yarışmaların öğrencilerin teknik becerilerini ölçtüğü kadar, öğretmenlerin sosyal sermayelerini ve kurumsal destek mekanizmalarını da test ettiğini göstermektedir.

Bu süreçte danışman öğretmenlerin yaşadığı zorluklar, sadece fiziksel donanım eksikliğiyle açıklanamayacak kadar derindir. Araştırma bulguları; öğretmenlerin robotik kitlerini teknik olarak kullanabilseler de bu teknolojiyi müfredat kazanımlarıyla bütünleştirme ve etkili bir öğretim aracı olarak kullanma noktasında ciddi zorluklar yaşadıklarını işaret etmektedir. Bu durum, Mishra ve Koehler’in (2006) Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) çerçevesiyle analiz edildiğinde çarpıcı bir sonuç doğurmaktadır: Öğretmenler, “Alan Bilgisi” (Fen/Matematik) ve “Teknoloji Bilgisi”ne (Kodlama/Robotik) sahip olsalar da bu iki alanı pedagojik stratejilerle harmanlayacak entegrasyon bilgisinden yoksundur.

Dare ve arkadaşlarının (2019) da vurguladığı gibi, öğretmenlerin yaşadığı bu yetersizlik hissi, bireysel bir eksiklikten ziyade onlara sunulan mesleki gelişim fırsatlarının niteliğiyle ilgilidir. Bu çalışmada öğretmenlerin yarışma hazırlıklarını “mesai dışı fedakârlık” olarak tanımlamaları ve karşılaştıkları sorunları çözmek için kurumsal rehberler yerine kişisel ağlarına (arkadaş/zümre yardımı) başvurmaları; Türkiye’deki STEM eğitimi politikalarındaki “uygulayıcı destek boşluğunu” (Bayón, 2015) net bir şekilde kanıtlamaktadır. Dolayısıyla, yarışma sürecindeki darboğazlar sadece malzeme eksikliğinden değil, öğretmenlerin TPACK gelişimini destekleyecek sürdürülebilir bir mentorluk sisteminin yokluğundan da kaynaklanabilmektedir.

İkinci araştırma sorusu kapsamında elde edilen bulgular, robotik yarışmalarının Vygotsky’nin (1978) öne sürdüğü Sosyokültürel Öğrenme Teorisi’nin yaşayan birer laboratuvarı olduğunu doğrulamaktadır. Yarışma takımları, öğrencilerin akranlarından ve danışmanlarından beslenerek bireysel kapasitelerinin ötesine geçtikleri dinamik bir “Yakınsak Gelişim Alanı” (Zone of Proximal Development) işlevi görmüştür. Özellikle içe dönük olarak tanımlanan öğrencilerin, bu sosyal etkileşim alanı içinde kendilerini ifade etme fırsatı bularak

liderlik rolleri üstlenmeleri, Conner ve Strobel'in (2007) "liderliğin bireysel bir özellikten ziyade sosyal pratikler içinde inşa edilen bir süreç olduğu" yönündeki tezini güçlü bir şekilde desteklemektedir. Öğrenciler bu süreçte sadece bir robot inşa etmemiş; aynı zamanda takım içi çatışmaları yöneterek, görev paylaşımı yaparak ve ortak bir hedefe kilitlenerek "işbirlikçi problem çözme" becerilerini içselleştirmiştir.

Bu çalışmanın literatüre sunduğu en özgün katkısı, "paradoksal kazanımlar" olarak kavramsallaştırılan olgudur. Beklenenin aksine, özellikle devlet okulu öğrencileri, malzeme yetersizliği, teknik aksaklıklar ve kriz anları karşısında pes etmek yerine bu kısıtlılıklarla mücadele ederek üst düzey bir dayanıklılık, esneklik ve yaratıcı problem çözme becerisi geliştirmiştir. Öğrencilerin, "Robotumuz durdu ama hemen kodlara müdahale ettik" veya "Malzeme yoktu, biz de elimizdeki parçayı modifiye ettik" şeklindeki anlatıları; pedagojik alanyazında Bjork (1994) tarafından "istenilir zorluklar" (desirable difficulties) ve Kapur (2008) tarafından "üretken başarısızlık" (productive failure) olarak tanımlanan mekanizmalarla örtüşmektedir.

Bu teorik çerçeveye göre öğrenme sürecindeki pürüzler ve zorluklar yönetilebilir düzeydeyse, öğrencinin bilişsel süreçlerini daha aktif hale getirmekte ve daha derinlemesine öğrenmeyi tetiklemektedir. Çalışmamızda sistemsal bir dezavantaj olan kaynak eksikliği, öğrenciler için gerçek dünya problemlerini simüle eden ve yaratıcılığı zorlayan bir öğrenme fırsatına dönüşmüş olabilir. Bu bulgu, "daha fazla kaynak her zaman daha iyi öğrenme sağlar" şeklindeki doğrusal mantığı sorgulatsa da söz konusu durum eğitimde fırsat eşitsizliğini meşrulaştıracak bir zemine çekilmemelidir. Zira bu yükün sürekli olarak öğrenci ve öğretmenlerin bireysel fedakârlıklarıyla dengelenmesi, sürdürülebilir bir eğitim politikası olamaz.

Üçüncü alt probleme ilişkin bulgular, robotik yarışma deneyiminin öğrencilerin kariyer hedefleri üzerinde, geçici bir hevesten öte, dönüştürücü ve kalıcı bir etkisi olduğunu izlenimi vermektedir. Başlangıçta yazarlık gibi STEM dışı kariyer hedeflerine sahip öğrencilerin süreç sonunda mühendislik ve yazılım alanlarına yönelmesi; Lave ve Wenger'in (1991) "Duruma Dayalı Öğrenme" (Situated Learning) ve "Uygulama Topluluğu" (Community of Practice) teorileriyle açıklanabilir. Geleneksel sınıf ortamı, fen ve matematik bilgisini genellikle soyut ve bağlamsız bir paket halinde sunarken; robotik yarışmaları öğrencilere "gerçek bir mühendislik pratiği" sunan otantik bir bağlam sağlamıştır.

Bu bağlamda öğrenciler, topluluk içinde sadece kod yazan pasif öğrenciler olarak değil; aynı zamanda birer mühendis, yazılımcı veya tasarımcı rolünü üstlenerek gelecekteki benliklerini inşa etmişlerdir. Bu süreç, Verma ve diğerlerinin (2015) ifade ettiği "kimlik doğrulama eylemleri" (acts of authentication) olarak işlev görmüştür. Öğrenciler; jüriye teknik sunum yaparak, kriz anında mekanik sorunları çözerek ve takımlarını yöneterek "STEM insanı" kimliğini hem kendilerine hem de dış dünyaya karşı meşrulaştırmışlardır. Bulgularımızda sıkça vurgulanan "Artık ben de yapabiliyim" ifadesi, bu kimlik inşasının en somut göstergesidir. Bu sonuç, okul dışı STEM etkinliklerinin kariyer seçimindeki belirleyici rolünü vurgulayan Dabney vd. (2012) ve Türkiye bağlamındaki güncel çalışmalarıyla Ulum ve Küçükaydın'ın

(2024) bulgularıyla tam bir uyum içindedir. Yarışmalar, öğrencilerin zihnindeki ulaşılmaz bilim insanı/mühendis imajını kırmış ve bu meslekleri onlar için erişilebilir bir kariyer rotasına dönüştürmüştür.

Sonuç

Bu bütüncül nitel durum çalışması, Türkiye'deki eğitsel robotik yarışmalarının karmaşık, çok katmanlı ve çelişkili yapısını danışman öğretmen ve öğrenci perspektiflerinden derinlemesine ortaya koymuştur. Ulaşılan sonuçlar göstermektedir ki robotik yarışmaları, öğrencilere 21. yüzyılın gerektirdiği teknik ve sosyal becerileri kazandıran, STEM kariyer yollarını açan ve okulda öğrenilen teorik bilgiyi pratiğe dönüştüren eşsiz pedagojik fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu fırsatlar, okulların sosyo-ekonomik imkânları arasındaki derin uçurum nedeniyle adil dağılmamaktadır. Devlet okulu katılımcılarının yaşadığı kaynak stresi ve zaman baskısı, onları paradoksal bir şekilde daha dayanıklı ve yaratıcı kılsa da bu durum öğretmenleri tükenmişlik riskiyle, öğrencileri ise fırsat eşitsizliğiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Çalışmanın en çarpıcı sonucu; sahadaki başarının, sistemin sunduğu kurumsal imkânlardan ziyade, katılımcıların bireysel fedakârlıkları ve yoktan var etme çabalarıyla şekillendiğidir.

Özetle, eğitsel robotik faaliyetleri Türkiye'nin teknolojik kalkınma hamlesi için stratejik bir öneme sahiptir; ancak bu potansiyel, bireysel fedakârlıklara terk edilmeyip; sistemsel destek, müfredat entegrasyonu ve fırsat eşitliği sağlandığında tam anlamıyla hayata geçebilecektir.

Öneriler

Araştırma bulgularından hareketle, politika yapıcılar, uygulayıcılar ve araştırmacılar için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- i. Devlet okulları ile özel okullar arasındaki kaynak uçurumunu gidermek amacıyla, robotik kitleri ve sarf malzemeleri için merkezi bir “Donanım Destek Havuzu” kurulmalıdır. Ayrıca yarışma katılımları için devlet okullarına ek bütçe ve lojistik destek sağlanmalıdır.
- ii. Öğretmenlerin ve öğrencilerin yaşadığı zaman baskısını hafifletmek amacıyla; robotik çalışmaları sadece okul sonrası bir kulüp faaliyeti olmaktan çıkarılıp, Bilişim Teknolojileri veya Teknoloji ve Tasarım ders müfredatlarına entegre edilerek ders saatleri içinde uygulanabilir hale getirilmelidir.
- iii. Danışman öğretmenlerin yaşadığı pedagojik zorlukları aşmak için; sadece teknik kodlama bilgisine değil, TPACK (Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi) gelişimine odaklanan, deneyimli mentor öğretmenlerin rehberlik ettiği sürdürülebilir hizmet içi eğitim programları düzenlenmelidir.
- iv. Bu çalışma nitel bir durum çalışmasıyla sınırlıdır. Gelecek araştırmalarda, robotik yarışmalarına katılan öğrencilerin kariyer tercihlerini uzun vadede (üniversite ve iş hayatı) takip eden boylamsal çalışmaların yapılması, etkinin kalıcılığını görmek açısından önerilmektedir.

Çıkar Beyanı

Bu çalışmanın yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

Destek Beyanı

Bu çalışma hiçbir kurum veya kuruluş tarafından destek almadan tamamlanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanın yazarları, çalışmaya gönüllülük esasına dayalı olarak katılım sağlayan öğrenciler ve öğretmenlere teşekkür ederler.

Etik ile İlgili Hususlar

Yapılan 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 hiçbirisi gerçekleştirilmemiştir. Çalışmanın planlamasında, yürütülmesinde ve raporlanmasında yapay zekâ uygulamalarından yararlanılmamıştır.

Tablo 6. Etik kurul bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı	: Erciyes Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu
Etik değerlendirme kararının tarihi	: 25.01.2023
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası	: 12

Araştırma, bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine bağlı kalınarak yürütülmüştür. Çalışmaya başlamadan önce Erciyes Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu’ndan 25.01.2023 tarih ve 12 sayılı karar ile gerekli etik kurul onayı alınmıştır. Katılım tamamen gönüllülük esasına dayanmış, tüm katılımcılara (ve 18 yaş altı öğrenciler için velilerine) çalışmanın amacı, süreci ve verilerin gizliliği hakkında detaylı bilgi verilerek bilgilendirilmiş onam formları imzalatılmıştır. Katılımcıların kimliklerinin gizli tutulması için kod isimler (örn. D1, Ö1) kullanılmış ve elde edilen tüm veriler şifrelenmiş ve güvenli ortamlarda saklanmıştır.

Yapay Zekâ Beyanı

Bu çalışmanın hazırlık sürecinde, metnin genişletilmiş özet (extended summary) bölümünün İngilizceye ön çevirisini gerçekleştirmek amacıyla üretken yapay zekâ araçlarından faydalanılmıştır.

Kaynakça

- Alacacı, C., & Erbaş, A. K. (2010). Unpacking the inequality among Turkish schools: Findings from PISA 2006. *International Journal of Educational Development*, 30(2), 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2009.03.006>
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1130924.pdf>

- Atman Uslu, N., Yavuz, G. Ö., & Koçak Usluel, Y. (2022). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1496–1514. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>
- Balka, D. (2011). Standards of mathematical practice and STEM. *Math-Science Connector Newsletter*, 6–8. School Science and Mathematics Association.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289–307. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481>
- Bayón, J. B. (2015). Formación del profesorado con scratch: análisis de la escasa incidencia en el aula. *Opción*, 31(1), 164-182.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/4561.003.0011>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Catlin, D. (2010, August). *Ten principles for educational robots* [Paper presentation]. Constructionism 2010 Conference, Paris, France.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Conner, J. O., & Strobel, K. (2007). Leadership development: An examination of individual and programmatic growth. *Journal of Adolescent Research*, 22(3), 275–297. <https://doi.org/10.1177/0743558407299698>
- Dabney, K. P., Tai, R. H., Almarode, J. T., Miller-Friedmann, J. L., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Hazari, Z. (2012). Out-of-school time science activities and their association with career interest in STEM. *International Journal of Science Education, Part B*, 2(1), 63–79. <https://doi.org/10.1080/21548455.2011.629455>
- Dağ, İ. (2015). An overview and comparison of Turkish public schools and private schools. *Journal of Education and Training Studies*, 3(6), 190–196. <https://doi.org/10.11114/jets.v3i6.1005>

- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K–12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701–1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Darling-Hammond, L. (2010). *The flat world and education: How America's commitment to equity will determine our future*. Teachers College Press.
- Değirmenci, S. (2020). *STEM eğitimi almış öğretmenlerin STEM öz-yeterliklerinin ve uygulamalarındaki sorunların incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi], Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ekici, S., & Yılmaz, B. (2013). FATİH Projesi üzerine bir değerlendirme. *Türk Kütüphaneciliği*, 27(2), 317–339.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 379–424. <https://doi.org/10.1080/07370000802212669>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey-Bass.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye yüzyılı maarif modeli*. <https://tym.meb.gov.tr/>
- Mishra, P., & 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>
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13158>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *Positive, high-achieving students? What schools and teachers can do* (TALIS). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3b9551db-en>
- Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11, Article 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children* (M. Cook, Trans.). International Universities Press. (Original eser basım tarihi 1936).
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Portfolio Penguin.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.
- Sulku, S. N., & Abdioğlu, Z. (2015). Public and private school distinction, regional development differences, and other factors influencing the success of primary school students in Turkey. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(2), 419–431. <https://doi.org/10.12738/estp.2015.2.2386>
- Ulum, H., & Küçükaydın, M. A. (2024). Understanding Turkish students' STEM career aspirations, STEM hopes and goals, parental perception, and cultural capital: A path analysis. *STEM Education*, 4(4), 364–380. <https://doi.org/10.3934/steme.2024021>
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/ASRB4722>
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Verma, G., Puvirajah, A., & Webb, H. (2015). Enacting acts of authentication in a robotics competition: An interpretivist study. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 368–395. <https://doi.org/10.1002/tea.21195>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf
- Yağar, F. (2023). Nitel araştırmalarda örneklem büyüklüğünün belirlenmesi: Veri doygunluğu. *Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 138–152. <https://doi.org/10.38122/ased.1030365>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183–210. <https://doi.org/10.17244/eku.310143>

Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). SAGE Publications.

EXTENDED SUMMARY

Problem Statement

The Fourth Industrial Revolution fundamentally transforms global economic and social structures, necessitating a paradigm shift in education to equip individuals with 21st-century skills such as critical thinking, algorithmic reasoning, and collaboration. STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education and Educational Robotics (ER) serve as critical pedagogical vehicles to actualize these competencies. By engaging students in the design and programming of robots, ER provides a dynamic ecosystem that bridges theoretical knowledge with real-world applications. Despite progressive initiatives in Türkiye, such as the FATİH Project and TEKNOFEST, a profound structural barrier persists: the resource gap between well-funded private institutions and under-resourced public schools. This discrepancy creates systemic inequalities in accessing hardware, software, and expert mentorship, thereby limiting the widespread diffusion of STEM opportunities. Furthermore, a critical review of the existing literature reveals that current methodological trends heavily favor outcome-oriented, quantitative, and quasi-experimental designs. Consequently, there is a notable dearth of qualitative research that dualistically examines the in-depth mechanisms and lived experiences of both mentor teachers and students within these varying socio-economic contexts. Addressing this significant literature gap, the present study aims to provide a multidimensional and context-oriented qualitative analysis of the educational outcomes of robotics competitions in Türkiye.

Method

To ensure methodological rigor and capture the multifaceted nature of participants' experiences, this study was designed within the qualitative research paradigm, employing a holistic single-case design as conceptualized by Yin. The fundamental rationale for this design is that the robotics competition experience represents an indivisible process shaped within a shared context where teacher and student perspectives intertwine. The study group was determined using maximum variation sampling, a purposeful sampling strategy, to maximize data richness and reflect diverse socio-economic backgrounds. The participants consisted of 5 middle school students and 5 mentor teachers from both public and private schools in Kayseri during the 2023-2024 academic year. Data were collected using a researcher-developed "Semi-Structured Interview Form", optimized through expert reviews and pilot implementations. The comprehensive data corpus was analyzed via inductive thematic analysis, systematically extracting implicit and explicit meaning patterns without relying on predefined categories. To maximize scientific credibility and trustworthiness, multiple strategies were strictly integrated: participant confirmation ensured the findings accurately reflected lived experiences, while thick descriptions facilitated transferability. Furthermore, analytical consistency was achieved through independent coding by a second field expert, yielding a "near perfect" Cohen's Kappa agreement coefficient of 0.87. An audit trail and bracketing techniques were also rigorously applied to maintain confirmability and minimize researcher bias.

Findings

The thematic analysis illuminated that the preparation and competition phases are highly complex, marked by significant logistical and psychological demands. Mentor teachers, particularly those in public schools, unanimously identified “time management” and “resource scarcity” as their most profound systemic barriers, often necessitating extracurricular sacrifices and informal sponsor seeking. Conversely, students primarily grappled with technical design flaws and fear of failure; however, they successfully transformed these crises into learning opportunities through intense teamwork and collaboration. The multidimensional impacts of the robotics competitions extended far beyond mere technical coding. Teachers observed profound transformations in students’ social skills, entrepreneurship, and psychomotor development. Notably, the competitions successfully contextualized abstract STEM concepts; students practically applied trigonometry to calculate robot movement angles and utilized Ohm's Law in circuit design, thereby bridging the theory-practice divide. Furthermore, the study revealed a powerful, homogenous trend regarding career orientation. The hands-on, problem-solving nature of the competitions profoundly enhanced students’ self-efficacy, directly pivoting their career aspirations toward engineering and software disciplines, even for those who initially harbored non-STEM career goals. Through this experiential learning framework, students did not merely build robots; they actively constructed their future STEM identities.

Conclusion and Discussion

The findings demonstrate that educational robotics competitions operate as complex learning ecosystems that effectively cultivate 21st-century competencies and STEM pathways, while simultaneously acting as challenging arenas reflecting broader systemic inequalities. The “resource gap” between public and private institutions heavily burdens public school teachers, indicating that the challenges stem not only from a lack of hardware but also from systemic deficiencies in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) integration support. Teachers are often left without sustainable mentorship, relying on personal networks instead of institutional frameworks. However, the study contributes a highly original concept to the literature: “paradoxical gains”. Consistent with the theories of “desirable difficulties” and “productive failure”, students from under-resourced environments developed extraordinary resilience, flexibility, and creative problem-solving skills precisely because they had to navigate structural limitations. While this highlights student adaptability, it should not legitimize educational inequality. From a sociocultural perspective, the competitions function as dynamic Zones of Proximal Development, fostering collaborative problem-solving. Furthermore, aligning with Situated Learning theory, these authentic contexts allow students to enact “acts of authentication”, effectively transforming their conceptualizations of scientists from distant figures into attainable personal career realities. Ultimately, while robotics activities are strategically vital for technological advancement, their full potential remains constrained by reliance on individual sacrifices rather than equitable systemic infrastructure.

Recommendations

To ensure sustainable and equitable STEM education, policymakers must establish a centralized “Hardware Support Pool” providing robotics kits and logistical funding specifically targeted at disadvantaged public schools. To alleviate the profound time constraints experienced by participants, robotics should be systematically integrated into the formal curriculum (e.g., Information Technologies or Technology and Design courses) rather than being relegated solely to after-school clubs. Furthermore, it is imperative to implement sustainable, expert-led in-service training programs for mentor teachers that focus explicitly on Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) rather than mere technical proficiency. Finally, future research should employ longitudinal designs to track the long-term persistence of students’ STEM career choices through higher education and into the workforce.