



İlkokul Öğrencilerine Yönelik Temsilsel Akıcılık Testi

Representational Fluency Test for Primary School Students

Elif GÜVEN DEMİR¹

¹Düzce Üniversitesi, Düzce

• elifguven1@hotmail.com • ORCID > 0000-0001-6685-5341

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 9 Ağustos / August 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 22 Eylül / September 2022

Yıl / Year: 2022 | **Cilt – Volume:** 41 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 563-604

Atıf/Cite as: Güven Demir, E. "İlkokul Öğrencilerine Yönelik Temsilsel Akıcılık Testi - Representational Fluency Test for Primary School Students" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Ondokuz Mayıs University Journal of Faculty of Education, 41(2), December 2022: 563-604.

Etik Kurul Beyanı: "Araştırma için Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 26.05.2022 tarihli ve 2022/295 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır. The study was approved by the Scientific Research and Publication Ethics Committee of Düzce University (Date: 26.05.2022 & No: 2022/295)."

İLKOKUL ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK TEMSİSEL AKICILIK TESTİ

ÖZ:

Bu araştırmanın amacı, ilkokul öğrencileri için geliştirilen Temselsel Akıcılık Testini Türk kültürüne uyarlamak ve testin psikometrik özelliklerini incelemektir. Temselsel akıcılık, farklı temsil türlerini anlamlandırma ve temsiller arasında bağlantı kurabilme becerisi olarak ifade edilmektedir. Orijinal formu çoktan seçmeli 25 maddeden oluşan test, temselsel akıcılığa ilişkin dokuz yetkinlik alanı içermektedir. Bunlar; öğelerin tanımlanması, grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi, zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi, bir değişimi diğeriyle karşılaştırma, temsil anlamlandırma, farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme, temsiller arası geçiş yapabilme, birden fazla temsilden veri toplayabilme, ilişki ve bağlantıyı anlayabilmedir. Araştırma 2021-2022 eğitim öğretim yılında Düzce ilinde öğrenim gören ilkokul 4. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Testin faktör yapısına ilişkin çalışmalar farklı çalışma gruplarıyla yürütülmüş olup, açımlayıcı faktör analizi için 207 (112:kız, 95:erkek) ve doğrulayıcı faktör analizi için 177 (90:kız, 87:erkek) öğrenci araştırmaya katılmıştır. Factor 10.3.1 programı aracılığıyla, tetrakorik korelasyon matrisine dayalı olarak gerçekleştirilen açımlayıcı faktör analizi sonucunda, Temselsel Akıcılık Testinin anlam ve bağlantı şeklinde iki faktörlü bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Lisrel 8.51 programı aracılığıyla asimptotik kovaryans matrisi üzerinden, ağırlıklı en küçük kareler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen doğrulayıcı faktör analizi sonuçları, açımlayıcı faktör analizi ile keşfedilen iki faktörlü yapının doğrulandığını göstermektedir. Madde analizi çalışmaları sonucunda testin orta düzeyde güçlük ve yüksek düzeyde ayrırcılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Testin hesaplanan KR-20 iç tutarlılık katsayısının testin geneli (.84) ve alt boyutları (.85 ve .70) için yüksek düzeyde güvenilirliği işaret ettiği tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında uyarlaması yapılan 21 maddelik Temselsel Akıcılık Testinin, ilkokul müfredatıyla uyumlu ve ilkokul 4. Sınıf düzeyinde temselsel akıcılık düzeyinin ölçümünde kullanılabilecek, geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çoklu Temsil, Temselsel Akıcılık, İlkokul, Test, Fen, Matematik



REPRESENTATIONAL FLUENCY TEST FOR PRIMARY SCHOOL STUDENTS

ABSTRACT

The representational fluency test assesses the representational fluency skills of primary school students. This paper aimed to adapt the test to Turkish. Representational fluency is the ability to make sense of and make connections between representations. The original test consists of 25 multiple-choice items. It includes nine competencies: identifying items, relating graphics to the real world, detecting time-dependent trends and changes, switching between representations, collecting data from multiple representations, understanding relationships and connections, comparing one change with another, making sense of representations, and associating different types of representation. The study was conducted in the 2021-2022 academic year in Düzce, Türkiye. The sample consisted of 384 fourth-grade primary school students; 207 for exploratory factor analysis (112 girls and 95 boys) and 177 (90 girls and 87 boys) for confirmatory factor analysis. Exploratory factor analysis was performed based on the tetrachoric correlation matrix using Factor 10.3.1. The results showed that the test had a two-factor structure: meaning and connection. Confirmatory factor analysis was performed using the weighted least squares method on the asymptotic covariance matrix through Lisrel 8.51. The results verified the exploratory factor analysis two-factor structure. The test has moderate difficulty and high discrimination. The KR-20 internal consistency coefficient indicates a high level of reliability for the overall test (.84) and its subscales (.85 and .70). The 21-item test is a valid and reliable measurement tool that is compatible with the primary school curriculum and can be used to measure the representational fluency skills of fourth-grade primary school students.

Keywords: *Multiple Representations, Representational Fluency, Test, Science, Math*

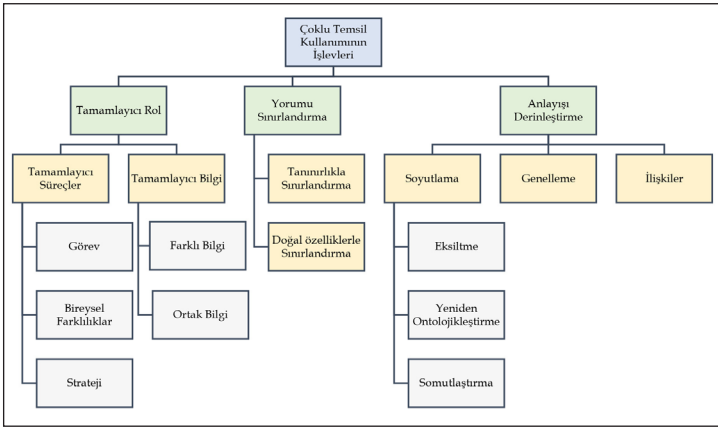


GİRİŞ

Temsil, bir şeyin bir kişinin gözünden sembolize edilmiş formudur (Fonger, 2019). Temsiller bilginin daha kolay anlaşılmasını sağlamak için karmaşık bilgileri organize eden, detaylandıran ve veriyi görünür kılan araçlardır (Daniel vd., 2018). Araştırmalar uygun temsille etkileşimde bulunmanın öğrenmeyi geliştirdiğini göstermektedir (Ainsworth, 2006). Dreyfus (1991) eğitimde temsil kullanımını ardışık dört aşamanın yer aldığı bir süreç olarak tanımlamaktadır. Bunlar basitten karmaşığa olacak şekilde bir temsil kullanımını, diğerleriyle paralel olacak şekilde birden fazla temsil kullanımını, temsiller arasında bağlantı kurma ve çoklu temsil

kullanımını esnek bir şekilde öğrenme sürecine entegre etme olarak ifade etmektedir (Dreyfus, 1991). Ainsworth (1999) ise öğrenme süreçlerinde çoklu temsil kullanımının üç fonksiyonu olduğunu belirtmektedir (Şekil 1). Bunlar *tamamlayıcılık*; karşılaştıkları görevlerin özellikleri ve bireysel farklılıklarından bağımsız olarak, öğrencilerin çoklu temsilin avantajlarından yararlanması; *sınırlandırma*; yanlış yorumlamaları engellemek için, öğrencilerin bilindik ve belirgin temsillerden faydalanmalarını sağlama; *derinleştirme*: öğrencilerin farklı temsil türleri ile öğrenme nesnesinin sabit özelliklerini soyutlabilmesi, genelleyebilmesi ve temsiller arası ilişkiyi fark etmesi olarak ifade edilmektedir (Ainsworth, 1999).

Şekil 1. Çoklu Temsillerin İşlevsel Taksonomisi (Ainsworth, 1999)



Çoklu temsillerin, kavramın soyut yönlerini zenginleştirme gibi iyi niyetli bir kullanımının yanında; öğrenmelerin derinleşmesi için kolay ve ulaşılabilir temsillerle, soyut temsil arasında (örneğin; eklenen cümle ya da resimle soyut formül arasında) bağlantı kurması gerekmektedir (Vogt vd., 2020). Öğrencilerin çoklu temsilleri öğrenmeleri ve çoklu temsilleri kullanarak öğrenme süreçlerine katılmaları (örn., fen eğitimi) sıklıkla aynı zamana denk gelmektedir; ancak çoğu zaman temsillere ilişkin bilgileri yetersiz kalmaktadır (Ainsworth, 2006). Temsil öğretimi müfredatta belirtilen standart temsilleri öğretmenin ötesine geçmeli, yenilikçi temsil uygulamalarının yer aldığı ilke ve stratejileri içermelidir (diSessa, 2004). Öğrencilerin çoklu temsilleri yorumlayıp anlamlandırabilecekleri, böylece derin öğrenmeler geliştirmelerini sağlayacak strateji ve kaynaklarla desteklenmeleri gerekmektedir (Nichols, Gillies, vd., 2016). Çoklu temsillerle çalışma ve akıl yürütme becerisi öğrencilerin özellikle matematik ve fen derslerindeki yetkinliği açısından önemlidir (Zaqoot vd., 2019b).

TEMSİSEL AKICILIK

Akıcılık genel kullanımda, kendini kolayca ve çaba harcamadan ifade etmenin yanı sıra, iki farklı temsil olan konuşma ve yazı dili arasında zahmetsizce hareket edebilme yeteneği olarak ifade edilirken; araştırmacılar tarafından diğer disiplinlerin temsil türlerini de içerecek şekilde daha geniş bir bağlamda kullanılmaya başlanmıştır (Vieira vd., 2016). Temselsel akıcılık farklı temsil türlerini anlamlandırma ve ihtiyaç duyulduğunda temsiller arasında hareket edebilme olarak tanımlanmaktadır (Taramopoulos ve Psillos, 2019). Daha geniş bir tanımda ise bilginin farklı ifade biçimlerindeki (farklı temsiller) denkliliğini kavrayabilme, farklı temsillerde sunulan bilgiyi okuma, bilgiyi bir temsilden diğerine dönüştürme, bir temsilde öğrenme ve bu öğrenmeyi diğerine uygulama yeteneği olarak ifade edilmektedir (Vieira vd., 2016). Fonger (2019) çoklu temsilleri yaratma, yorumlama, temsiller arasında geçiş yapabilme ve bağlantı kurma olarak tanımlamaktadır. Ancak bunu yapabilmek için hangi temsilin neyi gösterebileceğini, açıklayabileceğini bilmek, temsilleri gerekçe olarak kullanabilmek ve çoklu temsiller arasında anlamlı şekilde bağlantı kurabilmek gerekmektedir (Sandoval vd., 2000). Fonger (2019) yaratma, yorumlama ve bağlantı kurmanın anlamlı temselsel akıcılığın temel bileşenleri olduğunu ifade etmektedir. Farklı temsiller arasında bağlantı kurma, kavramın özünü ve aynı zamanda farklı yönlerine ilişkin anlayış geliştirilmesini sağlamaktadır (Even, 1998).

Bieda ve Nathan (2009) temselsel akıcılığı matematik öğrenme perspektifinden ele alarak, temsillerle çalışabilme ve temsiller arasında geçiş yapabilme olarak tanımlamaktadır. Matematik eğitimi perspektifinden temselsel akıcılık temsiller arası geçiş, matematiksel bir konu hakkında o matematiksel konunun farklı türdeki temsillerinden anlam çıkarma ve farklı temsiller arasında genelleme yapma becerilerini içermektedir (Zbiek vd., 2007). Literatürde sıklıkla temselsel akıcılığın anlamlı öğrenme ve matematik öğretimi üzerindeki önemine dikkat çekilmektedir (Bieda ve Nathan, 2009; Fonger, 2019). Ampirik araştırma sonuçları temselsel anlayışın, öğrencilerin çoklu temsil formları ile bağlantı kurarak öğrenme süreçlerine dahil oldukları durumlarda geliştiğini göstermektedir (Zbiek vd., 2007). Temselsel akıcılığın matematik öğretimi üzerindeki etkisini irdeleyen araştırmalar, temselsel akıcılığı matematiksel sorgulamanın katalizörü olarak (Zbiek vd., 2007), matematik öğrenme sürecini geliştiren temel pratiklerden biri olarak değerlendirmekte (Selling, 2016); temselsel akıcılığının sebeplerini ve çeşitlerini bilmenin, matematiksel bilgi, öğrenme ve gerekçelendirmeye ilişkin anlayışımıza önemli bir katkı sunduğunu (Bieda ve Nathan, 2009) belirtmektedir. Delice ve Kertil (2015) öğrencilerin temselsel akıcılık becerilerindeki eksikliğin matematiksel modellemede güçlük yaşamalarına sebep olduğunu belirtmektedir. Bir öğrencinin temsiller arasında bağlantı kurabilmesi için, çeşitli temsil türlerinde sunulan matematiksel nesnenin değişmez özelliklerini fark etmesi gerekmektedir (Fonger, 2019).

Fen eğitimi perspektifinden temselsel akıcılık, bir temsil türündeki bilgiyle etkileşime geçebilme, işlemsel ve kavramsal düzeyde bilgiyi bir temsil türünden diğerine dönüştürebilme becerisi olarak ifade edilmektedir (Nichols, Gillies, vd., 2016). Fen eğitiminde öğrenme, fen okuryazarlığı perspektifinden hareketle çoklu temsilli gerçekleştiği belirtilmektedir (Lemke, 2004). Buna göre fen eğitiminin öğrencilerin temselsel yetkinliklerini geliştirecek şekilde, temsilleri etkin bir şekilde yorumlayabildikleri, açıklayabildikleri, temsilleri yapılandırabildikleri bir süreçte yürütülmesi gerekmektedir (Nichols, Gillies, vd., 2016). Öğretmenlerin çoklu temsillere ilişkin repertuarının geniş olması yeterli olmayıp, öğrencilerinin bu temsilleri kullanabilmeleri, temsilleri ilişkilendirebilmeleri ve temsiller arasında geçiş yapabilmelerini sağlayacak becerilerin geliştirilmesine odaklanmaları gerekmektedir (Moore vd., 2018).

Bilimsel süreçlerde görseller, grafikler, modeller, diyagramlar ve simülasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilen iletişim tarzı, hedeflenen alıcının görsel girdileri bilimsel düşünceyle tutarlı bir şekilde anlamlandırabilme yeteneğine dayanmaktadır (Daniel vd., 2018). Başka bir ifade ile bilimsel süreçlere dair üretilen düşünce, işe koşulan akıl yürütme eylemleri ve pratiklerin tamamı temsil kullanımıyla ilgili iken, farklı modların dönüştürüldüğü, değerlendirildiği bir süreç olan fen eğitiminin ve anlamlı öğrenmelerin başarısı öğrencilerin temsil etkenliğinin gelişmesine bağlıdır (Nichols, Gillies, vd., 2016).

Çoklu temsillerin kullanımı ile ilgili fen eğitimi ve STEM uygulamalarıyla sıklıkla ilişkilendirilen becerilerinden biri de temsil yetkinliğidir (Daniel, 2018). Temsil yetkinliğinde belli bir alana özgü (fizik, kimya biyoloji) temsil kümelerine odaklanılmakta ve izole edilen bu temsillere ilişkin yeterlilik ifade edilmektedir (M. Hill vd., 2014). Temsil yetkinliği statik iken; temsili akıcılık, öğrencilerin temsiller içinde ve arasında sorunsuz bir şekilde hareket etme yeteneğine karşılık gelmekte ve öğrenmeyi artırma potansiyelini taşımaktadır (Daniel vd., 2018). Nitekim öğrencilerin yalnızca belirli temsil türlerini ve özelliklerini anlamaları değil, aynı zamanda temsilleri kullanarak akıl yürütmeleri, fen kavramlarını açıklayabilmeleri ve farklı temsillerden elde ettikleri çıkarımlarına dayanan anlamları genelleylebilmeleri gerekmektedir (Nichols, Gillies, vd., 2016). Bilimsel bilginin inşası ve bilimsel dile ilişkin uygulamalar temsillerle çalışmaya yönelik esnekliği, temselsel akıcılığı gerektirmektedir (Nichols, Gillies, vd., 2016).

Temselsel akıcılığın benzersiz olan yönünü, çeşitli disiplinlere özgü temsilleri rahat (dolayısıyla akıcı) bir şekilde kullanmayı içeren disiplinler arası bir yetenek eşiği olmasıdır (M. J. Hill, 2015). Temselsel akıcılık derin kavramsal anlayışın gelişmesi açısından önem taşımaktadır (Taramopoulos ve Psillos, 2019). Aynı şeyi farklı temsillerle açıklama ve sunma yeteneği, bir temsilden diğerine hareket etme esnekliği; bireyin zengin ilişkileri bir arada görmesini, daha iyi bir kavramsal anlayış geliştirmesini, derinlemesine bir anlayış kazanmasını ve problem çözme yeteneğini

güçlendirmesini sağlamaktadır (Even, 1998). Temselsel akıcılık, kavramsal anlayışı geliştirmenin yanı sıra (Gunpınar ve Paper, 2016), problem çözme becerisinin de önemli bir bileşenidir (Nistal vd., 2009). Temselsel akıcılık, öğrencilerin gerçekçi (kozmos) ve soyut dünyalar (modeller) arasında ileri geri hareket etmelerini ve verilen bir problemi çözmek için en uygun temsili kullanmalarını sağlamaktadır (Taramopoulos ve Psillos, 2019). Bu bağlamda gerçek yaşam problemlerinin çözümü için gerekli iletişim ve kavramsal esneklik yeteneğinin gelişiminde, temselsel akıcılık becerisi kritik bir öneme sahiptir (Lesh ve Zawojewski, 2007). Temselsel akıcılığın anlamlı öğrenme noktasındaki önemi göz önüne alındığında, öğrencilerin temselsel akıcılık becerilerini bilmek, öğrenme aktivitelerini zenginleştirmeye yardımcı olduğu gibi, öğretim tasarımı ve program geliştirme konularında da ek bilgi sağlayabilir (Fonger, 2019).

TEMSİSEL AKICILIĞA İLİŞKİN LİTERATÜR

Literatürde temselsel akıcılığın gelişimini inceleyen (Fonger, 2019); öğrencilerin temsil akıcılığa ilişkin problemlerini ortaya koyan (Bieda ve Nathan, 2009; Selling, 2016) ve etkili çoklu temsil kullanımını tarif eden (Selling, 2016) araştırmalar bulunmaktadır. Temselsel akıcılığı öğretim yaklaşımı olarak inceleyen araştırmalar da mevcuttur (Li vd., 2022; Moore vd., 2013). Bu çalışmalarda cebir, kimya ve fizik gibi spesifik ders ve konulara eğilim söz konusudur.

Matematik eğitimi perspektifinden temsil akıcılığa ilişkin çalışmaların, kartezyen koordinat sistemi (Bieda ve Nathan, 2009); modelleme (Delice ve Kertil, 2015); lineer denklemler (Fonger, 2019) konularıyla ilişkilendirildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra fen eğitiminde doğal afetler (Nichols, Gillies, vd., 2016); elektrik devresi (Taramopoulos ve Psillos, 2019) konularına yönelik bir eğilim söz konusudur. Bunun yanı sıra çalışma gruplarını öğretmen adayları (Delice ve Kertil, 2015); sınıf öğretmenleri (Nichols, Stevenson, vd., 2016); üniversite öğrencileri (Gulkilik, 2021; Moore vd., 2013); lise öğrencileri (Taramopoulos ve Psillos, 2019); orta okul öğrencileri (Bieda ve Nathan, 2009; Ceuppens vd., 2018; Li vd., 2022) şeklinde örneklendirmek mümkündür.

Temselsel akıcılık, sıklıkla çeşitli temsil türlerinin kullanıldığı testlere dolaylı olarak dahil edilirken, nadir olarak testin birincil amacı haline gelmektedir (Ceuppens vd., 2018). Temsil akıcılığa ilişkin ölçümler ağırlıklı olarak, dereceli puanlama anahtarları (Nichols, Stevenson, vd., 2016); etkinlik ve araştırmacı kayıtları (Delice ve Kertil, 2015); görev temelli görüşme (Altindis, 2021; Gulkilik, 2021; Nichols, Gillies, vd., 2016) şeklinde gerçekleştirilmektedir. Temsil akıcılığa ilişkin ölçme aracı geliştirme çalışmalarının fizik ve matematik (Ceuppens vd., 2018); kimya (Stieff ve McCombs, 2006); fizik (Hill vd., 2014; Festiana vd., 2020; Handayani ve Masrifah, 2021) gibi spesifik konularla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. İlkokul öğrencilerinin

genel temselsel akıcılık düzeyini (herhangi bir ders ya da konudan bağımsız) ölçmek amacıyla geliştirilen yalnızca bir ölçme aracına rastlanmıştır.

Zaqoot vd., (2019a) tarafından ilkökul öğrencilerinin temselsel akıcılık düzeylerini ölçmek amacıyla geliştirilen Representational Flency Test (RFT), spesifik bir konuyla ilişkilendirilmemiş olup, daha çok ilkökulda temel düzeyde bilgi gerektiren maddelerden oluşmaktadır. 25 çoktan seçmeli sorudan oluşan RFT’de fen, matematik dersleri ve Singapur ulusal sınavında (Primary School Leaving Examination (PSLE) en çok kullanılan temsil türlerine yer verildiği belirtilmektedir (Zaqoot vd., 2019b). RFT’de Temsil akıcılığına ilişkin olarak öğelerin tanımlanması, grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi, zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi, bir değişimi diğeriyle karşılaştırma, temsil anlamlandırma, farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme, temsiller arası geçiş yapabilme, birden fazla temsilden veri toplayabilme, ilişki ve bağlantıyı anlayabilme şeklinde dokuz yetkinlik alanı tanımlanmıştır (Zaqoot vd., 2019a). Bu bağlamda RFT’nin temsil akıcılığına ilişkin kapsamlı bir bakış açısıyla hazırlandığı söylenebilir. RFT’ye ilişkin ayrıntılı bilgi, veri toplama araçları bölümünde sunulmuştur.

Türkçe literatür incelendiğinde temselsel akıcılığa ilişkin çalışmaların temsiller arası geçiş (Baloğlu Demir, 2022; Çetin, 2016; Gürbüz ve Şahin, 2015); transfer edebilme (Mercan, 2020); temsil dönüşüm (Delice ve Kertil, 2015) şeklinde sınırlı bir boyut üzerinden ele alındığı görülmektedir. Kullanılan ölçme araçlarının spesifik ders ve konu özelinde yapılandırıldıkları; örneklem gruplarının ağırlıklı olarak orta okul, lise öğrencileri ve öğretmen adaylarından oluştuğu; toplanan verilerin görev temelli görüşme, dereceli puanlama anahtarı yöntemleri ile analiz edildiği tespit edilmiştir (Baloğlu Demir, 2022; Çetin, 2016; Delice ve Kertil, 2015; Gürbüz ve Şahin, 2015; Mercan, 2020). Ergan ve Özsoy (2021) tarafından ilkökul öğrencileri ile yapılan çalışmada da temselsel akıcılığın ölçümüne yer verilmemiş, ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin problem çözme sürecinde kullandıkları temsiller incelenmiştir. Bu noktada ilkökul grubuna ilişkin çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra temselsel akıcılığa ilişkin ölçümlerde nitel araştırma yöntemlerinin kullanılması, öğrencilerin temselsel akıcılık düzeylerine ilişkin, derinlemesine bir inceleme yapmayı sağlarken; sınıf ortamında ve kalabalık gruplarda uygulanması zaman açısından pratik bir kullanım sunmamaktadır (Daniel vd., 2018). Bu noktada, temselsel akıcılığın ölçümünde nicel ölçme araçlarının kullanımı önemli bir avantaj sunmaktadır.

Temselsel akıcılık konusunda Türkçe literatürde rastlanan tek ölçme aracı, 4-7. sınıf öğrencilerinin kesirlere ilişkin sembolik ve grafiksel temsilleri ilişkilendirme becerilerini ölçmek amacıyla, Ertuna (2013) tarafından uyarlaması yapılan temselsel akıcılık testidir. Söz konusu test spesifik bir konu ile sınırlandırılmış olup, test maddeleri uzunluk, alan, sayı doğrusu ve küme şeklindeki kesir modellerinden oluşmaktadır. Bu noktada mevcut çalışmaların temselsel akıcılıktan çok temsil

yetkinliği ve temsil esnekliği ile ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Belli bir alana özgü temsilleri kullanma becerisi temselsel yetkinlik ile (M. Hill ve Sharma, 2015); öğrencilerin kendilerine verilen bir problem durumuna en uygun temsil türünü seçebilmesi ise temselsel esneklik ile ilişkilendirilmektedir (Nistal vd., 2009). Bu bağlamda Türkçe literatürde temselsel akıcılığına ilişkin ilkökul öğrencileri düzeyindeki çalışmaların yeterli olmadığı ve bu durumun temselsel akıcılığı ölçmeye yönelik bir ölçme aracına olan ihtiyacı işaret ettiği söylenebilir. Nitekim Ayyıldız ve Cansız Aktaş (2021) tarafından son yıllarda Türkiye'deki temsil kullanımına ilişkin araştırma sonuçlarının incelendiği çalışmada, temsil araştırmalarında en az tercih edilen örneklem grubunun ilkökul öğrencileri olduğu tespit edilmiş ve çeşitli örneklem gruplarında temsiller arası geçiş becerisinin düşük olduğu sonucuna dikkat çekilmiştir. Kavramları farklı temsil biçimleri ile ifade etme, Türkiye'de matematik dersi öğretim programının özel amaçları arasında yer almaktadır (MEB, 2018). Ulusal merkezi sınavlarda da temsil ve temsiller arası ilişkilendirmeye yönelik sorulara yer verilmektedir (Ünal ve Eroğlu, 2021). Benzer olarak, uluslararası sınavlardan TIMSS' in fen ve matematik değerlendirme çerçevelerinde de, öğrencilerin farklı temsil türleri arasında bağlantı kurabilmeleri ve çeşitli problemlerin çözümünde bu temsillerden faydalanabilmeleri hedeflerine yer verilmiştir (Mullis vd., 2021). Bu noktada özellikle ilkökul öğrencilerinin temselsel akıcılık becerilerinin geliştirilmesi, başlangıç olarak da mevcut durumun geçerli ve güvenilir ölçme araçları ile tespit edilmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda temselsel akıcılık becerisini kapsamlı bir bakış açısıyla ele alması ve ilkökul düzeyinde spesifik bir konu alanına indirgmeden genel ölçüm yapma imkanı vermesi sebebiyle, RFT' nin Türk kültürüne uyarlanması faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle RFT'yi Türk kültürüne uyarlamak ve testin psikometrik özelliklerini incelemek amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

İlkokul öğrencilerinin temselsel akıcılık düzeylerini tespit etmeye yönelik bir ölçme aracının, Türk kültürüne uyarlanmasını içeren bu araştırma, nicel araştırma yaklaşımlarından betimsel tarama modelinde tasarlanmıştır.

Çalışma Grubu

Bu araştırma, 2021-2022 eğitim öğretim yılında Düzce ili sınırları içinde bulunan ilkökullarda öğrenim gören 4. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntem-

lerinden ölçüt örnekleme yöntemi tercih edilmiş ve matematik dersi Veri öğrenme alanına ilişkin kazanımlarını tamamlayan, çalışmaya katılmaya gönüllü 4. sınıf öğrencileri örnekleme alınmıştır. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) çalışmaları ayrı örneklemlerle gerçekleştirilmiştir. Comrey ve Lee (1992) faktör analizi için seçilecek örneklem büyüklüğüne ilişkin olarak, 50= çok zayıf, 100= zayıf, 200=uygun, 300= iyi, 500= çok iyi, 1000 ve üstü mükemmel şeklinde bir değerlendirme önermektedir. Buna göre araştırma kapsamına dahil edilen örneklemin AFA (N: 207, 112:kız, 95:erkek) ve DFA (N:177, 90:kız, 87:erkek) için ayrı ayrı uygun; toplamda ise (N:384) iyi düzeyde örneklem büyüklüğüne işaret ettiği söylenebilir.

Veri Toplama Araçları

İlkokul öğrencilerinin temselsel akıcılık düzeylerine ilişkin veriler Zaqoot vd., (2019) tarafından geliştirilen RFT aracılığıyla toplanmıştır. Zaqoot vd., (2019a) tarafından pilot çalışması yapılan RFT, ilkökul 4 ve 5. sınıf öğrencilerinin temselsel akıcılığını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. RFT Singapur ilkökul programı kapsamında fen ve matematik derslerinde en çok kullanılan grafik ve diyagramları içeren, 25 çoktan seçmeli maddeden oluşmaktadır. Zaqoot vd., (2019) temselsel akıcılıkla ilgili 9 yetkinlik alanı belirlemiştir. Bunlar, öğelerin tanımlanması, grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi, zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi, bir değişimi diğeriyle karşılaştırma, temsil anlamlandırma, farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme, temsiller arası geçiş yapabilme, birden fazla temsilden veri toplayabilme, ilişki ve bağlantıyı anlayabilmedir (Zaqoot vd., 2019). RFT' nin belirlenen yetkinlik alanlarına ilişkin soru sayısı şu şekildedir. Öğelerin tanımlanması (1 ve 2), grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi (2 ve 3), zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi (4 ve 14), bir değişimi diğeriyle karşılaştırma (5,6,7,8 ve 15), temsil anlamlandırma (9,10,11,12 ve 23), farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme (13, 21,22,23 ve 24), temsiller arası geçiş yapabilme (17 ve 25), birden fazla temsilden veri toplayabilme (16,17, 22, 23 ve 24), ilişki ve bağlantıyı anlayabilmedir (18, 19, 20 ve 22). Bazı maddelerin aynı anda farklı yetkinlik alanlarında yer aldığı, bu sebeple RFT' de tanımlanan dokuz yetkinlik alanının testin alt boyutlarını oluşturmadığı; testin bu yetkinlik alanlarının bütününe içerecek şekilde tek bir boyuttan oluştuğu anlaşılmaktadır. Öğelerin tanımlanması ve grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi boyutları tüm öğrenciler tarafından doğru yanıtlandığı için analizlere dahil edilmemiş, yalnızca öğrencileri teste motive etmek ve dikkatsizce yanıt veren öğrencilerin tespit etmek amacıyla kullanılmıştır (Zaqoot vd., 2019a). Zaqoot vd., (2019a) tarafından pilot çalışması yürütülen RFT' nin DFA analizi sonucunda, elde edilen model uyum indekslerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve tek boyutlu yapısının doğrulandığı tespit edilmiştir (RMSEA = 0.077,

GFI= 0.979 , AGFI=0.928 and TLI=0.954.). Bunun yanı sıra geçerlik güvenirlik çalışmaları kapsamında, RFT' nin öğrencilerin fen ve matematik başarılarını anlamlı bir şekilde yordadığı tespit edilmiştir (Zaqoot vd., 2019a).

RFT çizgi grafiği, sütun grafiği, akış grafiği, tablo, zincir ve akış şemaları içermektedir (Zaqoot vd., 2019a). Ülkemizde ilkokul düzeyinde grafik türleri Matematik programı kapsamında Veri öğrenme alanında tablo, çetele tablosu, sıklık tablosu, şekil, nesne ve sütun grafiği şeklinde öğrenme süreçlerine dahil edilmektedir (MEB, 2018). RFT' de bazı maddelerde yer alan çizgi grafiği, ülkemizde ilkokul düzeyinde değil, ortaokul 7. Sınıf düzeyinde programa dahil edilmektedir (MEB, 2018). Bu sebeple çalışma kapsamında RFT' nin modifiye edilerek öğretim programına ve Türk kültürüne uyarlanmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda RFT'de belirlenen temselsel akıcılığa ilişkin yetkinlik alanları korunarak, çizgi grafiği içeren maddeler sütun ve şekil grafiğine dönüştürülmüştür. Bu bağlamda çizgi grafiği içeren 13 madde, soru kökü ve yanıt seçenekleri aynı kalmak koşuluyla sütun ve şekil grafiğine dönüştürülmüştür. Modifiye edilen 13 maddenin 4'ü aynı türden temsil içeriyor olması sebebiyle testten çıkarılmış, geriye kalan 9 madde modifiye edilmiş ve 12 orijinal madde ise Türkçe'ye çevrilmek üzere teste dahil edilmiştir. Son durumda ilkokul 4. Sınıf öğrencilerinin temselsel akıcılık becerilerini ölçmeye yönelik olarak RFT' nin modifiye edilmesi ile 21 maddeden oluşan oluşturulan Temselsel akıcılık Testi (TAT) geliştirilmiştir.

RFT' nin ilk üç maddesi öğrencilerin görsellerdeki çeşitli öğeleri tanımlamaları (örn., köpeği gösteren görseli seçme) ve gerçek yaşamla bağlantı kurmalarına (örn., görsellerdeki hayvanlardan en ağırını seçme) ilişkin ölçüm yapmaktadır. RFT' nin geçerlik güvenirlik çalışmasında olduğu gibi, araştırma kapsamında toplanan verilerde de ilk üç madde tüm öğrenciler tarafından doğru yanıtlanmıştır. Bu sebeple RFT' de olduğu gibi ilk üç madde öğrencileri teste motive etmek için kullanılmış ve ilk üç maddeden toplanan veriler geçerlik güvenirlik çalışmalarına dahil edilmemiştir. TAT' a ilişkin geçerlik güvenirlik çalışmaları 18 maddelik versiyonuyla gerçekleştirilmiştir. TAT' ın değerlendirilmesinde doğru yanıtlar 1, yanlış yanıtlar ve E seçeneği 0 değerinde puanlanmaktadır. Çoktan seçmeli bir test olarak yapılandırılan RFT'de ilk 4 seçenek olası yanıtları, son seçenek ise (E seçeneği) maddenin içerdiği ilgili temsile ilişkin "E:(temsilsel türü)' e bakarak yanıtlayamam" seçeneğini içermektedir. Teste eklenen son seçenek ile, öğrencilerin yanlış yanıtlarının temsilin yanlış yorumlanmasından mı ya da, ilgili temsilin bilinmemesinden mi kaynaklandığının ayırt edilmesi amaçlanmıştır (Zaqoot vd., 2019a).

Veri Toplama Süreci

TAT'ı Türk kültürüne uyarlama sürecine, Wisam M. R. Zaqoot ile iletişime geçilerek gerekli izinlerin alınması ile başlanmıştır. Orijinal test, iyi derecede İngiliz-

ce bilen alan dışından 1 (mütercim-tercümanlık mezunu), alan içinden 2 uzman (eğitim bilimleri alanında akademisyen) tarafından birbirinden bağımsız olarak Türkçeye çevrilmiştir. Elde edilen 3 çeviri uyum açısından incelenmiş ve çevirilerin uyumlu olduğuna kanaat getirilerek, testin Türkçe taslak formu oluşturulmuştur. Ardından aynı çalışma ekibinden Türkçe taslak formu, İngilizceye çevirmeleri istenmiştir. İngilizce çeviriler birbiriyle ve orijinal form ile karşılaştırılarak testin Türkçe versiyonu oluşturulmuştur. Bu aşamaya kadar orijinal testte dilsel değişiklik dışında bir işlem yapılmamıştır.

Testin orijinal formunda yer alan bazı maddelerin ilkökul müfredatımızla uyumlu olmaması sebebiyle, soru kökü ve yanıt seçenekleri aynı kalmak üzere, bazı maddelerin temsil türünde değişikliğe gidilmiştir. Testin 21 maddelik son hali, alan uzmanı ve daha önce ölçme aracı geliştirmiş 3 uzman (eğitim bilimleri alanında akademisyen) tarafından incelenmiştir. Uzmanlardan modifiye edilen soruların orijinal versiyonları ve tanımlanan yetkinlik alanı ile olan uygunluğunu, test maddelerinin genelinin anlaşılabilirliğini değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlardan gelen yanıtlar doğrultusunda test maddelerinin son hali yapılandırılarak, ortaokul 5. sınıf öğrencisi 6 öğrenci ile pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Testte yer alan çoklu temsil türlerinin bazılarının (sütun grafiği) ilkökul 4. sınıfta öğretim programına giriyor olması sebebiyle, pilot uygulama 5. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Kullanılan temsil türüne ilişkin bilgi eksikliğinden bağımsız olarak, anlaşılabilirlik noktasında önemli dönütlerin alındığı pilot uygulamanın ardından teste son hali verilmiştir.

Türkçe formu oluşturulan testin son hali ilkökul 4. Sınıf öğrencilerine uygulanarak geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarına ilişkin veri toplanmıştır. TAT' ın RFT' de yer alan bazı maddelerin uyarlanması, bazı maddelerin ise dönüştürülmesini içermesi ve bu dönüştürmeden kaynaklı orijinal testten farklı sayıda madde sayısına sahip olması sebebiyle, araştırma kapsamında açılımlayıcı faktör analizi çalışmasına yer verilmiştir. 207 öğrencinin katılımıyla toplanan veriler ile açılımlayıcı faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Doğrulayıcı faktör analizi için ilk örneklem grubundan farklı bir gruba ulaşılarak, AFA'da belirlenen yapının uyumu test edilmiştir. AFA ve DFA verileri farklı zamanlarda toplandığı için veriler birleştirilmemiş ve DFA için toplanan veriler üzerinden madde güçlük ve ayırıcılık indeksleri hesaplanmıştır. TAT' ın iç tutarlılığının kestiriminde KR-20 iç tutarlılık katsayısından faydalanılmıştır. Tablo 1'de TAT' ın geliştirilme sürecine ilişkin takip edilen aşamalar belirtilmiştir.

Tablo 1. TAT' in Geliştirilmesine İlişkin Takip Edilen Süreç

İznin Alınması	Wisam M. R. Zaqoot ile iletişime geçilip uyarlama sürecine ilişkin iznin alınması
Testin Türkçe Formunun Hazırlanması	İngilizce' den Türkçe' ye, Türkçe' den İngilizce' ye çeviri Türkçe versiyonuna eklenen maddelere ilişkin uzman görüşünün alınması
Geçerlik Çalışmaları	AFA ve birinci düzey DFA' nın uygulanması
Madde Analizi	Madde güçlük ve ayrıcalık indekslerinin incelenmesi
Güvenirlik Çalışması	KR-20 iç tutarlılık katsayısının hesaplanması

Verilerin Analizi

TAT kapsamında doğru yanıtlar 1, yanlış ve boş yanıtlar 0 değerinde puanlanmıştır. TAT'da yer alan bazı sorular ilkökul programında yer almayan, orta okul programında yer alan temsiller içermektedir (örn., çizgi grafiği). Bu sebeple orijinal testte yer alan bazı sorular değiştirilerek, ilkökul programında yer alan temsil türleri eklenmiştir. Temsillerde değişikliğe gidilmesi, madde sayısının değişmesi ve kültürel uyarılmanın maddeler üzerindeki olası etkisi sebebiyle testin faktör yapısının tekrar incelenmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda testin yapı geçerliğinin tespitinde AFA'ya başvurulmuştur.

Test puanlarının 1-0 şeklinde kategorik olarak puanlanıyor olması sebebiyle tetrakorik korelasyon matrisi üzerinden AFA yapılmıştır (Kan, 2011; Savalei vd., 2015). Tetrakorik korelasyon matrisine dayalı AFA, Rovira i Virgili üniversitesi tarafından geliştirilen Factor 10.3.1 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. AFA'nın varsayımları arasında yer alan tek değişkenli normallik varsayımı ile ilgili olarak çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiş ve bu değerlerin ± 1 sınırları içinde kalıyor olması sebebiyle verilerin normalden aşırı sapma göstermediğine kanaat getirilmiştir (Büyüköztürk vd., 2010). Çok değişkenlik normallik varsayımının tespitinde ise Mardia'nın çarpıklık basıklık testi kullanılmıştır (Romeu ve Ozturk, 1993). Araştırma verilerinin AFA uygunluğunun tespitinde kullanılan Kaiser-Mayer Olkin (KMO) katsayısının kabul edilebilir en düşük düzey olan 0.50'den büyük olması, Bartlett küresellik testinin de istatistiksel açıdan anlamlı olması gerektiği belirtilmektedir (Field, 2018; Kaiser, 1974).

Araştırma kapsamında uygulanan açıklayıcı faktör analizinde, faktör çıkarma işleminde sıklıkla tercih edilen temel bileşenler analizi ve faktörlerin birbiriyle ilişkili olduğu düşüncesinden hareketle eğik döndürme yöntemi (direct oblimin) kullanılmıştır (Hair vd., 2018; Karaman, 2015; Yaşlıoğlu, 2017). AFA bulgularına ilişkin faktörleştirmede 1'in üstü özdeğerin dikkate alınabileceği (Field, 2018; Yaşlıoğlu, 2017); ancak araştırmacının bu eşik değeri yükseltebileceği ifade edilmektedir (Büyüköztürk, 2002). Bunun yanı sıra faktör yüklerine ilişkin olarak 0.30-0.40

arası faktör yükünün minimum değer olarak alınabileceği belirtilmektedir (Hair vd., 2018; Field, 2018). Buna göre AFA'ya ilişkin faktörleştirmelerde >1 özdeğeri ve >0.30 faktör yükü kriterleri esas alınmıştır.

TAT' a ilişkin olarak AFA ile elde edilen faktörlü yapının uygunluğunu test etmek amacıyla Lisrel 8.51 programı aracılığıyla DFA yapılmıştır. TAT' dan elde edilen doğru/yanlış şeklindeki öğrenci yanıtlarının 1 ve 0 şeklinde kategorik veriye dönüştürülmesi sebebiyle, DFA analizi asimptotik kovaryans matrisi üzerinden ağırlıklı en küçük kareler (Weighted Least Squares) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şimşek, 2007).

Etik Kurul İzin Bilgileri

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur.

Etik Değerlendirmeyi Yapan Kurul Adı: Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu

Etik Değerlendirme Kararının Tarihi: 26.05.2022

Etik Değerlendirme Belgesi Sayı Numarası: 2022/295

BULGULAR

Açımlayıcı Faktör Analizine İlişkin Bulgular

AFA için minimum örneklem sayısının 100 olması gerektiği (P. Kline, 1994) ve değişken sayısının çok büyük olmadığı durumlarda 100-200 arasındaki örneklem yeterli olduğu belirtilmektedir (Büyüköztürk, 2002). Buna göre araştırma örnekleminin (N: 207) AFA için yeterli olduğu söylenebilir.

Tek değişkenli normalliğe ilişkin olarak araştırma verilerine ilişkin çarpıklık basıklık değerlerinin ± 1 aralığında yer aldığı; çok değişkenlik normallik açısından ise Mardia'nın çarpıklık basıklık testinin anlamlı çıktığı ($\chi^2=26.78$, $sd=1140$, $p<.05$) tespit edilmiştir. Araştırma verilerinin faktörleştirmeye uygun olup olmadığının tespitinde KMO ve Barlett Küresellik Testi sonuçları değerlendirilmiştir (Watkins, 2021). Araştırma verilerine ilişkin KMO değerinin çok iyi düzeyde olduğu 0.90 (Kaiser, 1974), Barlett küresellik testinin ise 0.001 düzeyinde anlamlı olduğu ($\chi^2=2293$, $sd=153$, $p<.001$) tespit edilmiştir. Buna göre araştırma verilerinin AFA için elverişli olduğu söylenebilir.

Tetrakorik korelasyon matrisi üzerinden eğik döndürme yapılarak gerçekleştirilen AFA sonucunda, öz değeri 1'in üzerinde 2 faktör olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen faktörlere ilişkin özdeğer ve faktör yükleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. TAT' a İlişkin AFA Sonuçları

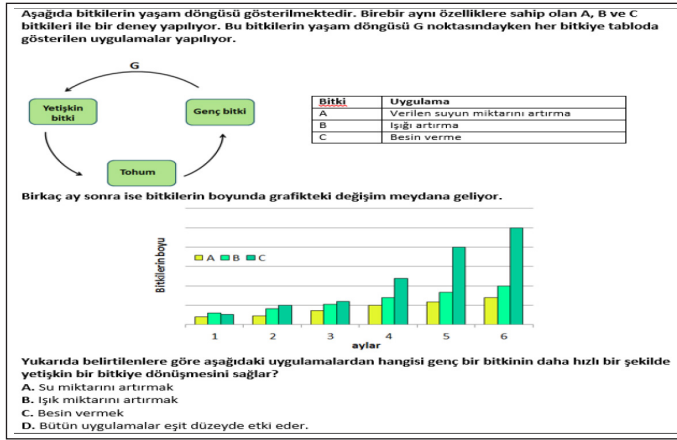
1. Faktör		2. Faktör			
Madde No	Faktör Yüğü	Madde No	Faktör Yüğü	Madde No	Faktör Yüğü
1	0.35	7	0.90	9	0.76
2	0.89	8	0.84	10	0.73
3	0.90	13	0.93	11	0.34
4	0.80	16	0.33	12	0.55
5	0.79	17	0.77	14	0.31
6	0.43	18	0.83	15	0.54
Özdeğer: 8.44				Özdeğer: 1.78	
Açıklanan varyans: %46				Açıklanan varyans: %10	
Toplam varyans: %56					

Tablo 2 incelendiğinde, TAT'ın iki faktörlü bir yapı içerdiği görülmektedir. Tablo 1'e göre anlam faktörü altında 12 maddenin yer aldığı, bu maddelerin faktör yüklerinin 0.33 ile 0.93 arasında değiştiği, ve bu faktörün toplam varyansın %46'sını açıkladığı tespit edilmiştir. İkinci faktör olan Bağlantı faktörünün altında altı maddenin yer aldığı, bu maddelerin faktör yüklerinin .31-.76 arasında değiştiği ve bağlantı faktörünün toplam varyansın %10'unu açıkladığı tespit edilmiştir. AFA'da 0.60 ve üstü yük değerinin yüksek; 0.30-0.59 arası yük değerinin ise orta düzey olarak tanımlanabileceği ifade edilmektedir (Büyüköztürk, 2002). Buna göre faktör yükleri açısından bakıldığında TAT'da yer alan 11 maddenin yüksek düzeyde, 7 maddenin ise orta düzeyde yük değerine sahip olduğu söylenebilir. Hair vd., (2018) % 60 ve biraz daha azı toplam varyansın sosyal bilimler için tatmin edici olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda araştırma kapsamında elde edilen açıklanan toplam varyans oranının (%56) TAT'ın yapı geçerliliğine ilişkin tatmin edici bir sonucu işaret ettiği söylenebilir.

AFA sonucunda ortaya çıkan faktörler, yüklendikleri maddeler ve TAT'ın orijinal versiyonunda (RFT) ölçülen yetkinlikler açısından incelendiğinde; Anlam ve Bağlantı şeklinde isimlendirilmesinin kuramsal olarak uygun olacağına kanaat getirilmiştir. Zaqoot vd., (2019) tarafından RFT kapsamında temsil akıcılığa ilişkin olarak tanımlanan yetkinlik alanlarının, "anlam (anlam oluşturma, yorumlama)" ve "bağlantı (farklı temsiller arasında bağlantı kurma)" şeklinde kategorilendirmek mümkündür. "Anlam" boyutu altında *öğelerin tanımlanması, grafiklerin gerçek ya-*

şamla ilişkilendirilmesi, zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi, bir değişimi diğeriyle karşılaştırma ve temsil anlamlandırma; “Bağlantı” boyutu altında ise farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme, temsiller arası geçiş yapabilme, birden fazla temsilden veri toplayabilme, ilişki ve bağlantıyı anlayabilme yetkinliklerinin yer alabileceği düşünülmektedir. Buna göre “anlam” faktörü altında yer alan maddelerin tablo, diyagram, döngü şeması, şekil ve sütun grafiğindeki anlamı çıkarmayı, yorumlamayı; “bağlantı” faktörü altındaki maddelerin ise farklı temsil türlerinden gelen bilgiyi yorumlayarak bağlantı kurmayı gerektirdiği görülmektedir. Farklı temsil türlerinin birlikte kullanımını içeren ve öğrencinin temsil türleri arasında bağlantı kurmasını gerektiren örnek madde Şekil 2’de sunulmuştur.

Şekil 2. Bağlantı Faktörü Altında Yer Alan Örnek Madde

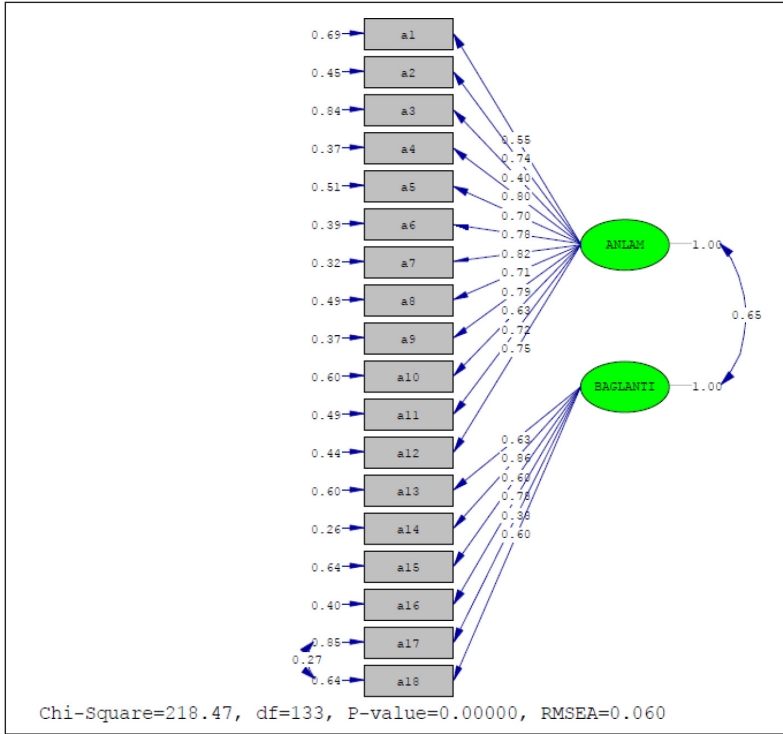


Doğrulayıcı Faktör Analizine İlişkin Bulgular

AFA kapsamında elde edilen iki faktörlü yapının uygunluğunu tespit etmek amacıyla birinci düzey doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmıştır. Bulgular kapsamında öncelikle T değerleri ve hata varyansları incelenmiştir. Maddelere ait T değerlerinin anlamlı olması modelin kabul edilebilirliği, hata varyanslarının düzeyi ise maddelerin açıklayıcılıkları açısından önem taşımaktadır (Çapık, 2014). Analize dahil edilen 18 maddenin T değerlerinin 6.4 ile 25.6 arasında yer aldığı, bu değerlerin 0.01 düzeyinde anlamlı olduğu (>2.58 , Schumacker ve Lomax, 2010); hata varyanslarının da 0.25 ile 0.85 arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Testin birinci faktörü altında yer alan maddelerin 0.40-0.82, ikinci faktördeki maddelerin 0.38-0.86 arasında faktör yüküne sahip oldukları tespit edilmiştir. Comrey ve Lee (1992) faktör yüküne ilişkin olarak 0.71 üstü mükemmel, 0.63 çok iyi, 0.55 iyi, 0.45 uygun, 0.32 zayıf şeklinde bir değerlendirme yapmıştır. Buna göre testin DFA sonuçları T değerleri, hata varyansları ve faktör yükleri açısından değerlendirildiğinde sorunlu bir maddenin varlığını işaret eden bir bulgu yer almamaktadır.

DFA'da test edilen modelin yeterliliğinin tespiti için uyum iyiliği indeksleri incelenmiştir. DFA sonucunda elde edilen uyum indekslerini güçlendirmek için kuramsal olarak örtüşen iki madde arasında modifikasyon yapılmıştır (madde 17-18). İki maddenin de diyagramdan grafiğe temsiller arası geçiş içerdiği tespit edilmiştir. Modifikasyon sonrası elde edilen uyum iyiliği indeksleri, R. B. Kline (2016) tarafından önerilen düzeylere göre değerlendirildiğinde, elde edilen modelin iyi bir uyumu işaret ettiği görülmektedir [$\chi^2/sd = 1.6$, RMSEA = 0.060, GFI= 0.95, CFI=0.91, AGFI=0.93]. Buna göre TAT'ın AFA ile keşfedilen iki boyutlu yapısının doğrulandığı söylenebilir. Türk kültürüne uyarlaması yapılan TAT'ın DFA ile elde edilen iki faktörlü yapısını gösteren path diyagramı Şekil 3'de sunulmuştur.

Şekil 3. TAT'ın DFA Sonucunda Elde Edilen Path Diagramı



Şekil 3'de de görüldüğü üzere, Anlam ve Bağlantı faktörleri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($r=.65$, $p<.05$).

Madde Analizi

TAT' ın iki boyutlu yapısına DFA ile doğrulanmasının ardından, Anlam ve Bağlantı faktörleri için ayrı ayrı madde analizi yapılmıştır. Madde analizi çalışması kapsamında %27'lik alt ve üst gruptan hareketle madde güçlük ve ayırıcılık indeksleri hesaplanmıştır. Tablo 3'te TAT' ın iki faktörü için madde analizi indekslerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Anlam ve Bağlantı Faktörlerine İlişkin Madde Analizi Sonuçları

Madde No	Anlam		Madde No	Bağlantı	
	Madde Güçlük İndeksi	Madde Ayırıcılık İndeksi		Madde Güçlük İndeksi	Madde Ayırıcılık İndeksi
1	0.65	0.52	13	0.51	0.72
2	0.51	0.85	14	0.44	0.85
3	0.75	0.45	15	0.48	0.60
4	0.66	0.66	16	0.51	0.89
5	0.60	0.75	17	0.47	0.83
6	0.56	0.79	18	0.42	0.68
7	0.68	0.62			
8	0.52	0.87			
9	0.53	0.85			
10	0.42	0.77			
11	0.52	0.79			
12	0.55	0.72			
Ortalama	0.58	0.72	Ortalama	0.47	0.76

Tablo 3 incelendiğinde Anlam faktörü altındaki maddelerin güçlük düzeyinin 0.42 ile 0.75 arasında değiştiği ve ortalama güçlük indeksinin ise 0.58 olduğu tespit edilmiştir. Bağlantı faktörü altındaki maddelerin güçlük indeksinin 0.42 ile 0.51 arasında değiştiği ve ortalama güçlük indeksinin 0.47 olduğu tespit edilmiştir. Güçlük indeksinin 0-1 arasında değer aldığı, 0.50'nin orta değer olduğu belirtilmektedir (Güler, 2017). Buna göre Anlam ve Bağlantı faktörlerinin orta güçlükte olduğu söylenebilir. Madde ayırıcılık düzeyleri açısından incelendiğinde ise Anlam faktörü altındaki maddelerin ayırıcılık indekslerinin 0.45-0.87 arasında, Bağlantı faktörünün ise 0.60-0.89 arasında değer aldığı tespit edilmiştir. Anlam ve Bağlantı faktörlerinin ortalama madde ayırıcılık indekslerinin Ebel ve Frisbie (1991)'nin derecelendirmesiyle çok iyi düzeyde madde ayırıcılık düzeyine sahip olduğu söylenebilir.

Güvenirlilik

TAT'ın 1-0 şeklinde iki kategoride puanlanıyor olması sebebiyle testin iç tutarlılığının tespitinde Kuder-Richardson (KR-20) güvenirlilik katsayısından faydalanılmıştır (Erkuş, 2017). Tablo 4'te TAT'ın geneli ve alt boyutlarına yönelik iç tutarlılık katsayılarına yer verilmiştir.

Tablo 4. TAT'a İlişkin KR-20 İç Tutarlılık Katsayısı Sonuçları

KR 20 İç Tutarlılık Katsayısı	
Anlam	0.85
Bağlantı	0.70
Testin Geneli	0.84

Tablo 4 incelendiğinde TAT'ın alt boyutları Anlam boyutunda 0.85, Bağlantı boyutunda ise 0.70, testin genelinde ise 0.84 düzeyinde KR-20 iç tutarlılık kat sayısına erişilmiştir. KR-20 kat sayısı 0-1 arasında değer almakta olup, genel olarak 0.70 ve üstünün kabul edilebilir düzeyde, 1'e yaklaştıkça ise daha yüksek düzeyde iç tutarlılığı işaret etmektedir (Thompson, 2010). Buna göre Bağlantı boyutu nispeten düşük; ancak kabule edilebilir seviyede, Anlam boyutu ve testin genelinde iyi düzeyde iç tutarlılığın tespit edildiği söylenebilir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında Zaqoot vd., (2019a) tarafından ilkökul öğrencilerinin temselsel akıcılıklarını ölçmek amacıyla geliştirilen RFT Türk kültürüne uyarlanarak, ilkökul 4. sınıf düzeyinde temselsel akıcılık becerisinin ölçülmesinde kullanılabilir TAT oluşturulmuştur. TAT'ın faktör yapısının tespitine ilişkin açıklayıcı faktör analizi sonuçları testin iki boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. RFT'nin geliştirilmesi sürecinde Zaqoot vd., (2019a) tarafından belirlenen dokuz yetkinlik alanının, araştırma kapsamında elde edilen faktör yapısı ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında Anlam ve Bağlantı şeklinde isimlendirilen faktörlerin, bu dokuz yetkinlik alanını kapsadığı tespit edilmiştir. Anlam faktörü altında yüklenen maddelerin tek temsil içerdiği ve bu maddelerin öğrencilerin ilgili temsili yorumlamalarını, temsili anlamlandırmalarını ve çıkarımda bulunmalarını gerektirdiği tespit edilmiştir. Bağlantı faktöründe ise birden fazla temsil bulunduran maddelerin yer aldığı, bu maddelerde öğrencilerin temsiller arasındaki ilişkiyi fark etmek üzere, temsiller arasında bağlantı kurması gerektiği tespit edilmiştir. Nitekim Zaqoot vd., (2019b) tarafından belirlenen yetkinlik alanları ve temselsel akıcılığa ilişkin referans aldıkları tanımlamalarda geçen anlam ve bağlantı vurgusu, araştırma kapsamında ortaya konulan faktör yapısını destekler niteliktedir. Fonger (2019) temselsel akıcılık merceğinden bakıldığında, kavramsal anlayışın "anlam" ve "bağlantı" şeklinde iki önemli özelliğinin olduğu-

nu; temselsel akıcılıkta anlamlılığın bu iki özelliği içerek şekilde temsilleri yaratma, yorumlama ve bağlantı kurmayla sağlanabileceğini ifade etmektedir. Benzer olarak literatürde temselsel akıcılığa ilişkin tanımlamalarda temsilin içerdiği anlamı fark etme ve farklı temsiller arasında bağlantı kurma vurgusu yer almaktadır (Bieda ve Nathan, 2009; Sandoval vd., 2000; Taramopoulos ve Psillos, 2019; Zbiek vd., 2007).

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen doğrulayıcı faktör analizi sonuçları, açıklayıcı faktör analizi ile keşfedilen faktör yapısının model olarak doğrulandığını göstermektedir. TAT'ın madde analizine ilişkin sonuçlar, testin orta güçlükte ve yüksek düzeyde ayırt edici olduğunu göstermektedir. Madde analizine ilişkin bulgular, Bağlantı faktörü altındaki maddelerin güçlük düzeyinin Anlam faktöründen daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, bağlantı faktörü altındaki maddelerin birden fazla temsil arasında bağlantı kurmayı gerektiriyor olmasından kaynaklı olabilir. Nitekim Zaqoot vd., (2019a) tarafından yapılan çalışmada da birden fazla temsil içeren maddelerin doğru yanıtlanma oranı diğer maddelerden daha düşük bulunmuştur. Literatürdeki diğer araştırma sonuçları da öğrencilerin temsiller arası geçişte zorlandıklarını ortaya koymaktadır (Baloğlu Demir, 2022; Mercan, 2020).

TAT'ın ayırt ediciliğinin orijinal testin ayırt etme gücü ile paralel olduğu, orijinal testin öğrencilerin test performansına göre ilkökul 5. Sınıf düzeyinde beş , 4. Sınıf düzeyinde ise iki grubu (yüksek ve düşük performans) ayırt edebildiği tespit edilmiştir (Zaqoot vd., 2019a). Bunun aynı sıra TAT'ın güvenilirliğine ilişkin araştırma sonuçları iki boyutta ve testin genelinde tutarlı bir ölçüm sağladığını ortaya koymaktadır.

Araştırma sonuçları, TAT'ın ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin temselsel akıcılık becerilerini ölçen geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, testin yapı geçerliğine ilişkin çalışmalar AFA ve DFA ile sınırlı olup; kriter ve uyum geçerliğine ilişkin araştırmaların yapılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra güvenilirlik çalışması kapsamında yalnızca Kuder Richardson 20 yöntemi uygulanmış olup, diğer güvenilirlik kestirimlerinin uygulandığı araştırmaların yapılması önerilmektedir. Araştırma kapsamında kullanılan temsil türleri 4. sınıf düzeyinin temsil bilgisi ile sınırlı olup; çizgi, pasta grafiği gibi farklı temsil türlerini içermemektedir. Bu noktada farklı temsil türlerini de içerecek şekilde, üst sınıfların temselsel akıcılık becerilerini ölçmeye yönelik yeni ölçme araçları geliştirilebilir. Öğrencilerin temselsel akıcılık becerileri, çeşitli değişkenler (örn., cinsiyet, akademik başarı) açısından incelenebilir. Testin farklı özelliklere sahip öğrencilerin temselsel akıcılık düzeylerini ölçmek üzere kullanılması, testin ölçme gücüne katkı sunacaktır.

Teşekkür ve Açıklamalar

Çalışmamıza katkı sağlayan tüm öğrencilere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers ve Education*, 33(2), 131-152. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Altındış, N. (2021). *Exploring the nature of the co-emergence of students' representational fluency and functional thinking* (Doktora tezi). ProQuest Dissertations and Theses veritabanından çekildi (UMI No. 28493833)
- Ayıldız, H., ve Cansız Aktaş, M. (2021). Türkiye'deki matematik eğitimi alanındaki temsil araştırmalarının eğilimleri: tematik içerik analizi çalışması. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi* <https://doi.org/10.30703/cije.969821>
- Baloğlu Demir, S. (2022). *Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin cebir konusunda çoklu temsiller arasındaki geçiş becerilerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Bieda, K. N., ve Nathan, M. J. (2009). Representational disfluency in algebra: Evidence from student gestures and speech. *ZDM*, 41(5), 637-650. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0198-0>
- Büyükköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32(32). <https://dergipark.org.tr/pub/kuey/issue/10365/126871>
- Büyükköztürk, Ş., Çokluk, Ö., ve Köklü, N. (2010). *Sosyal bilimler için istatistik*. Pegem Akademi.
- Ceuppens, S., Deprez, J., Dehaene, W., ve De Cock, M. (2018). Design and validation of a test for representational fluency of 9th grade students in physics and mathematics: The case of linear functions. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020105>
- Comrey, A. L., ve Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis, 2nd ed* (ss. xii, 430). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Çapık, C. (2014). Geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarında doğrulayıcı faktör analizinin kullanımı. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(3), 196-205.
- Çetin, H. (2016). *Sorgulayıcı öğrenme yaklaşımıyla çoklu temsil destekli tam sayı öğretiminin 6. Sınıf öğrencilerinin başarılarına model tercihlerine ve temsiller arası geçiş becerilerine etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi. Konya.
- Daniel, K. L. (2018). *Towards a framework for representational competence in science education*. Springer Cham. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-89945-9>
- Daniel, K. L., Bucklin, C. J., Austin Leone, E., ve Idema, J. (2018). Towards a definition of representational competence. İçinde K. L. Daniel (Ed.), *Towards a framework for representational competence in science education* (ss. 3-11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_1
- Delice, A., ve Kertil, M. (2015). Investigating the representational fluency of pre-service mathematics teachers in a modelling process. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(3), 631-656. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9466-0>
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293-331. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203_2
- Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical thinking processes. İçinde D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (ss. 25-41). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1_2
- Ebel, R. L., ve Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th bs). Prentice Hall International.
- Ergan, S. N., ve Özsoy, G. (2021). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin problem çözme sürecinde oluşturduğu görsel temsillerin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 57-75. <https://doi.org/10.53444/deubefd.763452>
- Erkuş, A. (2017). Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarındaki sorunlar ile yazım ve değerlendirilmesi. İçinde, Ö. Demirel ve S. Dinçer (Ed.), *Eğitim bilimlerinde yenilikler ve nitelik arayışı*. Pegem Akademi.
- Ertuna, L. (2013). *İlköğretim 4-7. sınıf öğrencilerinin denk kesirlerin sembolik ve grafiksel temsillerini ilişkilendirme becerilerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Bolu.
- Even, R. (1998). Factors involved in linking representations of functions. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 105.
- Festiana, I., Firman, H., Setiawan, A., ve Muslim, M. (2020). Design and development of representational fluency test in physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), 022034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022034>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5. Baskı). SAGE Publications.

- Fonger, N. (2019). Meaningfulness in representational fluency: An analytic lens for students' creations, interpretations, and connections. *The Journal of Mathematical Behavior*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.10.003>
- Gulkılık, H. (2021). Representational fluency in calculating volume: An investigation of students' conceptions of the definite integral. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 0(0), 1-23. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1958943>
- Gunpinar, Y., ve Paper, S. J. (2016). Teachers' instructional practices within a connected classroom technology environment to support representational fluency. *North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. <https://eric.ed.gov/?id=ED583807>
- Güler, N. (2017). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (10. Baskı). Pegem Akademi.
- Gürbüz, R., ve Şahin, S. (2015). 8. Sınıf öğrencilerinin çoklu temsiller arasındaki geçiş becerileri. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(4), 20.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., ve Anderson, R. (2018). *Multivariate data analysis* (8. Baskı). Cengage Learning EMEA.
- Handayani, W., ve Masrifah, M. (2021). Development physics representational fluency instrument test of electrostatic concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012009>
- Hill, M. J. (2015). *Scientific representational fluency: defining, diagnosing, and developing*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sydney Üniversitesi. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/14194>
- Hill, M., ve Sharma, M. D. (2015). Students' representational fluency at university: a cross-sectional measure of how multiple representations are used by physics students using the representational fluency survey. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1427a>
- Hill, M., Sharma, M. D., O'Byrne, J., ve Airey, J. (2014). Developing and evaluating a survey for representational fluency in science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 22(6), Article 6. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/7484>
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36. <https://doi.org/10.1007/BF02291575>
- Kan, A. (2011). Test Eşitleme: OKS testlerinin istatistiksel eşitliğinin sınanması. *Eğitim ve Bilim*, 36(160). <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/310>
- Karaman, H. (2015). *Açıklayıcı faktör analizinde kullanılan faktör çıkartma yöntemlerinin karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi. Ankara.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis* (1. Baskı). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315788135>
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling*, (4. Baskı). Guilford Publications.
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. İçinde, E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction*. International Reading Association. <https://doi.org/10.1598/08720751922>
- Lesh, R., ve Zawojewski, J. (2007). Problem solving and modeling. İçinde *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. Information Age Publishing.
- Li, S., Shen, Y., Jiao, X., ve Cai, S. (2022). Using augmented reality to enhance students' representational fluency: The Case of Linear Functions. *Mathematics*, 10(10), 1718. <https://doi.org/10.3390/math10101718>
- MEB. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 1,2,3,4,5,6,7 ve 8. Sınıflar)*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=329>
- Mercan, S. (2020). *9. Sınıf öğrencilerinin çoklu temsil transfer becerilerinin incelenmesi: denklem ve eşitsizlikler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi. Karaman
- Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohmann, M. S., ve Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: the role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 141-178. <https://doi.org/10.1002/jee.20004>
- Moore, T. J., Selcen Guzey, S., Roehrig, G. H., ve Lesh, R. A. (2018). Representational fluency: A means for students to develop STEM literacy. İçinde K. L. Daniel (Ed.), *Towards a framework for representational competence in science education*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_2
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Fishbein, B., Foy, P., ve Moncaleano, S. (2021). *Findings from the TIMSS 2019 problem solving and inquiry tasks*. TIMSS ve PIRLS international study center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/psi/>
- Nichols, K., Gillies, R., ve Hedberg, J. (2016). Argumentation-based collaborative inquiry in science through representational work: impact on primary students' representational fluency. *Research in Science Education*, 46(3), 343-364. <https://doi.org/10.1007/s11655-014-9456-4>

- Nichols, K., Stevenson, M., Hedberg, J., ve Gillies, R. M. (2016). Primary teachers' representational practices: from competency to fluency. *Cambridge Journal of Education*, 46(4), 509-531. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2015.1068741>
- Nistal, A., Dooren, W., Clarebout, G., Elen, J., ve Verschaffel, L. (2009). Conceptualising, investigating and stimulating representational flexibility in mathematical problem solving and learning: A critical review. *ZDM*, 41, 627-636. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0189-1>
- Romeu, J. L., ve Ozturk, A. (1993). A Comparative study of goodness-of-fit tests for multivariate normality. *Journal of Multivariate Analysis*, 46(2), 309-334. <https://doi.org/10.1006/jmva.1993.1063>
- Sandoval, W., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., ve Suthers, D. (2000). Designing knowledge representations for learning epistemic practices of science. *American Educational Research Association*
- Savalei, V., Bonett, D. G., ve Bentler, P. M. (2015). CFA with binary variables in small samples: A comparison of two methods. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.01515>
- Schumacker, R. E., ve Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling: Fourth Edition*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203851319>
- Selling, S. K. (2016). Learning to represent, representing to learn. *The Journal of Mathematical Behavior*, 41, 191-209. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.10.003>
- Stieff, M., ve McCombs, M. (2006). Increasing representational fluency with visualization tools. *International Society of the Learning Sciences*. <https://repository.isls.org/handle/1/3583>
- Şimşek, Ö. F. (2007). *Yapısal eşitlik modellemesine giriş: temel ilkeler ve Lisrel uygulamaları*. Ekinoks Yayınları.
- Taramopoulos, A., ve Psillos, D. (2019). Promoting representational fluency through dynamically linked concrete and abstract representations in electric circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6), 638-650. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09793-9>
- Thompson, N. A. (2010). KR-20. İçinde N. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412961288.n205>
- Ünal, C., ve Eroğlu, D. (2021). LGS matematik sorularının öğretim programının özel amaçlarıyla uyumluluğunun incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 60.
- Vieira, C., Penmetcha, M., Magana, A., ve Matson, E. (2016). Computational thinking as a practice of representation: a proposed learning and assessment framework. *The Journal of Computational Science Education*, 7(1), 21-30. <https://doi.org/10.22369/issn.2153-4136/7/1/3>
- Vogt, A., Klepsch, M., Baetge, I., ve Seufert, T. (2020). Learning from multiple representations: Prior knowledge moderates the beneficial effects of signals and abstract graphics. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.601125>
- Watkins, M. (2021). *A step-by-step guide to exploratory factor analysis with SPSS*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003149347>
- Yaşlıoğlu, M. M. (2017). *Sosyal bilimlerde faktör analizi ve geçerlilik: keşfedici ve doğrulayıcı faktör analizlerinin kullanılması*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi.46
- Zaqoot, W., Oh, L.-B., Seah, L. H., Koh, E., Zhou, F., Tan, W., ve Teo, H. (2019a). Development and validation of a representational fluency test for primary school students. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education* 130-137. <https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00-36>
- Zaqoot, W., Oh, L.-B., Seah, L. H., Koh, E., Zhou, F., Tan, W.-K., ve Teo, H.-H. (2019b). Representational fluency in education: a literature review and the proposal of a new instrument. *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/TALE48000.2019.9225902>
- Zbiek, R. M., Heid, M., Blume, G. W., ve Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. İçinde F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (ss. 1169-1207). Information Age Publishing.

THE REPRESENTATIONAL FLUENCY TEST FOR PRIMARY SCHOOL STUDENTS

ABSTRACT

The representational fluency test assesses the representational fluency skills of primary school students. This paper aimed to adapt the test to Turkish. Representational fluency is the ability to make sense of and make connections between representations. The original test consists of 25 multiple-choice items. It includes nine competencies: identifying items, relating graphics to the real world, detecting time-dependent trends and changes, switching between representations, collecting data from multiple representations, understanding relationships and connections, comparing one change with another, making sense of representations, and associating different types of representation. The study was conducted in the 2021-2022 academic year in Düzce, Türkiye. The sample consisted of 384 fourth-grade primary school students; 207 for exploratory factor analysis (112 girls and 95 boys) and 177 (90 girls and 87 boys) for confirmatory factor analysis. Exploratory factor analysis was performed based on the tetrachoric correlation matrix using Factor 10.3.1. The results showed that the test had a two-factor structure: meaning and connection. Confirmatory factor analysis was performed using the weighted least squares method on the asymptotic covariance matrix through Lisrel 8.51. The results verified the exploratory factor analysis two-factor structure. The test has moderate difficulty and high discrimination. The KR-20 internal consistency coefficient indicates a high level of reliability for the overall test (.84) and its subscales (.85 and .70). The 21-item test is a valid and reliable measurement tool that is compatible with the primary school curriculum and can be used to measure the representational fluency skills of fourth-grade primary school students.

Keywords: Multiple Representations, Representational Fluency, Test, Science, Math.



İLKOKUL ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK TEMSİSEL AKICILIK TESTİ

ÖZ:

Bu araştırmanın amacı, ilkokul öğrencileri için geliştirilen Temselsel Akıcılık Testini Türk kültürüne uyarlamak ve testin psikometrik özelliklerini incelemektir. Temselsel akıcılık, farklı temsil türlerini anlamlandırma ve temsiller arasında bağlantı kurabilme becerisi olarak ifade edilmektedir. Orijinal formu çoktan seçmeli 25 maddeden oluşan test, temselsel akıcılığa ilişkin dokuz yetkinlik alanı içermektedir. Bunlar; öğelerin tanımlanması, grafiklerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmesi,

zamana bağlı eğilim ve değişimin tespit edilmesi, bir değişimi diğeriyle karşılaştırma, temsil anlamlandırma, farklı temsil türlerini ilişkilendirebilme, temsiller arası geçiş yapabilme, birden fazla temsilden veri toplayabilme, ilişki ve bağlantıyı anlayabilmedir. Araştırma 2021-2022 eğitim öğretim yılında Düzce ilinde öğrenim gören ilkokul 4. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Testin faktör yapısına ilişkin çalışmalar farklı çalışma gruplarıyla yürütülmüş olup, açıklayıcı faktör analizi için 207 (112:kız, 95:erkek) ve doğrulayıcı faktör analizi için 177 (90:kız, 87:erkek) öğrenci araştırmaya katılmıştır. Factor 10.3.1 programı aracılığıyla, tetrakorik korelasyon matrisine dayalı olarak gerçekleştirilen açıklayıcı faktör analizi sonucunda, Temselsel Akıcılık Testinin anlam ve bağlantı şeklinde iki faktörlü bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Lisrel 8.51 programı aracılığıyla asimptotik kovaryans matrisi üzerinden, ağırlıklı en küçük kareler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen doğrulayıcı faktör analizi sonuçları, açıklayıcı faktör analizi ile keşfedilen iki faktörlü yapının doğrulandığını göstermektedir. Madde analizi çalışmaları sonucunda testin orta düzeyde güçlük ve yüksek düzeyde ayırıcılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Testin hesaplanan KR-20 iç tutarlılık katsayısının testin geneli (.84) ve alt boyutları (.85 ve .70) için yüksek düzeyde güvenilirliği işaret ettiği tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında uyarlaması yapılan 21 maddelik Temselsel Akıcılık Testinin, ilkokul müfredatıyla uyumlu ve ilkokul 4. Sınıf düzeyinde temselsel akıcılık düzeyinin ölçümünde kullanılabilir, geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çoklu Temsil, Temselsel Akıcılık, İlkokul, Test, Fen, Matematik

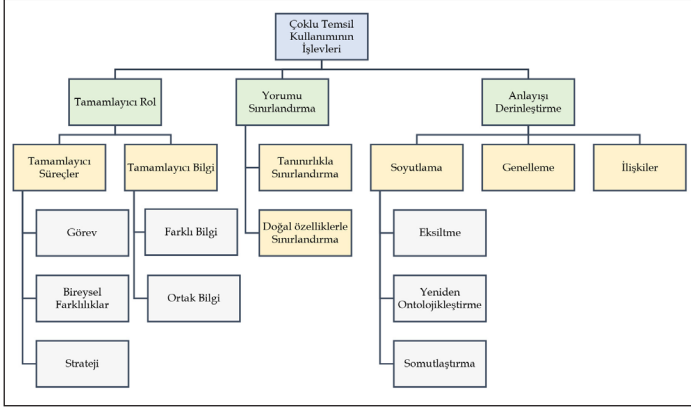


INTRODUCTION

A representation symbolizes something through someone's eyes (Fonger, 2019). Representations organize and elaborate complex information and make data visible to help us understand it faster (Daniel et al., 2018). Research shows that students who interact with the right representations learn faster (Ainsworth, 2006). Dreyfus (1991) defines using representations in education as a process involving four consecutive stages: using one representation, using more than one representation, making links between parallel representations, and integrating the representations. Ainsworth (1999) argues that multiple representations have three functions (Figure 1): complementing, constraining, and constructing. Complementing refers to the process in which learners benefit from the advantages of multiple representations, regardless of the characteristics of the tasks and their individual differences. Constraining is ensuring that students use familiar and explicit representations to prevent misinterpretation. Constructing is the ability to use different types of rep-

representations to abstract and generalize the inherent properties of learning objects and recognize relationships between representations (Ainsworth, 1999).

Figure 1. Functional Taxonomy of Multiple Representations (Ainsworth, 1999)



Multiple representations enrich the abstract aspects of concepts. They also need to make connections between easy and accessible representations and abstract representations (e.g., between an added sentence or a picture and an abstract formula) to deepen learning (Vogt et al., 2020). Students both learn multiple representations and participate in learning processes using them (e.g., science education). However, they often know little about representations (Ainsworth, 2006). Therefore, curricula should go beyond teaching standard representations and include principles and strategies that involve innovative representational practices (diSessa, 2004). Students need to be supported with strategies and resources that enable them to interpret and make sense of multiple representations and thus develop deeper learning (Nichols, Gillies, et al., 2016). The more students study multiple representations, the more they develop reasoning skills, which help them become more competent in math and science courses (Zaqoot et al., 2019b).

REPRESENTATIONAL FLUENCY

Fluency is one's ability to express oneself easily and switch between spoken and written language. Today, researchers use fluency in a broader context, including different types of representations from other disciplines (Vieira et al., 2016). Representational fluency is defined as one's ability to make sense of representations and switch between them (Taramopoulos & Psillos, 2019). In a broader sense, Vieira et al. (2016) define fluency as the ability to grasp the equivalence of knowledge in different forms of expression (different representations), to read knowledge pre-

sented by different representations, to transform knowledge from one representation to another, and to learn from one representation and apply it to another. Fonger (2019) defines representational fluency as the ability to create and interpret multiple representations and switch and make connections between them. To achieve that, one needs to know which representation may show and explain what, use representations as justifications, and make meaningful connections between multiple representations (Sandoval et al., 2000). Fonger (2019) argues that creating, interpreting, and making connections are essential components of meaningful representational fluency. By making connections between different representations, learners can develop an understanding of the essence and different aspects of concepts (Even, 1998).

Bieda and Nathan (2009) approach representational fluency from a math learning perspective and define it as the ability to work with representations and switch between them. From a math education perspective, representational fluency is the ability to switch between representations, make sense of different representations about math topics, and generalize different representations (Zbiek et al., 2007). Researchers emphasize the importance of representational fluency for meaningful learning and math instruction (Bieda & Nathan, 2009; Fonger, 2019). Empirical research shows that students make sense of math topics when they engage in learning processes by making connections between multiple forms of representation (Zbiek et al., 2007). Researchers view representational fluency as a catalyst for mathematical inquiry (Zbiek et al., 2007) and a fundamental practice enhancing math learning processes (Selling, 2016). Knowing the reasons and types of representational fluency allows us to learn and justify math knowledge (Bieda & Nathan, 2009). Delice and Kertil (2015) maintain that students who lack representational fluency skills have difficulty modeling math topics. Students need to recognize the inherent properties of math objects presented in various types of representations in order to make connections between representations (Fonger, 2019).

From the perspective of science education, representational fluency is the ability to interact with knowledge in one type of representation and to transform procedural and conceptual knowledge from one type of representation to another (Nichols et al., 2016). Multiple representations help students learn science topics (Lemke, 2004). Therefore, teachers should deliver science lectures in such a way that students can effectively interpret, explain, and construct representations (Nichols, Gillies, et al., 2016). However, teachers should have more than a vast repertoire of multiple representations. In other words, they should focus on helping their students develop the skills they need to use and associate representations and switch between them (Moore et al., 2018).

Science education is a process in which different modes are transformed and evaluated. Communication through visuals, graphs, models, diagrams, and simu-

lations in scientific processes is based on the receiver's ability to make sense of visual inputs consistent with scientific thinking (Daniel et al., 2018). In other words, while the ideas about scientific processes and all reasoning practices are related to the use of representations, the success of science education and meaningful learning depends on whether students develop agency (Nichols, Gillies, et al., 2016).

Representational competence is generally associated with science education and STEM practices related to multiple representations (Daniel, 2018). Representational competence focuses on sets of representations specific to a domain (physics, chemistry, biology, etc.) and refers to competence concerning these isolated representations (M. Hill et al., 2014). While representational competence is static, representational fluency refers to students' ability to move smoothly within and across representations to enhance learning (Daniel et al., 2018). Students need to understand specific types and properties of representations and use them to reason and explain scientific concepts and generalize meanings based on their inferences (Nichols, Gillies, et al., 2016). The construction of scientific knowledge and the practices of scientific language require flexibility in working with representations, that is, representational fluency (Nichols, Gillies, et al., 2016).

The unique aspect of representational fluency is that it is an interdisciplinary threshold that involves the fluent use of discipline-specific representations (M. J. Hill, 2015). Representational fluency is critical in developing deep conceptual understanding (Taramopoulos & Psillos, 2019). If a learner can explain and present the same thing through different representations and switch between them, he/she can see rich relationships together, develop better conceptual understanding, gain an in-depth understanding, and solve problems (Even, 1998). Representational fluency is essential to conceptual understanding (Gunpınar & Paper, 2016) and problem-solving skills (Nistal et al., 2009). Representational fluency enables students to move back and forth between realistic (cosmos) and abstract worlds (models) and use the right representation to solve problems (Taramopoulos & Psillos, 2019). Representational fluency is critical in developing communication and conceptual flexibility necessary for solving real-life problems (Lesh & Zawojewski, 2007). Representational fluency is critical for meaningful learning. Therefore, if we can determine whether students have representational fluency skills, we can enrich learning activities and design different teaching methods and programs (Fonger, 2019).

LITERATURE ON REPRESENTATIONAL FLUENCY

Researchers have investigated how students develop representational fluency skills, what problems they encounter with representational fluency, and how they can use multiple representations effectively (Fonger, 2019; Bieda & Nathan, 2009; Selling, 2016). Research also examines representational fluency as an instructional

approach (Li et al., 2022; Moore et al., 2013). These studies focus on specific subjects and topics (algebra, chemistry, physics, etc.).

Researchers focusing on representational fluency from a math education perspective associate it with the Cartesian coordinate system (Bieda & Nathan, 2009), modeling (Delice & Kertil, 2015), and linear equations (Fonger, 2019). Some researchers integrate representational fluency in science education, such as natural disasters (Nichols, Gillies, et al., 2016) and electric circuits (Taramopoulos & Psillos, 2019). These researchers recruit preservice teachers (Delice & Kertil, 2015), classroom teachers (Nichols, Stevenson, et al., 2016), university students (Gulkilik, 2021; Moore et al., 2013), high school students (Taramopoulos & Psillos, 2019), and middle school students (Bieda & Nathan, 2009; Ceuppens et al., 2018; Li et al., 2022).

Representational fluency is often included indirectly in tests using various types of representations, but it rarely becomes the primary objective of a test (Ceuppens et al., 2018). Measurements of representational fluency are mainly conducted in the form of rubrics (Nichols, Stevenson, et al., 2016), activity and researcher records (Delice & Kertil, 2015), and task-based interviews (Altindis, 2021; Gulkilik, 2021; Nichols, Gillies, et al., 2016). Researchers aiming to develop measurement tools for representation fluency focus on specific subjects, such as math (Ceuppens et al., 2018), chemistry (Stieff & McCombs, 2006), and physics (Hill et al., 2014; Festiana et al., 2020; Handayani & Masrifah, 2021). However, there is only one instrument to measure primary school students' overall representational fluency skills (independent of any topic or subject).

Zaqoot et al. (2019a) developed the Representational Fluency Test (RFT) to measure the representational fluency of primary school students. The test consists of 25 multiple-choice items requiring primary school knowledge. The test is not about a specific topic but includes the most common types of representations in science, math, and the Singapore national exam [Primary School Leaving Examination (PSLE)] (Zaqoot et al., 2019b). It addresses nine competency domains related to representational fluency: identifying items, relating graphics to the real world, detecting time-dependent trends and changes, comparing one change with another, making sense of representations, associating different types of representation, switching between representations, collecting data from multiple representations, understanding relationships and connections (Zaqoot et al., 2019a). In this context, we can state that the RFT has a comprehensive perspective on representational fluency. This paper provides detailed information about the RFT in the data collection tools section.

Turkish researchers have addressed representational fluency through limited dimensions, such as transition (Baloğlu Demir, 2022; Çetin, 2016; Gürbüz & Şa-

hın, 2015), transfer (Mercan, 2020) and transformation (Delice & Kertil, 2015). They structure the measurement tools for specific courses and subjects and recruit middle and high school students and preservice teachers. They use task-based interviews and rubrics to analyze data (Baloğlu Demir, 2022; Çetin, 2016; Delice & Kertil, 2015; Gürbüz & Şahin, 2015; Mercan, 2020). Ergan and Özsoy (2021) examined what kind of representations fourth-grade elementary school students used to solve problems but did not measure representational fluency. At this point, we can state that very few researchers have focused on primary school students. If we employ qualitative research methods, we can examine students' representational fluency levels in-depth. However, qualitative research methods are impractical in classroom settings and large groups because they take too much time to conduct (Daniel et al., 2018). Therefore, quantitative measurement tools provide a significant advantage in measuring representational fluency.

The representational fluency test adapted by Ertuna (2013) is the only measurement tool in the Turkish literature to measure 4th-7th grade students' ability to associate symbolic and graphical representations of fractions. The test is not limited to a specific topic and consists of items on length, area, number line, and fraction models in the form of sets. Therefore, we can state that researchers focus on representational competence and representational flexibility rather than representational fluency. Representational competence is using representations specific to a particular domain (M. Hill & Sharma, 2015), while representational flexibility is choosing the right representation to solve problems (Nistal et al., 2009). In this context, we can state that we need an instrument to measure representational fluency because only a few Turkish researchers address the representational fluency of primary school students. Ayyıldız and Cansız Aktaş (2021) focused on representation studies conducted recently in Türkiye and reported two critical findings. First, primary school students are the least represented group. Second, diverse sample groups have low inter-representational skills. Expressing concepts in different representations is a specific objective of the math curriculum in Turkey [Ministry of National Education (MNE), 2018]. National central exams also pose questions on representations and inter-representational association (Ünal & Eroğlu, 2021). The Trends in International Math and Science Study (TIMSS) also aim to assess students' ability to make connections between different types of representations and use them to solve problems (Mullis et al., 2021). Therefore, we first need valid and reliable measurement tools to identify the current situation to help primary school students develop representational fluency skills.

In this context, we think we should adapt the RFT to Turkish because it addresses representational fluency skills from a comprehensive perspective and provides general measurement without reducing it to a specific subject area at the primary school level. Therefore, this study aimed to establish the Turkish validity and reliability of the test and determine its psychometric properties.

METHOD

Research Model

This study adopted a descriptive survey model (quantitative research method) to adapt the RFT to Turkish culture to determine primary school students' representational fluency levels.

Study Group

This study was conducted in Düzce province in the 2021-2022 academic year. The study population consisted of all fourth-grade primary school students in Düzce. The sample consisted of 384 participants: 207 for exploratory factor analysis (EFA) (112 girls and 95 boys) and 177 (90 girls and 87 boys) for confirmatory factor analysis (CFA). Participants were recruited using criterion sampling, which is a purposive sampling method. The inclusion criteria were (1) achieving the learning outcomes related to the math course data learning area and (2) volunteering. Comrey and Lee (1992) offered a rating scale for adequate sample sizes in factor analysis: 100 = poor, 200 = fair, 300 = good, 500 = very good, and 1000 or more = excellent. Therefore, the sample was large enough for both EFA and CFA.

Data Collection Tools

Data were collected using the RFT developed by Zaqoot et al. (2019) to measure the representational fluency of fourth- and fifth-grade primary school students. The test consists of 25 multiple-choice items that include the most common graphs and diagrams in science and math courses in the Singapore primary school curriculum. Zaqoot et al. (2019) identified nine competency domains related to representational fluency, which were identifying items (Items 1 and 2), relating graphics to the real world (Items 2 and 3), detecting time-dependent trends and changes (Items 4 and 14), comparing one change with another (Items 5, 6, 7, 8, and 15), making sense of representations (Items 9, 10, 11, 12, and 23), associating different types of representation (Items 13, 21, 22, 23, and 24), switching between representations (Items 17 and 25), collecting data from multiple representations (Items 16, 17, 22, 23, and 24), understanding relationships and connections (Items 18, 19, 20, and 22). Some items are included in different competency domains at the same time. Therefore, the competency domains are not subscales. The test consists of a single dimension covering all competency domains. The domains "identifying items" and "relating graphics to the real world" were not included in the analyses because they were answered correctly by all participants. They were used only to motivate the participants and to identify those who responded carelessly (Zaqoot et al., 2019a). The CFA analysis conducted by Zaqoot et al. (2019a) verifies

that the test has acceptable goodness of fit indices and a one-factor structure (RMSEA = 0.077, GFI= 0.979, AGFI=0.928, and TLI=0.954.). In addition, reliability and validity analyses show that the test significantly predicts students' science and math performance (Zaqoot et al., 2019a).

The test includes line graphs, bar graphs, flow graphs, tables, chains, and flow charts (Zaqoot et al., 2019a). Primary school graph types are included in learning processes as tables, tally tables, frequency tables, figures, objects, and column graphs in the data learning area within the scope of the math curriculum In Türkiye (MNE, 2018). Line graphs in some items are included in the curriculum at the seventh-grade level (MNE, 2018). Therefore, we aimed to modify and adapt the test to the curriculum and Turkish culture. In this context, we kept the competency domains and converted the line graphs into bars and figures. We converted thirteen items with line graphs into bars and figures, but we kept the question stems and answers as they were. We removed four of the thirteen items because they contained the same type of representation. We modified the remaining nine items and included 12 original items in the test to be translated into Turkish. Finally, we developed a 21-item representational fluency test (RFT-TR).

The first three items of the RFT evaluate how students identify various visual elements (e.g., selecting the image showing the dog) and how they connect to real life (e.g., selecting the heaviest of the animals in the images). All our participants also answered the first three items of the RFT-TR correctly. Therefore, we used those items to motivate them, but we did not include that data in the validity and reliability analyses. We conducted validity and reliability analyses on the 18-item RFT-TR. In the RFT-TR, correct answers are scored 1, while incorrect answers and option E are scored 0. In the RFT, which is structured as a multiple-choice test, the first four options include possible answers, while the last option (E) is "E: I cannot answer by looking at (type of representation)" regarding the relevant representation contained in the item. The last option aims to determine whether the student gave the wrong answer because he/she misinterpreted the representation or because he/she did not know about it (Zaqoot et al., 2019a).

Data Collection Tools

First, we contacted Wisam M. R. Zaqoot and obtained his permission to adapt the RFT to Turkish. One expert from outside the field (a translation and interpreting graduate) and two experts from within the field (academics in educational sciences) with a good command of English independently translated the original test into Turkish. We examined the three versions and found them to be compatible. Therefore, we created a draft. The same experts then translated the Turkish draft into English. We compared those versions with each other and with the original

form. Thus, we developed the Turkish version. Up to this point, we did not modify the original test except for linguistic modifications.

Some items in the original scale are incompatible with the primary school curriculum. Therefore, we changed their representation type while keeping the question stem and response options the same. A field expert and three experts (academics in educational sciences) who had previously developed measurement tools examined the final 21-item version. They checked the scale for compatibility and intelligibility. We revised the items based on expert feedback and conducted a pilot study with six fifth-grade middle school students. We recruited fifth-grade students because some types of multiple representations in the test (bar graphs) are included in the fourth-grade primary school curriculum. Regardless of the lack of knowledge about representation types, we received substantial feedback on comprehensibility and revised the test accordingly.

Data were collected for the validity and reliability of the RFT-TR on fourth-grade primary school students. An exploratory factor analysis (EFA; $n = 207$) was conducted for two reasons. First, some items in the RFT were adapted, while some were transformed. Second, the RFT-TR had fewer items than the RFT. For confirmatory factor analysis (CFA), we contacted a different group from the initial sample and tested the fit of the structure revealed by the EFA. Since we collected EFA and CFA data at different times, we did not combine them. We calculated item difficulty and discrimination indices based on the CFA data. We used the KR-20 internal consistency coefficient to estimate the internal consistency of the RFT-TR. Table 1 shows the stages followed for the development process of the RFT-TR.

Table 1. The Development of the RFT-TR

Obtaining permission	Contacting Wisam M. R. Zaqoot and obtaining permission to adapt the scale.
Preparing the Turkish Version	Translating the original scale from English into Turkish and then back into English. Obtaining expert opinions on the items added to the Turkish version
Validity	Applying EFA and first-order CFA
Item Analysis	Examining item difficulty and discrimination indices
Reliability	Calculating KR-20 internal consistency coefficient

Data Analysis

Within the scope of the RFT-TR, correct answers were scored as 1, while incorrect and blank answers were scored as 0. Some questions in the RFT-TR contain representations from the middle school curriculum (e.g., line graphs). Therefore, we changed some questions in the original test and added representations from the

primary school curriculum. We decided to re-examine the factor structure of the test for three reasons. First, we made modifications to the representations. Second, the RFT-TR had fewer items than the RFT. Third, we thought cultural adaptation might have effects on the items. Therefore, EFA was used to determine the construct validity of the test.

An exploratory factor analysis based on the tetrachoric correlation matrix was conducted because test scores are categorically scored 1-0 (Kan, 2011; Savalei et al., 2015). The exploratory factor analysis based on the tetrachoric correlation matrix was performed using the Factor 10.3.1 package developed by Rovira I. Virgili University. Skewness and kurtosis values were examined. Since these values were within the +1 limits, it was concluded that the data did not deviate excessively from a normal distribution (Büyüköztürk et al., 2010). Mardia's skewness kurtosis test was used to determine the assumption of multivariate normality (Romeu & Ozturk, 1993). The Kaiser-Mayer Olkin (KMO) coefficient should be greater than 0.50, which is the minimum acceptable level, while Bartlett's test of sphericity should be statistically significant (Field, 2018; Kaiser, 1974).

In the exploratory factor analysis, principal component analysis and oblique rotation method were used based on the idea that the factors are related to each other (Hair et al., 2018; Karaman, 2015; Yaşlıoğlu, 2017). Eigenvalues above one are taken into account (Field, 2018; Yaşlıoğlu, 2017), but the researcher can increase this threshold value (Büyüköztürk, 2002). In addition, minimum factor loadings should be between 0.30 and 0.40 (Hair et al., 2018; Field, 2018). Accordingly, the criteria of >1 eigenvalue and >0.30 factor loadings were taken as the basis.

A confirmatory factor analysis was conducted using Lisrel 8.51 in order to test the appropriateness of the EFA factor structure. RFT-TR responses are converted into categorical data as 1 and 0. The CFA analysis was performed using the Weighted Least Squares method on the asymptotic covariance matrix (Şimşek, 2007).

Ethical Considerations

The study followed all the rules outlined by the Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive.

The Name of the Ethics Committee: Düzce University Scientific Research and Publication Ethics Committee

Date: 26.05.2022

No: 2022/295

RESULTS

Exploratory Factor Analysis Results

The minimum sample for an EFA should be 100 (P. Kline, 1994). A sample between 100 and 200 is adequate in cases where the number of variables is not very large. Therefore, we can state that our sample (N: 207) was adequate for an EFA.

The skewness kurtosis values ranged from -1 to +1. Mardia's skewness kurtosis test was significant ($\chi^2=26.78$, $sd=1140$, $p<.05$). The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy was used to determine whether the sample was adequate, while Bartlett's test of sphericity was used to determine whether the correlation between the items was adequate for factor analysis (Watkins, 2021). The KMO was 0.90, for which Bartlett's test of sphericity was significant ($\chi^2=2293$, $sd=153$, $p<.001$) (Kaiser, 1974), indicating sampling adequacy and correlation between the items for factor analysis.

The exploratory factor analysis revealed two factors with eigenvalues above 1. Table 2 shows the eigenvalues and factor loadings.

Table 2. EFA Results for RFT-TR

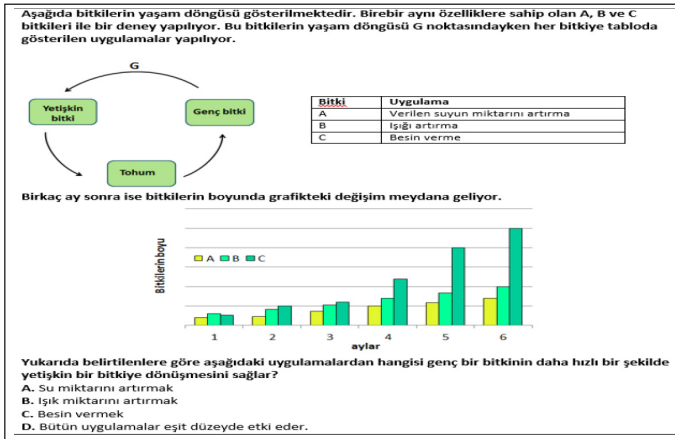
1. Factor		2. Factor		2. Factor	
Item No	Factor Loading	Item No	Factor Loading	Item No	Factor Loading
1	0.35	7	0.90	9	0.76
2	0.89	8	0.84	10	0.73
3	0.90	13	0.93	11	0.34
4	0.80	16	0.33	12	0.55
5	0.79	17	0.77	14	0.31
6	0.43	18	0.83	15	0.54
Eigenvalue: 8.44				Eigenvalue: 1.78	
Variance explained: 46%				Variance explained: 10%	
Total variance: 56%					

The RFT-TR has a two-factor structure (Table 2). The subscale "meaning" has 12 items, the factor loadings of which range from 0.33 to 0.93. This subscale explains 46% of the total variance. The subscale "connection" has six items, the factor loadings of which range from .31 to .76. This subscale explains 10% of the total variance. In exploratory factor analysis, loadings of 0.60 and above are high, while loadings between 0.30 and 0.59 are moderate (Büyüköztürk, 2002). Eleven items in the RFT-TR have high loadings, while seven have moderate loadings. Hair et al.

(2018) state that a total variance of 60% and slightly less is satisfactory for social sciences. Therefore, the total variance explained (56%) indicates a satisfactory result regarding the construct validity of the RFT-TR.

When the EFA factors were analyzed in terms of the items loaded and the competencies measured in the RFT, we decided that it would be theoretically appropriate to name the subscales (factors) as “meaning” and “connection.” It is possible to categorize the competency domains defined by Zaqoot et al. (2019) regarding representational fluency within the scope of the RFT as “meaning (creating and interpreting meaning)” and “connection (making connections between different representations).” The subscale “meaning” encompasses the competencies “identifying items,” “relating graphics to the real world,” “detecting time-dependent trends and changes,” “comparing one change with another,” and “making sense of representations.” The subscale “connection” encompasses the competencies “associating different types of representation,” “switching between representations,” “collecting data from multiple representations,” and “understanding relationships and connections.” Accordingly, the items of the subscale “meaning” are about extracting and interpreting meaning in tables, diagrams, loop diagrams, figures, and bar charts. The subscale “connection” items are about interpreting information from different representations and making connections. Figure 2 shows a sample item that involves using different representations that require making connections.

Figure 2. An Item From the Subscale “Connection”

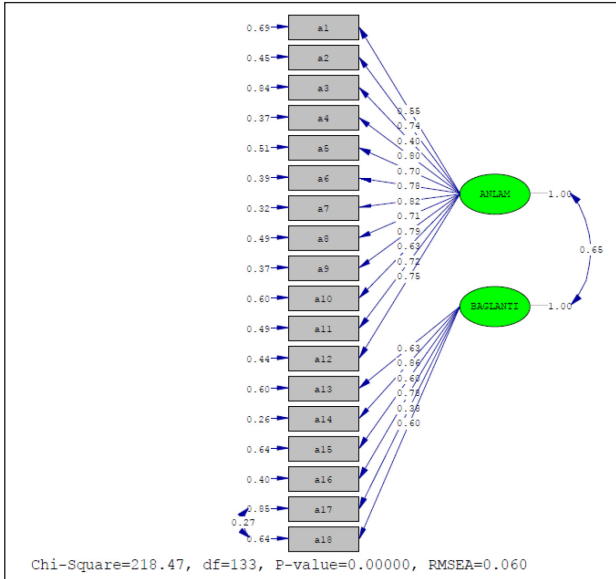


Confirmatory Factor Analysis Results

A first-level CFA was conducted to determine the appropriateness of the EFA two-factor structure. First of all, T values and error variances were analyzed. While significant T values indicate a model's acceptability, the error variances level is important in terms of the explanatory power of the items (Çapık, 2014). The RFT-TR items have T values of 6.4 to 25.6, which are significant at 0.01 (>2.58 , Schumacker & Lomax, 2010). The items have error variances of 0.25 to 0.85. The subscale "meaning" items have factor loadings of 0.40 to 0.82, while those of the subscale "connection" have factor loadings of 0.38 to 0.86. According to Comrey and Lee (1992), a factor loading >0.70 is excellent, >0.63 is very good, >0.55 is good, >0.45 is appropriate, and >0.32 is weak. The T values, error variances, and factor loadings indicate that the RFT-TR has no problematic items.

The goodness of fit indices was examined to determine the adequacy of the model. Modifications were made between two theoretically overlapping items (17 and 18) to strengthen the fit indices. Both items include a transition between representations from diagrams to graphs. The goodness of fit indices after the modification indicates a good fit according to the levels recommended by R. B. Kline (2016) [$\chi^2/sd = 1.6$, RMSEA = 0.060, GFI= 0.95, CFI=0.91, AGFI=0.93]. The results confirm the EFA two-factor structure of the RFT-TR. Figure 3 presents the path diagram showing the CFA two-factor structure of the RFT-TR.

Figure 3. Path Diagram



There is a positive correlation between the subscales “meaning” and “connection” ($r=.65, p<.05$) (Figure 3).

Item Analysis

Following the CFA, item analysis was conducted separately for the two subscales. The “upper- and lower-27 percent rule” was used to determine the difficulty and discriminatory power of the items. Table 3 shows the item analysis indices for the two factors of the RFT-TR.

Table 3. Item Analysis Results

Meaning			Connection		
Item No	Item Difficulty Index	Item Discrimination Index	Item No	Item Difficulty Index	Item Discrimination Index
1	0.65	0.52	13	0.51	0.72
2	0.51	0.85	14	0.44	0.85
3	0.75	0.45	15	0.48	0.60
4	0.66	0.66	16	0.51	0.89
5	0.60	0.75	17	0.47	0.83
6	0.56	0.79	18	0.42	0.68
7	0.68	0.62			
8	0.52	0.87			
9	0.53	0.85			
10	0.42	0.77			
11	0.52	0.79			
12	0.55	0.72			
Mean	0.58	0.72	Mean	0.47	0.76

The subscale “meaning” items have difficulty indices of 0.42 to 0.75 (mean: 0.58). The items of the subscale “connection” have difficulty indices of 0.42 to 0.51 (mean: 0.47) (Table 3). A difficulty index ranges from 0 to 1, while the mean difficulty index is 0.50 (Güler, 2017). Therefore, the two subscales have moderate difficulty. The items of the subscale “meaning” have discrimination indices of 0.45 to 0.87, while those of the subscale “connection” have discrimination indices of 0.60 to 0.89. The results show that both factors have high levels of discriminatory power (Ebel & Frisbie, 1991).

Reliability

Kuder-Richardson's (KR-20) reliability coefficient was used to determine internal consistency (Erkuş, 2017) because the RFT-TR is scored in two categories (1-0). Table 4 shows the internal consistency coefficients for the overall RFT-TR and its subscales.

Table 4. KR-20 Internal Consistency Coefficient Results

	KR-20 Internal Consistency Coefficient
Meaning	0.85
Connection	0.70
Overall	0.84

The total scale has a KR-20 internal consistency coefficient of 0.84, while the subscales “meaning” and “connection” have KR-20 internal consistency coefficients of 0.85 and 0.70, respectively. A KR-20 coefficient ranges from 0 to 1, with higher scores indicating higher internal consistency. A score higher than 0.70 indicates an acceptable level of internal consistency (Thompson, 2010). The results show that the subscale “meaning” has a relatively low but acceptable level of internal consistency, while the subscale “connection” has a high level of internal consistency.

DISCUSSION, CONCLUSION, AND RECOMMENDATIONS

Zaqoot et al. (2019a) developed the Representational Fluency Test (RFT) to measure the representational fluency of primary school students. This study adapted the test to Turkish (RFT-TR) to measure the representational fluency skills of primary school fourth-grade students. The exploratory factor analysis shows that the RFT-TR has a two-factor structure. The nine competency domains identified by Zaqoot et al. (2019a) are compatible with the factor structure of the RFT-TR. The two subscales (meaning and connection) encompass those nine competency domains. The items of the subscale “meaning” address only one representation that students are supposed to interpret, make sense of, and infer. The items of the subscale “connection” address multiple representations between which students are supposed to make connections. The competency domains identified by Zaqoot et al. (2019b) and the emphasis on meaning and connection in their definitions of representational fluency support the factor structure of the RFT-TR. When viewed through representational fluency, Fonger (2019) argues that conceptual understanding has two essential components (meaning and connection) and that meaningfulness can be achieved by creating, interpreting, and connecting representations in a way that includes those two components in representational fluency. In their definitions of representational fluency, researchers also emphasize the

importance of recognizing the meaning of representations and making connections between them (Bieda & Nathan, 2009; Sandoval et al., 2000; Taramopoulos & Psillos, 2019; Zbiek et al., 2007).

The confirmatory factor analysis verifies the EFA two-factor structure as a model. The item analysis shows that the RFT-TR has medium difficulty and high discrimination. The items of the subscale “connection” have a higher difficulty level than those of the subscale “meaning.” This is probably because the items of the subscale “connection” require making connections between multiple representations. Zaqoot et al. (2019a) also found that the correct response rate of items containing more than one representation was lower than other items. Research also shows that students have difficulty switching between representations (Baloğlu Demir, 2022; Mercan, 2020).

The RFT-TR has as much discriminatory power as the RFT. The RFT can distinguish five groups at the fifth-grade level and two groups at the fourth-grade level (high and low performance) based on test performance (Zaqoot et al., 2019a). The results also show that the RFT-TR is a reliable measurement tool with two subscales.

The RFT-TR is a valid and reliable instrument that measures the representational fluency skills of fourth-grade primary school students. However, only EFA and CFA were performed to measure the construct validity. Therefore, researchers should also establish the criterion and concurrent validity of the test. In addition, only the Kuder Richardson 20 method was used for reliability. Therefore, further research is warranted to make other reliability estimations. The test contains representations appealing to only fourth-grade students. In other words, it does not include different types of representations, such as lines, pie charts, etc. Therefore, researchers should develop instruments with different types of representations to measure the representational fluency skills of upper grades. They should also investigate the effect of demographic characteristics (gender, academic performance, etc.) on students’ representational fluency skills. If we use the test to measure the representational fluency of students with different characteristics, we can make it more robust than it is now.

Acknowledgements and Remarks

We would like to thank all participants.

REFERENCES

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers ve Education*, 33(2), 131-152. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Altındış, N. (2021). *Exploring the nature of the co-emergence of students' representational fluency and functional thinking* (Doctoral Dissertation). Retrieved from ProQuest Dissertations and Theses Database (UMI No. 28493833)
- Ayyıldız, H., ve Cansız Aktaş, M. (2021). Türkiye'deki matematik eğitimi alanındaki temsil araştırmalarının eğilimleri: tematik içerik analizi çalışması. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi* <https://doi.org/10.30703/cije.969821>
- Baloğlu Demir, S. (2022). *Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin cebir konusunda çoklu temsiller arasındaki geçiş becerilerinin incelenmesi*. Unpublished Master's Dissertation. Erciyes University, Kayseri.
- Bieda, K. N., ve Nathan, M. J. (2009). Representational disfluency in algebra: Evidence from student gestures and speech. *ZDM*, 41(5), 637-650. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0198-0>
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32(32). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kuey/issue/10365/126871>
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö., ve Köklü, N. (2010). *Sosyal bilimler için istatistik*. Pegem Akademi Publishing.
- Ceuppens, S., Deprez, J., Dehaene, W., ve De Cock, M. (2018). Design and validation of a test for representational fluency of 9th grade students in physics and mathematics: The case of linear functions. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020105>
- Comrey, A. L., ve Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis, 2nd ed* (ss. xii, 430). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Çapık, C. (2014). Geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarında doğrulayıcı faktör analizinin kullanımı. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(3), 196-205.
- Çetin, H. (2016). *Sorgulayıcı öğrenme yaklaşımıyla çoklu temsil destekli tam sayı öğretiminin 6. Sınıf öğrencilerinin başarılarına model tercihlerine ve temsiller arası geçiş becerilerine etkisi*. Unpublished Doctoral Dissertation. Necmettin Erbakan University, Konya.
- Daniel, K. L. (2018). *Towards a framework for representational competence in science education*. Springer Cham. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-89945-9>
- Daniel, K. L., Bucklin, C. J., Austin Leone, E., ve Idema, J. (2018). Towards a definition of representational competence. İçinde K. L. Daniel (Ed.), *Towards a framework for representational competence in science education* (ss. 3-11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_1
- Delice, A., ve Kertil, M. (2015). Investigating the representational fluency of pre-service mathematics teachers in a modelling process. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(3), 631-656. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9466-0>
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293-331. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203_2
- Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical thinking processes. İçinde D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (ss. 25-41). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1_2
- Ebel, R. L., ve Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th bs). Prentice Hall International.
- Ergan, S. N., ve Özsoy, G. (2021). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin problem çözme sürecinde oluşturduğu görsel temsillerin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 57-75. <https://doi.org/10.53444/deubefd.763452>
- Erkuş, A. (2017). Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarındaki sorunlar ile yazım ve değerlendirilmesi. İçinde, Ö. Demirel & S. Dinçer (Eds.), *Eğitim bilimlerinde yenilikler ve nitelik arayışı*. Pegem Akademi.
- Ertuna, L. (2013). *İlköğretim 4-7. sınıf öğrencilerinin denk kesirlerin sembolik ve grafiksel temsillerini ilişkilendirme becerilerinin incelenmesi*. Unpublished Master's Dissertation. Abant İzzet Baysal University, Bolu.
- Even, R. (1998). Factors involved in linking representations of functions. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 105.
- Festiana, I., Firman, H., Setiawan, A., ve Muslim, M. (2020). Design and development of representational fluency test in physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), 022034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022034>

- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th Edition). SAGE Publications.
- Fonger, N. (2019). Meaningfulness in representational fluency: An analytic lens for students' creations, interpretations, and connections. *The Journal of Mathematical Behavior*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.10.003>
- Gulkılık, H. (2021). Representational fluency in calculating volume: An investigation of students' conceptions of the definite integral. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 0(0), 1-23. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1958943>
- Gunpinar, Y., ve Paper, S. J. (2016). Teachers' instructional practices within a connected classroom technology environment to support representational fluency. *North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. <https://eric.ed.gov/?id=ED583807>
- Güler, N. (2017). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (10th Edition). Pegem Akademi Publishing.
- Gürbüz, R., ve Şahin, S. (2015). 8. Sınıf öğrencilerinin çoklu temsiller arasındaki geçiş becerileri. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(4), 20.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., ve Anderson, R. (2018). *Multivariate data analysis* (8. Baskı). Cengage Learning EMEA.
- Handayani, W., ve Masrifah, M. (2021). Development physics representational fluency instrument test of electrostatic concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012009>
- Hill, M. J. (2015). *Scientific representational fluency: defining, diagnosing, and developing*. Unpublished Doctoral Dissertation. Sydney University. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/14194>
- Hill, M., ve Sharma, M. D. (2015). Students' representational fluency at university: a cross-sectional measure of how multiple representations are used by physics students using the representational fluency survey. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1427a>
- Hill, M., Sharma, M. D., O'Byrne, J., ve Airey, J. (2014). Developing and evaluating a survey for representational fluency in science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 22(6), Article 6. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/7484>
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36. <https://doi.org/10.1007/BF02291575>
- Kan, A. (2011). Test Eşitleme: OKS testlerinin istatistiksel eşitliğinin sınanması. *Eğitim ve Bilim*, 36(160). <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/310>
- Karaman, H. (2015). *Açılayıcı faktör analizinde kullanılan faktör çıkartma yöntemlerinin karşılaştırılması*. Unpublished Master's Dissertation. Hacettepe University. Ankara.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis* (1. Baskı). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315788135>
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling*. (4. Baskı). Guilford Publications.
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction*. International Reading Association. <https://doi.org/10.1598/0872075192.2>
- Lesh, R., ve Zawojewski, J. (2007). Problem solving and modeling. In *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. Information Age Publishing.
- Li, S., Shen, Y., jiao, X., ve Cai, S. (2022). Using augmented reality to enhance students' representational fluency: The Case of Linear Functions. *Mathematics*, 10(10), 1718. <https://doi.org/10.3390/math10101718>
- MEB. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 1,2,3,4,5,6,7 ve 8. Sınıflar)*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=329>
- Mercan, S. (2020). *9. Sınıf öğrencilerinin çoklu temsil transfer becerilerinin incelenmesi: denklem ve eşitsizlikler*. Unpublished Master's Dissertation. Karamanoğlu Mehmet Bey University. Karaman
- Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S., ve Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: the role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 141-178. <https://doi.org/10.1002/jee.20004>
- Moore, T. J., Selcen Guzey, S., Roehrig, G. H., ve Lesh, R. A. (2018). Representational fluency: A means for students to develop STEM literacy. In K. L. Daniel (Ed.), *Towards a framework for representational competence in science education*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_2
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Fishbein, B., Foy, P., ve Moncaleano, S. (2021). *Findings from the TIMSS 2019 problem solving and inquiry tasks*. TIMSS ve PIRLS international study center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/psi/>
- Nichols, K., Gillies, R., ve Hedberg, J. (2016). Argumentation-based collaborative inquiry in science through representational work: impact on primary students' representational fluency. *Research in Science Education*, 46(3), 343-364. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9456-4>

- Nichols, K., Stevenson, M., Hedberg, J., ve Gillies, R. M. (2016). Primary teachers' representational practices: from competency to fluency. *Cambridge Journal of Education*, 46(4), 509-531. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2015.1068741>
- Nistal, A., Dooren, W., Clarebout, G., Elen, J., ve Verschaffel, L. (2009). Conceptualising, investigating and stimulating representational flexibility in mathematical problem solving and learning: A critical review. *ZDM*, 41, 627-636. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0189-1>
- Romeu, J. L., ve Ozturk, A. (1993). A Comparative study of goodness-of-fit tests for multivariate normality. *Journal of Multivariate Analysis*, 46(2), 309-334. <https://doi.org/10.1006/jmva.1993.1063>
- Sandoval, W., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., ve Suthers, D. (2000). Designing knowledge representations for learning epistemic practices of science. *American Educational Research Association*
- Savalei, V., Bonett, D. G., ve Bentler, P. M. (2015). CFA with binary variables in small samples: A comparison of two methods. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.01515>
- Schumacker, R. E., ve Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling: Fourth Edition*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203851319>
- Selling, S. K. (2016). Learning to represent, representing to learn. *The Journal of Mathematical Behavior*, 41, 191-209. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.10.003>
- Stieff, M., ve McCombs, M. (2006). Increasing representational fluency with visualization tools. *International Society of the Learning Sciences*. <https://repository.isls.org/handle/1/3583>
- Şimşek, Ö. F. (2007). *Yapısal eşitlik modellemesine giriş: temel ilkeler ve Lisrel uygulamaları*. Ekinoks Publishing.
- Taramopoulos, A., ve Psillos, D. (2019). Promoting representational fluency through dynamically linked concrete and abstract representations in electric circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6), 638-650. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09793-9>
- Thompson, N. A. (2010). KR-20. In N. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412961288.n205>
- Ünal, C., ve Eroğlu, D. (2021). LGS matematik sorularının öğretim programının özel amaçlarıyla uyumluluğunun incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 60.
- Vieira, C., Penmetcha, M., Magana, A., ve Matson, E. (2016). Computational thinking as a practice of representation: a proposed learning and assessment framework. *The Journal of Computational Science Education*, 7(1), 21-30. <https://doi.org/10.22369/issn.2153-4136/7/1/3>
- Vogt, A., Klepsch, M., Baetge, I., ve Seufert, T. (2020). Learning from multiple representations: Prior knowledge moderates the beneficial effects of signals and abstract graphics. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.601125>
- Watkins, M. (2021). *A step-by-step guide to exploratory factor analysis with SPSS*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003149347>
- Yaşlıoğlu, M. M. (2017). *Sosyal bilimlerde faktör analizi ve geçerlilik: keşfedici ve doğrulayıcı faktör analizlerinin kullanılması*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi.46
- Zaqoot, W., Oh, L.-B., Seah, L. H., Koh, E., Zhou, F., Tan, W., ve Teo, H. (2019a). Development and validation of a representational fluency test for primary school students. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education* 130-137. <https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00-36>
- Zaqoot, W., Oh, L.-B., Seah, L. H., Koh, E., Zhou, F., Tan, W.-K., ve Teo, H.-H. (2019b). Representational fluency in education: a literature review and the proposal of a new instrument. *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/TALE48000.2019.9225902>
- Zbiek, R. M., Heid, M., Blume, G. W., ve Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (ss. 1169-1207). Information Age Publishing.