



ISSN: 2146-1961

Özkubat, U., Sanır, H. & Akçayır, İ. (2022). Öğrenme Güçlüğü Olan ve Olmayan Öğrencilerin Sayı Doğrusunda Tahmin Stratejilerinin Göz İzleme Aracı ile İncelenmesi: Sistemik Derleme, *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS)*, 13(49), 1152-1170.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijoess.3197>

Makale Türü (ArticleType): Derleme Makale

ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜ OLAN VE OLMAYAN ÖĞRENCİLERİN SAYI DOĞRUSUNDA TAHMİN STRATEJİLERİNİN GÖZ İZLEME ARACI İLE İNCELENMESİ: SİSTEMATİK DERLEME¹

Ufuk ÖZKUBAT

Dr. Öğr. Üyesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ufukozkubat@gazi.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9626-5112

Hanifi SANIR

Dr. Öğr. Üyesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, hanifisanir@gazi.edu.tr
ORCID: 0000-0002-2598-569X

İrem AKÇAYIR

Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, iremakcayir@gazi.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5788-405X

Gönderim tarihi: 02.04.2022

Kabul tarihi: 12.08.2022

Yayım tarihi: 02.09.2022

Öz

Göz izleme teknolojileri; içerisinde özel eğitimin de bulunduğu farklı disiplinleri içeren araştırmalarda sıklıkla kullanılan yenilikçi tekniklerdendir. Bu teknik, insan-bilgisayar etkileşiminde öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin özelliklerini ve akranlarından farklılaşan yönlerini keşfetmede derinlemesine bilgi sağlayan bir yazılım teknolojisidir. Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda kullandıkları tahmin stratejileri göz izleme aracılığıyla değerlendirilebilmektedir. Bu araştırmada, öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin stratejilerinin göz izleme aracı ile incelendiği makalelerin betimlenmesi amaçlanmıştır. Makalelere erişme sürecinde; elektronik veri tabanları, dergi indeksleri ve araştırma referansları temel alınarak kapsamlı bir tarama gerçekleştirilmiştir. Katılımcı makalelerin bu araştırmaya dahil edilmesine ve elenmesine ilişkin bazı temel seçim ölçütleri doğrultusunda toplam 8 makale; betimsel analiz kapsamında incelenmiştir. Araştırmaların; betimsel analizi yapılarak özellikleri a) araştırma amacı, b) katılımcı sayısı, c) yaş, d) cinsiyet, e) tanı, f) incelenen değişkenler ve g) sonuç verileri bağlamında ortaya konulmuştur. Araştırma bulguları; öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin görevlerinde farklı özellikler sergilediklerini ve öğrencilerin bireysel farklılıklarını belirlemede değerli bilgiler veren bir araç olduğunu göstermiştir. Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki tahminlerine ilişkin mutlak hata oranlarının normal gelişim gösteren akranlarına göre daha fazla olduğu, tahminlerinin doğal temsil özelliği taşıdığı ve sayı doğrusu üzerinde yer alan referans noktalarını daha az sıklıkta kullandıkları belirtilmektedir. Araştırmanın bulgularının ileride ulusal alanyazında yapılacak olan inceleme çalışmalarına katkı sağlayacağı ve hazırlanacak müdahale programlarına ışık tutması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Öğrenme güçlüğü, göz izleme, sayı doğrusunda tahmin stratejisi.

¹ Bu araştırma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen SKB-2022-7416 Kodlu 'Öğrenme Güçlüğü Olan ve Olmayan Öğrencilerin Sayı Doğrusunda Tahmin Stratejilerinin Göz İzleme Aracı ile İncelenmesi' isimli Kariyer Başlangıç Projesi kapsamında üretilmiştir.

INVESTIGATION OF NUMBER LINE ESTIMATION STRATEGIES OF STUDENTS WITH OR WITHOUT LEARNING DISABILITIES WITH EYE TRACKING TOOL: SYSTEMATIC REVIEW²

ABSTRACT

Eye tracking technologies are one of the cutting-edge techniques frequently used in research spanning multiple disciplines, including special education. This technique is a software technology that provides in-depth knowledge in identifying the characteristics of learning disabilities and distinguishing them from their peers in human-computer interaction. The estimation strategies used by students with learning disabilities on the number line can be evaluated through eye tracking. This study aimed to describe the articles in which the number line estimation strategies of students with or without learning disabilities were examined with an eye-tracking tool. In the process of accessing the articles, a comprehensive search was carried out based on electronic databases, journal indexes, and research references. A total of 8 articles in line with some basic selection criteria for inclusion and elimination of participant articles in this research; were analyzed within the scope of descriptive analysis. Descriptive analysis of the studies was carried out, and their characteristics were revealed in the context of a) research purpose, b) the number of participants, c) age, d) gender, e) diagnosis, f) examined variables, and g) outcome data. Research findings; It has been shown that students with and without learning disabilities exhibit different characteristics in number line estimation tasks. It has been stated that the absolute error rates of students with learning disabilities regarding their estimations on the number line are higher than their peers with typical development, their estimates have a natural representation feature, and they use reference points on the number line less frequently. It is expected that the research findings will contribute to the studies conducted in the national literature in the future and will shed light on the intervention programs to be prepared.

Keywords: Learning disabilities, eye tracking, number line estimation strategies.

² This research was produced within the scope of the Career Starter Project titled 'Investigation of Number Line Estimation Strategies of Students with or without Learning Disabilities with Eye Tracking Tool' with the code SKB-2022-7416 supported by Gazi University Scientific Research Projects Coordination Unit.

GİRİŞ

Sayı doğrusu üzerinde tahmin görevi, matematiksel biliş, gelişim ve öğrenme araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Schneider vd., 2018). Tahmin etme becerisi, sayısal çoklukların yaklaşık olarak, hızlı bir şekilde anlamlandırılması ve düzenlenmesi yeteneği olarak tanımlanan (Dehaene, 2011), sayı hissinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Olkun ve Akkurt-Denizli, 2015). Sayı hissinin, nörobilişsel olarak sayı doğrusu şeklinde temsil edildiği belirtilmektedir (Dehaene vd., 2003). Bu temsile göre, sayısal çoklukların zihinsel olarak temsil edilmesi ile düzenlenmesi, zihinsel bir sayı doğrusu üzerinde gerçekleşmektedir ve belirtilen bu zihinsel sayı doğrusu; tahmin etme, hesaplama ve problem çözme gibi matematiksel becerilerin temelini oluşturmaktadır (Berch, 2005; Jordan vd., 2007).

Sayı hissi birçok farklı teknikle ölçülebilmektedir (Berch, 2005; Jordan, vd., 2006). Bunlardan biri Siegler ve Opfer (2003) tarafından önerilen sayı doğrusunda tahmin becerisidir. Siegler ve Opfer (2003), öğrencilerden kendilerine verilen sayı doğrusu üzerinde, sayının yerini, başlangıç ve bitiş noktaları belirtilen sayı doğrusunda tahmin etmelerini istemektedir. Sayı hissi; sembollerle sunulan çoklukların karşılaştırılması görevi olarak tanımlanan sembolik sayı karşılaştırma, noktaların sayısını hızlı ve doğru olarak bulunması görevi olan nokta sayılama gibi farklı tekniklerle ölçülebilmeye rağmen sayı doğrusunda tahmin etme farklı yaş ile sınıf ve yetenek gruplarına kolaylıkla uygulanabilmesi nedeni ile pratik ve güçlü bir teknik olarak betimlenmektedir (Schneider vd., 2008).

Sayı doğrusu üzerindeki tahmin yetersizliğinin, matematikle ilişkili sayısal yeteneklerde sınırlılığa veya matematik becerileri bağlamında öğrenme güçlüğüne ilişkin bilgi sağlayabileceği belirtilmektedir (Dehaene, 2001, 2011; Wilson ve Dehaene, 2007). Bu noktada öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayısal çoklukları saymadan şipşak hesaplama, sıralı sayıları sayma ve tahmin etme alanlarında sınırlılıkları bulunduğu belirtilmektedir (Bryant vd., 2000; Rotzer vd., 2009; Olkun vd., 2015; De Visscher ve Noel, 2012).

Öğrenme güçlüğü olmayan öğrencilerin sayısal çoklukları saymadan şipşak hesaplama, sıralı sayıları sayma ve tahmin etme becerilerine ilişkin farkındalıklarının üç ve beş yaş aralığında başladığı, sayı sembollerinin sayının nicelikleri ile ilişkili olduğunu fark ettikleri belirtilmektedir (Kolkman vd., 2013). Bu değişim çocuklarda sembolik olmayan biçimin sembolik biçime dönüştürülmesini ya da tam tersi olarak, sembolik biçimin sembolik olmayan biçime dönüştürülmesini sağlamaktadır (Dehaene, 2001). Sembolik biçimin, sembolik olmayan biçime dönüştürülmesi; söylenen sayının sayı doğrusundaki yerini tahmin etmede, öğrencilerin zihinsel sayı doğruları üzerinde tahmin etmeyi gerçekleştirmeleri olarak nitelendirilmektedir. Sembolik olmayan biçimin sembolik biçime dönüştürülmesi ise sayı doğrusu üzerinde işaretlenmiş yerin sayı karşılığını yine öğrencilerin zihinsel sayı doğruları üzerinde tahmin etmeleri ile gerçekleştirmeleridir (Dehaene, 2001, 2011; Wilson ve Dehaene, 2007).

Sayı doğrusu üzerinde tahmin etme becerisini gerçekleştirirken, öğrencilere iki ucunda sayılar bulunan bir sayı doğrusu verilir istenilen sayının yerini ya da sayı doğrusu üzerinde işaretlenen yerin sayı karşılığını tahmin etmeleri istenmektedir (Kolkman vd., 2013; Schneider vd., 2008). Belirtilen görevlerde 0-10, 0-100 ve 0-1000 aralığında sayı doğruları kullanılmaktadır (Van't Noordende ve Kolkman, 2013). Böylece öğrencilerin sayısal büyüklükleri bir uzamda nasıl temsil edecekleri araştırılmaktadır (Ayyıldız, 2014). Bu doğrultuda, öğrenme

güçlüğü olan pek çok öğrencinin sayıların yerlerini doğru olarak tahmin etmede, çoklukları eşleştirme becerilerindeki yetersizliklerinden kaynaklanan sınırlılıkları bulunmaktadır (Kucian vd., 2006; Siegler ve Booth, 2004). Çoklukları eşleştirme becerileri gelişmemiş olan öğrenciler sayı doğrusunda tahmin stratejilerinde doğrusal (linear) bir temsil yerine doğal (logaritmik) bir temsil kullanmaktadırlar (Booth ve Siegler, 2006). Doğrusal temsil, öğrencilerin sembolik temsil büyüklüklerini, gerçek büyüklükleri ile tutarlı ve dengeli bir şekilde eşleştirebildiğinin göstergesi olarak tanımlanırken, doğal temsil ise öğrencilerin küçük sayılar arasındaki farkı büyümüş ve büyük sayılar arasındaki farkı küçükmüş gibi temsil etmesi olarak tanımlanmaktadır (Ayyıldız, 2014). Örneğin, Mooller ve diğerleri (2009), ilkökul yılları başlangıcındaki öğrencilerin, sayı doğrusu üzerinde tahmin etme sürecinde, bir basamaklı sayılar arasındaki uzaklığı iki basamaklı sayılara göre daha uzakmış gibi temsil ettiklerini belirtmiştir. Diğer bir deyişle, öğrencilerden, 0-100 aralığındaki sayı doğrusunda tek basamaklı bir sayıyı tahmin etmeleri istendiğinde, sayı doğrusunun ortasına kadar bir basamaklı sayıları yerleştirdikleri, geri kalan kısmın tamamına ise iki basamaklı sayıları yerleştirdikleri görülmektedir. Bu durumda, 4 ile 5 arasındaki uzaklık, 86-87 arasındaki uzaklıktan daha fazla olmaktadır (Ebersbach vd., 2008). Yani, sayı doğrusunda tahmin edilecek sayıların büyüklükleri arttıkça yapılan tahmin, olduğundan daha küçük bir değer kazanmakta demektir (Mooller vd., 2009). Belirtilen durum, okul öncesi ve/veya ilkökul yılları başlangıcında olan öğrencilerin zihinsel sayı doğrusu gelişimlerinin doğal temsil ile betimlenebileceğini göstermektedir (Siegler ve Booth, 2004; Kucian vd., 2006). Diğer yandan, sayı doğrusunda sayıların temsilinin daha tutarlı olduğunda, bu durumun doğrusal temsil ile betimlenebileceği (Siegler ve Booth, 2004; Booth ve Siegler, 2006; Opfer ve Siegler, 2007; Siegler vd., 2009) ve doğrusal temsilin matematiksel bilgi, beceri ve deneyim ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Van't Noordende ve Kolkman, 2013).

Öğrenme gücü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki tahmin stratejilerinde farklılıklar olduğu, temsillerinin doğal veya doğrusal olması bağlamında değişiklikler gözlemlendiği, örneğin, 10 yaşındaki bir öğrenme gücü olan öğrencinin 5 yaşındaki normal gelişim gösteren öğrenci ile benzer temsil yeteneğinin olduğu, normal gelişim gösteren öğrencinin temsili doğrusal olarak nitelendirilirken, öğrenme gücü olan öğrencinin temsili doğal olarak nitelendirildiği deneysel çalışmalarla belirlenmiştir (Piazza vd., 2010). Öğrenme gücü olan öğrencilerin sayı doğrusu görevlerinde sınırlılık yaşamalarının tek nedeni sayı hissi becerilerindeki yetersizlikleri değildir (Van Viersen vd., 2013; Zhang vd., 2017). Sayı doğrusu görevleri görsel uzamsal işleme ve kapasite gibi çalışan bellek yetenekleri gerektirmektedir (Kolkman vd., 2013). Bu bağlamda, öğrenme gücü olan öğrencilerin genellikle görsel uzamsal yetenekleri açısından çalışan bellek sınırlılıkları olduğu belirtilmektedir (DeWeerd vd., 2012; Geary vd., 2012; Kroesbergen vd., 2007; Passolunghi ve Mammarella, 2012). Bu farklılıkların ortaya konulması amacıyla yapılan boyamsal çalışmalar bulunmaktadır (Geary vd., 2007, 2008, 2009; Landerl, 2013). Bu doğrultuda, Landerl (2013), öğrenme gücü olan öğrenciler ile olmayan öğrencilerin 2. sınıftan 4. sınıfa kadar sayı doğrusunda tahmin becerilerini incelemiştir. Araştırma bulguları, öğrenme gücü olan öğrencilerin tahminlerinin ekranlarına göre hatalı olduğunu ve doğal bir temsile sahip olduklarını göstermektedir. Ancak öğrenme gücü olan öğrencilerin yaşları ilerledikçe tahminlerinin doğrulukları artmakta ve doğal temsilden doğrusal temsile doğru bir geçiş yaşadıkları görülmesine rağmen normal gelişim gösteren ekranları ile aralarındaki farklılığın kapanmadığı vurgulanmıştır. Aynı araştırmacılar

tarafından yürütülen diğer boylamsal araştırmalarda Geary vd., (2007, 2008, 2009), öğrenme güçlüğü olan öğrenciler ile düşük başarılı ve ortalama başarılı olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerini okul öncesinden ilkokul sonuna kadar incelemişlerdir. Belirtilen araştırmalarda dört temel bulgu dikkat çekmektedir. İlk temel bulgu; hata oranları incelendiğinde, ortalama başarılı öğrencilerin diğer akranlarına göre tahminlerindeki hata oranının daha az olduğu ve tahminlerinin daha tutarlı olduğu, diğer bir deyişle doğrusal temsilde olduğu görölmektedir. Düşük başarılı ve öğrenme güçlüğü olan öğrenciler açısından bulgular incelendiğinde ise, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin hata oranlarının temsil biçimlerine bakılmaksızın (doğal ya da doğrusal) akranlarından fazla olduğu görölmüştür. İkinci temel bulgu; araştırmalar, zekâ ve çalışan bellek düzeylerinin tahminler ve temsil sistemindeki etkisine ilişkin bulguları içermektedir. Zekâ ve çalışan bellek puanı düşük olan öğrencilerin temsil sistemlerinin doğal olduğu ve tahminlerindeki hata oranının diğer gruplara göre fazla olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda dikkat çeken bir bulgu, zekâ ve çalışan bellek puanı düşük olan öğrencilerin temsil biçimlerinin doğal ya da doğrusal olmasının farklılık yaratmadığı, hangi temsil biçiminde yer alırsa alsın hatalarının akranlarına göre fazla olduğu görölmektedir. Üçüncü temel bulgu; öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tahminlerinin doğal ve doğrusallığı akranlarına göre daha yavaş gelişmektedir (Geary vd., 2007). Dördüncü ve son bulgu ise, sayı doğrusunda tahmin becerilerinin matematik başarısını en iyi yordayan değişken olduğu vurgulanmıştır.

Öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusunda kullandıkları tahmin stratejileri kâğıt üzerinde yer alan sayı doğruları ile değerlendirilebildiği gibi (Peeters vd., 2016; Sella vd., 2013; White ve Szucs, 2012) göz izleme aracılığıyla da değerlendirilebilmektedir (Heine vd., 2010; Reinert vd., 2015; Schneider vd., 2008; Schot vd., 2015; Sullivan vd., 2011; Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013). Normal gelişim gösteren öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin görevlerinin göz izleme ile incelendiği ilk araştırma Schneider ve diğerleri (2008) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada, sayı doğrusu üzerinde tahmin becerilerinin sınıf düzeyi, bilgisayar üzerinde elle yapılan tahminler ve göz izleme aracılığı ile yapılan tahminlerin doğrulukları ve tahmin yeteneği ile toplama işlemindeki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmanın örneklemini normal gelişim gösteren, ilkokul birinci, ikinci ve üçüncü sınıftaki ortalama ve yüksek başarılı toplam 66 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma bulguları incelendiğinde, göz izleme aracılığı ile elde edilen verilerin öğrencilerin sayı hissini ortaya koyan bir gösterge olduğu görölmüştür. Bilgisayar üzerinde elle yapılan tahminler ile göz izleme aracılığı ile yapılan tahminlerin öğrencilerde tutarlı olduğu, yaş ve sınıf düzeyi arttıkça öğrencilerin sayı doğrusundaki tahminlerine ilişkin hatalarının azaldığı ve tahminlerin doğruluğu ile toplama işleminin doğruluğu arasında olumlu yönde ilişki olduğu belirtilmiştir. Diğer bir araştırmada, Heine vd., (2010), bilgisayar ortamında ve göz izleme cihazı ile sunulan iki farklı sayı doğrusunda, yaşları 6 ile 9 arasında değişen, birinci sınıftan üçüncü sınıfa kadar olan 66 öğrencinin temel sayı hissi gelişimini belirlemek için sayı doğrusunda tahmin becerilerini incelemişlerdir. Bilgisayar ortamında ve göz izleme cihazı ile gerçekleştirilen uygulamada öğrencilerden, verilen sayının sayı doğrusundaki yerini tahmin etmeleri istenmiştir. Ardından öğrencilerin davranışsal performansları ve kullandıkları temsil biçimleri belirlenmiştir. Araştırma bulguları incelendiğinde, öğrencilerin temsil biçimlerinin, birinci sınıftan üçüncü sınıfa doğru doğal temsilden doğrusal temsile doğru geçiş yaptığı ve öğrencilerin sınıf seviyeleri arttıkça hata oranlarının azaldığı görölmüştür. Ayrıca sayı doğrusunda tahmin

becerilerinin bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Yetişkin öğrenciler ile yürütölen bir diğer araştırmada ise, Sullivan ve diğerleri (2011), göz izleme aracı ile normal gelişim gösteren toplam 16 öğrencinin sayı doğrusu üzerinde tahmin becerilerini incelemişlerdir. Araştırma bulguları incelendiğinde, ilk odaklanma yerinin yapılan tahmin ile ilişkili olduğu ve öğrencilerin en çok orta referans noktasına odaklandıkları görölmüştür. Üniversite öğrencileri ile gerçekteştirilen diğer bir araştırmada ise Reinert ve diğerleri (2015), 27 öğrencinin sayı doğrusu üzerindeki tahmin becerilerini mutlak hata oranı, odaklanma modeli ve ilk odaklanma yeri değişkenleri kapsamında incelemişlerdir. Araştırmada, sınırlandırılmış ve sınırlandırılmamış olarak toplam iki farklı sayı doğrusu kullanılmıştır. Sınırlandırılmış sayı doğrusu, başlangıç, orta ve bitiş noktası sayı doğrusu üzerinde işaretlenmiş olan sayı doğrusunu ifade ederken sınırlandırılmamış olan sayı doğrusu sadece başlangıç noktası ve bir diğer referans noktasını içeren sayı doğrusunu ifade etmektedir. Araştırma bulguları incelendiğinde üç temel bulgu dikkat çekmektedir. Bulgulardan ilki, sınırlandırılmış sayı doğrusunda öğrencilerin tahmin etmeleri istenen sayılar referans noktalarına yakınladığında hata oranları azalmakta, sınırlandırılmamış sayı doğrusunda hata oranlarının arttığı görölmüştür. İkincisi; sınırlandırılmış sayı doğrusunda öğrenciler referans noktaları ve etraflarında daha fazla odaklanma davranışı gösterirlerken sınırlandırılmamış sayı doğrusu için ise referans noktaları ve etrafında daha az odaklanma davranışı göstermeleridir. Son olarak, her iki sayı doğrusu için de öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki ilk odaklanma yerinin tahmin edecekleri nokta ile nasıl ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bulgular kapsamında araştırmacılar sınırlandırılmamış sayı doğrusunun, sayı doğrusu tahmin görevleri ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir.

Öğrenme güçlüğü olmayan öğrenciler ile yapılan araştırma bulguları özetlendiğinde, sayı doğrusunda tahmin becerilerinin bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilceği (Heine vd., 2010) ve sayı hissini ortaya koymada önemli bir gösterge olduğu (Schneider vd., 2008) görölmektedir. Öğrencilerin yaş ve sınıf düzeyinin artması ile birlikte tahmin temsillerinin doğaldan, doğrusal temsil biçimine dönüştüğü ve hata oranlarının azaldığı görölmektedir (Heine vd., 2010; Schneider vd., 2008). Ayrıca öğrencilerin ilk odaklanma yerinin tahmin edecekleri yer ile ilişkili olduğu da vurgulanmaktadır (Reinert vd., 2015; Sullivan vd., 2011).

Öğrenme güçlüğü olan öğrenciler ile yapılan araştırmaların normal gelişim gösteren öğrencilerle yapılan araştırmalara kıyasla daha çok benzer araştırmacılar tarafından yürütöldüğü görölmektedir (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013). Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerle sayı doğrusu üzerinde tahmin görevlerinin göz izleme ile incelendiği ilk araştırma, Van't Noorde ve Kolkman (2013) tarafından yürütölmüştür. Bu araştırmada, normal gelişim gösteren öğrenciler ile öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerileri karşılaştırılarak incelenmiştir. Araştırma bulguları incelendiğinde, normal gelişim gösteren öğrencilerin mutlak hata oranlarının normal gelişim gösteren öğrencilere göre daha fazla ve temsil biçimlerinin doğal olduğu görölmektedir. Ayrıca öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tahminlerini gerçekteştirirken başlangıç, orta ve bitiş referans noktalarını akranlarına göre daha az kullandıkları; göz odaklanmalarının sıklıkla orta referans noktası etrafına yayıldığı belirlenmiştir. Bir vaka çalışması özelliği gösteren araştırmada, Van Viersen ve diğerleri (2013), 9 yaşında öğrenme güçlüğü olan bir öğrenci ile normal gelişim gösteren 10 öğrencinin sayı doğrusundaki tahmin becerilerini karşılaştırılarak

incelemiştir. Sayı doğrusunda tahmin görevinin, öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencileri bireysel farklılıklar açısından ayırt edip etmediği ve öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tanılanmasında kullanılabilecek bir araç olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada, standart matematik başarı testi, üç farklı sayı doğrusu görevi (bir sembolik olmayan, iki sembolik) ve çalışan bellek testi kullanılmıştır. Araştırma bulguları incelendiğinde, öğrenme güçlüğü olan öğrencinin mutlak hata oranının normal gelişim gösteren öğrencilere göre daha fazla olduğu, tahminlerinin doğal temsil özelliği taşıdığı görülmektedir. Aynı zamanda öğrencinin tahmin becerilerinin yetersiz olduğu ve değişmediği ifade edilmiştir. Ek olarak, sayı doğrusunda tahmin görevinin öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tanılanmasında kullanılabilecek umut vaat eden bir araç olduğu vurgulanmıştır. Van Viersen ve diğerlerinin (2013) araştırmasında benzer olarak, Schot ve diğerleri (2015), iki öğrenme güçlüğü olan öğrenci ile 10 öğrenme güçlüğü olmayan öğrencinin sayı doğrusunda tahmin becerilerini incelemiştir. Araştırma bulguları incelendiğinde, öğrencilerin tahmin etmede kullandıkları stratejilerde farklılıklar görüldüğü, bu bağlamda, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin daha az sıklıkta strateji kullandıkları ve mutlak hata oranlarının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Son olarak, değişken çeşitliliği açısından ileri araştırmalara ve uygulamalara yol gösterici olma özelliği taşıyan önemli bir araştırma Van't Noorde ve diğerleri (2016) tarafından yürütülmüştür. Bu araştırmanın katılımcı grubunu 9-11 yaşları arasında, 14 öğrenme güçlüğü olan ve 14 normal gelişim gösteren olmak üzere toplam 28 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada, standart matematik başarı testi ve iki farklı sayı doğrusu görevi (iki sembolik) kullanılmıştır. Araştırma bulguları üç temel değişken bağlamında açıklanmıştır. İlk olarak, normal gelişim gösteren öğrencilerin mutlak hata oranlarının daha az olduğu ve tahminlerinin doğrusal temsil biçiminde ifade edilebileceği belirtilmiştir. İkinci olarak, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tahmin etmeleri istenen sayı ile ilgili olan referans noktalarını daha az sıklıkta kullandıkları, bu bağlamda başlangıç referans noktasını en az sıklıkta kullandıkları ifade edilmiştir. Son olarak, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde yaptıkları tahminler ile doğru sonucu içeren tahmin yeri arasındaki yatay mesafenin fazla olduğu bulunmuştur.

Öğrenme güçlüğü olan öğrenciler ile yapılan araştırma bulguları özetlendiğinde, öğrenme güçlüğü olan öğrenciler ile olmayan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin görevlerinde farklı özellikler sergiledikleri görülmektedir. Bununla birlikte öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrenci grubunun bireysel farklılıklarını belirlemede değerli bilgiler veren bir araç olduğu ifade edilmektedir (Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016). Ayrıca, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin mutlak hata oranının akranlarına göre daha fazla olduğu, tahminlerinin doğal temsil özelliği taşıdığı ve referans noktalarını daha az sıklıkta kullandıkları vurgulanmaktadır (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013).

Uluslararası alan yazında öğrenme güçlüğü olan (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013) ve normal gelişim gösteren öğrencilerin (Heine vd., 2010; Reinert vd., 2015; Schneider vd., 2008; Sullivan vd., 2011) sayı doğrusunda tahmin stratejilerinin çeşitli değişkenlere göre göz izleme aracı ile incelendiği araştırmalar bulunmaktadır. Bu araştırmalarda öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki tahmin etme becerilerini sergilerken kullandıkları stratejiler, mutlak hata oranları ve tahminlerinin temsil biçimleri gibi değişkenler incelenmiştir. Bunun yanı sıra sayı doğrusu üzerinde tahmin becerileri ile ilişkili olabileceği düşünülen bellek kapasitesi, görsel uzamsal yetenek ve zekâ düzeyi gibi değişkenler ile olan ilişkileri

de belirlenmeye çalışılmış ve bunun sonucunda da öğrenciler arasındaki bireysel farklılıklar ortaya konmuştur. Uluslararası alanyazında çokça yer alan ve önemi sıkça vurgulanan sayı doğrusunda tahmin becerilerinin incelenmesi Türkiye’de farklı bir portre çizmektedir. Türkiye’de öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin görevlerine ile ilişkin yürütülen çalışmalarda, tahmin becerilerinin kâğıt veya bilgisayar ekranı üzerinden elle işaretleme yaptırılarak incelendiği görülmektedir (Ayyıldız, 2014; Olkun ve Akkurt-Denizli, 2015; Olkun vd., 2015). Bu amaçla, öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde sayıların yerini tahmin etme becerileri ile sayı, geometri ve ölçme konularındaki başarılarını karşılaştırma (Ayyıldız, 2014), matematiği öğrenme güçlüğü olan öğrencileri belirleme (Olkun ve Akkurt-Denizli, 2015) ve temel sayı yeterliklerindeki eksiklerin ilkökul ve ortaokul öğrencilerinde düşük matematik başarısına neden olup olmadığı (Olkun vd., 2015) gibi araştırma konularını kapsadığı görülmektedir. Türkiye’deki alanyazın öğrenme güçlüğü olan öğrenciler açısından incelendiğinde ise öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin etme stratejilerini göz izleme aracı ile ele alan herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Ulusal alanyazında var olan eksiklik nedeniyle öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin stratejilerinin incelenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Böylece Türkiye’de öğrenme güçlüğü olan öğrencilere yönelik araştırmaların planlanması ve risk grubunda yer alan öğrenciler için gerekli önlemlerin alınması mümkün olacaktır. Bu doğrultuda, bu araştırmanın amacı, öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin etme görevlerini göz izleme aracı ile inceleyen araştırmaları betimlemektir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırmada, öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin etme stratejilerini içeren, hakemli dergilerde yayınlanmış araştırmaları belirli değişkenler açısından incelenmek amacıyla sistematik derleme yapılmıştır. Bu bölümde sırasıyla araştırmaları belirleme süreci, betimsel analiz süreci ve kodlamacılar arası güvenilirlik sürecine yer verilmiştir.

Araştırmaları Belirleme Süreci

Araştırma kapsamına alınan araştırmaların belirlenmesinde, (a) araştırmanın katılımcı grubunda öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin bulunması (b) sayı doğrusunda tahmin becerilerinin göz izleme aracı ile incelenmiş olması ölçütleri dikkate alınmıştır.

Araştırmada yer alan makalelere ulaşmak üzere, ilk adımda, EBSCOhost, Education Research Complete, Education Resources Information Center (ERIC), Web of Science, Psychological Abstracts Index (PsycINFO), Google ve Google Akademik arama motorları kullanılmıştır. Belirtilen arama motorlarına anahtar kelimeler girilerek tarama gerçekleştirilmiştir. Taramalarda kullanılan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak aranmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler, öğrenme güçlüğü (learning disability), sayı doğrusu (number line), sayı doğrusu görevi (number line task), tahmin stratejileri (estimation strategies), göz izleme (eye tracking), göz hareketleri (eye movements), sayı hissi (number sense), bilişsel gelişim (cognitive development), matematik

performansı (math performance), matematik akademik başarısı (math academic achievement), cebir (algebra) ve aritmetik (arithmetic)'tir. Belirtilen anahtar kelimeler ile yapılan tarama sonucunda 258 araştırmaya ulaşılmıştır. Ulaşılan araştırmaların başlıkları, özetleri ve anahtar kelimeleri incelenmiş, kitap bölümü, tez vb. olanlar elenerek 6 araştırma elde edilmiştir.

İkinci adımda, ilgili alanyazının anahtar dergileri olarak nitelendirilen, Journal of Learning Disabilities, Learning Disabilities Research ve Practice, Psychological Research, Cognitive Development, Cognitive Process dergileri incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucu 2 araştırma daha elde edilmiştir. Tarama süreci tüm yazarlar tarafından birlikte yürütülerek, yapılan tarama sonucunda 8 dergide, belirlenen ölçütlere uygun toplam 8 makaleye ulaşılmıştır.

Betimsel Analiz Süreci

Elde edilen makaleler, araştırmacılar tarafından geliştirilen araştırma inceleme formu doğrultusunda incelenerek, a) araştırma amacı, b) katılımcı sayısı, c) yaş, d) cinsiyet, e) tanı, f) incelenen değişkenler, g) sonuç verileri açılarından değerlendirilmiştir. İncelenen araştırmalara ilişkin bilgiler Tablo 1’de, incelenen değişkenlere ilişkin bilgiler ise Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 1. İncelenen Makalelere İlişkin Bilgiler

No	Kaynak	Araştırma Amacı	Katılımcı Sayısı	Yaş	Cinsiyet	Tanı	Sonuç
1	Schneider ve diğerleri (2008)	Öğrencilerin sayı hissi gelişiminde göz izleme aracılığı ile elde edilen verilerin geçerliğinin incelenmesi	66	6-7 7-8 8-9	9K-11E 12K-10E 12K-12E	NG	Göz izleme aracılığı ile elde edilen verilerin geçerli ve ayrıntılı olduğu, öğrencilerin sayı hissi gelişimini belirlemede sayı doğrusunda tahmin görevinin bir gösterge olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir.
2	Heine ve diğerleri (2010)	Sayı doğrusu tahmin görevinde öğrencilerin göz hareketlerinin incelenmesi	66	6-7 7-8 8-9	9K-11E 12K-10E 12K-12E	NG	Öğrencilerin temsil biçimlerinin, birinci sınıftan üçüncü sınıfa doğru doğal temsilden doğrusal temsile doğru geçiş yaptığı ve öğrencilerin sınıf seviyeleri arttıkça hata oranlarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca sayı doğrusunda tahmin becerilerinin bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.
3	Sullivan ve diğerleri (2011)	Öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin incelenmesi	16	18+	-	NG	İlk odaklanma yerinin yapılan tahmin ile ilişkili olduğu ve öğrencilerin en çok orta referans noktasına odaklandıkları görülmüştür.
4	Reinert ve diğerleri (2015)	Öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin mutlak hata oranı, odaklanma modeli ve ilk odaklanma yeri değişkenleri kapsamında incelenmesi	27	18+	-	NG	Sınırlandırılmış sayı doğrusunda öğrencilerin tahmin etmeleri istenen sayılar referans noktalarına yaklaştığında hata oranları azalmakta, sınırlandırılmış sayı doğrusunda öğrenciler referans noktaları ve etraflarında daha fazla odaklanma davranışı gösterirler, öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki ilk odaklanma yerinin karar kılacakları tahmin yeri ile ilişkili

5	Van Viersen ve diğerleri (2013)	Normal gelişim gösteren öğrenciler ile öğrenme güçlüğü olan öğrencinin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin karşılaştırılarak incelenmesi	10	8-10	-	NG	olduğu bulunmuştur. Öğrenme güçlüğü olan öğrencinin mutlak hata oranının normal gelişim gösteren öğrencilere göre daha fazla olduğu, tahminlerinin doğal temsil özelliği taşıdığı belirtilmiştir. Sayı doğrusunda tahmin görevinin öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tanılanmasında kullanılabilecek umut vaat eden bir araç olduğu vurgulanmıştır.
			1	9	1K	ÖG	
6	Van't Noorde ve Kolkman (2013)	Normal gelişim gösteren öğrenciler ile öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin karşılaştırılarak incelenmesi	14	10-12	12K-2E	NG	Normal gelişim gösteren öğrencilerin mutlak hata oranlarının normal gelişim gösteren öğrencilere göre daha fazla ve temsil biçimlerinin doğal olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tahminlerini gerçekleştirirken başlangıç, orta ve bitiş referans noktalarını akranlarına göre daha az kullandıkları, göz odaklanmalarının sıklıkla orta referans noktası etrafına yayıldığı belirlenmiştir.
			14	10-12	12K-2E	ÖG	
7	Schot ve diğerleri (2015)	Normal gelişim gösteren öğrenciler ile öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin karşılaştırılarak incelenmesi	10	8-10	-	NG	Öğrenme güçlüğü olan daha az sıklıkta strateji kullandıkları ve mutlak hata oranlarının daha fazla olduğu bulunmuştur.
			1	9	1K	ÖG	
8	Van't Noorde ve diğerleri (2016)	Normal gelişim gösteren öğrenciler ile öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin karşılaştırılarak incelenmesi	14	10-12	12K-2E	NG	Normal gelişim gösteren öğrencilerin mutlak hata oranlarının daha az olduğu ve tahminlerinin doğrusal temsil biçiminde ifade edilebileceği belirtilmiştir. Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin tahmin etmeleri istenen sayı ile ilgili olan referans noktalarını daha az sıklıkta kullandıkları, bu bağlamda, başlangıç referans noktasını en az sıklıkta kullandıkları görülmektedir. Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin yaptıkları tahminin gerçek gerçek sonucu içeren tahmin yeri ile arasındaki yatay mesafenin fazla olduğudur.
			14	10-12	12K-2E	ÖG	

ÖG: Öğrenme güçlüğü; NG: Normal Gelişim; K: Kız; E: Erkek.

Kodlamacılar Arası Güvenirlik Süreci

Bu aşamada, öğrenme güçlüğü alanında çalışan, doktora yeterliliği geçmiş olan bir uzman aracılığı ile katılımcı makalelerin seçim güvenirlik hesaplaması yapılmıştır. Bu doğrultuda, elde edilen araştırmaların %25'inde araştırmacı ile diğer uzmanın elde ettiği veriler karşılaştırılarak güvenirlik, "görüş birliği/[görüş birliği+görüş ayrılığı] X 100" formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Wolery vd., 1988).

BULGULAR

Alanyazın taraması sonucunda, öğrenme gücü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerini inceleyen 8 makale incelenmiştir. Bu araştırmalara ilişkin bulgular betimsel analiz ve kodlamacılar arası güvenilirlik bulguları olarak iki başlık altında incelenmiştir.

Betimsel Analiz Bulguları**Katılımcılar**

Araştırmalarda yer alan katılımcılar, a) katılımcı sayısı, b) yaş, c) cinsiyet ve d) tanı değişkenleri doğrultusunda incelenerek, katılımcılara ilişkin demografik bilgiler Tablo 2'de yer almaktadır. Araştırmalarda toplam olarak 253 katılımcının bulunduğu, katılımcıların %33'ünün (N=84) 6-8 yaş aralığında, %27'sinin (N=70) 8-10 yaş aralığında, %23'ünün (N=56) 10-12 yaş aralığında yer alırken, %17'sinin ise (N=43) 18 yaş üzerinde yer aldığı belirlenmiştir. Katılımcıların 74'ü (%30) erkek ve 116'sı (%45) kızdır. Katılımcıların %25'inin (N=63) cinsiyetlerine ilişkin bilgileri belirtilmemiştir. Araştırmalarda yer alan katılımcılar tanı değişkeni açısından incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun normal gelişim gösteren öğrenci oldukları görülmektedir (N=223, %88). Ek olarak, diğer katılımcıların öğrenme gücü olan öğrenciler oldukları belirlenmiştir (N=30, %12).

Tablo 2. Katılımcılara İlişkin Demografik Bilgiler

Değişkenler		f	%
Yaş	6-8	84	33
	8-10	70	27
	10-12	56	23
	18+	43	17
Cinsiyet	Kız	116	45
	Erkek	74	30
	Belirtilmemiş	63	25
Tanı	Öğrenme Gücü Olmayan	223	88
	Öğrenme Gücü Olan	30	12

İncelenen Değişkenler

İncelenen makalelerde yer alan çeşitli değişkenler (davranışsal performans, göz hareketleri, tahmin etme stratejileri, odaklanmanın işlevselliği, uyarlanabilir strateji kullanımı, sayı bölümlerine ilişkin tahmin etme stratejilerinin kullanımı ve sayı bölümlerine ilişkin en sık kullanılan uyarlanabilir strateji kullanımı) değişkenlerin tanımları ile birlikte Tablo 3'te yer almaktadır.

Kodlamacılar Arası Güvenirlik Bulguları

Betimsel analiz sürecine ilişkin kodlamacılar arası güvenilirlik verisi %100 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. İncelenen Değişkenler

Değişken	Tanımı
Davranışsal Performans	Mutlak hata yüzdesi; öğrenciden istenen hedef sayıya ilişkin vermiş olduğu tepki ile hedef sayı arasındaki farkın, sayı doğrusu aralığına bölündükten sonra 100 ile çarpılması ile hesaplanmaktadır. Formül olarak, mutlak hata yüzdesi = tepki - hedef sayı / sayı doğrusu aralığı (10, 100, 1000) × 100 olarak ifade edilmektedir (Van Viersen vd., 2013).
Göz Hareketleri	Göz hareketleri, gözlerin 3 ardışık harekette mutlak hızının 3 m/s'den daha az olduğunda odaklanma olarak sınıflandırılmaktadır. Odaklanmaların aynı bölge içerisinde oluşması durumunda, diğer bir ifade ile odaklanmaların birbirlerine 0.5 cm ² 'lik bir alan içerisinde gerçekleştiği durumlarda belirtilen odaklanmalar bir arada ele alınmaktadır. Bu durumun yanı sıra, odaklanmanın sayı doğrusu çizgisi üstünden veya altından 3.5 cm'de olduğu durumlarda odaklanma hesaplanmaktadır (Schot vd., 2015).
Tahmin Etme Stratejileri	Öğrencilerin sayı doğrusu görevinde kullandıkları tahmin etme stratejileri, sayı doğrusu başlangıç noktası, orta noktası ve bitiş noktası olarak isimlendirilen referans noktaları temel alınarak sınıflandırılmaktadır (Van't Noordende vd., 2016).
Odaklanmanın İşlevselliği	Odaklanmanın işlevselliğinde sayı doğruları; 0-10 sayı doğrusu için 0-3/4-6/7-10 olarak, 0-100 sayı doğrusu 0-33/34-66/67-100 olarak, son olarak 0-1000 sayı doğrusu için 0-333/334-666/667-1000 olarak üç eşit bölüme ayrılmaktadır. Öğrenci tahminlerinde sayı doğrusu üzerindeki odaklanmaların hedef sayı ile aynı bölümde olması yakın, hedef sayı ile bir bölüm farklılık olması yanında olarak sınıflandırılırken hedef sayı ile iki bölüm farklılık olması uzak olarak sınıflandırılmaktadır (Van't Noordende vd., 2016).
Uyarlanabilir Strateji Kullanımı	Öğrencilerin kullandıkları başlangıç, orta ve son referans noktalarının kullanım yüzdesi hesaplanmaktadır (Van't Noordende vd., 2016).
Sayı Bölümlerine İlişkin Tahmin Etme Stratejilerinin Kullanımı	Hedef sayının tahmin edilmesinde kullanılan başlangıç, orta ve son referans noktalarının kullanım sıklığı incelenmektedir (Van't Noordende vd., 2016).
Sayı Bölümlerine İlişkin En Sık Kullanılan Uyarlanabilir Strateji Kullanımı	Bu bölümde başlangıç, orta ve son referans noktaları içerisinde yer alan hedef sayıya ilişkin kullanılan tahmin etme stratejilerinin referans noktalarına dağılımları incelenmektedir (Van't Noordende vd., 2016).

Tablo 3, Özkubat, U. ve Töret, G. (2021). Özel Gereksinimli Bireylerde Göz İzleme Teknolojisi. Töret, G. (Ed), Özel Gereksinimli Bireylerde Destekleyici İleri Düzey Teknolojiler (s. 79-98). Nobel Akademik kaynağından uyarlanmıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin görevlerini göz izleme aracılığı ile inceleyen araştırmaların betimlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın bu bölümünde, betimsel analize yönelik bulgular ile incelenen araştırma bulguları ayrı ayrı ele alınarak ilgili araştırmalar ışığında tartışılmıştır.

Bu çalışmada incelenen araştırmalarda yer alan değişkenlere ilişkin betimsel bulgulara bakıldığında, katılımcıların büyük çoğunluğunun öğrenme güçlüğü olmayan öğrenciler olduğu görülmektedir (N= 223, %88). Bununla birlikte, diğer katılımcıların öğrenme güçlüğü olan öğrenciler (N=30, %12) oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında araştırmalarda yer alan katılımcıların büyük çoğunluğunun normal gelişim gösteren öğrenciler olduğu görülmektedir. (Heine vd., 2010; Reinert vd., 2015; Schneider vd., 2008; Sullivan vd., 2011). Sayı doğrusu üzerinde tahmin görevi normal gelişim gösteren öğrencilerle daha çok çalışılrsa da bu araştırmaların

öğrenme güçlüğü olan öğrenciler için daha da önemli olduğu söylenebilir. Özellikle matematik öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki tahmin stratejilerinin belirlenmesi ve uygun müdahale programlarının hazırlanması daha sonraki matematik başarısı üzerinde olumlu etkiler bırakabilir. Nitekim çalışmalar sayı doğrusu üzerinde tahmin becerilerinin diğer matematik becerileriyle (sayma, aritmetik beceriler) büyük ölçüde ilişkili olduğunu belirtmektedir (Scneider vd., 2018). Bununla birlikte bu araştırmalarda incelenen değişkenler ve elde edilen bulguların ardından öğrenme güçlüğü olan öğrenciler ile de aynı değişkenleri içeren araştırmaların planladığı görülmektedir (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013). Benzer şekilde, öğrenme güçlüğü olan (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013, Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013) ve olmayan (Heine vd., 2010; Schneider vd., 2008) öğrenciler ile planlanan araştırmalarda aynı örneklem grubunun yer aldığı görülmektedir. Bu araştırmalara dayalı olarak, araştırma bulgularının genellenebilirliğini arttırmak amacıyla farklı örneklem grupları ile gerçekleştirilecek araştırmalara gereksinim olduğunu söylemek mümkündür.

Araştırma sonuçları incelendiğinde, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki tahmin becerilerine yönelik hata ve mutlak hata oranlarının öğrenme güçlüğü olmayan akranlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013). Bu doğrultuda, Newman ve Berger (1984), sayı doğrusunda tahmin etme becerilerinin öğrencilerin strateji kullanımıyla ilişkili olduğunu ve özellikle sayı doğrusu üzerindeki birçok referans noktasını kullanarak tahminlerde bulduklarını belirtmişlerdir. Nitekim çalışmada incelenen araştırma bulguları öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin hedef sayıyı tahmin ederken başlama, orta ve bitiş referans noktalarını akranlarına göre daha az kullandıklarını göstermektedir (Van Viersen vd., 2013; Van't Noorde vd., 2016). Ayrıca, göz izleme aracı ile elde edilen veriler de öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin referans noktalarını daha az kullandıklarını doğrulamaktadır (Van't Noorde vd., 2016). Belirtilen referans noktalarından, özellikle başlangıç referans noktasının öğrenme güçlüğü olan öğrenciler tarafından akranlarına göre daha az kullanıldığı görülmektedir (Schot vd., 2015; Van't Noorde vd., 2016). Öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin orta ve bitiş referans noktaları kullanımı açısından anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmazken, başlangıç referans noktasının kullanımında ortaya çıkan farklılığın açık bir sebebi, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin parça-bütün ilişkisini anlamamalarıyla veya bir birimin (yani bütünün) ne olduğunu anlamamalarıyla ilişkili kavram yanlışlarının bir sonucu olabilir. Bununla birlikte öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki birimleri anlamada zorlanmaları sayı doğrusu üzerindeki referans noktalarını kullanma sürecinde hata yapmalarına neden olabilir (Zhang vd., 2017). Bir bütünü anlamak ya da belirtmek için tipik olarak açık bir sınır oluşturan diğer görsel sunumlardan (örneğin, bir pasta, bir kare) farklı olarak, sayı doğrusunu anlamak için sembollerin kullanılması gereklidir. Diğer yandan başlangıç referans noktasının genel olarak öğrencilerin kullanmaya başladıkları ilk ve en kolay referans noktası olduğu belirtilmektedir (Ashcraft ve Moore, 2012; Rouder ve Geary, 2014; White ve Szucs, 2012). Öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin belirtilen en kolay referans noktasını daha az kullanmalarına rağmen daha zor olarak nitelendirilen orta ve bitiş referans noktaları kullanımında akranlarından farklılaşmaması strateji kullanımı açısından öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin strateji kullanımı gelişiminde akranlarından geri kalmadıklarını göstermektedir (Van't Noorde vd., 2016).

Referans noktaları ile ilişkili diğer bir değişken olarak incelenen uyarlanabilir strateji kullanımı açısından öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrenciler arasında farklılıklar bulunmaktadır (Van't Noorde vd., 2016). Uyarlanabilir strateji kullanımı, tahmin edilecek hedef sayıya yakın olan uygun referans noktasının seçilerek tahminin gerçekleştirilmesidir, diğer bir deyişle, sayısal büyüklükleri küçük olan sayılar için başlangıç, büyük olan sayılar için bitiş ve diğer sayılar için orta referans noktasının seçilmesidir (Newman ve Berger, 1984). Öğrenme güçlüğü olan öğrenciler uyarlanabilir strateji seçiminde sınırlılıklar yaşamaktadırlar, çünkü yaptıkları tahminler ve kullandıkları referans noktaları hedef sayıdan oldukça uzaktır (Van't Noorde vd., 2016). Bu bağlamda, öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin temel aritmetik işlemler konusundaki yetersizliklerinden dolayı hangi referans noktasının hedef sayıya daha yakın olduğunu hesaplayamadıklarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Link vd., 2014). Bu nedenle öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin uyarlanabilir strateji kullanımlarını geliştirecek olası tekniklerin kullanımı içeren araştırmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir. Çünkü öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin becerilerindeki yetersizliğin sadece sayısal büyüklükleri temsil etme becerisinden kaynaklanmadığı aynı zamanda uygun uyarlanabilir strateji seçimi sınırlılığın da etkili olduğu belirtilmektedir (Schot vd., 2015; Van Viersen vd., 2013, Van't Noorde vd., 2016; Van't Noorde ve Kolkman, 2013).

Sayı doğrusu görevlerinin görsel uzamsal işleme ve kapasite gibi bellek yetenekleri gerektirdiği belirtilmektedir (Kolkman vd., 2013). Bu makalede incelenen araştırmalar incelendiğinde görsel uzamsal işleme ve bellek kapasite yeteneklerinin göz önüne alındığı sınırlı araştırmaya rastlanmaktadır (Van Viersen vd., 2013). Bu nedenle öğrenme güçlüğü olan ve olmayan öğrencilerin görsel uzamsal bellek, kısa ve uzun süreli bellek ve dikkat performansları gibi farklı değişkenlerin incelendiği araştırmalar planlanabilir.

ÖNERİLER

Son yıllarda sayı doğrusunda tahmin görevini içeren sayı hissinin matematik eğitiminin odak noktalarından birisi olduğu görülmektedir (Olkun vd., 2015; Reinert vd., 2015; Van't Noordende vd., 2016). Sayı doğrusunda yapılan tahminlerin genel matematik başarısını yordayan bir değişken olması nedeniyle (Geary vd., 2007, 2008, 2009; Sasanguie vd., 2013), öğretmenler sayı doğrusu üzerinde öğrencilerin tahmin becerilerini ölçerek matematik yeterlilikleri hakkında bilgi sahibi olabilir. Bununla birlikte gelecekte araştırmalar öğrencilerin sayı doğrusunda tahmin görevleriyle, matematik problemi çözme (Jordan vd., 2010), geometri ve ölçme (Ayyıldız, 2014), aritmetik işlemler (Booth ve Siegler, 2008) gibi beceriler arasındaki ilişkiyi inceleyebilir. Araştırmacılar öğrencilerin sayı doğrusu üzerinde tahmin becerilerini göz izleme cihazına erişememe durumunda kâğıt kalem testleriyle de değerlendirebilir ve ölçümler arasındaki farkın neler olduğuna bakabilir. Diğer yandan farklı yetenek gruplarında bulunan öğrenciler arasındaki bireysel farklılıkları ortaya çıkarmada önemli bir değişken olduğu belirtilmektedir (Geary, 2008; Landerl, 2013; Van't Noordende ve Kolkman, 2013). Bu nedenle farklı gelişim grubundaki öğrencilerle sayı doğrusu üzerinde tahmin becerisi incelenebilir. Son olarak bu araştırmanın bulgularının ileride ulusal alanyazında yapılacak olan inceleme çalışmalarına katkı sağlayacağı ve hazırlanacak müdahale programlarına ışık tutması beklenmektedir.

Etik Metni

“Bu makalede dergi yazım kurallarına, yayın ilkelerine, araştırma ve yayın etiği kurallarına, dergi etik kurallarına uyulmuştur. Makale ile ilgili doğabilecek her türlü ihlallerde sorumluluk yazarlara aittir.”

Yazar(lar)ın Katkı Oranı Beyanı: Yazarlar, araştırma konusunu belirleme, araştırma modeli, veri toplama, verilerin analizi ve araştırmanın raporlanması görevlerini işbirliği içerisinde eşit katkı oranı ile gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar(lar)ın Destek ve Teşekkür Beyanı: Bu araştırma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen SKB-2022-7416 Kodlu ‘Öğrenme Güçlüğü Olan ve Olmayan Öğrencilerin Sayı Doğrusunda Tahmin Stratejilerinin Göz İzleme Aracı ile İncelenmesi’ isimli Kariyer Başlangıç Projesi kapsamında üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2012). Cognitive processes of numerical estimation in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 111*(2), 246-267. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.08.005>
- Ayyıldız, N. Y. (2014). *İlkokul öğrencilerinin sayı doğrusunda tahmin becerilerinin çeşitli değişkenler açısından karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi.
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 333-339. <https://doi.org/10.1177/00222194050380040901>
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology, 42*(1), 189-201. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.6.189>
- Bryant, D. P., Bryant, B. R., & Hammill, D. D. (2000). Characteristic behaviors of students with LD who have teacher-identified mathweaknesses. *Journal of Learning Disabilities, 33*(2), 168-177. <https://doi.org/10.1177/002221940003300205>
- De Weerd, F., Desoete, A., & Roeyers, H. (2012). Working memory in children with reading disabilities and/or mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 46*(5), 461-472. <https://doi.org/10.1177/0022219412455238>
- De Visscher, A., & Noël, M. (2013). A case study of arithmetic facts dyscalculia caused by a hypersensitivity-to-interference in memory. *Cortex, 49*(1), 50-70. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.01.003>
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-36. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0017.00154>
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology, 20*(3-6), 487-506. <https://doi.org/10.1080/02643290244000239>
- Ebersbach, M., Luwel, K., Frick, A., Onghena, P., & Verschaffel, L. (2008). The relationship between the shape of the mental number line and familiarity with numbers in 5- to 9-year old children: Evidence for a

- segmented linear model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99(1), 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.08.006>
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., Mathes, P. G., & Lipsen, M. W. (2000). Reading differences between. In E. Schiller & S. Vaughn (Eds.), *Research syntheses in special education* (pp. 81–104). Erlbaum.
- Geary, D. C., Bailey, D. H., Littlefield, A., Wood, P., Hoard, M. K., & Nugent, L. (2009). First-grade predictors of mathematical learning disability: A latent class trajectory analysis. *Cognitive Development*, 24(4), 411-429. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.10.001>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78(4), 1343-1359. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: A five-year prospective study. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 206-223. <https://doi.org/10.1037/a0025398>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 277-299. <https://doi.org/10.1080/87565640801982361>
- Heine, A., Thaler, V., Tamm, S., Hawelka, S., Schneider, M., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., Stern, E., & Jacobs, A. M. (2010). What the eyes already 'know': Using eye movement measurement to tap into children's implicit numerical magnitude representations. *Infant and Child Development*, 19, 175-186. <https://doi.org/10.1002/icd.640>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 36-46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x>
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction*, 25, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.12.001>
- Kroesbergen, E., Vanderijt, B., & Vanluit, J. (2007). Working memory and early mathematics: Possibilities for early identification of mathematics learning disabilities. *Advances in Learning and Behavioral Disabilities*, 1-19. [https://doi.org/10.1016/s0735-004x\(07\)20001-1](https://doi.org/10.1016/s0735-004x(07)20001-1)
- Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Dosch, M., Martin, E., and von Aster, M. (2006). Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic children: a functional MRI study. *Behavioral and Brain Functions*, 2-31. <http://dx.doi.org/10.1186/1744-9081-2-31>
- Lafay, A., St-Pierre, M., & Macoir, J. (2017). The mental number line in dyscalculia: Impaired number sense or access from symbolic numbers? *Journal of Learning Disabilities*, 50(6), 672-683. <https://doi.org/10.1177/0022219416640783>
- Landerl, K. (2013). Development of numerical processing in children with typical and dyscalculic arithmetic skills a longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-24. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00459>

- Link, T., Nuerk, H., & Moeller, K. (2014). On the relation between the mental number line and arithmetic competencies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1597-1613. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.892517>
- Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H. (2009). Children's early mental number line: Logarithmic or decomposed linear? *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 503-515. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.02.006>
- Newman, R. S., & Berger, C. F. (1984). Children's numerical estimation: Flexibility in the use of counting. *Journal of Educational Psychology*, 76(1), 55-64. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.76.1.55>
- Olkun, S., Altun, A., Göçer Şahin, S., & Akkurt Denizli, Z. (2015). Deficits in basic number competencies may cause low numeracy in primary school children. *Education And Science*, 40(177). <https://doi.org/10.15390/eb.2015.3287>
- Olkun, S., & Denizli, Z. A. (2015). Using basic number processing tasks in determining students with mathematics disorder risk. Dusunen Adam: *The Journal of Psychiatry and Neurological Sciences*, 47-57. <https://doi.org/10.5350/dajpn2015280105>
- Opfer, J., & Siegler, R. (2007). Representational change and children's numerical estimation. *Cognitive Psychology*, 55(3), 169-195. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2006.09.002>
- Özkubat, U. & Töret, G. (2021). Özel Gereksinimli Bireylerde Göz İzleme Teknolojisi. Töret, G. (Ed), *Özel Gereksinimli Bireylerde Destekleyici İleri Düzey Teknolojiler* (s. 79-98). Nobel Akademik.
- Passolunghi, M. C., & Mammarella, I. C. (2011). Selective spatial working memory impairment in a group of children with mathematics learning disabilities and poor problem-solving skills. *Journal of Learning Disabilities*, 45(4), 341-350. <https://doi.org/10.1177/0022219411400746>
- Peeters, D., Degrande, T., Ebersbach, M., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2016). Children's use of number line estimation strategies. *European Journal of Psychology of Education*, 31(2), 117-134. <https://doi.org/10.1007/s10212-015-0251-z>
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., Dehaene, S., & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.03.012>
- Reinert, R. M., Huber, S., Nuerk, H., & Moeller, K. (2015). Strategies in unbounded number line estimation? Evidence from eye-tracking. *Cognitive Processing*, 16(S1), 359-363. <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0675-z>
- Rouder, J. N., & Geary, D. C. (2014). Children's cognitive representation of the mathematical number line. *Developmental Science*, 17, 525-536. <https://doi.org/10.1111/desc.12166>
- Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P., & Von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, 47(13), 2859-2865. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.009>
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., Jacobs, A. M., & Stern, E. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Cognitive Development*, 23(3), 409-422. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2008.07.002>

- Schneider, M., Merz, S., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2018). Associations of number line estimation with mathematical competence: A meta-analysis. *Child Development, 89*(5), 1467-1484. <https://doi.org/10.1111/cdev.13068>
- Schot, W. D., Van Viersen, S., Van't Noordende, J. E., Slot, E. M., & Kroesbergen, E. H. (2015). Strategiegebruik op de getallenlijntaak geanalyseerd met behulp van eye-tracking [Strategy use on the number line task analyzed using eye-tracking]. *Pedagogische Studien, 92*, 55–69.
- Sella, F., Berteletti, I., Brazzolotto, M., Luncageli, D., & Zorzi, M. (2013). Number line estimation in children with developmental dyscalculia. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal, 11*(2), 41–49.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*(2), 428-444. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x>
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The Development of Numerical Estimation: Evidence for Multiple Representations of Numerical Quantity. *Psychological Science, 14*(3), 237-250. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.02438>
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number board games—but not circular ones—improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology, 101*(3), 545-560. <https://doi.org/10.1037/a0014239>
- Sullivan, J. L., Juhasz, B. J., Slattery, T. J., & Barth, H. C. (2011). Adults' number-line estimation strategies: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*(3), 557-563. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0081-1>
- Van't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2013). Getallenlijnschatten door kinderen met en zonder rekenproblemen: Accuratesse, representaties en strategiegebruik [Number line estimation in children with and without math learning problems: Accuracy, representations and strategy use]. *Orthopedagogiek: Onderzoek En Praktijk, 52*, 322–335.
- Van't Noordende, J. E., Van Hoogmoed, A. H., Schot, W. D., & Kroesbergen, E. H. (2015). Number line estimation strategies in children with mathematical learning difficulties measured by eye tracking. *Psychological Research, 80*(3), 368-378. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0736-z>
- Van Viersen, S., Slot, E. M., Kroesbergen, E. H., Van't Noordende, J. E., & Leseman, P. P. (2013). The added value of eye-tracking in diagnosing dyscalculia: A case study. *Frontiers in Psychology, 4*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00679>
- White, S. L., & Szucs, D. (2012). Representational change and strategy use in children's number line estimation during the first years of primary school. *Behavioral and Brain Functions, 8*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-8-1>
- Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In D. Coch, G. Dawson, & K. W Fischer (Eds.), *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development* (pp. 212–238). The Guilford Press.
- Wolery, M., Bailey, D. B., & Sugai, G. M. (1988). *Effective teaching principles and procedures of applied behavior analysis with exceptional students*. Allyn & Bacon.

Zhang, D., Stecker, P., & Beqiri, K. (2017). Strategies students with and without mathematics disabilities use when estimating fractions on number lines. *Learning Disability Quarterly*, 40(4), 225-236.
<https://doi.org/10.1177/0731948717704966>