



Fen Başarısını Yordayan Özelliklerin Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (SRA) Yöntemiyle Belirlenmesi: TIMSS 2015 Türkiye Örneği

İzzettin Aydoğan ¹, Selahattin Gelbal ²

Öz

Çalışmada, Türkiye’de öğrenim gören sekizinci sınıf öğrencilerinin fen başarılarını yordayan öğrenci, öğretmen ve okul niteliklerinin neler olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada TIMSS 2015 uygulaması verileri kullanılmış olup, araştırmanın çalışma gurubunu bu uygulamaya katılan 218 okuldan 6079 öğrenci ve 220 öğretmen oluşturmuştur. Veri toplama araçları olarak, TIMSS 2015 uygulamasında kullanılan sekizinci sınıf fen başarı testi; öğrenci ve öğretmenlere uygulanan öğrenci, öğretmen ve okul özelliklerini yansıtan ölçekler kullanılmıştır. Öğrencilerin okullar içinde yuvalandığı çok düzeyli veri yapısı söz konusu olduğundan; oluşturulan model, çok düzeyli veri yapılarının sınıflandırma ve regresyon ağacı (SRA) yöntemiyle çözümlenmesini sağlayan RE-EM algoritması aracılığıyla analiz edilmiştir. Modelin yordanan değişkenini öğrencilerin fen başarı puanları; yordayıcı değişkenlerini ise, belirtilen ölçeklerle ifade edilen öğrenci, öğretmen ve okul özelliklerine ait on yedi nitelik oluşturmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, on yedi yordayıcı değişkenden beşinin öğrencilerin fen başarısını yordadığı saptanmış olup, bunlar; öğrencilerin öz-yeterliği, zorbalığa maruz kalma, öğrencilerden kaynaklanan sorunlar, okul disiplini ve güvenliği ve okulda başarıya verilen önem şeklinde sıralanmıştır. Öz-yeterlik inancı, maruz kalınan zorbalık düzeyi, okullarında başarıya verilen önem, okullarındaki disiplin ve güvenlik önlemlerinin yüksek olduğu ve öğretmenlerin öğrenciden kaynaklanan sorunları daha yüksek düzeyde nitelendirdikleri öğrencilerin daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Fen başarısı
Yordayıcı unsurlar
Öğrenci, öğretmen ve okul özellikleri
Sınıflandırma ve regresyon ağacı (SRA)
RE-EM algoritması

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 14.01.2020
Kabul Tarihi: 25.11.2021
Elektronik Yayın Tarihi: 19.01.2022

DOI: 10.15390/EB.2022.9368

¹ Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, ayd.izzet@gmail.com

² Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, gelbal@hacettepe.edu.tr

Giriş

Bilim; belirli bir alandaki varlık ve olayları inceleme, açıklama, ilişkili ilkeler oluşturma ve tüm bu özellikler aracılığıyla kestirimler yapabilme olgusu olarak ifade edilmektedir. Fen bilimleri de bir bilim dalı olarak aynı amaçla ilgilenir ve doğadaki varlık ve olayları sistematik olarak inceleme, araştırma ve bunlarla ilgili ilkeler belirleme gayreti olarak tanımlanmaktadır. Bireylerin yaşadıkları çevre ve yaşam koşullarına uyum sağlamaları; içinde buldukları ortamı iyi tanıma ve olgular arasındaki neden-sonuç ilişkisinden yararlanarak çıkarım yapma gibi özellikleri öğrenmelerine bağlı olmaktadır (Kaptan ve Korkmaz, 2001).

Teknoloji çağı olarak tasvir edilen günümüzde, eğitim sistemlerindeki temel amaç; öğrencilerin yaşadıkları çevreye adapte olmaları adına, bilgi aktarımından ziyade, bilgiye ulaşma becerileri kazandırmak olmalıdır. Bu durum ise ancak kavrama, uygulama, problem çözme, süreç yönetimi gibi üst düzey davranışlar kazandırmakla mümkün olacaktır. Bu becerilerin kazandırılmasının elverişli olduğu derslerin başında fen dersleri gelmektedir (Bayrak ve Erden, 2007; Kaptan ve Korkmaz, 2001). Fen derslerinde, bireylerin yaşadığı çevre ve yaşam koşullarını bilimsel açıdan araştırıp değerlendirmeleri esas alınır. Fen okuryazarı olan bireyler; temel ahlaki değerleri kullanabilme, sentez yapabilme, sorgulama, doğal olayları çözümlenme, akıl yürütme ve yaratıcı olma gibi özelliklere sahip olmaktadır (Kaptan ve Korkmaz, 2001).

Diğer taraftan, tüm bilimsel ve teknolojik gelişmelerin kaynağı olarak kabul edilen fen bilimlerindeki yenilik ve keşifler, ülkelerin gelişiminde önemli ölçüde katkı payına sahip olmaktadır. Bilimsel, dinamik ve üretken mantıkla yetiştirilen bireyler, nitelikli insan gücü etiketine sahip olma ve yaşadığı toplumları çağın gereksinimlerine karşılık verecek yeniliklerle buluşturmaktadırlar. Dolayısıyla, belirtilen özellikteki bireylerden oluşan toplumlar birçok alanda kalkınma ve ilerleme sağlamaktadır. Bu sürecin gerçekleşmesinde yine fen eğitiminin rolü oldukça önemlidir (Hançer, Şensoy ve Yıldırım, 2003).

Belirtilen bu durumlar, fen eğitimi alanına yönelik çalışmaların yapılması ve fen eğitiminin niteliğinin artırılması uğraşlarını ihtiyaç haline getirmektedir (Ayas, 1995; Ayas, Çepni ve Akdeniz, 1993; Bayrak ve Erden, 2007). Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere neredeyse tüm toplumlar, fen ve teknoloji eğitimini büyük ölçüde önemsemekte ve daha iyi olma yolunda birbirleriyle yarışmaktadırlar (Bayrak ve Erden, 2007). Bu bağlamda, fen eğitiminin niteliği ve etkisini incelemek, farklı ülkelerdeki program uygulayıcılarını bilgilendirmek ve farklı uygulamalardaki başarıları ilişkilendirerek en iyi olanı ortaya koymak adına geçmişten günümüze düzenli olarak, uluslararası ölçme ve değerlendirme uygulamaları yapılmaktadır (Kılıç, 2002).

Özellikle fen ve matematik alanlarında, ülkelerin kendi eğitim çıktılarını değerlendirme ve diğer dünya ülkeleriyle karşılaştırması amacıyla yapılan uygulamalardan biri TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) sınavlarıdır. TIMSS, merkezi Hollanda'da bulunan IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) tarafından organize edilmektedir. TIMSS araştırmalarında öğrencilerin çok yönlü becerilerinin belirlenmesi amaçlanır. Araştırmalar, dördüncü ve sekizinci sınıf düzeyindeki öğrenciler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Araştırmaya katılacak öğrenciler ülkeyi temsil edecek şekilde rastgele seçilmekte olup, uygulamalar dört yılda bir yapılmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). TIMSS araştırmalarına son zamanlarda yaklaşık altmış ülke katılmaktadır (Hooper, Mullis ve Martin, 2013). Her uygulama öncesi, kullanılacak ölçme araçlarının nitelik, kapsam ve prosedürü alan uzmanları ve ülke temsilcilerinin katıldıkları toplantılarla belirlenmekte ve düzenlenmektedir (MEB, 2016). Ölçme araçları olarak, matematik ve fen başarı testlerinin yanı sıra öğrenci, öğretmen ve okul ortamlarının sosyal ve duyuşsal özelliklerinin ölçülmesi için tasarlanmış ölçekler kullanılmaktadır (Hooper vd., 2013; MEB, 2016).

Fen okuryazarlığının gerek bireysel anlamda sağladığı nitelik ve kazanımları; gerekse toplumsal anlamda ülkelerin bilimsel, teknolojik ve sosyolojik gelişimlerinde üstlendiği rol dikkate

alındığında, fen eğitimi ve gelişiminin önemi açık şekilde anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, uluslararası ölçekli sınavların fen eğitimlerinin kapsam ve niteliğinin geliştirilmesinde, dünya ülkeleri açısından hem ülke içinde hem de diğer ülkeler arasında gerekli değerlendirme ve karşılaştırmaların yapılmasına olanak sağladığı görülmektedir. Bu bağlamda, bu araştırmadan elde edilecek sonuçların fen eğitimi ve gelişimine ayrıca fen eğitiminin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Literatürde, araştırmanın problem durumu ve veri yapısına benzer problem durumu ve veri özellikleri üzerinden, farklı yıllarda gerçekleştirilmiş olan PISA (Programme for International Student Assessment) ve TIMSS uygulamalarının verilerinden yararlanılarak yürütülmüş çalışmalar (Anıl, 2009; Atar ve Atar, 2012; Beese ve Liang, 2010; Chen, Lin, Wang, Lin ve Kao, 2012; Forbes, Neumann ve Schiepe-Tiska, 2020; Gee ve Wong, 2012; Kaya ve Doğan, 2017; Mohtar, Halim, Samsudin ve Ismail, 2019; Wiberg ve Rolfsman, 2019) mevcuttur. Bu çalışmalarda literatüre paralel olarak; hiyerarşik doğrusal (lineer) model (HLM), yapısal eşitlik modeli (YEM), çoklu regresyon, lojistik regresyon, ANOVA, *t* testi gibi analiz teknikleri kullanılarak öğrencilerin fen başarılarını yordayan ya da fen başarıları ile ilişkili olan özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın sağlayacağı katkılardan biri, bu tekniklerden farklı olarak yordayıcı unsurların belirlenmesinde sınıflandırma ve regresyon ağacı (SRA) yönteminin kullanılması ve bu yöntemin avantajlarından yararlanılması olacaktır. SRA yönteminin sağlayacağı avantajları; belirlenen yordayıcı unsurları kolay anlaşılabilen görsel bir çıktı ile sunması, diğer analiz tekniklerinden farklı olarak parametrik veri yapısı gerektirmemesi, çıktıların kesme puanları ile sınıflandırılarak yorumlanması şeklinde sıralamak mümkündür. Fen başarısını yordayan özelliklerin belirlenmesi amacıyla, SRA yöntemiyle gerçekleştirilen çeşitli çalışmalara (Alivernini ve Manganelli, 2012; Depren, 2018; Gomes ve Jelihovschi, 2019) da rastlanmaktadır. Bu araştırmanın, belirtilen çalışmalardan farklı olarak; çok düzeyli veri yapısının analiz edilmesi, çıktıların kesme puanları aracılığıyla yorumlanması, oluşturulan modelin içerdiği değişken türleri nitelikleriyle alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yukarıda ifade edilen gerekçe ve özelliklere dayalı olarak bu çalışmayla, Türkiye örneklemini oluşturan sekizinci sınıf öğrencilerinin fen başarılarını yordayan; öğrenci, öğretmen ve okul ortamlarına ait özelliklerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırmada öğrenci, öğretmen ve okul özelliklerini yansıtan değişkenler bağlamında, "Türkiye'de öğrenim gören sekizinci sınıf öğrencilerinin fen başarılarını yordayan unsurlar (değişkenler) ve bu unsurlara (değişkenlere) ait özellikler nelerdir?", sorusuna cevap aranacaktır. Araştırmanın problem durumuna bağlı olarak, analiz edilen veri yapısı, çözüme yönelik oluşturulan istatistiksel modelin kapsamı ve yukarıda özetlenen ve detaylarına araştırmanın yöntem kısmında ayrıca yer verilen, kullanılan istatistiksel tekniğin sahip olduğu özelliklerin çalışmayı önemli ve anlamlı kılacağı savunulmaktadır.

Yöntem

Araştırma Türü

Yordayıcı değişkenler aracılığıyla yordanan değişken olan öğrencilerin fen başarısını yordayan unsurlar ve bu unsurlara ait özelliklerin belirlenmesinin amaçlandığı bu araştırma bir korelasyonel (ilişkisel) araştırma olmaktadır. Korelasyonel araştırmalarda, iki değişken arasında önemli ölçüde ilişki söz konusuysa, değişkenlerin birinden yola çıkarak diğerinin yordanması sağlanır (Fraenkel ve Wallen, 2006). Araştırmadaki yordayıcı değişken sayısı iki ya da daha fazla ise, araştırmanın deseni çok faktörlü yordayıcı korelasyonel desen olarak ifade edilmektedir (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2014).

Çalışma Grubu

Çalışmanın verileri TIMSS 2015 uygulaması yanıtlarından elde edilmiş olup, uygulamada esas alınan örnekleme süreci iki aşamalı tabakalı örnekleme yöntemi esasına dayanmaktadır. Birinci aşamada, öğrenci sayılarına göre olasılıklara dayanarak okullar seçilmiş; ikinci aşamada ise ilk aşamada seçilen okulların bir ya da iki sınıfı seçkisiz olarak belirlenmiştir (LaRoche, Jonkas ve Foy, 2016).

Çalışmada, TIMSS 2015 uygulaması Türkiye örneklemini oluşturan sekizinci sınıf öğrencileri verileri ve bu öğrencilerin öğretmenlerine ait veriler kullanmıştır. Bu doğrultuda çalışma, uygulamaya katılan 218 okuldan 6079 öğrenci (%48 kız, %52 erkek) ve 220 öğretmen (%47 kadın, %53 erkek) üzerinden yürütülmüştür. Türkiye’de sekizinci sınıfta öğrenim gören toplam öğrenci sayısı 1,187,893 (%48.3 kız; %51.7 erkek) ‘tür (MEB, 2016).

Veri Toplama Araçları

Çalışmanın veri toplama araçlarını, TIMSS 2015 uygulamasında kullanılan fen başarı testi, öğrenci ve öğretmenlere uygulanan ölçekler oluşturmaktadır. Geliştirilen modelin yordanan değişkenini öğrencilerin başarı testinden aldıkları fen puanları; yordayıcı değişkenlerini ise öğrenci, öğretmen ve okul özelliklerini yansıtan ölçeklerden elde edilen toplam puanlar oluşturmaktadır (TIMSS ve PIRLS, 2019).

Öğrenci özellikleri, öğrencilerin ilgili ölçek maddelerine verdikleri yanıtlardan; öğretmen özellikleri, öğretmenlerin ilgili ölçek maddelerine verdikleri yanıtlardan; okul özellikleri hem öğretmen hem de öğrencilerin ilgili ölçeklere verdiği yanıtlardan oluşmaktadır. TIMSS 2015 uygulamasında yer alan ve araştırmaya dahil edilen öğrenci özellikleri; duyuşsal alan (tutum, öz-yeterlik, öğrenme değeri), öğretim etkinlikleri, okula aidiyet duyma ve zorbalığa maruz kalma boyutlarıyla ifade edilmektedir. Okul ve öğretmen özellikleri ise; genel ve fen dersine yönelik kaynak sorunları, okul disiplini ve güvenliği, okul koşulları, okulda başarıya verilen önem, öğretmenlerin meslek doyumunu, öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar, güvenli ve düzenli okul ortamı, öğrencilerden kaynaklanan sorunlar, öğrencileri bilimsel araştırmaya yönlendirme, öğretmenlerin öz-yeterliği boyutlarıyla ifade edilmektedir (Hooper vd., 2013).

Ölçeklerde yer alan her bir madde yanıtama derecesine göre 1 ile 4 puan aralığında (en az 1, en çok 4) puanlanmıştır. Dolayısıyla her ölçek düzeyinde alınabilecek en düşük toplam puan ölçeğin madde sayısı kadar olmaktadır. Fen dersine yönelik kaynak sorunları ölçeği 5; okula aidiyet duyma, okul koşulları, öğretmenlerin meslek doyumunu ve öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçekleri 7; öz-yeterlik, öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar ve güvenli ve düzenli okul ortamı ölçekleri 8; tutum, öğrenme değeri, zorbalığa maruz kalma ve genel kaynak sorunları ölçekleri 9 maddeden oluşmaktadır. Benzer şekilde, öğretim etkinlikleri ve öğretmenlerin öz-yeterliği ölçekleri 10; okul disiplini ve güvenliği ölçeği 11; bilimsel araştırmaya yönlendirme ölçeği 15 ve okulda başarıya verilen önem ölçeği 17 maddeden oluşmaktadır. Diğer taraftan öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçeği üçlü Likert tipi yanıtama özelliğinde olup diğer tüm ölçekler dördümlü Likert tipi yanıtama özelliğine sahiptir. Bu bağlamda, fen dersine yönelik kaynak sorunları ölçeğinden alınabilecek en yüksek toplam puan 20; öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçeğinden 21; okula aidiyet duyma, okul koşulları ve öğretmenlerin meslek doyumunu ölçeklerinden 28; öz-yeterlik, öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar ve güvenli ve düzenli okul ortamı ölçeklerinden alınabilecek en yüksek puan 32 olmaktadır. Tutum, öğrenme değeri, zorbalığa maruz kalma ve genel kaynak sorunları ölçeklerinden alınabilecek en yüksek toplam puan 36; öğretim etkinlikleri ve öğretmenlerin öz-yeterliği ölçeklerinden 40; okul disiplini ve güvenliği ölçeğinden 44; bilimsel araştırmaya yönlendirme ölçeğinden 60 ve okulda başarıya verilen önem ölçeğinden 68 puandır. Araştırmada kullanılan bazı ölçeklerde yer alan maddeler ters cevap özelliğindedir (diğer maddeler olumlu yapıdayken olumsuz ya da diğer maddeler olumsuz yapıdayken olumlu). Bu maddelere verilen yanıtlar ölçek maddelerinin genel yapısına göre yeniden kodlanarak değerlendirilmiştir. Yapılan düzenlemelerden sonra her bir ölçekten elde edilen toplam puanın yorumlanması; ölçek puanlarının artması, ilgili niteliğin de artıyor olduğu anlamına gelmektedir, şeklinde olacaktır (Martin vd., 2016).

TIMSS 2015 uygulamasında yer alan her bir ülke verisi için, ölçeklerden elde edilen ölçümlerin güvenilirliği Cronbach alfa tekniği; ölçeklerde yer alan maddelerin oluşturduğu faktör yapısı ise temel bileşenler analizi yöntemi ile araştırılmış olup, araştırmaya konu olan Türkiye örnekleminde ulaşılan değerlere Tablo 1’de yer verilmiştir (Martin vd., 2016).

Tablo 1. Ölçeklere Ait Güvenirlik ve Faktör Yükleri Değerleri

Ölçekler	Cronbach alfa	Faktör yükleri	
		Min.	Maks.
Tutum	.88	.54	.85
Öz-yeterlik	.84	.65	.75
Öğrenme değeri	.90	.62	.82
Öğretim etkinlikleri	.91	.58	.83
Okula aidiyet duyma	.78	.52	.74
Zorbalığa maruz kalma	.81	.54	.75
Genel kaynak sorunları	.88	.53	.71
Fen dersine yönelik kaynak sorunları	.88	.43	.80
Okul disiplini ve güvenliği	.95	.71	.88
Okul koşulları	.88	.59	.85
Okulda başarıya verilen önem	.89	.46	.78
Öğretmenlerin meslek doyumu	.88	.54	.88
Öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar	.72	.33	.81
Güvenli ve düzenli okul ortamı	.88	.69	.80
Öğrencilerden kaynaklanan sorunlar	.71	.55	.74
Bilimsel araştırmaya yönlendirme	.85	.47	.87
Öğretmenlerin öz-yeterliği	.88	.57	.82

Ölçüm değerlerinin güvenirliliğinin kabul edilebilir düzeyde olması, Cronbach alfa değerinin .70'den büyük olması durumunda sağlanmaktadır (George ve Mallery, 2003). Ölçeklerde yer alan maddelerin, ölçeğin oluşturduğu faktör yapısını temsil ettiğinin göstergesi ise faktör yüklerinin .30'dan büyük olmasıdır (Stevens, 2002). Tablo 1'de yer verilen değerler incelendiğinde, her bir ölçek için ölçüm değerlerinin güvenirlilik ölçütünü sağladığı ve her bir ölçekte yer alan maddelerin ilgili faktör yapısını temsil ettiği gözlenmektedir.

Verilerin Analizi

Araştırma verilerinin analizi amacıyla oluşturulan modelin yordanan değişkeni öğrencilerin fen başarı testinden aldıkları puanlar olmuştur. Yordayıcı değişkenleri ise, öğrenci ve öğretmenlerin yanıtladıkları ölçeklerle ifade edilen duyuşsal alan (tutum, öz-yeterlik, öğrenme değeri), öğretim etkinlikleri, okula aidiyet duyma, zorbalığa maruz kalma, genel ve fen dersine yönelik kaynak sorunları, okul disiplini ve güvenliği, okul koşulları, okulda başarıya verilen önem, öğretmenlerin meslek doyumu, öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar, güvenli ve düzenli okul ortamı, öğrencilerden kaynaklanan sorunlar, öğrencileri bilimsel araştırmaya yönlendirme, öğretmenlerin öz-yeterliği olarak on yedi ölçek puanı oluşturmaktadır.

Fen başarı puanları, TIMSS 2015 uygulamasında hesaplanan beş farklı olası değer (plausible value) ortalaması alınarak elde edilmiştir. İkincil analizlerde (secondary analysis) olası değerlerin herhangi bir tanesi ya da ortalamasının kullanılmasının yansız tahminler üretemeyebileceği ya da yanlış standart hatalar üretebileceği vurgulanmaktadır (OECD, 2009; Rutkowski, Gonzalez, Jonkas ve Von Davier, 2010). Ancak Birleşik Krallık (UK)'a ait PISA 2015 verilerini inceleyen Benton (2019), aynı grupta değerlendirilen İngiltere ve Kuzey İrlandalı öğrencilerin yetenek dağılımlarının çok yakın olmasına rağmen olası değer dağılımlarının farklı olduğunu ve bu durumun vurgulanan görüşle tutarlı olmadığını belirtmiştir. Diğer taraftan, Aparicio, Cordero ve Ortiz (2021); Laukaityte ve Wiberg (2017) ve Marchant (2015) yapmış oldukları çalışmalarla, olası değerlerin ortalaması alınarak oluşturulan değerler, diğer tüm olası değerler kullanılarak elde edilen sonuçlara göre farklı standart hata ve varyans ölçüleri üretmesine rağmen kestirimlerin çok yakın olması nedeniyle çıktı (output) değişkeni olarak kullanılabileceğine işaret etmektedirler.

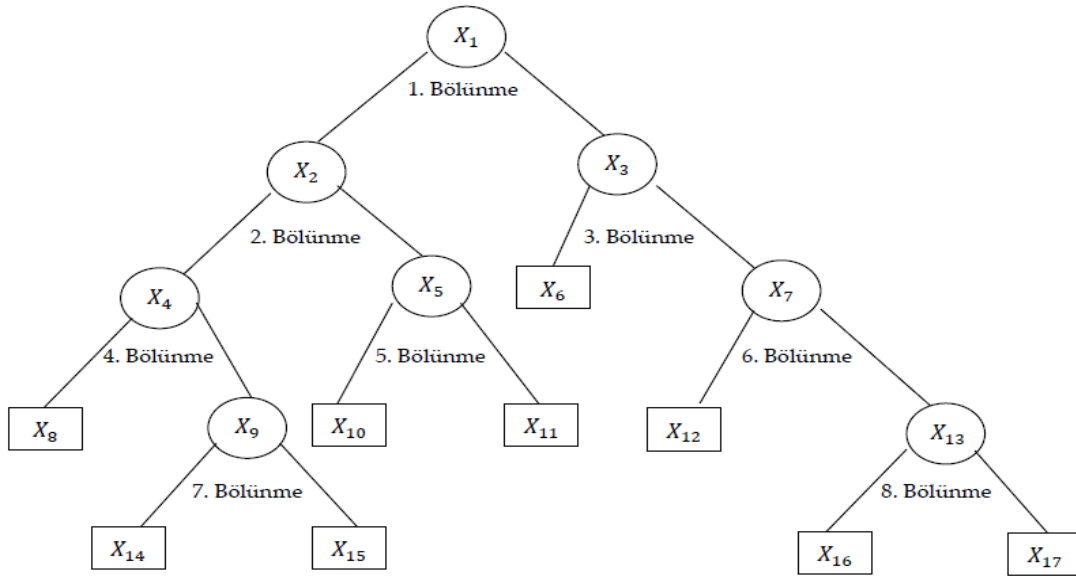
Ayrıca olası puanların ortalamasının kullanılmasının uygun olup olmadığını sınamak üzere, beş olası değer için yapılan temel bileşenler analiziyle elde edilen regresyon faktör katsayıları ile ortalama olası puanlar arasındaki ilişki korelasyon tekniğiyle analiz edilmiştir. Beş adet olası değer için temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen regresyon faktör katsayıları ile beş adet olası değer için ortalamaları alınarak elde edilen ortalama puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde bir ilişki ($r=1.00$, $p<.05$) olduğu saptanmıştır (Ceyhan, 2020).

Verilerin kümeler içinde yuvalanmış (nested within clusters) yapıda olması nedeniyle çok düzeyli veri yapılarının analizi için geliştirilmiş SRA temelli algoritmalarından biri olan RE-EM (Random Effect-Expectation Maximization) algoritması (Sela ve Simonoff, 2012) kullanılarak, SRA yöntemi esasıyla analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilerin kümelenme kriteri olarak okul düzeyi esas alınmıştır. Bu çerçevede oluşturulan modelin çözümlenmesi; R programı nlme (Pinheiro vd., 2021), REEMtree (Sela, Simonoff ve Jing, 2021), rpart (Therneau, Atkinson ve Ripley, 2019), rpart.plot (Milborrow, 2021) paketleri aracılığıyla sağlanmıştır.

SRA analizinden önce, verilerin analize hazırlanması aşamasında ilk olarak, aynı ölçek maddeleri ayrıştırılarak ters cevap özeliğinde olan maddeler tespit edilmiş ve ölçek puanlarının daha anlaşılır olması için bazı ölçeklerde ters puanlama yöntemiyle (1-4, 2-3, 3-2, 4-1 şeklinde) (Tezbaşaran, 2008) puanlamanın yönü değiştirilmiştir. Daha sonra aykırı değer ve kayıp veri analizleri yapılarak bu değerler belirlenmiş ve ilgili düzenlemeler yapılmıştır. Her bir değişken düzeyinde ulaşılan kayıp veri değerleri %5 değerinden küçük (%.5 ile %2.5 değerleri arasında) olup, veri tamamlama prosedürü tercih edilmiştir (Schafer, 1999). Kayıp veri dağılımlarının bazıları raslantısal (random), bazıları ise raslantısal olmayan (sistemik) düzeyde gözlenmiş olup, kayıp veriler en yakın ortalama değer atama ve regresyon eşitliği ile değer atama yöntemleriyle tamamlanmıştır (Karaatlı, 2014). Bu işlemden sonra her bir ölçek düzeyi için toplam puanlar hesaplanarak SRA modelinin yordayıcı değişkenleri elde edilmiştir.

Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (SRA)

Karar ağaçları (decision trees) yöntemlerinden biri olan SRA, sınıflandırma ya da regresyon tipi problemlerin çözümü amacıyla kullanılan geleneksel karar ağacı yöntemlerine bütünlük kazandırarak, iki tipteki problemlerin tek teknikte çözümlenmesi olanağı sağlamıştır (Trendowicz ve Jeffery, 2014). SRA yöntemi, parametrik regresyon tekniklerinin varsayımları arasında yer alan normallik, doğrusallık, homojenlik vs. gibi herhangi bir varsayım gerektirmemekle birlikte, yordanan değişken sürekli olduğunda çok değişkenli regresyon analizine; yordanan değişken kategorik (binary) olduğunda ise lojistik regresyon analizine alternatif olarak kabul edilmektedir (Kayri ve Boysan, 2008). SRA, yordanan değişkenin yapısına göre farklı isimlerle adlandırılmaktadır; yordanan değişken sürekli olduğunda Regresyon Ağacı (Regression Tree; RT), kategorik olduğunda ise Sınıflandırma Ağacı (Classification Tree; CT) adını almaktadır (Chang ve Wang, 2006). SRA yöntemiyle oluşan karar ağacı yapısına Şekil 1’de yer verilmiştir.



Şekil 1. SRA Yöntemi Ağaç Yapısı (Breiman, Friedman, Olshen ve Stone, 1984, s. 21)

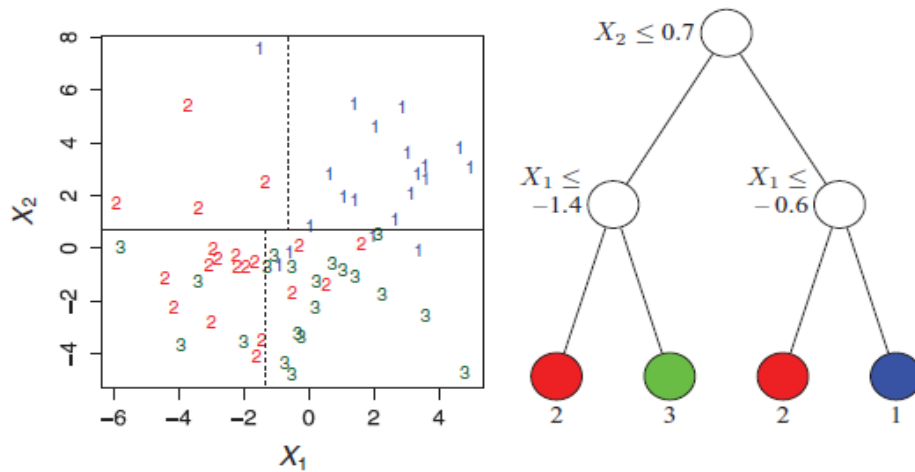
SRA yönteminde, yordanan değişkenle ilişkili görülen yordayıcı değişkenler ilişkisinin düzeyine göre, güçlü ilişkiden başlamak koşuluyla üstten alta doğru sıralanan ağaç dallanmasına benzer bir modelleme esas alınmaktadır. Gözlemler arasında farklılaşmanın anlamlı ve güçlü olduğu savunulan değişkenler düğüm olarak tarif edilen yapılarla ifade edilmektedir. Gözlemlerin, düğüm noktalarında yer alan değişkenlerin özelliklerine göre bir kesme puanıyla; kendi içlerinde homojen, gruplar arasında ise heterojen olacak şekilde iki gruba ayrılarak bölünmeleri sağlanır. Bu bölünmeler ağaç yapısındaki dallanmalar olarak ifade edilir. Gözlemlerin gruplara atanmaları o grupta yer alma olasılığına bağlı hesaplamalara dayanır. Alt basamaklarda yer alan düğümlerde bu işlemler tekrar eder ve gözlemler arasındaki anlamlı ve güçlü düzeyde farklılaşmanın sona erdiği değişken itibarıyla de bölünme sona erer, dolayısıyla ağaç yapısı tamamlanmış olur (Breiman vd., 1984).

Parametrik regresyon yöntemlerinde ihtiyaç duyulan normalite, homojenlik, doğrusallık vs. gibi varsayımları gerektirmemesi; parametrik yöntemlerin çözüm üretmediği durumlarda başarılı performans sergilemesi; değişkenler arasında meydana gelebilecek doğrusal veya doğrusal olmayan etkileşimleri dikkate alan algoritmalara sahip olması; parametrik yöntemlerde olduğu gibi verinin analize hazırlanması aşamasında yapılan işlemlere gerek duymaması gibi özellikler SRA yönteminin avantajları arasında görülmektedir (Yamauchi, Ono, Baba ve Ikegami, 2001). Kayıp veri bulunan veri gruplarında eksik olan verilerin benzer veri özelliklerini taklit etme esasına göre tamamlanması, kayıp verilerle çalışma özelliği kazandırır (Speybroeck, 2012). Ayrıca aykırı (ekstrem) değerlere karşı dayanıklı bir yöntemdir (Timofeev, 2004). Modelin bir diyagram (şekil) çıktısı ile ifade edilmesi, sağladığı görsellik ve yorum açısından diğer bir avantajı olarak görülmektedir (Breiman vd., 1984). Veri setindeki birkaç gözlemin eksilmesi ya da artırılması öğrenme yapısını değiştirebileceğinden köklü değişikliklerle karşılaşılabilir veya kontrolünün iyi düzeyde sağlanmaması durumunda, veri yapısındaki sınıflandırmaları oluşturabilmek adına oldukça fazla sayıda bölünmeler ve düğümler üretebileceği gibi durumlar ise dezavantajları arasında görülmektedir (Timofeev, 2004).

SRA metodolojisinde ağaç oluşturma ve geliştirme süreci üç adımda gerçekleşmektedir (Liau ve Wiener, 2002; Timofeev, 2004):

1. Ayarlamalarla en güçlü ağaç yapısına ulaşılması,
2. Ağaç boyutunun belirlenmesi,
3. Geliştirilen ağaç kullanılarak yeni verilerin sınıflandırılması.

İlk adımda, güçlü ağaç yapısını oluşturmak için en iyi bölünmelerin gerçekleşmesi gerekir. Bölme algoritmaları sınıflandırma ağaçları (SA) ve regresyon ağaçları (RA) için farklılaşmaktadır. Sınıflandırma ağaçlarında bölünmeler düğümlerde yer alacak grupların maksimum homojenliğini sağlamayı amaçlar (Timofeev, 2004). Sınıflandırma ağaçlarında, gözlemlerin yer alacağı düğümleri homojen yapıya dönüştürmeyi amaçlayan safsızlık fonksiyonu olarak kullanılan yaygın algoritmalar; yanlış sınıflandırma hatası (misclassification error), gini, twoing ve entropy indeksleridir (Moisen, 2008). Regresyon ağaçlarında ise bölünme, elde edilen iki düğüm için beklenen toplam varyansların en aza indirilmesini sağlayan algoritmalar aracılığıyla gerçekleşir (Timofeev, 2004). Regresyon ağaçlarında, düğümlerdeki gözlenen değerlerin varyansını minimize etmek için kullanılan yaygın algoritmalar; en küçük kareler (least squares) ve en az mutlak sapmalar (least absolute deviations) indeksleridir (Moisen, 2008).



Şekil 2. SRA Yönteminde Bölünme ve Gözlemlerin Sınıflandırılması (Loh, 2011, s. 14)

SRA yönteminde düğümlerin nasıl bölündüğüne ve gözlemlerin düğümlere nasıl yerleştiğine yönelik ayrıntılar, Şekil 2’de sunulan görsel yardımıyla açıklanmıştır. X_2 düğümünde yer alan bir x gözlemi için hesaplanan indeks değeri $\leq .7$ olduğunda sol X_1 düğüme, $> .7$ olduğunda sağ X_1 düğüme atanarak bölünme gerçekleşir. Eğer x gözlemi sol X_1 düğümünde yer alıyor ve hesaplanan indeks değeri ≤ -1.4 oluyorsa 2 numaralı düğüme, > -1.4 oluyorsa 3 numaralı düğüme yerleşir. Eğer x gözlemi sağ X_1 düğümünde yer alıyor ve hesaplanan indeks değeri $\leq -.6$ oluyorsa 2 numaralı düğüme, $> -.6$ oluyorsa 1 numaralı düğüme yerleşir (Loh, 2011).

Elde edilen ağaç yapısı oldukça karmaşık olabilmekte ya da fazla sayıda düğümden oluşabilmektedir. Bununla birlikte aşırı öğrenme ya da düşük düzeyde tahminler üretme gibi sorunlarla karşılaşılabilir. İkinci adımda, en iyi ağaç boyutunun (büyüklüğünün) sağlanması amaçlanır. Uygun ağaç büyüklüğünün sağlanmasında yaygın olarak kullanılan iki yöntem söz konusudur. Bu yöntemlerden ilki, düğümlerin homojenlik seviyesini ifade eden ve altında bölünme yapılmayacak şekilde bir eşik değerinin belirlenmesidir. Diğer yöntem ise, minimum düğüm sayısına kadar aşırı büyüyen bir ağacın budanarak optimal büyüklüğün sağlanmasıdır (Moisen, 2008). Optimal büyüklüğe ulaşmak için her bir düğümdeki minimum gözlem sayısı dikkate alınmakta ya da çapraz geçirme (cross-validation) işlemi uygulanabilmektedir (Timofeev, 2004).

Ağacın iyileştirilmesi aşamasında kullanılan bir diğer yöntem ise torbalama (bagging) yöntemidir. Budama işlemine rağmen gözlemler hala yüksek varyans ya da sapma eğilimine sahip olabilmektedir. Torbalama yönteminde, eğitim seti olarak kullanılan veri setinden, aynı dağılıma sahip yeni veri setleri elde edilerek, her bir veri seti için temel model dikkate alınarak birden çok ağaç modeli oluşturulur. Oluşturulan ağaç modellerinin; sınıflandırma için şemaları, regresyon için ortalamaları alınarak çoklu modeller birleştirilir. Böylelikle, elde edilen değerler işlenir ve aşırı sapma ya da varyans değerleri kontrol altına alınarak, minimize edilmiş olur (Moisen, 2008).

Üçüncü adımda ise, yeni verilerin sınıflandırılarak uygun düğümlere atanması işlemi söz konusudur. Bu işlem ile oluşturulan ağaç yapısının tahmin gücü ile yeni verilerin mevcut sınıflara/düğümlere yerleştirilmesi amaçlanır (Liaw ve Wiener, 2002; Timofeev, 2004).

Çok Düzeyli SRA Modeli İçin RE-EM Algoritması

Parametrik olmayan doğası gereği uygunmuş gibi görünse de bölünme potansiyeli daha yüksek olan değişkenleri seçme eğilimine sahip olması, standart SRA yönteminin çok düzeyli veri gruplarının analizinde kullanılmasını uygun kılmamaktadır. Standart SRA yönteminde, farklı düzeylerde yer alan değişkenlerin seçiminde, hangi düzeyde olduğuna bakılmaksızın bölünme potansiyelleri esas alınmaktadır. Örneğin, n tane gözlem içeren bir değişken birinci düzeyde $n-1$ bölünme potansiyeline sahipken, aynı değişken k tane küme içerisinde yuvalanırsa $k-1$ bölünme potansiyeline sahip olacaktır. Bu durumda, bu değişkenin birinci düzeyde olması seçilme olasılığını arttıracaktır (Enfield, 2015).

Çok düzeyli SRA modelleri için geliştirilen ağaç temelli algoritmalarından biri; Sela ve Simanoff (2012) tarafından önerilen, iç içe yuvalanmış/kümelenmiş (clustred), boylamsal özellikteki (longitudinal) veri yapılarının regresyon ağacı yöntemiyle analiz edilmesini sağlayan ve EM (Expectation Maximization) (Laid ve Ware, 1982) algoritmasını taklit eden RE-EM algoritmasıdır. Bu prosedür, rastgele etkilerin ağaç yapısının oluşturulması aşamasındaki iterasyonları sonucu kestirilmesi esasına göre işlemektedir (aktaran Loh, 2014). Hem rastgele etkiler hem de sabit etkiler bilinmediğinden, rastgele etkilerin doğru olduğu varsayılarak ağaç yapısı; sabit etkiler için ağaç yapısının doğru olduğu varsayılarak rastgele etkilerin kestirilmesi sağlanarak işlem yenilenmektedir (Fu ve Simonoff, 2015). RE-EM algoritmasında işlenen ağaç yapısı SRA metodolojisine dayanmaktadır (Fu ve Simonoff, 2015; Mancini ve Sacco, 2020).

Bulgular

Araştırmanın problem durumu olan, TIMSS 2015 uygulamasındaki öğrenci, öğretmen ve okul özelliklerini yansıtan değişkenler bağlamında, "Türkiye'de öğrenim gören sekizinci sınıf öğrencilerinin fen başarılarını yordayan unsurlar (değişkenler) ve bu unsurlara (değişkenlere) ait özellikler nelerdir?" ifadesine yanıt aramak doğrultusunda elde edilen betimsel özelliklere ve oluşturulan SRA modelinin analiz edilmesiyle ulaşılan bulgulara aşağıda yer verilmiştir.

SRA yöntemi metodolojik açıdan öğrenme temelli mantığa dayandığından, veriler kümelenme ölçütü olarak alınan okul düzeyine göre 152 (%70) okul verisinin oluşturduğu eğitim seti ($n=4246$) ve 66 (%30) okul verisinin oluşturduğu test seti ($n=1833$) olmak üzere (Ahmad, Reynolds ve Rezgui, 2018; Ahmed ve Elaraby, 2014; Pahmi, Saepudin, Maesarah, Solehudin ve Wulandari, 2018) ikiye ayrılarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ağaç, açıkladığı değişkenlik oranı (complexity value (cp): karmaşıklık parametresi) en az .001 ve düğümdaki gözlem sayısının en az 20 olduğu sürece bölünmeye devam edilmesi koşuluyla oluşturulmuştur. Aşırı öğrenme ya da aşırı uyum problemlerinin önüne geçmek amacıyla 10 katlı çapraz geçirme (10 – fold cross validation) yöntemine dayalı budama (pruning) işlemi uygulanmıştır. Çapraz geçirme hatasının minimum ve karmaşıklık parametresinin maksimum olduğu değerlerde nihai ağaç yapısına ulaşılmıştır (Sela ve Simonoff, 2012).

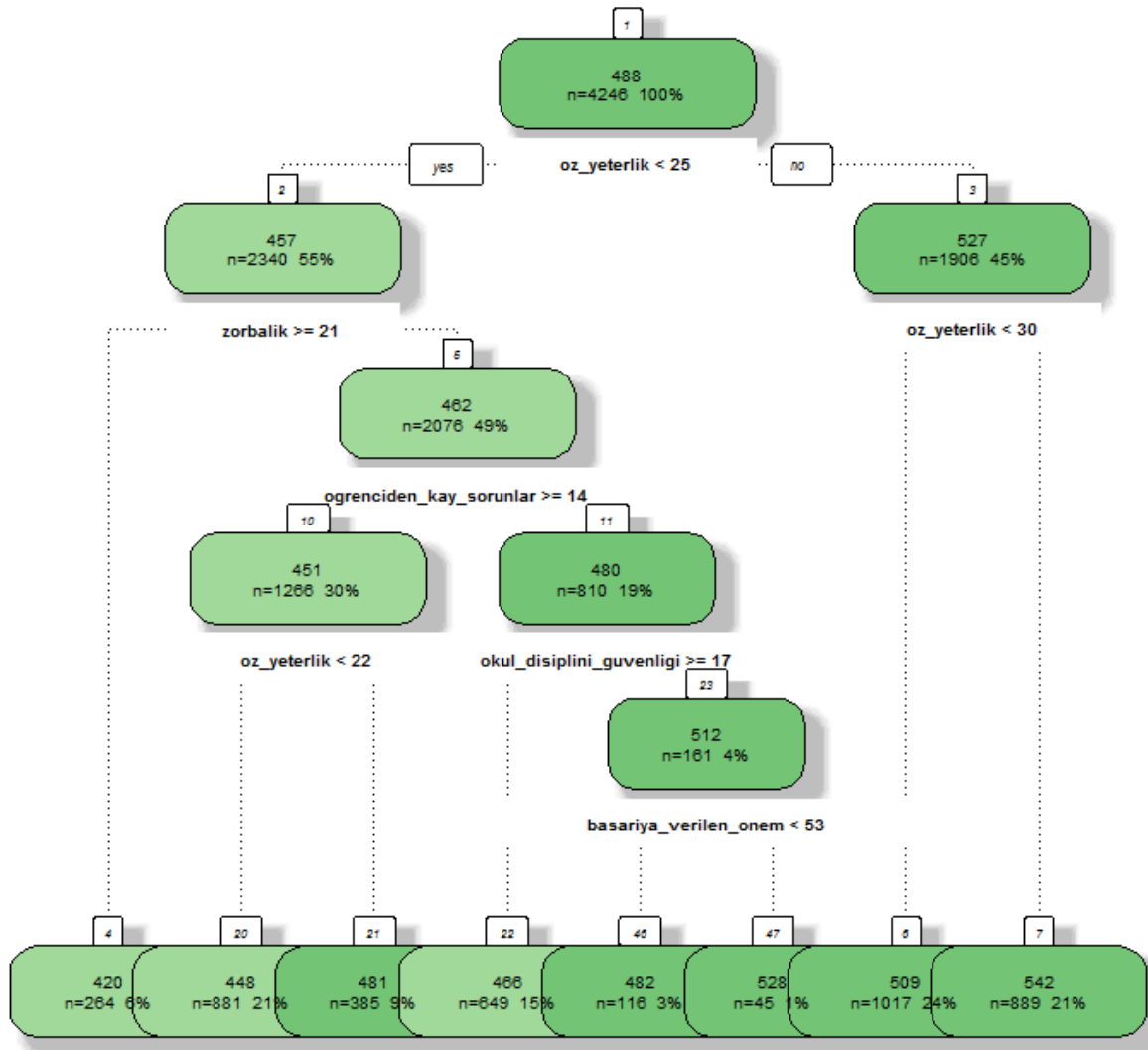
Eğitim seti verileriyle ($n=4246$) eğitilerek elde edilen ağaç modelinin yeni veriler üzerindeki yordayıcılığı RMSE değeri ile belirlenmiştir. Modelin, tüm veri seti ($n=6079$) üzerindeki yordayıcılığı için RMSE değeri 64.91; test seti verileri ($n=1833$) üzerindeki yordayıcılığı için RMSE değeri 65.75 olarak saptanmıştır. Belirlenen varyans ve hata değerlerine göre, en uygun ağaç modelinin 7 bölünme ve 8 düğümden oluşan yapıyla elde edilebileceği anlaşılmıştır.

Araştırmada oluşturulan modelin yordayıcı değişkenlerini ifade eden ölçek puanlarına ait betimsel özellikler Tablo 2’de sunulmuş olup; en düşük puan sütununda, her bir ölçekten alınan en az toplam puan değerlerine; en yüksek puan sütununda, her bir ölçekten alınan en çok toplam puan değerlerine; ortalama sütununda, ölçeklerin toplam puan ortalamalarına ve standart sapma sütununda, ölçek puanlarının standart sapma değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 2. Ölçek Puanlarına Ait Betimsel Özellikler

Değişken	En düşük puan	En yüksek puan	Ortalama	Standart sapma
Tutum	9	36	30.29	5.61
Öz-yeterlik	8	32	24.07	5.36
Öğrenme değeri	9	36	29.28	6.26
Öğretim etkinlikleri	10	40	34.80	6.20
Okula aidiyet duyma	7	28	24.20	3.71
Zorbalığa maruz kalma	9	36	12.99	4.87
Genel kaynak sorunları	9	36	27.94	5.49
Fen dersine yönelik kaynak sorunları	5	20	14.25	3.16
Okul disiplini ve güvenliği	11	44	25.26	9.07
Okul koşulları	7	28	17.92	5.42
Okulda başarıya verilen önem	17	65	43.67	6.92
Öğretmenlerin meslek doyumunu	7	28	22.80	4.21
Öğretmenlerin karşılaştığı sorunlar	8	30	17.73	4.43
Güvenli ve düzenli okul ortamı	8	32	23.92	4.90
Öğrencilerden kaynaklanan sorunlar	7	20	13.90	2.38
Bilimsel araştırmaya yönlendirme	15	60	41.95	6.99
Öğretmenlerin öz-yeterliği	10	40	30.69	5

SRA modeli ile öğrenci, öğretmen ve okullara ait on yedi özelliğinden hangilerinin öğrencilerin fen başarılarını yordadığı araştırılmıştır. Analiz sonucunda bu on yedi özelliğinden beşinin yordanan değişkeni istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yordadığı belirlenmiştir. Bu anlamda, sekizinci sınıf öğrencilerin fen başarısını yordayan değişkenlerin; öğrencilerin fen dersine yönelik öz-yeterlik inançları, okulda zorbalığa maruz kalma, öğretmenlerin ifadeleriyle şekillenen öğrenciden kaynaklanan sorunlar, okul disiplini ve güvenliği ve okulda başarıya verilen önem olduğu saptanmıştır. SRA tekniğiyle araştırılan fen başarısını yordayan öğrenci, öğretmen ve okul özellikleri değişkenlerine ait analiz sonuçlarını gösteren ağaç diyagramı Şekil 3’te sunulmuştur.



Şekil 3. Modellenen Regresyon Ağacı Diyagramı

SRA analizi sonuçları değerlendirildiğinde, öğrencilerin fen başarılarını yordayan en önemli özelliğin öğrencilerin öz-yeterlik inancının olduğu gözlenmektedir. Bu niteliğe göre öğrenciler 25 kesme puanı ve gözlem sayısının %45 ($n=1906$) ve %55'lik ($n=2340$) dilimleri ölçüsünde iki gruba ayrılmıştır. Öz-yeterlik puanı yüksek olan grubun (≥ 25) fen puanları ortalamasının 527; düşük olan grubun (< 25) ortalamasının 457 olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, yeterlik inancı yüksek olan öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Öz-yeterlik puanları yüksek olan (≥ 25) öğrenciler yine yeterlik inancı özelliğiyle farklılaşmaktadır. Bu gruptaki öğrenciler 30 kesme puanı ve gözlemlerin %24 ($n=1017$) ve %21'lik ($n=889$) dilimleriyle ayrılmış olup, üst grupta (≥ 30) yer alan öğrencilerin fen puanları ortalaması 542; alt grupta (< 30) yer alan öğrencilerin ortalaması 509 olarak kestirilmiştir. Öz-yeterlik puanları yani yeterlik inançları yüksek olan öğrencilerin, fen puanları ortalamasının en yüksek olduğu grupta yer aldığı gözlenmektedir.

Öz-yeterlik puanları düşük olan öğrenciler (< 25) bir alt düğümde okulda zorbalığa maruz kalma değişkeni itibarıyla farklılaşma göstermektedir. Zorbalığa maruz kalma ölçeğine göre öğrenciler 21 kesme puanıyla ve gözlemlerin %6 ($n=264$) ve %49'luk ($n=2076$) dilimleriyle iki gruba ayrılmıştır. Üst grupta (≥ 21) yer alan, yani daha çok zorbalığa maruz kaldıklarını ifade eden öğrencilerin fen puanları

ortalaması 462; alt grupta (<21) yer alan ve daha az zorbalığa maruz kaldıklarını ifade eden öğrencilerin ortalaması 420 puan olarak kestirilmiştir. Daha az zorbalığa maruz kaldıklarını ifade eden öğrencilerin, fen puanları ortalamasının en düşük olduğu grupta yer aldığı gözlenmektedir. Bu durumda, daha çok zorbalığa maruz kalan öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Okulda zorbalığa maruz kalma ölçek puanı yüksek olan (≥ 21) öğrencilerin, öğrenciden kaynaklanan sorunlar değişkenine göre farklılaştığı gözlenmektedir. Öğrenciden kaynaklanan sorunlar ölçeğine göre öğrenciler 14 kesme puanı ve gözlemlerin %19 ($n=810$) ve %30'luk ($n=1266$) dilimleriyle ayrılmaktadır. Alt grupta (<14) yer alan, yani öğretmenlerinin daha az sorun yaşadıklarını belirttiği öğrencilerin fen puanları ortalaması 451; üst grupta (≥ 14) yer alan, yani öğretmenlerinin daha çok sorun yaşadıklarını belirttiği öğrencilerin puan ortalaması 480 olarak kestirilmiştir. Bu değerler, öğretmenlerinin daha çok sorun yaşadıklarını belirttiği öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğunu açıklamaktadır.

Öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçeği puanları düşük olan (<14) öğrenciler, öz yeterlik inancı özelliğiyle farklılaşmaktadır. Bu gruptaki öğrenciler 22 kesme puanı ve gözlemlerin %9 ($n=385$) ve %21'lik ($n=881$) dilimleriyle ayrılmış olup, üst grupta (≥ 22) yer alan öğrencilerin fen puanları ortalaması 481; alt grupta (<22) yer alan öğrencilerin ortalaması 448 olarak kestirilmiştir. Bu grup için de öz-yeterlik puanları yani yeterlik inançları yüksek olan öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçeği puanları yüksek olan (≥ 14) öğrenciler, okul disiplini ve güvenliği değişkeni ile farklılaşmaktadır. Bu gruptaki öğrenciler 17 kesme puanı ve gözlemlerin %4 ($n=161$) ve %15'lik ($n=649$) dilimleriyle ayrılmıştır. Üst grupta (≥ 17) yer alan, yani öğretmenlerinin okuldaki disiplin ve güvenliğinin daha fazla olduğunu belirttiği öğrencilerin fen puanları ortalaması 512; alt grupta (<17) yer alan, yani öğretmenlerinin okuldaki disiplin ve güvenliğinin daha az olduğunu belirttiği öğrencilerin ortalaması 466 olarak kestirilmiştir. Bu sonuca göre, öğretmenlerinin okuldaki disiplin ve güvenliğinin daha fazla olduğunu belirttiği öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğu ifade edilebilmektedir.

Okul disiplini ve güvenliği ölçeği puanları yüksek olan (≥ 17) öğrenciler, okulda başarıya verilen önem özelliği ile farklılaşmaktadır. Bu gruptaki öğrenciler 53 kesme puanı ve gözlemlerin %1 ($n=45$) ve %3'lük ($n=116$) dilimleriyle ayrılmıştır. Üst grupta (≥ 53) yer alan, yani öğretmenlerinin okulda başarıya daha fazla önem verildiğini belirttiği öğrencilerin fen puanları ortalaması 528; alt grupta (<53) yer alan, yani öğretmenlerinin okulda başarıya daha az önem verildiğini belirttiği öğrencilerin ortalaması 482 olarak kestirilmiştir. Bu bağlamda, öğretmenlerinin okulda başarıya daha çok önem verildiğini belirttiği öğrencilerin fen puanı ortalamalarının daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Oluşturulan SRA modeli ile öğrencilerin fen başarılarını yordadığı saptanan öz-yeterlik, okulda zorbalığı maruz kalma, öğretmenlerin ifadeleriyle şekillenen öğrenciden kaynaklanan sorunlar, okul disiplini ve güvenliği ve okulda başarıya verilen önem değişkenlerinin fen puanlarındaki varyansın %23.3'ünü ($R^2 = .233$) açıkladığı belirlenmiştir.

Sonuçlar, Tartışma ve Öneriler

SRA yöntemiyle oluşturulan model aracılığıyla fen başarısı ile ilişkili olan öğrenci, öğretmen ve okul özellikleri değişkenlerine ait on yedi özelliğinden hangilerinin öğrencilerin fen başarılarını yordadığı araştırılmıştır. Analiz sonucunda bu on yedi özelliğinden beşinin fen başarısını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yordadığı, diğer on iki özelliğinin fen başarısını anlamlı düzeyde yordamadığı saptanmıştır.

Öğrencilerin fen başarısını yordadığı gözlenen ilk değişken öz-yeterlik olmuştur. Öz-yeterlik ölçek puanları yani fen dersine yönelik yeterlik inancı yüksek olan öğrencilerin daha başarılı olduğu gözlenmektedir. Modelin, gözlemleri sınıflandırırken ürettiği kesme puanları değerlendirildiğinde; öz-yeterlik puanlarına ait ilk ayırmanın 25, ikinci ayırmanın 30 ve üçüncü ayırmanın 22 kesme puanıyla yapıldığı anlaşılmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puanın 32 ve ölçek puanı ortalamasının 24.07 olduğu düşünüldüğünde, kesme puanlarının ortalamaya yakın ve ortalamadan üstünde olduğu dolayısıyla öz-yeterlik inancının ortalama ve üstü düzeyde olmasının fen başarısı için önemli bir ölçüt olduğu yorumunu ortaya koymaktadır. Alanyazında, benzer problem durumları ve benzer özellikteki öğrencilerle yapılan araştırmalar incelendiğinde, Acar ve Öğretmen (2012), Çalışkan'ın (2008) PISA 2006 verilerini; Atar ve Atar (2012), Bayraktar'ın (2010) TIMSS 2007 verilerini; Batı, Yetişir ve Güneş (2019), Ötken'in (2019) PISA 2015 verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında benzer şekilde öz-yeterliğin öğrencilerin fen başarılarını olumlu yönde etkilediği sonucunu elde etmişlerdir. Ancak Ceylan ve Berberoğlu (2007) TIMSS 2007 verilerini kullandıkları çalışmalarında, öz-yeterlik inancının fen başarısı ile ilişkisinin olumsuz yönde olduğunu saptamışlardır. Aynı veri ve model ancak farklı istatistik programlarıyla analizleri gerçekleştiren Acar ve Öğretmen (2012) birinde fen başarısı ile öz-yeterlik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemişlerken; diğerinde bu ilişkiyi anlamlı bulmamışlardır. Anagün (2011), PISA 2006; Atar (2014), TIMSS 2011 verileri ile yaptığı çalışmalarında öz-yeterlik inancının fen başarısını anlamlı şekilde yordamadığı sonucuna ulaşmışlardır. Diğer taraftan, Hwang, Choi, Lee, Culver ve Hutchison (2016); Komarraju ve Nadler (2013); Köseoğlu (2015); Liu, Hsieh, Cho ve Schallert (2006) ve Motlagh, Amrai, Yazdani, Abderahim ve Sourie (2011) öz yeterlik algısının akademik başarıyı olumlu yönde yordadığına yönelik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Öz-yeterlik inançları yüksek olan öğrencilerin fen dersinde daha başarılı olduğu sonucundan hareketle, okullarda fen derslerine yönelik başarı ve güven hissini güçlendirecek sınıf içi uygulama, yöntem ve etkinliklerin uygulanmasına önem verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Öğrencilerin fen başarısını yordayan değişkenlerden ikincisi okulda zorbalığa maruz kalma değişkenidir. Okulda zorbalığa daha çok maruz kaldığını ifade eden öğrencilerin, zorbalığa daha az maruz kaldığını ifade eden öğrencilerden daha başarılı olduğu saptanmıştır. Modelin, gözlemleri sınıflandırırken ürettiği kesme puanı değerlendirildiğinde; okulda zorbalığa maruz kalma ölçeği puanlarına ait ayırmanın 21 kesme puanıyla gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 36 ve ölçek puanı ortalaması 12.99 olarak saptanmıştır. Bu değerlere göre; fen dersinde başarılı olan öğrencilerin, okullarında arkadaşları tarafından dışlanma, dalga geçilme, şiddet görme, tehdit edilme, alay edilme vs. gibi zorbalıklara, ortalamadan üstünde sıklık derecesinde maruz kaldığını söylemek mümkündür. Başarılı öğrencilerin daha sık zorbalığa maruz kalması, zorba davranışların düşük başarı düzeyindeki öğrenciler tarafından sergilendiği dolayısıyla akademik başarısı düşük olan öğrencilerin daha çok zorbalık eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Topçu, Erbilgin ve Arıkan (2016) TIMSS 2011 verileri üzerinden gerçekleştirdikleri çalışmada, zorbalığın öğrencilerin fen başarısını olumsuz yönde yordadığını; zorbalığa uğrayan öğrencilerin daha başarısız olduğunu vurgulamışlardır. Literatürde, Topçu ve diğerlerinin (2016) bulgularını destekleyen çalışmalara (Huang, 2020; van der Werf, 2014) rastlamak mümkündür. Ancak Özer, Totan ve Atik'in (2011) ortaokul öğrencilerine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada, düşük düzeyde akademik başarıya sahip öğrencilerin daha çok zorba olma ya da zorbalığa maruz kalma eğilimi gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Glew, Fan, Katon, Rivara ve Kernic (2005); Konishi, Hymel, Zumbo ve Li (2010) ve Totura, Green, Karver ve Gesten (2009) zorbalığa karışan öğrencilerin akademik olarak daha az başarılı olduğunu ifade etmektedirler.

Dolayısıyla zorbalığa maruz kalma ve zorba davranışlar sergileme boyutuyla zorbalığın akademik başarı ile ilişkisinin farklı yönlerde olabileceği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, öğrencilerin fen başarılarını arttırmak adına; okul yönetimlerinin zorbalığı önleyici tedbirler almaları, öğrencilere zorbalığın etkileri ve çıktıları hakkında sık sık bilgilendirmeler yapmaları ve okul rehberlik servislerinin eğitim sürecini kapsayan destekler sunmalarının önem arz edeceği düşünülmektedir.

Öğrencilerin fen başarılarını istatistiksel olarak anlamlı şekilde yordadığı saptanan değişkenlerden bir diğeri, öğrenciden kaynaklanan sorunlar olmuştur. Öğretmenlerin, öğrenci özellikleri ve davranışları boyutuyla daha çok sorun yaşadıklarını ifade ettikleri öğrencilerin daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Modelin, gözlemleri sınıflandırırken ürettiği kesme puanı değerlendirildiğinde; öğrenciden kaynaklı sorunlar ölçeği puanlarına ait ayırmanın 14 kesme puanıyla gerçekleştiği gözlenmektedir. Ölçekten alınabilecek en yüksek puanın 21 ve ölçek puanı ortalamasının 13.9 olması, öğretmenlerinin ortalama ya da ortalamanın üstünde sorun yaşadıklarını ifade ettikleri öğrencilerin fen dersinde daha başarılı olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Bu durum literatürdeki genel görüşle tutarlılık göstermemektedir. Bayraktar (2010) TIMSS 2007 verilerini; Üstün, Özdemir, Cansız ve Cansız (2020) PISA 2015 verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında; öğrencilerin öğretmenlerine sorun yaşatma, derse ilgisiz ya da hazırlıksız olma düzeyleri azaldıkça başarılarının arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Amrai, Motlagh, Zalani ve Parhon (2011), Barriga ve diğerleri (2002) ve Singh, Graville ve Dika'nın (2002) yapmış oldukları çalışmalar literatürdeki genel görüşü destekler niteliktedir. Araştırmada böyle bir sonucun elde edilmesinin önemli nedenlerinden birinin, değişkenin öğretmen tutum ve algılarına dayalı olmasıyla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Geving (2007), Gorham ve Cristophel (1992) ve Jarvis ve Seifert'in (2002) çalışmalarında desteklediği üzere, öğretmenlerin öğrencilere olan davranış biçimleri, tutumları, öğretim yöntem ve teknikleri, yeterlik düzeyleri gibi durumların, öğrencileri motivasyon düşüklüğü, ilgisizlik, sıkılganlık, akademik sorumluluktan kaçınma, çaresizlik gibi davranışlara sevk etmektedir. Dolayısıyla öğrencilerdeki bu tür davranışlar öğretmenleri tarafından sorun olarak değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle öğretmenlerin algılarının ötesinde, öğrencilerin sergiledikleri bu tür davranışlar ile fen başarılarının farklı psikolojik nedenlerle ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Öğrencilerin fen başarılarını istatistiksel olarak anlamlı şekilde yordadığı saptanan diğer nitelik, okul disiplini ve güvenliği değişkeni olmuştur. Öğretmenlerinin okuldaki ortamın daha disiplinli ve güvenli olduğunu ifade ettikleri öğrencilerin daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Modelin, gözlemleri sınıflandırırken ürettiği kesme puanı değerlendirildiğinde; okul disiplini ve güvenliği ölçeği puanlarına ait ayırmanın 17 kesme puanıyla gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puanın 44 ve ölçek puanı ortalamasının 23.92 olması, öğretmenlerinin ortalamanın üstünde disiplin ve güvenliğin sağlandığını ifade ettikleri öğrencilerin fen dersinde daha başarılı olduğuna işaret etmektedir. Abazoğlu, Yıldızhan ve Yıldırım (2014) TIMSS 2011 verileriyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında benzer bir sonuca ulaşmışlardır. Atar'ın (2014) çalışmasında ise okul güvenliği değişkeni fen başarısını istatistiksel olarak anlamlı şekilde yordayan bir nitelik olmamıştır. Grover (2015); Kim, Sanders, Makubuya ve Yu (2020); Lassen, Steele ve Sailor (2006); Whisman ve Hammer (2014) çalışmalarında, araştırmanın bulgularına paralel olarak güvenli okul ortamlarının ve disiplin olaylarının nadiren yaşandığı okullarda öğrencilerin daha başarılı olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Osher, Bear, Sprague ve Doyle (2010) ve Skiba ve Peterson'ın (2003) da ifade ettikleri gibi, okullarda güvenli bir ortam ve disiplin sorunlarının kontrolünü sağlamak adına; aile ile koordineli şekilde çalışmalar yürütülmesi, ceza ya da dışlamaya yönelik disiplin anlayışından ziyade okula bağlayıcı bir anlayışla hareket edilmesi ve öğrencilere yönelik düzenli psikolojik destek programlarının uygulanmasının, fen başarısına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Öğrencilerin fen başarısını yordayan son değişken, okulda başarıya verilen önem değişkeni olmuştur. Başarının önemsendiği, başarının desteklenmesine yönelik ekstra çalışmalar yapıldığı okullarda öğrenim gören öğrencilerin, bu niteliklerin daha az olduğu okullardaki öğrencilerden daha

başarılı olduğu saptanmıştır. Modelin, gözlemleri sınıflandırırken ürettiği kesme puanı değerlendirildiğinde; başarıya verilen önem ölçeği puanlarına ait ayırmanın 53 kesme puanıyla yapıldığı anlaşılmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 68 ve ölçek puanı ortalaması 41.95 olarak saptanmıştır. Bu değerler, başarının ortalamasının üstü derecede önemsendiği, başarıyı destekleyen çalışmaların ortalamasının üstü çoğunlukta olduğu okullarda öğrenim gören öğrencilerin fen dersinde daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Atar'ın (2014) TIMSS 2011 verilerini kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında benzer sonuca rastlanmaktadır. Genel anlamda, literatürdeki diğer çalışmalar da (Chen ve Wong, 2015a, 2015b; Filippello, Buzzai, Costa, Orecchio ve Sorrenti, 2020; Tanaka ve Yamauchi, 2000) başarıya verilen önem arttıkça akademik performansın da arttığı görüşünü destekler niteliktedir. Bu doğrultuda, öğrencilerin başarıya ulaşabileceği görev ve sorumluluklara yönlendirilmesi, başarı duygusunun öğrencilerce hissedilmesinin sağlanması, pekiştirici yönde akademik etkinliklerin yaygınlaştırılması gibi çalışmaların öğrencilerin fen başarılarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan, çalışmada öğrencilerin fen başarısını yordayıcılığı istatistiksel olarak anlamlı bulunmayan tutum özelliği için, Anagün (2011) PISA 2006 verilerini kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında benzer sonuca ulaşmıştır. Ceylan ve Berberoğlu (2007) aralarındaki ilişkiyi olumsuz yönde değerlendirerek, fen dersine yönelik tutumu yüksek olan öğrencilerin daha az başarılı olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Anıl (2009) PISA 2006, Kaya ve Kaya (2019) TIMSS 2015 ve Uzun, Gelbal ve Öğretmen (2010) TIMSS 1999 verilerini kullandıkları çalışmalarında tutumun fen başarısını olumlu yönde yordadığını saptamışlardır. Ayrıca Acar ve Öğretmen (2012); Batı ve diğerleri (2019); Bayraktar (2010); Ötken (2019) çalışmalarında benzer sonuca ulaşmışlardır. Çalışmada değer özelliğinin fen başarısını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yordamadığı gözlenmiştir. Ancak Batı ve diğerleri (2019); Ceylan ve Berberoğlu (2007); Çalışkan (2008); Uzun ve diğerleri (2010) bu niteliğin fen başarısını anlamlı düzeyde yordadığı sonucuna ulaşmışlardır. Benzer şekilde, çalışmada öğrencilerin fen başarılarını yordama düzeyi istatistiksel olarak anlamlı bulunmayan, öğretim etkinlikleri değişkeni Uzun ve diğerleri (2010); okula aidiyet duyma değişkeni Topçu ve diğerleri (2016); öğretmenlerin mesleki doyumu değişkeni Abazoğlu ve Taşar (2016) ve Atar'ın (2014) çalışmalarında anlamlı bulunmuştur.

Alanyazındaki çalışmalar değerlendirildiğinde araştırmanın bulgularıyla tutarlı olarak, öz-yeterlik inançları yüksek olan; başarı olgusunun önemli ve ortamının güvenli ve disiplinli olduğu okullarda öğrenim gören öğrencilerin fen dersinde daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak öğrenciden kaynaklanan sorunların daha fazla olduğu okullardaki öğrencilerin daha başarılı olmaları, literatürdeki çalışmalarla tutarlılık göstermemektedir. Zorbalığa maruz kalan öğrencilerin daha başarılı olduğu sonucuna paralel ve zıt olarak, alanyazında zorbalık değişkeninin akademik başarıyı yordama düzeyi ile ilgili farklı sonuçlara rastlamak mümkündür. Ayrıca çalışmada yordama düzeyi istatistiksel olarak anlamlı bulunmayan fen dersine yönelik öğrenci tutumları ve fen dersine verilen değer özelliklerinin, literatürdeki çalışmalarda çoğunlukla anlamlı bulunduğu gözlenmektedir.

Araştırmada kullanılan SRA yönteminin sınırlılıkları dikkate alındığında; gözlem ya da veri yapısındaki küçük çaplı değişikliklerde bile bölünme ve düğümlerdeki çıktılarının etkilenmesi, bu yöntemin kullanılacağı araştırmalarda gözlemlerin ve veri yapısının doğruluğunun kontrolünün iyi düzeyde sağlanmasının önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca en iyi kestirimin sağlanması adına optimal ağaç yapısına ulaşılması istendiğinden; aşırı öğrenmenin önlenmesi, çapraz geçirme (cross validation), budama (pruning), torbalama (bagging) vs. gibi optimizasyon işlemlerinin uygulanmasının gerekli olduğunu belirtmek faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Abazoğlu, İ. ve Taşar, M. F. (2016). Fen bilgisi öğretmen özelliklerinin öğrenci fen başarıları ile ilişkisi: TIMSS 2011 verilerine göre bir durum analizi. *İlköğretim Online*, 15(3), 922-945.
- Abazoğlu, İ., Yıldızhan, Y. ve Yıldırım, O. (2014). TIMSS 2011 Türkiye 8. sınıf fen bilimleri sonuçlarının değerlendirilmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 278-288.
- Acar, T. ve Öğretmen, T. (2012). Çok düzeyli istatistiksel yöntemler ile 2006 PISA fen bilimleri performansının incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(163), 178-189.
- Ahmad, M., Reynolds, J. ve Rezgui, Y. (2018). Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees. *Journal of Cleaner Production*, 203, 810-821.
- Ahmed, A. B. ve Elaraby, I. S. (2014). Data mining: A prediction for student's performance using classification method. *World Journal of Computer Application and Technology*, 2(2), 43-47.
- Alivernini, F. ve Manganelli, S. (2012). Science competencies across PISA OECD countries: Comparing exceptionally high and low performers. *Improving education through accountability and evaluation lessons from around the world 3-5 October 2012*. Center for American Studies, Roma. <http://www.umdcipe.org/conferences/EducationEvaluationItaly/ItalyPreliminaryAgendaPage.html> adresinden erişildi.
- Amrai, K., Motlagh, S. E., Zalani, H. A. ve Parhon, H. (2011). The relationship between academic motivation and academic achievement students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 399-402.
- Anagün, Ş. S. (2011). PISA 2006 sonuçlarına göre öğretme-öğrenme süreci değişkenlerinin öğrencilerin fen okuryazarlıklarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 36(162), 84-102.
- Anıl, D. (2009). Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı (PISA)'nda Türkiye'deki öğrencilerin fen bilimleri başarılarını etkileyen faktörler. *Eğitim ve Bilim*, 34(152), 87-100.
- Aparicio, J., Cordero, J. M. ve Ortiz, L. (2021). Efficiency analysis with educational data: How to deal with plausible values from international large-scale assessments. *Mathematics*, 9(1579), 1-16.
- Atar, H. Y. (2014). Öğretmen niteliklerinin TIMSS 2011 fen başarısına çok düzeyli etkileri. *Eğitim ve Bilim*, 39(172), 121-137.
- Atar, H. Y. ve Atar, B. (2012). Examining the effects of Turkish education reform on student's TIMSS 2007 science achievements. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(4), 2632-2636.
- Ayas, A. (1995). Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: Çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11), 149-155.
- Ayas, A., Çepni, S. ve Akdeniz, A. R. (1993). Development of the Turkish secondary science curriculum. *Science Education*, 77(4), 433-440.
- Barriga, A. Q., Doran, J. W., Newell, S. B., Morrison, E. M., Barbetti, V. ve Robbins, B. D. (2002). Relationships between problem behaviors and academic achievement in adolescents: The unique role of attention problems. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, 10(4), 233-240.
- Batı, K., Yetişir, M. İ. ve Güneş, G. (2019). PISA 2015 sonuçlarına göre duyuşsal özelliklerin öğrencilerin fen performansları üzerine etkisinin ülkeler arası karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(4), 999-1014.
- Bayrak, B. ve Erden, A. M. (2007). Fen bilgisi öğretimi programının değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 137-154.
- Bayraktar, Ş. (2010). Uluslararası fen ve matematik çalışması (TIMSS 2007) sonuçlarına göre Türkiye'de fen eğitiminin durumu: Fen başarısını etkileyen faktörler. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 249-270.
- Beese, J. ve Liang, X. (2010). Do resources matter? PISA science achievement comparisons between students in the United States, Canada and Finland. *Improving Schools*, 13(3), 266-279.

- Benton, T. (2019). The effect of using principal components to create plausible values. M. Wiberg, S. Culpepper, R. Janssen, J. González ve D. Molenaar (Ed.), *Quantitative psychology: The 83rd annual meeting of the psychometric society* içinde (s. 296-303). New York: Springer.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. ve Stone, C. J. (1984). *Classification and regression trees*. Belmont, CA: Wadsworth International Group.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (16. bs.). Ankara: Pegem.
- Ceyhan, G. (2020). *Sınıflandırmada kullanılan veri madenciliği yöntemlerinin performanslarının veri seti özelliklerine göre karşılaştırılması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ceylan, E. ve Berberoğlu, G. (2007). Öğrencilerin fen başarısını açıklayan etmenler: Bir modelleme çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 32(144), 36-48.
- Chang, L. Y. ve Wang, H. W. (2006). Analysis of traffic injury: An application of non-parametric classification tree techniques. *Accident Analysis Prevention*, 38(5), 1019-1027.
- Chen, S.-F., Lin, C.-Y., Wang, J.-R., Lin, S.-W. ve Kao, H.-L. (2012). A cross-grade comparison to examine the context effect on the relationships among family resources, school climate, learning participation, science attitude, and science achievement based on TIMSS 2003 in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2089-2106.
- Chen, W. W. ve Wong, Y. L. (2015a). Chinese mindset: Theories of intelligence, goal orientation and academic achievement in Hong Kong students. *Educational Psychology*, 35(6), 714-725.
- Chen, W. W. ve Wong, Y. L. (2015b). The relationship between goal orientation and academic achievement in Hong Kong: The role of context. *Asia-Pacific Educational Researcher*, 24(1), 169-176.
- Çalışkan, M. (2008). *The impact of school and student related factors on scientific literacy skills in the programme for international student assessment-PISA 2006* (Yayımlanmamış doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Depren, S. K. (2018). Prediction of students' science achievement: An application of multivariate adaptive regression splines and regression trees. *Journal of Baltic Science Education*, 17(5), 887-903.
- Enfield, D. P. M. (2015). *Efficiently exploring multilevel data with recursive partitioning* (Doktora tezi). University of Virginia, Virginia.
- Filippello, P., Buzzai, C., Costa, S., Orecchio, S. ve Sorrenti, L. (2020). Teaching style and academic achievement: The mediating role of learned helplessness and mastery orientation. *Psychology in the Schools*, 57(1), 5-16.
- Forbes, C. T., Neumann, K. ve Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 42(5), 783-806.
- Fraenkel, J. R. ve Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education* (6. bs.). New York: McGraw-Hill.
- Fu, W. ve Simonoff, J. S. (2015). Unbiased regression trees for longitudinal and clustered data. *Computational Statistics and Data Analysis*, 88, 53-74.
- Gee, K. A. ve Wong, K. K. (2012). A cross national examination of inquiry and its relationship to student performance in science: Evidence from the Program for International Student Assessment (PISA) 2006. *International Journal of Educational Research*, 53, 303-318.
- George, D. ve Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update* (4. bs.). Boston: Allyn & Bacon.
- Geving, A. M. (2007). Identifying the types of student and teacher behaviours associated with teacher stress. *Teaching and Teacher Education*, 23, 624-640.

- Glew, G. M., Fan, M. Y., Katon, W., Rivara, F. P. ve Kernic, M. A. (2005). Bullying, psychosocial adjustment and academic performance in elementary school. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 159(11), 1026-1031.
- Gomes, C. M. A. ve Jelihovschi, E. (2019). Presenting the regression tree method and its application in a large-scale educational dataset. *International Journal of Research & Method in Education*, 43(2), 201-221.
- Gorham, J. ve Christophel, D. M. (1992). Students' perceptions of teacher behaviors as motivating and de-motivating factors in college classes. *Communication Quarterly*, 40(3), 239-252.
- Grover, A. (2015). *Student perception of school safety and how it affects their academic achievement* (Doktora tezi). Northwest Nazarene University, Nampa.
- Hançer, A. H., Şensoy, Ö. ve Yıldırım, H. İ. (2003). İlköğretimde çağdaş fen bilgisi öğretiminin önemi ve nasıl olması gerektiği üzerine bir değerlendirme. *Pamukkale Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 80-88.
- Hooper, M., Mullis, I. V. S. ve Martin, M. O. (2013). TIMSS 2015 context questionnaire framework. I. V. S. Mullis ve M. O. Martin (Ed.), *TIMSS 2015 assessment frameworks* içinde (s. 61-82). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. https://timssandpirls.bc.edu/timss2015/downloads/T15_Frameworks_Full_Book.pdf adresinden erişildi.
- Huang, L. (2020). Exploring the relationship between school bullying and academic performance: The mediating role of students' sense of belonging at school. *Educational Studies*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03055698.2020.1749032> adresinden erişildi.
- Hwang, M. H., Choi, H. C., Lee, A., Culver, J. D. ve Hutchison, B. (2016). The relationship between self-efficacy and academic achievement: A 5-year panel analysis. *Asia-Pacific Education Researcher*, 25(1), 89-98.
- Jarvis, S. ve Seifert, T. (2002). Work avoidance as a manifestation of hostility, helplessness or boredom. *Alberta Journal of Educational Research*, 48(2), 174-187.
- Kaptan, F. ve Korkmaz, H. (2001). *İlköğretimde fen bilgisi öğretimi. İlköğretimde etkili öğrenme ve öğretmen el kitabı modül 7*. Ankara: MEB Yayınları.
- Karaatlı, M. (2014). Verilerin düzenlenmesi ve gösterimi. Ş. Kalaycı (Ed.), *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri* içinde (6. bs., s. 3-47). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Kaya, V. H. ve Doğan, A. (2017). Determination and comparison of Turkish student characteristics affecting science literacy in Turkey according to PISA 2012. *Research Journal of Business and Management (RJBM)*, 4(1), 34-51.
- Kaya, V. H. ve Kaya, E. (2019). Öğrencilerin ortaokul öğrenimleri sürecinde okula, fen bilimleri öğretmenine ve dersine yönelik algıları ile fen başarısı arasındaki ilişki. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 18-36.
- Kayri, M. ve Boysan, M. (2008). Bilişsel yatkınlık düzeyleri ilişkisinin sınıflandırma ve regresyon ağacı analizi ile incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 168-177.
- Kılıç, B. G. (2002). Dünyada ve Türkiye'de fen öğretimi. V. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi 16-18 Eylül 2002* içinde. Ankara: ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi. http://old.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Fen/Bildirir/t063DA.pdf adresinden erişildi.
- Kim, Y. K., Sanders, J. E., Makubuya, T. ve Yu, M. (2020). Risk factors of academic performance: Experiences of school violence, school safety concerns and depression by gender. *Child & Youth Care Forum*, 49(5), 725-742.
- Komarraju, M. ve Nadler, D. (2013). Self-efficacy and academic achievement: Why do implicit beliefs, goals and effort regulation matter?. *Learning and Individual Differences*, 25, 67-72.
- Konishi, C., Hymel, S., Zumbo, B. D. ve Li, Z. (2010). Do school bullying and student-teacher relationships matter for academic achievement? A multilevel analysis. *Canadian Journal of School Psychology*, 25(1), 19-39.

- Köseoğlu, Y. (2015). Self-efficacy and academic achievement - A case from Turkey. *Journal of Education and Practice*, 6(29), 131-141.
- LaRoche, S., Joncas, M. ve Foy, P. (2016). Sample design in TIMSS 2015. M. O. Martin, I. V. S. Mullis ve M. Hooper (Ed.), *Methods and procedures in TIMSS 2015* içinde (s. 3.1-3.37). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. <http://timss.bc.edu/publications/timss/2015-methods/chapter-3.html> adresinden erişildi.
- Lassen, S. R., Steele, M. M. ve Sailor, W. (2006). The relationship of school-wide positive behavior support to academic achievement in an urban middle school. *Psychology in the School*, 43, 701-711.
- Laukaityte, I. ve Wiberg, M. (2017). Using plausible values in secondary analysis in large-scale assessments. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 46(22), 11341-11357.
- Liaw, A. ve Wiener, M. C. (2002). Classification and regression by randomForest. *R News*, 2(3), 18-22.
- Liu, M., Hsieh, P., Cho, Y. ve Schallert, D. (2006). Middle school students' self-efficacy, attitudes, and achievement in a computer-enhanced problem-based learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, 17(3), 225-242.
- Loh, W. Y. (2011). Classification and regression trees. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(1), 14-23.
- Loh, W. Y. (2014). Fifty years of classification and regression trees. *International Statistical Review*, 82(3), 329-348.
- Mancini, L. ve Sacco, C. (2020). A comparison of regression tree-based features selection methods for the prediction of academic performances. P. Falzetti (Ed.), *INVALSI data: Methodologies and results III seminar "INVALSI data: A research tool"* içinde (s. 74-90). Milano: Franco Angeli.
- Marchant, G. J. (2015). How plausible is using averaged NAEP values to examine student achievement?. *Comprehensive Psychology*, 4(1), 1-4.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Hooper, M., Yin, L., Palazzo, L. ve Foy, P. (2016). Creating and interpreting the TIMSS 2015 context questionnaire scales. M. O. Martin, I. V. S. Mullis ve M. Hooper (Ed.), *Methods and procedures in TIMSS 2015* içinde (s. 15.1-15.312). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. <http://timss.bc.edu/publications/timss/2015-methods/chapter-15.html> adresinden erişildi.
- Milborrow, S. (2021). Plot 'rpart' models: An enhanced version of 'plot.rpart'. R package version 4.1-15. <https://cran.r-project.org/web/packages/rpart.plot/rpart.plot.pdf> adresinden erişildi.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2016). *TIMSS 2015 ulusal matematik ve fen bilimleri ön raporu*. Ankara: MEB. http://odsgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_06/23161945_timss_2015_on_raporu.pdf adresinden erişildi.
- Mohtar, L. E., Halim, L., Samsudin, M. A. ve Ismail, M. E. (2019). Non-cognitive factors influencing science achievement in Malaysia and Japan: An analysis of TIMSS 2015. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(4). doi:10.29333/ejmste/103567
- Moisen, G. G. (2008). Classification and regression trees. S. E. Jorgensen ve B. D. Fath (Ed.), *Encyclopedia of ecology* içinde (s. 582-588). Oxford, UK: Elsevier.
- Motlagh, S. E., Amrai, K., Yazdani, M. J., Abderahim, H. A. ve Sourie, H. (2011). The relationship between self-efficacy and academic achievement in high school students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 765-768.
- OECD. (2009). *PISA data analysis manuel: SPSS* (2. bs.). Paris: OECD Publishing.
- Osher, D., Bear, G. B., Sprague, J. R. ve Doyle, W. (2010). How can we improve school discipline?. *Educational Researcher*, 39(1), 48-58.

- Ötken, Ş. (2019). Öğrencilerin fen başarılarını etkileyen değişkenlerin yapısal eşitlik modeli ile belirlenmesi: PISA 2015 Türkiye örnekleme. H. Şahin (Ed.), *VI. Uluslararası Eğitim ve Sosyal Bilimlerde Akademik Çalışmalar Sempozyumu tam metin bildiri kitabı* içinde (s. 212-226). Elazığ: Asos Yayınevi.
- Özer, A., Totan, T. ve Atik, G. (2011). Individual correlates of bullying behaviour in Turkish middle schools. *Australian Journal of Guidance and Counselling*, 21(2), 186-202.
- Pahmi, S., Saepudin, S., Maesarah, N., Solehudin, U. I. ve Wulandari. (2018). Implementation of CART (classification and regression trees) algorithm for determining factors affecting employee performance. *2018 International Conference on Computing, Engineering, and Design (ICCED) 6-8 September 2018* içinde (s. 57-62). Bangkok: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., EISPACk, Heisterkamp, S. ... ve R-core. (2021). Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-153. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme> adresinden erişildi.
- Rutkowski, L., Gonzalez, E., Joncas, M. ve Von Davier, M. (2010). International large-scale assessment data: Issues in secondary analysis and reporting. *Educational Researcers*, 39(2), 142-151.
- Schafer, J. L. (1999). Multiple imputation: A primer. *Statistical Methods on Medical Research*, 8(1), 3-15.
- Sela, R. J. ve Simonoff, J. S. (2012). RE-EM trees: A data mining approach for longitudinal and clustered data. *Machine Learning*, 86(2), 169-207.
- Sela, R. J., Simonoff, J. ve Jing, W. (2021). Regression trees with random effects for longitudinal (panel) data. R package version 0.90.4. <https://rdr.io/cran/REEMtree/> adresinden erişildi.
- Singh, K., Graville, M. ve Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interests and academic engagement. *Journal of Educational Research*, 95(6), 323-332.
- Skiba, R. ve Peterson, R. (2003). Teaching the social curriculum: School discipline as instruction. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 47(2), 66-73.
- Speybroeck, N. (2012). Classification and regression trees. *International Journal of Public Health*, 57(1), 243-246.
- Stevens, J. P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (4. bs.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Association.
- Tanaka, A. ve Yamauchi, H. (2000). Causal models of achievement motive, goal orientation, intrinsic interest and academic achievement in classroom. *The Japanese Journal of Psychology*, 71(4), 317-324.
- Tezbaşaran, A. A. (2008). *Likert tipi ölçek hazırlama kılavuzu*. https://www.academia.edu/1288035/Likert_Tipi_%C3%96l%C3%A7ek_haz%C4%B1rlama_K%C4%B1lavuzu adresinden erişildi.
- Therneau, T., Atkinson, B. ve Ripley B. (2019). Recursive partitioning and regression trees. R package version 4.1-15. <https://cran.r-project.org/web/packages/rpart/index.html> adresinden erişildi.
- TIMSS ve PIRLS. (2019). TIMSS 2015 international database. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-database/> adresinden erişildi.
- Timofeev, R. (2004). *Classification and regression trees (CART) theory and applications* (Yüksek lisans tezi). Humboldt University, Berlin.
- Topçu, M. S., Erbilgin, E. ve Arıkan, S. (2016). Factors predicting Turkish and Korean students' science and mathematics achievement in TIMSS 2011. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1711-1737.
- Totura, C. M. W., Green, A. E., Karver, M. S. ve Gesten, E. L. (2009). Multiple informants in the assessment of psychological, behavioral and academic correlates of bullying and victimization in middle school. *Journal of Adolescence*, 32(2), 193-211.

- Trendowicz, A. ve Jeffery, R. (2014). *Software project effort estimation: Foundations and best practice guidelines for success*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Uzun, N. B., Gelbal, S. ve Öğretmen, T. (2010). TIMSS-R fen başarısı ve duyuşsal özellikler arasındaki ilişkinin modellenmesi ve modelin cinsiyetler bakımından karşılaştırılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(2), 531-544.
- Üstün, U., Özdemir, E., Cansız, M. ve Cansız, N. (2020). Türkiye'deki öğrencilerin fen okuryazarlığını etkileyen faktörler nelerdir? PISA 2015 verisine dayalı bir hiyerarşik doğrusal modelleme çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(3), 720-732.
- van der Werf, C. (2014). The effects of bullying on academic achievement. *Revista Desarrollo y Sociedad*, 74, 275-308.
- Whisman, A. ve Hammer, P. C. (2014). *The association between school discipline and mathematics performance: A case for positive discipline approaches*. Charleston, WV: West Virginia Department of Education, Division of Teaching and Learning, Office of Research. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED569903.pdf> adresinden erişildi.
- Wiberg, M. ve Rolfsman, E. (2019). The association between science achievement measures in schools and TIMSS science achievements in Sweden. *International Journal of Science Education*, 41(16), 2218-2232.
- Yamauchi, K., Ono Y., Baba, K. ve Ikegami, N. (2001). The actual process of rating the global assesment of functioning scale. *Comprehensive Psychiatry*, 42(5), 403-409.